

E-WASTE HERO: APLICATIVO MÓVEL COMO FERRAMENTA DE ECONOMIA CIRCULAR PARA PROMOÇÃO DO CORRETO DESCARTE DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO DE LINHA VERDE NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP

E-WASTE HERO: MOBILE APPLICATION AS A CIRCULAR ECONOMY TOOL TO PROMOTE THE CORRECT DISPOSAL OF GREEN LINE ELECTRONIC EQUIPMENT WASTE IN SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP

E-WASTE HERO: APLICATIVO MÓVEL COMO FERRAMENTA DE ECONOMIA CIRCULAR PARA PROMOÇÃO DO CORRETO DESCARTE DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTO ELETROELETRÔNICO DE LINHA VERDE NA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP

E-WASTE HERO: MOBILE APPLICATION AS A CIRCULAR ECONOMY TOOL TO PROMOTE THE CORRECT DISPOSAL OF GREEN LINE ELECTRONIC EQUIPMENT WASTE IN SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP

João Trajano Schults¹ • Gabriela Jardim de Oliveira Moreira²
Gabriella Gomes Bittencourt de Campos³ • Gutemberg Arthur Santos⁴
Sérgio Henrique Fávero Figueiredo⁵ • Ilana Racowski⁶

Data de recebimento: 19/11/2024

Data de aceite: 25/06/2025

¹ Doutorando em Alimentos e Nutrição pela FEA/UNICAMP, Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e graduado em Engenharia de Alimentos pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica. É especialista em Gestão de Projetos em Inovação e Sustentabilidade pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena, com MBA em Marketing pela Universidade de São Paulo.

E-mail: joaotrajano0@hotmail.com

² Pós-graduação em Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena e Graduação em Engenharia de Alimentos pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

E-mail: 622230004@faculdade.cefsa.edu.br

³ Pós-Graduação em Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena e graduação em Engenharia da Computação pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena.

E-mail: 622230016@faculdade.cefsa.edu.br

⁴ Pós-graduação em Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Faculdade de Tecnologia Termomecânica e Técnico em Automação Industrial pelo Senai.

E-mail: gutembergarthur2@gmail.com

⁵ Pós-graduação em Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade pela Faculdade Engenheiro Salvador Arena, Graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário FEI e Técnico em Mecatrônica pela ETEC Lauro Gomes.

E-mail: sergio.hfigueiredo@gmail.com

⁶ Pós-doutorado em Engenharia de produção na Poli/USP, doutorado em Biotecnologia pela Universidade de São Paulo e MBA em Administração Industrial pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) ligado à sustentabilidade, mestrado em Tecnologia de Fermentações pela Universidade de São Paulo e graduação em Engenharia de Alimentos pelo Instituto Maua de Tecnologia. É docente titular da Faculdade de Tecnologia Termomecânica na graduação e professora da pós-graduação.

E-mail: pro6389@cefsa.edu.br

RESUMO

Este estudo propõe o uso da economia circular como ferramenta estratégica para promover o correto descarte de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) (*desktops, laptops, acessórios de informática, tablets e telefones celulares*) em São Bernardo do Campo, SP. A proposta inclui a prototipação de um aplicativo móvel com uma interface interativa que visa conscientizar os moradores e conectar fabricantes, empresas e usuários em torno da gestão sustentável dos REEE. A metodologia adotada foi qualitativa exploratória e bibliográfica, integrando questionários, entrevistas, análise mercadológica e financeira, além da prototipação e validação de usabilidade do aplicativo proposto. Um dos principais desafios identificados pelas empresas entrevistadas é a mistura dos REEE com o lixo comum, o que corrobora com o resultado do estudo, onde 59% dos moradores da cidade demonstraram dificuldade em diferenciar o lixo comum dos resíduos eletrônicos. Além disso, foