



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
CAMPUS DE CRATEÚS

FRANCISCO DE SOUZA TORRES NETO

APLICANDO GAMIFICAÇÃO EM RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO

CRATEÚS

2024

FRANCISCO DE SOUZA TORRES NETO

APLICANDO GAMIFICAÇÃO EM RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas de Informação Campus de Crateús do da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação Campus de Crateús.

Orientador: Prof. Dr. José Wellington Franco da Silva

Coorientadora: Profa. Dr^a. Amanda Drielly Pires Venceslau

CRATEÚS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T645a Torres Neto, Francisco de Sousa.

Aplicando gamificação em reciclagem de lixo eletrônico / Francisco de Sousa Torres Neto. – 2025.
44 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús, Curso de Ciência da Computação, Crateús, 2025.

Orientação: Prof. Dr. José Wellington Franco da Silva.

Coorientação: Profa. Dra. Amanda Drielly Pires Venceslau.

1. Gamificação. 2. Resíduos sólidos. 3. Lixo eletrônico. 4. LixTec. I. Título.

CDD 004

FRANCISCO DE SOUZA TORRES NETO

APLICANDO GAMIFICAÇÃO EM RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Sistemas de Informação Campus de Crateús do da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Sistemas de Informação Campus de Crateús.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Wellington Franco da
Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dr^a. Amanda Drielly Pires
Venceslau (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Lisieux Marie Marinho dos Santos
Andrade
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ms. Francisco Anderson de Almada Gomes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, que sempre me incentivaram a buscar conhecimento e a nunca desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, que sempre me ajudaram e apoiaram nas minhas decisões, aos meus amigos, que sempre me incentivaram a terminar meus projetos, e aos meus orientadores, Dr^a. Amanda Drielly Pires Vencesla e o Dr. José Wellington Franco da Silva, que nunca desistiram de mim.

“Não direi: não choreis; pois nem todas as lágrimas são um mal.”

(J.R.R. Tolkien)

RESUMO

Devido à evolução tecnológica, aparelhos eletrônicos podem ser aprimorados, tornando tecnologias anteriores obsoletas. Além disso, o manuseio incorreto desses produtos pode danificá-los. Estes são alguns dos fatores que levam ao descarte inadequado desses aparelhos no ecossistema. A falta de políticas públicas que incentivem ou envolvam a população é um aspecto que contribui para esse descarte inadequado, especialmente quando a população não está ciente dos benefícios da reciclagem. O lixo eletrônico pode ser uma fonte importante de materiais para reutilização, especialmente na robótica sustentável, alguns dos quais possuem alto valor devido à composição dos materiais e aos benefícios ambientais da reutilização da matéria-prima. Esse trabalho propõe um aplicativo chamado LixTec que implementa estratégias de gamificação com *ranking* e *reset* periódico de valores. Para validação foram utilizados testes baseados nos modelos *Net Promoter Score* (NPS), que avalia a satisfação com o serviço e a recomendação para outros usuários, e *System Usability Scale* (SUS), que avalia a usabilidade do sistema. As pesquisas realizadas mostraram resultados positivos. Os usuários demonstraram um alto nível de satisfação com o serviço oferecido pelo LixTec, conforme medido pelo NPS, indicando que estariam dispostos a recomendar o aplicativo para outras pessoas. Além disso, a usabilidade do sistema foi bem avaliada através do SUS, apontando que os usuários encontraram o aplicativo intuitivo e fácil de usar. Esses resultados validam a eficácia do LixTec como uma solução viável para promover a reciclagem de lixo eletrônico através de técnicas de gamificação.

Palavras-chave: Gamificação; Resíduos sólidos; Lixo eletrônico; LixTec.

ABSTRACT

Due to technological evolution, electronic devices can be improved, making previous technologies obsolete. In addition, the incorrect handling of these products can damage them. These are some of the factors that lead to the improper disposal of these devices in the ecosystem. The lack of public policies that encourage or involve the population is an aspect that contributes to this improper disposal, especially when the population is not aware of the benefits of recycling. Electronic waste can be an important source of materials for reuse, especially in sustainable robotics, some of which have high value due to the composition of the materials and the environmental benefits of reusing raw materials. This work proposes an application called LixTec that implements gamification strategies with *ranking* and periodic *reset* of values. For validation, tests based on the *Net Promoter Score* (NPS) models, which assess satisfaction with the service and recommendation to other users, and the *System Usability Scale* (SUS), which evaluates the system's usability, were used. The research carried out showed positive results. Users demonstrated a high level of satisfaction with the service offered by LixTec, as measured by the NPS, indicating that they would be willing to recommend the application to other people. In addition, the usability of the system was well evaluated through the SUS, indicating that users found the application intuitive and easy to use. These results validate the effectiveness of LixTec as a viable solution to promote the recycling of electronic waste through gamification techniques.

Keywords: Gamification; Solid waste; Electronic waste; LixTec.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Linhas de lixo eletrônico	17
Figura 2 – Ciclo de vida do REEE	18
Figura 3 – Rede semântica descrevendo gamificação e seus relacionamentos	21
Figura 4 – Indicadores com as chaves de performance de uma das regiões da cidade virtual	26
Figura 5 – Fórmulas de cada tipo de chave de performance	27
Figura 6 – Tela de perfil de usuário	28
Figura 7 – Arquitetura do projeto	33
Figura 8 – <i>LixTec - Scanner</i>	34
Figura 9 – <i>LixTec - Ranking</i>	35
Figura 10 – LixTec - Listagem de Lixeiras	36
Figura 11 – LixTec - Mapeamento GPS	37
Figura 12 – Exemplo de teste NPS	38
Figura 13 – Resultados do teste NPS	39
Figura 14 – Exemplo de teste SUS	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Problemas à saúde causados por metais encontrados em REEE	19
Tabela 2 – Mecânicas	22
Tabela 3 – Tipos de jogadores	23
Tabela 4 – Técnicas mais utilizadas por segmento/área	24
Tabela 5 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados	29
Tabela 6 – Resultados individuais do teste SUS	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>NPS</i>	Net Promoter Score
<i>PNUMA</i>	Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente
<i>REEE</i>	Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos
<i>SUS</i>	System Usability Scale

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contextualização	15
1.2	Motivação	15
1.3	Objetivos	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Lixo eletrônico	17
2.1.1	<i>Linhas do Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos (REEE)</i>	17
2.1.2	<i>Ciclo de vida dos REEE e Logística Reversa.</i>	18
2.1.3	<i>Impactos do REEE, na saúde e na economia</i>	19
2.1.4	<i>Processo de reciclagem</i>	19
2.2	Gamificação	20
2.2.1	<i>Desenvolvimento e inserção das mecânicas de jogo</i>	23
2.2.2	<i>Benefícios da gamificação</i>	23
2.2.3	<i>Frameworks de Gamificação</i>	24
3	TRABALHOS RELACIONADOS	25
3.1	Modelagem de Indicadores Chave de Desempenho em uma Ferramenta de Gestão de Resíduos Gamificada	25
3.2	Uso de técnicas de gamificação para incentivar a reciclagem de lixo. Uma abordagem de cidade inteligente	27
3.3	Torne o lixo divertido novamente! Uma abordagem de gamificação para reciclagem	29
3.4	Comparação entre os trabalhos	29
4	APLICANDO GAMIFICAÇÃO EM RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO.	31
4.1	Metodologia Proposta	31
4.2	LixTec	32
4.2.1	<i>Comunicação da aplicação</i>	32
4.2.2	<i>Módulo - Scanner</i>	34
4.2.3	<i>Módulo - Tela de Ranking</i>	35
4.2.4	<i>Módulo - Listagem de Lixeiras</i>	36

5	AVALIAÇÃO E RESULTADOS	38
5.1	<i>Net Promoter Score (NPS)</i>	38
5.2	<i>System Usability Scale (SUS)</i>	39
5.3	<i>Feedbacks importantes dos usuários</i>	41
6	CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Para entender o propósito deste artigo, é necessário fornecer uma contextualização sobre a problemática relacionada ao descarte de lixo eletrônico, a definição desses resíduos e sobre gamificação. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a indústria eletrônica é a que mais cresce no mundo e gera até cerca de 41 milhões de toneladas de lixo eletrônico, também conhecido como resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE), podendo ser proveniente de computadores, celulares e eletrodomésticos (SILVA *et al.*, 2016).

Produtos eletrônicos são lançados frequentemente e uma grande quantidade de modelos ultrapassados ou danificados vão sendo descartados inadequadamente pelos consumidores. O risco desse descarte inadequado está na composição desses materiais, pois, devido aos metais pesados que os compõem, o descarte em aterros próximos a fontes de água, ou a queima desses produtos, pode causar danos ao meio ambiente e aos seres vivos.

A gamificação é uma estratégia de utilizar sistemas de jogos para garantir o engajamento do público alvo, e surge como uma ferramenta para apoiar o engajamento populacional para a reciclagem do lixo eletrônico (COSTA; MARCHIORI, 2015). Existem vários jogos com propósito de construção de uma cidade sustentável, definindo instruções em plataformas que envolvem os usuários, como *Sim City* e *Cities Skylines* (PAPPAS *et al.*, 2021).

1.2 Motivação

Existe uma necessidade urgente de intensificar a coleta de resíduos eletrônicos, visando preservar o meio ambiente e a saúde humana. A população precisa ser educada sobre os riscos que o acúmulo desses materiais representa e os benefícios da reciclagem.

Para isso, é fundamental implementar políticas públicas e iniciativas que incentivem a participação ativa da comunidade. A gamificação pode ser uma poderosa aliada nessa tarefa, ao tornar o processo de reciclagem mais atraente e motivador. O desenvolvimento do aplicativo LixTec, que utilizam estratégias de gamificação, pode aumentar significativamente o engajamento da população e promover a educação ambiental e a participação comunitária, podemos transformar a gestão de resíduos eletrônicos em uma prática sustentável.

1.3 Objetivos

Nesse trabalho, propomos um aplicativo que adota estratégias de gamificação, motivando a população a participar da reciclagem de lixo eletrônico, com o objetivo de reduzir o volume de lixo eletrônico descartado inadequadamente em aterros e nas ruas. Para tanto, o aplicativo oferece suporte na instrução dos usuários, encorajando a competitividade e, consequentemente, impactando de forma positiva o volume da coleta. Essa coleta deve ser realizada em pontos espalhados pela cidade. No Capítulo 2, iremos entrar mais a fundo na fundamentação teórica, explorando o contexto de lixo eletrônico, gamificação e seus conceitos. No Capítulo 3, falaremos sobre alguns trabalhos correlatos. No Capítulo 4, abordaremos nossa solução. No Capítulo 5, apresentaremos as avaliações e os resultados. E, por fim, no Capítulo 6, traremos a conclusão e os trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Lixo eletrônico

Aparatos obsoletos são frequentemente esquecidos e descartados de forma inadequada no ambiente. Muitos desses objetos possuem componentes que podem ser reutilizados de maneira sustentável, enquanto outros contêm materiais nocivos que podem causar danos ao ecossistema (MOI *et al.*, 2014). Segundo o Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente (PNUMA), a indústria eletrônica é a que mais cresce no mundo e gera cerca de 41 milhões de toneladas de lixo eletrônico, também conhecido como Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), provenientes de computadores, celulares e eletrodomésticos (SILVA *et al.*, 2016).

2.1.1 Linhas do REEE

Os REEE podem ser classificados em quatro linhas de materiais (Figura 2), cada uma com sua própria classificação. A Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica representa a Linha Verde, enquanto a Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletrônicos representa as Linhas Marrom, Branca e Azul (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

Figura 1 – Linhas de lixo eletrônico

Linha Marrom	Linha Azul	Linha Verde	Linha Branca
<ul style="list-style-type: none"> - Televisores - Monitores - DVDs - Produtos de áudio - Câmeras 	<ul style="list-style-type: none"> - Batedores - Liquidificadores - Forno elétrico - Furadeiras 	<ul style="list-style-type: none"> - Desktops - Notebooks - Impressoras - Aparelhos celulares 	<ul style="list-style-type: none"> - Refrigeradores - Fogões - Lavadoras de roupa - Ar-condicionado

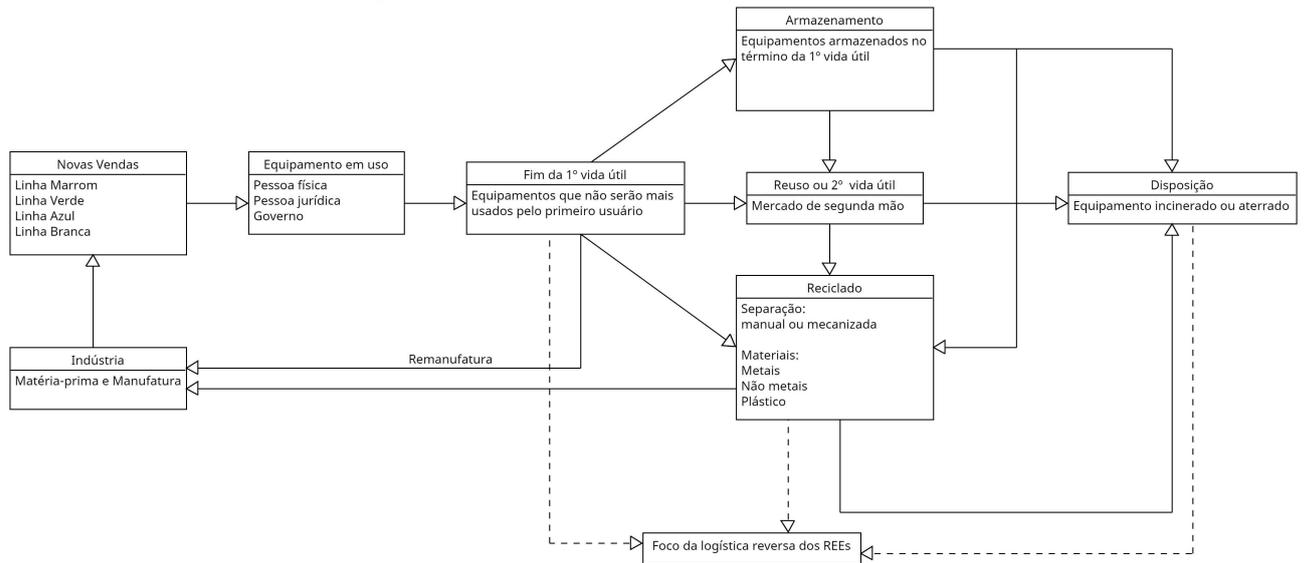
Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2016).

Os materiais da linha branca são de grande porte, com uma vida útil de 10 a 12 anos e um peso que varia de aproximadamente 30 a 70 kg, sendo compostos, em sua maior parte, por metais. Os materiais da linha marrom possuem uma vida útil de 5 a 13 anos, variando de 1 a 35 kg, e são compostos principalmente de plástico e vidro. Os materiais da linha azul têm uma vida útil de 10 a 12 anos, com peso médio de 0,5 a 5 kg, e são compostos principalmente de plástico. Por fim, os materiais da linha verde têm uma vida útil de 2 a 5 anos, são compostos em grande parte por metais e apresentam uma diversidade de componentes (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

2.1.2 Ciclo de vida dos REEE e Logística Reversa.

A Figura a seguir apresenta o ciclo de vida do lixo eletrônico, mostrando sua fase industrial, descarte, coleta e reciclagem (ABDI, 2013).

Figura 2 – Ciclo de vida do REEE



Fonte: Adaptado de ABDI (2013).

Produtos eletrônicos são bens duráveis; se forem bem cuidados, podem durar anos e são compostos por diferentes componentes, os quais possuem potencial para serem reciclados. Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), conhecida como lei da logística reversa, o objetivo é reduzir o acúmulo crescente de lixo eletrônico, impondo a obrigação da reciclagem desse material. De acordo com o Artigo 33, a responsabilidade pela reciclagem é dos próprios fabricantes, considerando que o descarte inadequado desses produtos pode causar danos à saúde ambiental e humana. O Decreto Presidencial n.º 9.177 garante o funcionamento da lei da logística reversa, especialmente para materiais com metais pesados.

O maior desafio da logística reversa é o alto custo da destinação adequada, que torna a localização e a destinação desses resíduos bastante difíceis (LAVEZ *et al.*, 2011). Uma parcela muito pequena da população tem conhecimento sobre logística reversa, o que dificulta ainda mais a eficácia de sua principal função, que é a reciclagem de lixo eletrônico. Os REEE acabam indo para aterros sanitários ou lixões; em alguns casos, são incinerados, causando danos ao meio ambiente e à saúde humana (PARAÍSO *et al.*, 2009).

2.1.3 Impactos do REEE, na saúde e na economia

Os processos de reciclagem podem ser observados na Tabela 1. Os componentes ainda funcionais podem ser reaproveitados para poderem ser usados em outros produtos e voltar para as linhas de consumo. O restante pode voltar a ser matéria-prima, como plástico, e os produtos químicos, onde devem receber o tratamento adequado (ABDI, 2013).

Tabela 1 – Problemas à saúde causados por metais encontrados em REEE

Metal	Principais danos à saúde humana
Alumínio	Mal de Alzheimer.
Bário	Elevação da pressão arterial e efeitos no sistema nervoso central.
Cádmio	Descalcificação óssea, lesão renal, enfisema pulmonar, deformação fetal e câncer.
Chumbo	Alterações gastrintestinais, neuromusculares e hematológicas.
Cobre	Lesões no fígado.
Cromo	Anemia, alterações hepáticas e renais, câncer do pulmão.
Mercúrio	Lesões cerebrais e envenenamento no sistema nervoso central.
Níquel	Câncer.
Prata	Letal ao homem.

Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2016).

Segundo (CARVALHO *et al.*, 2016), o descarte inadequado pode causar impactos econômicos e ambientais, incluindo:

- Contaminação de recursos hídricos, como rios e reservatórios de água;
- Redução da vida útil dos aterros sanitários, devido à baixa biodegradação dos REEE;
- Desperdício de matéria-prima que poderia ser reutilizada a partir dos materiais descartados, incluindo materiais de alto valor, como prata e ouro;

2.1.4 Processo de reciclagem

Os processos de reciclagem nas empresas são complicados devido à incerteza quanto à lucratividade (LAVEZ *et al.*, 2011). Segundo (LAVEZ *et al.*, 2011) realizaram testes com algumas empresas, como a ITAUTEC, onde o material reciclado era recolhido e enviado para o centro de reciclagem. O processo de triagem dos REEE envolve separar cada componente, analisá-lo e testá-lo. Caso algum componente ainda esteja em bom estado, ele é levado para

um estoque, onde será reparado e reutilizado. Os componentes passam por um processo de descaracterização e são então enviados para os respectivos fabricantes. Placas são trituradas para facilitar o transporte, que, muitas vezes, deveria ser realizado para exportação do país. Isso demonstra que a reciclagem de certos materiais pode ser mais complicada e que os custos de transporte são elevados em comparação com o valor do produto reciclado, dificultando o transporte de longa distância.

2.2 Gamificação

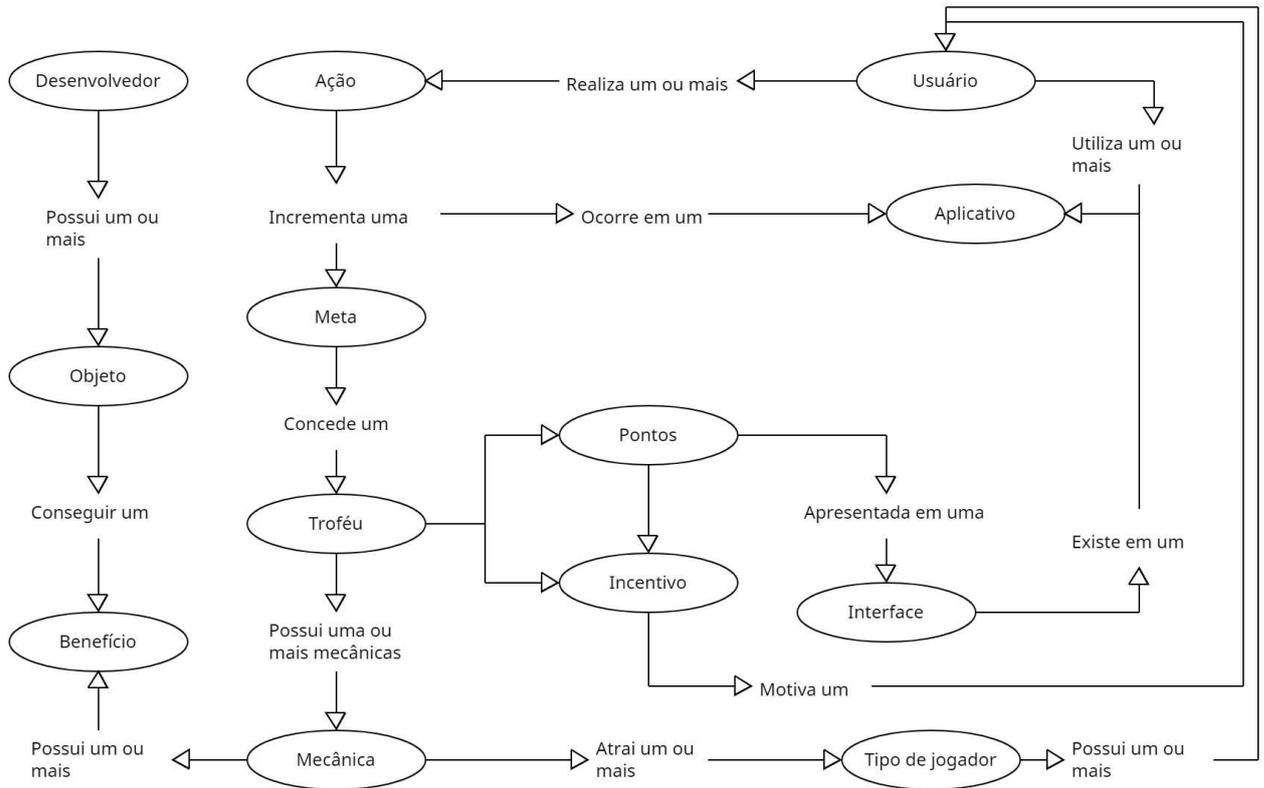
De acordo com Werbach (2013), a gamificação é a utilização de técnicas de design de jogos em um ambiente de negócios com o objetivo de incentivar o empenho de um determinado público. Para tanto, essa estratégia aplica objetivos, aumenta a participação e proporciona recompensas.

Segundo Zichermann e Cunningham (2011), o sistema de gamificação utiliza estratégias de jogos que proporcionam ao usuário uma experiência de entretenimento, lazer e competitividade. Conseqüentemente, isso pode auxiliar na geração de engajamento e motivação para participar das atividades da aplicação.

Os sistemas de gamificação adotam uma metodologia que consiste em estabelecer objetivos a serem alcançados pelos usuários, além de recompensas por meio do aplicativo ou loja, aproximando cliente e empresa. Inicialmente, a mecânica do jogo deve ser analisada de forma a combinar com o modelo de negócio, definindo o perfil do jogador e o público-alvo do jogo. O sistema deve considerar o objetivo, o benefício e o tipo de jogador.

Para que o desenvolvedor realize uma ação, ele deve estudar a mecânica mais apropriada para alcançar os benefícios desejados e implementar uma mecânica do jogo que corresponda ao tipo de jogador atuante e seus interesses. O objetivo é fazer com que o usuário permaneça mais tempo no jogo, disponibilizando uma estratégia de recompensas diárias. Na Figura 11, podemos observar o alinhamento dos objetivos do desenvolvedor do sistema e do usuário.

Figura 3 – Rede semântica descrevendo gamificação e seus relacionamentos



Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2015).

A Figura 11 representa a rede semântica, ou seja, uma tabela que apresenta o fluxo de gamificação, seus conceitos e suas relações. O desenvolvedor deve analisar o modelo de negócio, selecionando um tipo de mecânica de jogo. O tipo jogador deve estar alinhado com o público alvo, visto que cada mecânica abrange um tipo de jogador específico. Com essa análise, deve-se definir o objetivo do aplicativo, seja ele um objetivo de aumento no tempo de uso, ou tentativa de acesso diário de usuário. Quando o usuário atingir os seus objetivos ou metas por determinadas ações do aplicativo, ele deve ganhar uma premiação, como por exemplo, *ranking* ou presentes, podendo variar conforme o modelo da mecânica selecionada. Após isso uma nova meta é estabelecida, e assim o ciclo continua. Na Tabela 2, podemos visualizar algumas mecânicas utilizadas e suas definições.

Tabela 2 – Mecânicas

Mecânicas	Definição
Realização	Uma representação visual ou física de ter realizado algo.
Produtividade feliz	A ideia de que o jogador mais feliz empenhado em um determinado objetivo.
Pontuação	As atividades do jogador são pontuadas dessa forma ele sabe quão bom ele é.
Horário para recompensa	Oferecer uma recompensa depois de uma quantidade fixa de tempo, Isso faz com que o jogador retorne sempre para poder receber a recompensa.
Itens virtuais	Prêmios digitais, objetos encontrados ou gratificações de decisões no decorrer de um jogo. Muitas vezes estes podem ser comercializados ou doados.
Ranking	O fato de estar em uma determinada posição de status com um jogador melhor que os demais.
Trabalho em grupo	Fazer o jogador interagir com o outro para poder conseguir algo.
Nível	Mostrar que o jogador está em determinado ponto de progresso do jogo, a cada nível o jogo se torna mais complexo.
Missões e Desafios	Possibilitar eventos menores de maior dificuldade, geralmente com um período de tempo para serem concluídos.

Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2015).

Dependendo da mecânica apresentada na Tabela 2, podemos ajudar na fidelização do usuário ao oferecer uma recompensa diária ou um novo objetivo a ser atingido todos os dias, incentivando-o a usar a aplicação pelo menos uma vez ao dia. Um exemplo de aplicativo que emprega uma mecânica de gamificação é o *Foursquare*¹, onde o usuário pode visitar vários estabelecimentos próximos e realizar *check-ins*, além de avaliar os locais. Usuários com avaliações mais respeitáveis podem obter benefícios nos estabelecimentos. Existe uma competição na qual o usuário que realizar mais *check-ins* em um determinado local pode se tornar o "prefeito" e obter benefícios dentro de seu território.

Segundo (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011), identificar os tipos de jogadores é crucial para o sucesso de um jogo, pois ajuda a engajar os usuários de forma eficaz. É essencial traçar o perfil do usuário, entender seus interesses e escolher as mecânicas adequadas. Na Tabela 3, mostramos os quatro tipos de jogadores: exploradores, que buscam descobrir novidades; conquistadores, focados em construir reputação; socializadores, interessados em interações sociais; e matadores, que buscam derrotar outros jogadores.

¹ <https://foursquare.com/>

Tabela 3 – Tipos de jogadores

Tipo	Definição	Afinidades Mecânicas
Exploradores	Descobertas de coisas e entender as mecânicas do jogo	Produtividade feliz
Conquistadores	Ganhar e/ou acumular algo, almeja estar entre os melhores	Ranking e Pontuação
Socializadores	Focados em interagir com pessoas	Trabalho em grupo
Matadores	Focados em derrotar outros jogadores, altamente competitivo	Ranking

Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2015).

Se o desenvolvedor adotar uma mecânica de *ranking*, isso beneficiará os jogadores do tipo matador e conquistador, que se destacam pela competição, aumentando o tempo de uso do aplicativo. No entanto, essa estratégia pode não ser vantajosa para os jogadores socializadores e exploradores, cujas preferências mecânicas são diferentes, como mostrado na descrição da Figura 3. Os objetivos do desenvolvedor, o tipo de jogador e a mecânica de atuação devem estar alinhados com os desejos dos jogadores. Jogadores que não se adaptam às mecânicas propostas tendem a abandonar o aplicativo.

2.2.1 Desenvolvimento e inserção das mecânicas de jogo

A inserção de mecânicas tem como foco orientar os usuários e mantê-los concentrados nos objetivos a serem alcançados. Cada mecânica possui uma ação específica para gerar incentivos, e a interação do usuário com essas mecânicas produz resultados que revelam novas metas a serem atingidas. Esse ciclo contínuo de objetivos e recompensas desenvolve sentimentos como curiosidade, satisfação e diversão, promovendo o engajamento. O engajamento pode levar os usuários a compartilhar a aplicação com outras pessoas e a fidelizar os usuários atuais (MARCHIORI, 2015).

2.2.2 Benefícios da gamificação

Certos benefícios podem ser mensuráveis e estão diretamente relacionados às técnicas implementadas. Por exemplo, a lealdade do usuário ao aplicativo pode ser medida pelo seu compromisso; o fornecimento de conteúdo gerado, como fotos ou vídeos, também é um benefício tangível; e a influência do aplicativo no jogador, por meio de benefícios ou mecânicas, pode ser avaliada. Já os benefícios não mensuráveis estão relacionados ao que o jogador adquire ao usar o aplicativo, como a propagação, que incentiva a recomendação do aplicativo para outras pessoas em troca de recompensas; o entretenimento gerado; e a lucratividade proporcionada pelo aplicativo. Na Tabela 4, observamos as técnicas mais adotadas em diferentes áreas de negócios,

onde quanto maior o número de técnicas utilizadas, maior a aplicação.

Tabela 4 – Técnicas mais utilizadas por segmento/área

	Marketing	Treinamentos	Colaboratividade	Produtividade	Educação	Saúde	Esportes
Desafios	6	2	2	1	7	3	1
Cooperação	3		2	3	8	2	4
Avaliação (feedback)	12		2	2	7	4	3
Aquisição de recursos	2					1	
Recompensas	15		4		2	1	3
Vitória		1			1	1	1

Fonte: Costa e Marchiori (2015).

2.2.3 Frameworks de Gamificação

Segundo (FOOTE, 1988), um *framework* é um conjunto de objetos que colaboram para atender a um conjunto de responsabilidades para uma aplicação específica ou um domínio de aplicação. O sistema ideal para aplicar a gamificação deve ser capaz de implementar as mecânicas de jogo, bem como um sistema de *feedback*², para ajudar a traçar o perfil do usuário e identificar pontos fracos do sistema.

Existem *frameworks* genéricos para estruturas de gamificação, como o *framework* 6D proposto por (WERBACH; HUNTER, 2015), que trabalha em seis fases. A primeira fase é definir os objetivos do negócio, ranqueando-os para eliminar ideias não relacionadas, definindo as atividades necessárias e as métricas de sucesso. Dessa forma, é possível traçar o perfil dos usuários, definir suas características e conceber ciclos de atividade focados em engajamento e progresso. Segundo (WERBACH; HUNTER, 2015), o *framework* 6D foi influenciado pelo MDA (*Mechanics, Dynamics, and Aesthetics*), proposto por (HUNICKE *et al.*, 2004). Outro modelo é o *Player-centred design framework*, que destaca os objetivos através do *design*, focando nas necessidades do usuário e clarificando seus objetivos na aplicação. Após isso, são aplicadas as mecânicas necessárias para desenvolver as atividades e monitorar o progresso do usuário, colhendo *feedbacks*. Isso permite entender melhor o usuário, suas necessidades e motivações, garantindo uma experiência melhor (CHARLES *et al.*, 2005).

² Resposta ou avaliação

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Nessa seção, apresentamos os trabalhos relacionados onde foram utilizadas estratégias de gamificação em diferentes modelos de negócio.

3.1 Modelagem de Indicadores Chave de Desempenho em uma Ferramenta de Gestão de Resíduos Gamificada

Os autores (PAPPAS *et al.*, 2021) desenvolveram um sistema de gamificação voltado para a área educativa, com o objetivo de ajudar na gestão de resíduos. Em formato de um jogo de administração de uma cidade, o gerenciamento de resíduos pode ser executado. Eles destacam a necessidade de um instrumento aprimorado para esse fim, e, por isso, desenvolveram uma ferramenta educacional gamificada para os estudantes. O jogo simula ações do mundo real no gerenciamento de resíduos e utiliza chaves indicadoras de desempenho no contexto de uma cidade virtual. De maneira semelhante aos jogos *Sim City 4* e *Cities: Skylines*, foi construído com o auxílio da plataforma *Unity Game Engine* (PAPPAS *et al.*, 2021).

Na cidade administrada pelo jogador, simulando situações reais, o jogador enfrenta problemas no jogo. Um desses problemas é o acúmulo de resíduos. O jogador deve tomar decisões sobre como resolver esse problema, podendo optar por diferentes medidas de descarte dos resíduos. No jogo, o jogador assume o papel de prefeito da cidade e recebe um *feedback* sobre sua administração.

No jogo *Sim City 4*, o descarte de resíduos pode ser feito de três maneiras: aterro, reciclagem e conversão de energia. As escolhas feitas têm consequências positivas e negativas, demonstrando a viabilidade do uso de gamificação em pesquisa e educação, tornando o sistema valioso para o planejamento urbano e gestão de resíduos.

Para facilitar a avaliação dos resultados, podem ser adotadas chaves de desempenho. O autor utiliza algumas chaves já existentes, como a Análise Composicional de Resíduos (MSW-C), que realiza uma análise voltada para a composição dos materiais no processo de triagem, como plásticos e metais. Outra chave é a Produção de Resíduos Sólidos Municipal (MSW-P), que realiza o cálculo da Equação 3.1, segundo Pappas *et al.* (2021), para determinar a quantidade de resíduos produzidos (Q_{Tot}) pela população (POP) em um dado período (t).

$$MSW - P = \frac{Q_{Tot}(t)}{Q_{POP}(t)}. \quad (3.1)$$

Os autores destacam que a melhor forma de combater o acúmulo de resíduos é buscar constantemente reduzir a quantidade de material nos aterros e tentar integrar a gestão de resíduos com outras áreas, revelando que os resíduos podem ser utilizados em setores como economia, energia sustentável e em projetos como *Smart City*. O comportamento social, ou seja, a iniciativa da população em colaborar com as estratégias de gestão de resíduos, é um fator crucial para o desenvolvimento sustentável, fazendo com que cada indivíduo entenda que a reciclagem de resíduos é uma responsabilidade compartilhada.

Para isso, foi desenvolvido um sistema virtual para a prática da gestão de resíduos, onde a gamificação tem o objetivo de envolver o jogador no propósito do sistema. A reciclagem dos resíduos sólidos é focada em uma abordagem pedagógica. Toda uma estrutura do funcionamento do jogo é implementada, incluindo as estratégias que podem ser usadas, as chaves de desempenho e como elas servem como indicadores no jogo (Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 – Indicadores com as chaves de performance de uma das regiões da cidade virtual

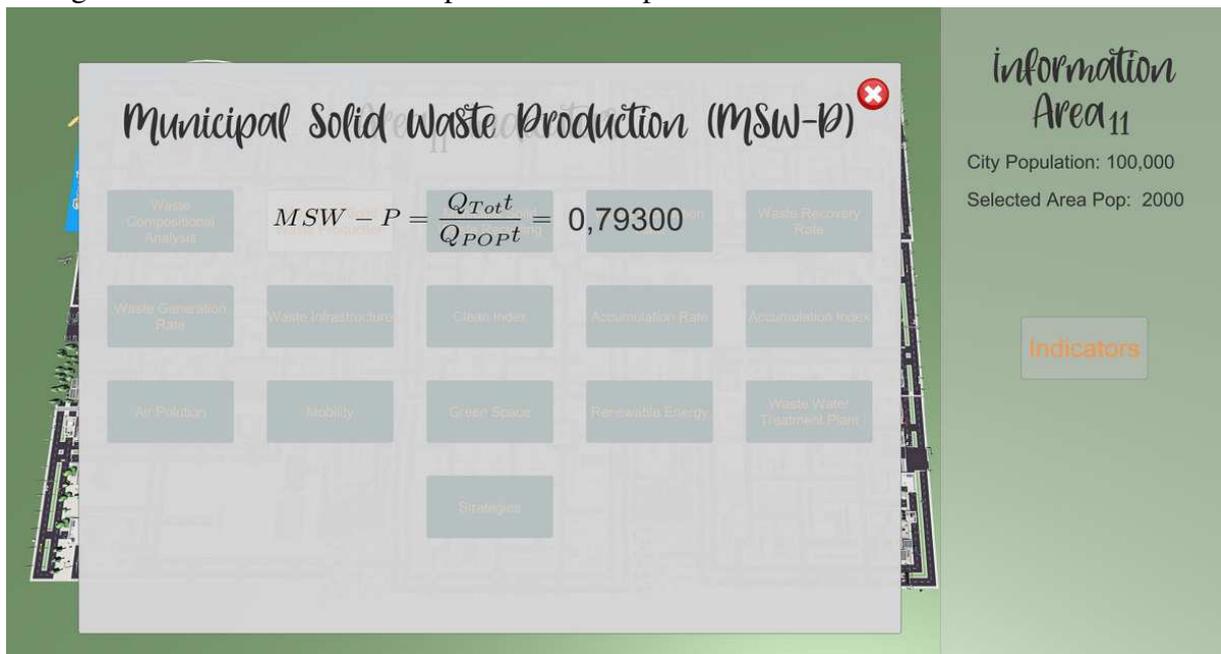


Fonte: (PAPPAS *et al.*, 2021).

A Figura 4 apresenta os indicadores de uma região da cidade, fatores relevantes para o processo de reciclagem de resíduos sólidos, cada um possui um fator que impacta na região e nos modos de reciclagem.

A Figura 5, é apresentada uma das fórmulas usadas para medir a produção total de resíduos no município, como uma das ferramentas dos indicadores-chaves.

Figura 5 – Fórmulas de cada tipo de chave de performance



Fonte: (PAPPAS *et al.*, 2021).

3.2 Uso de técnicas de gamificação para incentivar a reciclagem de lixo. Uma abordagem de cidade inteligente

Nesse artigo os autores alertam para os problemas do descarte inadequado do lixo, e destacam as formas errôneas de como esses resíduos são descartados. Por exemplo, utilizando a incineração ou uso de aterros inapropriados, causando danos à saúde humana e ambiental.

Alguns países promovem uma gestão dos resíduos de forma que se possa reaproveitar os materiais dos aterros da melhor forma possível. A participação do cidadão pode ser um estímulo poderoso para ajudar no descarte dos resíduos. Aplicando gamificação, para os participantes, foi desenvolvido um sistema visando aumentar a taxa de reciclagem de resíduos sólidos.

No artigo, foi proposto uma arquitetura que pode ser usada em uma Cidade Inteligente, o sistema deve calcular a quantidade e o tipo do lixo doado do usuário, mostrando a estação de tratamento mais próxima do usuário, onde ele pode realizar o depósito. Foi implementado um QRCode para identificação do usuário, um sistema de localização para identificar os pontos de coleta podendo utilizar empresas de coleta de resíduos, podendo utilizar da mesma separação de resíduos com cores, e um sensor de peso para os materiais deixados no local e analisar o volume. Quando o limite for atingido, um transporte deve ser enviado para a coleta com determinada frequência, usando comunicação NarrowBand IoT para fazer a transmissão de dados, e uma

rede LPWAN para enviar dados com bancas ICM, para distâncias de 50 km em áreas rurais, e 5km e 10km em urbanas, os contêineres ficam de forma acessível ao usuário, utilizando de painéis solares para se manterem ligados. Ao conduzir o depósito, o contêiner coleta os dados do usuário, o tipo de resíduos, os dados do contêiner depositado, sua localização e o volume atual, esses dados são enviados por meio de protocolos *MQTT*¹, por meio da rede NarrowBand, o envio dos dados é em formato *JSON*², por meio de serviços *REST*³.

O sistema requer uma plataforma que esteja suscetível a mudanças, visto que possa realizar essas operações de adaptação sem causar problemas durante as rotinas das atividades. Na Figura 14 a tela do perfil do usuário apresenta o perfil de um usuário, a porcentagem do lixo que ele doava para reciclagem e sua avaliação em *ranking*.

Figura 6 – Tela de perfil de usuário



Fonte: (BRIONES *et al.*, 2018).

¹ Message Queuing Telemetry Transport

² JavaScript Object Notation

³ Representational State Transfer

3.3 Torne o lixo divertido novamente! Uma abordagem de gamificação para reciclagem

Os autores (HELMEFALK; ROSENLUND, 2019) evidenciam o problema do acúmulo de resíduos sólidos, seus riscos e a dificuldade na gestão desses resíduos, mencionando fatores como a distância, o tipo de material e os incentivos econômicos.

Foi realizada uma pesquisa para definir o tipo de jogador no sistema de gamificação do lixo eletrônico, estabelecendo os objetivos do usuário e seu conhecimento prévio. Constatou-se que os participantes tinham um bom conhecimento sobre as questões ambientais. Foi registrada uma dificuldade de engajamento de crianças nos feedbacks apresentados. A maioria dos usuários do aplicativo se preocupa mais com as mecânicas do que com recursos visuais.

Foi sugerido que fossem colocados adesivos de QR Code nas lixeiras de coleta seletiva, com uma explicação sobre a cor de cada lixeira, para que o usuário soubesse o que colocar em cada uma. As lixeiras estavam localizadas em pontos estratégicos da cidade.

É sugerida uma mecânica de apoio e serviço, além de uma ferramenta de *feedback*, que deve ser explorada para melhorias na plataforma. A competição social entre usuários no sistema de gamificação deve ser explorada. O objetivo é definir recompensas por posição em um *ranking* entre jogadores.

3.4 Comparação entre os trabalhos

Na Tabela 5, destacamos os trabalhos relacionados definindo critérios como as estratégias usadas, o tipo de jogador predominante e o motivo principal de engajamento. Todos esses critérios estão interligados: a estratégia certa pode atrair um tipo específico de jogador, o que, por sua vez, define o tipo de engajamento. Com isso, podemos comparar os trabalhos.

Tabela 5 – Tabela comparativa dos trabalhos relacionados

Estudos	Estratégia	Tipo de jogador	Engajamento
(PAPPAS <i>et al.</i> , 2021)	Exploração e educacional	Explorador	Educacional e lazer
(BRIONES <i>et al.</i> , 2018)	Ranking e competitivo	Conquistadores e Matadores	Premiação
(HELMEFALK; ROSENLUND, 2019)	Ranking e competitivo	Conquistadores e Matadores	Premiação

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Briones *et al.* (2018) apresenta um sistema para a coleta de materiais, exibindo o *ranking* do usuário e os dados de seus depósitos. Contudo, os autores não descrevem o sistema

de recompensas, ou seja, a meta que o usuário deve atingir para ganhar a premiação no final do percurso. Pappas *et al.* (2021) e (HELMEFALK; ROSENLUND, 2019), os sistemas propõem uma abordagem educacional para um perfil de jogador explorador, focado em descobrir coisas e compartilhar conhecimentos. O sistema demonstra para o usuário os problemas do acúmulo de resíduos, não apenas de lixo eletrônico, enfatizando a divulgação e o sistema de premiação.

Com base nos trabalhos apresentados, constatou-se que a estratégia de gamificação mais vantajosa é a de *ranking*, que incentiva uma maior competitividade entre os usuários. Outro ponto muito importante é o fator de engajamento do cidadão, sua participação no projeto e tratar isso como uma causa social, transmitindo um sentimento de responsabilidade para o jogador além do desejo pela premiação, visto que a maioria dos jogadores pertence a uma modalidade competitiva. Esse aspecto incentiva os usuários a se engajarem no sistema.

4 APLICANDO GAMIFICAÇÃO EM RECICLAGEM DE LIXO ELETRÔNICO.

Com o passar dos anos, a tecnologia evolui, e muitos eletrônicos são descartados por mau funcionamento ou por estarem obsoletos. Esses eletrônicos possuem componentes que podem ser reutilizados em projetos sustentáveis, como robótica sustentável ou implementação de logística reversa. Além disso, o descarte de materiais pesados pode ser prejudicial ao nosso ecossistema, como, por exemplo, o descarte de pilhas e baterias. A participação da população pode ajudar muito no auxílio ao descarte, mas nem todos possuem conhecimento sobre como funcionam as políticas de logística reversa ou como esse problema afeta o meio ambiente e a saúde humana. Os incentivos para ajudar nesse engajamento são muito baixos, resultando na falta de participação do cidadão. O objetivo deste trabalho é minimizar o acúmulo e o descarte inadequado de lixo eletrônico através do engajamento em reciclagem da população. Como estudo de caso, aplicaremos na cidade de Crateús — Ceará.

Um aplicativo foi desenvolvido para que o usuário possa localizar pontos de coleta de resíduos, focados em lixo eletrônico, e realizar depósitos em uma lixeira inteligente que detecta o peso com base no volume de lixo eletrônico depositado. A contabilização pode ser feita por meio de lixeiras inteligentes, definindo metas escaláveis de prêmios.

Para tanto, é necessário planejar seu funcionamento e definir as melhores estratégias para as premiações com base em metas, além de analisar o engajamento por meio de testes com usuários e coletar seus *feedbacks*.

4.1 Metodologia Proposta

Um projeto de aplicativo LixTec foi desenvolvido, da aplicação adotaremos o *Dart*¹ e *Flutter*² com integração com bibliotecas de desenvolvimento do site *Pub.dev*³, com a tecnologia de *FireStore*⁴ onde terá toda a base e dados da aplicação, e criar formulários sobre o aplicativo, onde podemos receber resultados que o usuário sobre o aplicativo, e entender melhor seus gostos, os defeitos e melhorar a aplicação. Pretendendo atingir em especial o público em questões de engajamento por meios de incentivo educacional. Os tipos de jogadores alvos são os Conquistadores e Matadores, envolvendo mecânicas de *ranking*, que pode ser contabilizado com

¹ <https://dart.dev/>

² <https://flutter.dev/>

³ <https://pub.dev/>

⁴ <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=pt-br>

base em volume e o tipo de lixo depositado em lixeiras com sensores de volume e com o *reset* posterior com determinado tempo, que pode ser variável. Assim é possível definir um horário de coleta e enviar notificações para o celular do usuário, avisando quando a data de coleta estiver próxima.

A instalação das lixeiras deve retornar os dados de depósitos em quantidade, para determinar as mais acessadas e calcular a quantidade de volume depositado. Com base no volume depositado pelo usuário, seu ranking deve aumentar. Um sistema de estrelas ou *ranking* por porcentagem em cima de uma meta pode determinar a quantidade de usuários cadastrados e seu engajamento para o alcance das metas de gamificação.

4.2 LixTec

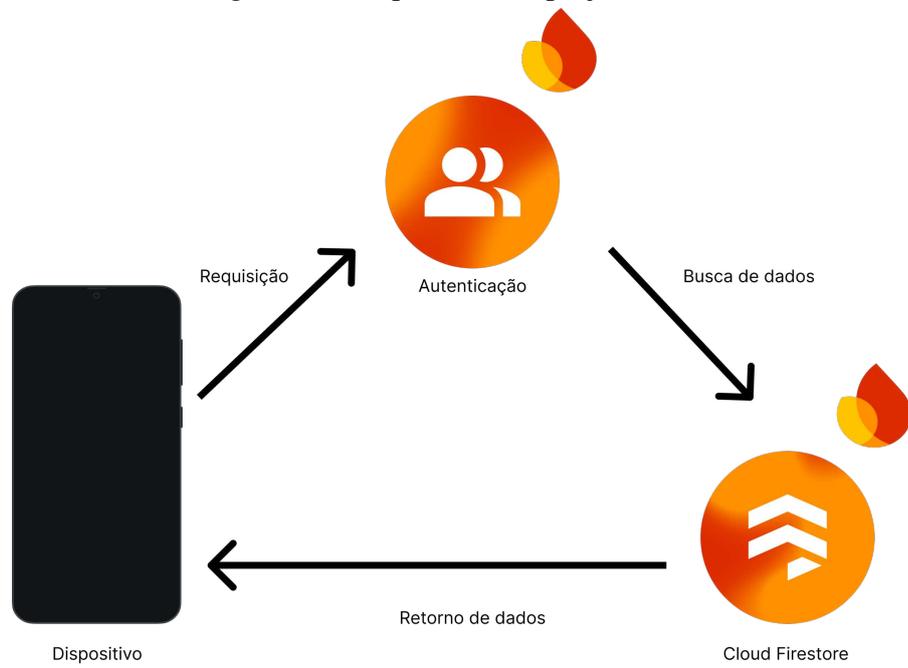
Nesta seção, discutiremos os módulos do aplicativo LixTec, destacando a estrutura de comunicação e suas funcionalidades. O LixTec é um aplicativo desenvolvido com o objetivo de facilitar a gestão de resíduos eletrônicos, promovendo a reciclagem e a sustentabilidade. Através de uma interface intuitiva, o aplicativo oferece diversas funcionalidades que incentivam os usuários a participar ativamente do processo de descarte correto de materiais eletrônicos, o repositório da aplicação está aberto para ver o código fonte e mandar *Pull Requests* para o repositório do projeto no *GitHub*⁵ da aplicação.

4.2.1 Comunicação da aplicação

A figura abaixo mostra a estrutura de comunicação usada no aplicativo, nela podemos ver como o aplicativo trabalha com as requisições de dados das funcionalidades. Quando o usuário realiza qualquer ação no dispositivo que requeira uma resposta do *Cloud Firestore*, ele realiza o seguinte processo: o dispositivo envia a requisição de dados, precedida por uma autenticação no *Firebase Authentication*. Assim que os dados são validados, a requisição é disparada para o *Firestore*, onde fica toda a base de dados do projeto. Após terminar de coletar os dados requisitados pelo sistema, ele retorna para o dispositivo, e, dado os resultados recebidos, um elemento visual é exibido para o usuário como forma de trazer uma confirmação visual.

⁵ <https://github.com/FSTorresNeto/LixTec>

Figura 7 – Arquitetura do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.2 Módulo - Scanner

A funcionalidade de *Scanner* da aplicação é utilizada para contabilizar o *score* do usuário a medida que ele realiza os depósitos com base no peso do lixo eletrônico e incrementa no *ranking* do usuário, ele deve ler os QrCodes provenientes das lixeiras eletrônicas mapeando o usuário que está fazendo o depósito e a quantidade depositada que é incrementada no valor total. A imagem a seguir representa o resultado da funcionalidade de *Scanner* desenvolvida.

Figura 8 – LixTec - Scanner



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.3 Módulo - Tela de Ranking

A funcionalidade de *Ranking* da aplicação é utilizada para verificar o *score* do usuário, o valor é atualizado sempre que um depósito é feito. A imagem a seguir representa o resultado da funcionalidade de *Ranking* desenvolvida.

Figura 9 – LixTec - Ranking

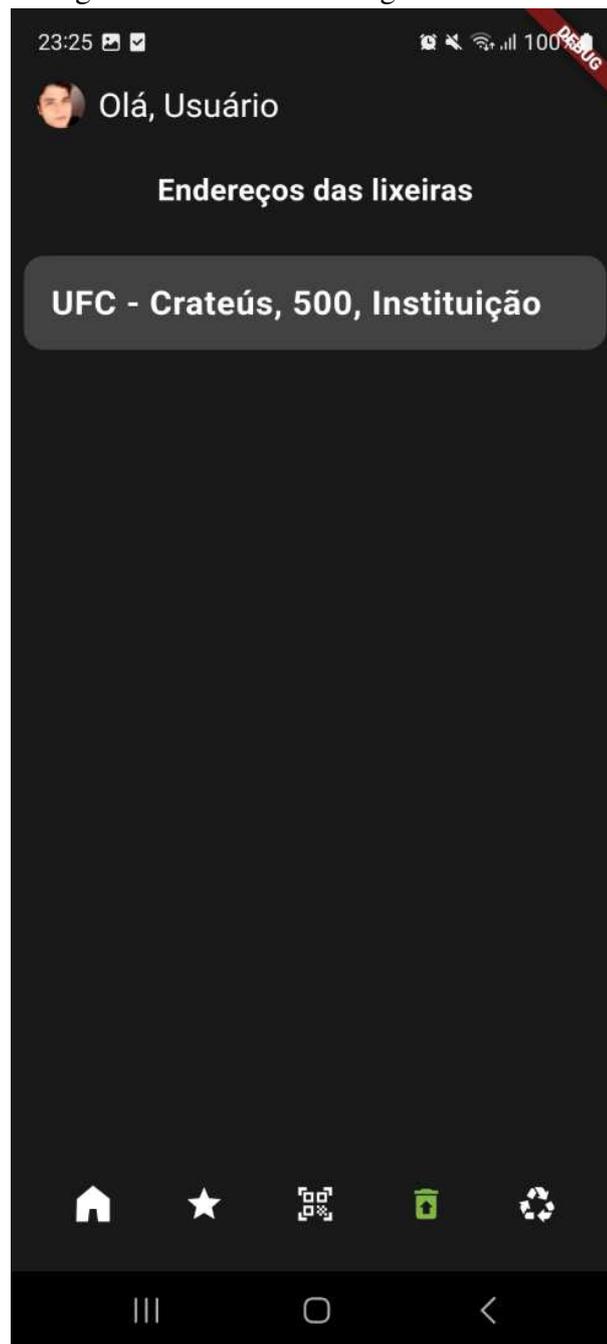


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.4 Módulo - Listagem de Lixeiras

A funcionalidade de listagem de lixeiras da aplicação é utilizada para lista os pontos onde os usuários podem realizar os depósitos, contando com uma funcionalidade de mapa para auxiliar na rota até o local. As imagens a seguir representam o resultado da funcionalidade de listagem de lixeiras e de localização desenvolvida.

Figura 10 – LixTec - Listagem de Lixeiras



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Figura 11 – LixTec - Mapeamento GPS



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

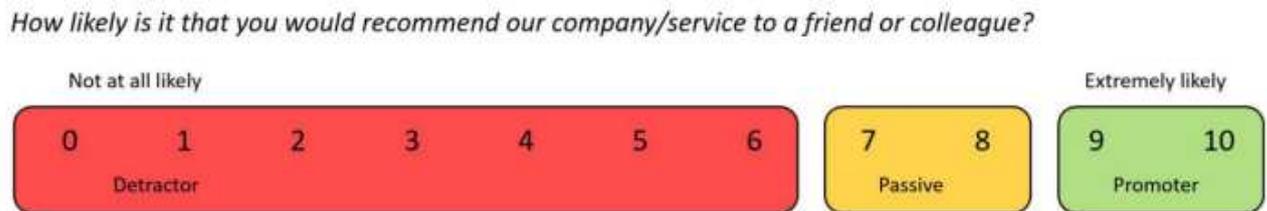
5 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Neste capítulo, vamos avaliar os resultados obtidos da análise de qualidade, usabilidade, design e experiência do usuário por meio dos testes Net Promoter Score (*NPS*) e System Usability Scale (*SUS*).

5.1 Net Promoter Score (NPS)

O *NPS* é uma métrica que mede a satisfação e lealdade dos clientes em relação a um produto, serviço ou empresa, onde os participantes são solicitados a responder a uma pergunta-chave: "Em uma escala de 0 a 10, o quanto você recomendaria nosso produto/serviço/empresa a um amigo ou colega?". Com base nas respostas, os participantes são categorizados em três grupos: Promotores (notas 9-10), Neutros (notas 7-8) e Detratores (notas 0-6). A pontuação do *NPS* pode variar de organização para organização, conforme exemplificado na Figura 8 (BAEHRE *et al.*, 2022).

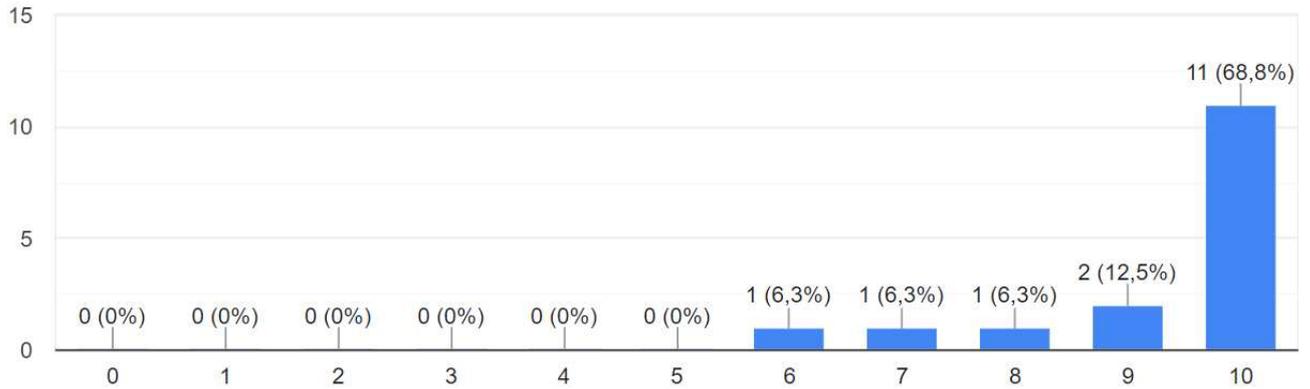
Figura 12 – Exemplo de teste NPS



Fonte: (ADAMS *et al.*, 2022).

Uma pergunta foi feita em uma escala de 0 até 10, na qual se tratava da recomendação do aplicativo para outros usuários, recebemos as seguintes respostas apresentados na Figura 13:

Figura 13 – Resultados do teste NPS



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Para realizarmos o cálculo do *NPS* teremos que calcular a porcentagem de cada tipo de usuário (PTU), seguindo a fórmula a seguir onde usamos nos três tipos de usuários (TU), promotores (PP) e detratores (PD) e neutros (PN), dividido pela quantidade de respostas totais (Qtd R), segue a Equação 5.1 e após isso calcular o total do teste *NPS* na Equação 5.2.

$$PTU = \frac{TU}{Qtd R} \times 100 \quad (5.1)$$

$$NPS = PP - PD \quad (5.2)$$

Após calcularmos os valores, ficamos com a porcentagem de promotores (PP) = 81,25%, a porcentagem de detratores (PD) = 12,5% e a porcentagem de neutros (PN) = 6,25%. Com os dados em mãos, podemos seguir para o cálculo do *NPS* na Equação 5.2, que consiste em calcular a diferença entre os promotores e os detratores para obter o valor total do teste. O total é 75, o que indica uma avaliação positiva do teste, isolando os neutros da fórmula, pois o *NPS* foca na distinção entre promotores e detratores (BAEHRE *et al.*, 2022).

5.2 System Usability Scale (SUS)

O *SUS* é uma escala padronizada utilizada para avaliar a usabilidade de um sistema, produto ou serviço. Os participantes respondem a um questionário composto por uma série de declarações relacionadas à usabilidade do sistema. Cada declaração é avaliada em uma escala *Likert* de 0 a 4, variando de "discordo totalmente" a "concordo totalmente". As respostas são

então pontuadas e transformadas para gerar uma pontuação geral de usabilidade, a pontuação SUS é calculada multiplicando a soma das pontuações por 2.5, as pontuações podem variar de 0 a 100, sendo uma pontuação mais alta indicativa de uma melhor usabilidade (PERES *et al.*, 2013), o sistema SUS pode variar de organização para organização, na Figura 10 mostra um exemplo de questionário SUS, (SASMITO *et al.*, 2019).

Figura 14 – Exemplo de teste SUS

	Strongly Disagree				Strongly Agree
1. I think that I would like to use this product frequently.	1	2	3	4	5
2. I found the product unnecessarily complex.	1	2	3	4	5
3. I thought the product was easy to use.	1	2	3	4	5
4. I think that I would need the support of a technical person to be able to use this product.	1	2	3	4	5
5. I found the various functions in the product were well integrated.	1	2	3	4	5
6. I thought there was too much inconsistency in this product.	1	2	3	4	5
7. I imagine that most people would learn to use this product very quickly.	1	2	3	4	5
8. I found the product very awkward to use.	1	2	3	4	5
9. I felt very confident using the product.	1	2	3	4	5
10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this product.	1	2	3	4	5

Cinco perguntas foram colocadas em uma escala de 1 até 5, onde 1 é a nota mínima e 5 a máxima, sobre complexidade que se manteve como pouco complexo, usabilidade, se manteve com nota máxima, facilidade do aplicativo se manteve com nota máxima e por fim uma avaliação das funcionalidades do aplicativo (lista de lixeiras, *scanner* e *ranking*).

A média das respostas foi de 72.5, adquirimos esse valor dividimos o total das pontuações ajustadas pelo número de perguntas (5) e multiplicamos por 2.5, totalizando 145, multiplicando por 2.5, depois é feito uma escala e 0 até 100, onde a pontuação entre 85 e 100 são considerados com uma excelente usabilidade, com 70 para 84, são considerados que possuem uma boa usabilidade, com 50 até 69 são os que apresentam usabilidade aceitável, e os que ficam entre 30 e 49 são de baixa usabilidade e que possuem grandes melhorias a serem realizadas e os que ficam abaixo de 29, que realmente estão com pontos críticos de usabilidade, como houve poucos usuários no teste é melhor evidenciar testes individuais sobre cada usuário como mostrado na Tabela a seguir.

Tabela 6 – Resultados individuais do teste SUS

Usuários	Nota Final	Resultado
Ususário 1	45	Baixa
Ususário 2	50	Média
Ususário 3	55	Média
Ususário 4	60	Média
Ususário 5	65	Média
Ususário 6	70	Boa
Ususário 7	75	Boa
Ususário 8	80	Boa
Ususário 9	85	Excelente
Ususário 10	90	Excelente
Ususário 11	95	Excelente
Ususário 12	70	Boa
Ususário 13	80	Boa
Ususário 14	60	Média
Ususário 15	65	Média

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

5.3 *Feedbacks importantes dos usuários*

Os *feedbacks* dos usuários de teste foram fundamentais para a evolução do nosso aplicativo. Identificamos várias áreas de melhoria, incluindo o refinamento da interface do usuário, aprimoramento do *scanner* para leitura a distância, otimização do tempo de sessão,

desenvolvimento de um fluxo de primeiro acesso com o tutorial. Além disso, houve sugestões para um novo tema de cores e melhorias nos ícones de localização das lixeiras. Contudo, ainda há espaço para crescimento, um dos próximos passos importantes é integrar as lixeiras inteligentes, o que pode aprimorar significativamente a experiência do usuário e definir sistemas de parcerias com lojas para que os usuários possam utilizar pontos acumulados em troca de produtos, alinhando-se com nossos objetivos finais.

6 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Em conclusão, o desenvolvimento do aplicativo LixTec para a gestão de resíduos eletrônicos representa um passo significativo em direção à conscientização ambiental e práticas sustentáveis. A integração bem-sucedida de funcionalidades, como a gamificação para motivar a participação ativa na reciclagem, demonstra o potencial impacto positivo que a tecnologia pode ter na promoção de comportamentos ecológicos. A implementação efetiva do aplicativo não apenas facilita o descarte adequado de dispositivos eletrônicos, mas também contribui para a redução do lixo eletrônico e seus impactos prejudiciais ao meio ambiente.

No entanto, o trabalho não se encerra aqui. Há uma necessidade crescente de desenvolver uma lixeira inteligente capaz de otimizar o processo de coleta e classificação dos resíduos eletrônicos. A lixeira inteligente proposta visa oferecer uma solução eficiente e inovadora para lidar com os diferentes tipos de dispositivos eletrônicos descartados. Isso não apenas facilitará a coleta, mas também promoverá a reutilização e reciclagem adequada desses materiais.

O desenvolvimento da lixeira inteligente deve explorar tecnologias como sensores de peso, tela para renderização de um *QRCode* que o usuário possa usar para registrar no seu *ranking* e um identificador de lixeira.

É essencial continuar refinando as estratégias de gamificação no aplicativo para manter o engajamento dos usuários ao longo do tempo. Isso pode incluir a introdução de novos desafios, recompensas e funcionalidades interativas. Além disso, é importante estabelecer colaborações com empresas de reciclagem para facilitar a coleta eficiente dos resíduos eletrônicos recolhidos pela lixeira inteligente, fortalecendo assim a cadeia de reciclagem. Por fim, é crucial ficar atento ao *feedback* dos usuários, que pode fornecer melhorias significativas não só para o aplicativo, mas para o projeto como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABDI, A. Logística reversa de equipamentos eletroeletrônicos análise de viabilidade técnica e econômica. **MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, IECE (ed.). Brazil**, 2013.
- ADAMS, C.; WALPOLA, R.; SCHEMBRI, A. M.; HARRISON, R. The ultimate question? evaluating the use of net promoter score in healthcare: A systematic review. **Health Expectations**, Wiley Online Library, v. 25, n. 5, p. 2328–2339, 2022.
- BAEHRE, S.; O'DWYER, M.; O'MALLEY, L.; LEE, N. The use of net promoter score (nps) to predict sales growth: insights from an empirical investigation. **Journal of the Academy of Marketing Science**, Springer, v. 50, n. 1, p. 67–84, 2022.
- BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. **Journal of usability studies**, Usability Professionals' Association Bloomington, IL, v. 4, n. 3, p. 114–123, 2009.
- BRIONES, A. G.; CHAMOSO, P.; RIVAS, A.; RODRÍGUEZ, S.; PRIETA, F. D. L.; PRIETO, J.; CORCHADO, J. M. Use of gamification techniques to encourage garbage recycling. a smart city approach. In: SPRINGER. **International Conference on Knowledge Management in Organizations**. [S.l.], 2018. p. 674–685.
- CARVALHO, D. F.; BARATA, A. J. S. S.; ALVES, R. R. Logística reversa de lixo eletrônico nas organizações públicas. **Ciência e Natura**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 862–872, 2016.
- CAVALCANTE, C.; FURTADO, V.; FURTADO, E. S. An environment to support the design, implementation and evaluation of gamification in social systems. In: **Proceedings of the 14th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–10.
- CHARLES, D.; MCNEILL, M.; MCALISTER, M.; BLACK, M.; MOORE, A.; STRINGER, K.; KÜCKLICH, J.; KERR, A. Player-centred game design: Player modelling and adaptive digital games. Digital Games Research Association: DiGRA, 2005.
- COSTA, A. C. S.; MARCHIORI, P. Z. Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência. **InCID: Revista de Ciência da Informação e Documentação**, v. 6, n. 2, p. 44–65, 2015.
- FOOTE, B. **Designing to facilitate change with object-oriented frameworks**. Dissertação (Mestrado) — University of Illinois at Urbana-Champaign, 1988.
- HELMFALK, M.; ROSENLUND, J. Make waste fun again! a gamification approach to recycling. In: **Interactivity, Game Creation, Design, Learning, and Innovation**. [S.l.]: Springer, 2019. p. 415–426.
- HUNICKE, R.; LEBLANC, M.; ZUBEK, R. Mda: A formal approach to game design and game research. In: SAN JOSE, CA. **Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI**. [S.l.], 2004. v. 4, n. 1, p. 1722.
- LAVEZ, N.; SOUZA, V. M. D.; LEITE, P. R. O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico”—um estudo no setor de computadores. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 1, 2011.

MARCHIORI, P. Gamificação, elementos de jogos e estratégia: uma matriz de referência. incid: **R. Ci. Inf. e Doc., Ribeirão Preto**, v. 6, n. 2, p. 44–65, 2015.

MOI, P. C. P.; SOUZA, A. P. S. de; OLIVEIRA, M. M.; FAITTA, A. C. J.; REZENDE, W. B. de; MOI, G. P.; FREIRE, F. A. D. L. Lixo eletrônico: consequências e possíveis soluções. **Connection line-revista eletrônica do UNIVAG**, n. 7, 2014.

OLIVEIRA, U. R. de; MARINS, F. A. S.; JÚNIOR, J. M. Logística reversa e identificação de produtos: revisão teórica para indústria eletroeletrônica. **Revista Produção Online**, v. 16, n. 2, p. 633–677, 2016.

PAPPAS, G.; PAPAMICHAEL, I.; ZORPAS, A.; SIEGEL, J. E.; RUTKOWSKI, J.; POLITOPOULOS, K. Modelling key performance indicators in a gamified waste management tool. **Modelling**, MDPI, v. 3, n. 1, p. 27–53, 2021.

PARAÍSO, M. R. de A.; SOARES, T. O. R.; ALMEIDA, L. A. de. Desafios e práticas para a inserção da tecnologia da informação verde nas empresas baianas: um estudo sob a perspectiva dos profissionais de tecnologia da informação. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 3, n. 3, p. 85–101, 2009.

PERES, S. C.; PHAM, T.; PHILLIPS, R. Validation of the system usability scale (sus) sus in the wild. In: SAGE PUBLICATIONS SAGE CA: LOS ANGELES, CA. **Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting**. [S.l.], 2013. v. 57, n. 1, p. 192–196.

SASMITO, G. W.; NISHOM, M. *et al.* Usability testing based on system usability scale and net promoter score. In: IEEE. **2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)**. [S.l.], 2019. p. 540–545.

SILVA, L. d. S. V. da; GONÇALVES, A.; BACHMANN, A. Logística reversa do lixo tecnológico: um estudo sobre o comportamento dos consumidores de aparelhos móveis. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 11, n. 3, p. 133, 2016.

WERBACH, K. No dialtone: The end of the public switched telephone network. **Fed. Comm. LJ**, HeinOnline, v. 66, p. 203, 2013.

WERBACH, K.; HUNTER, D. **The gamification toolkit: dynamics, mechanics, and components for the win**. [S.l.]: University of Pennsylvania Press, 2015.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps**. [S.l.]: "O'Reilly Media, Inc.", 2011.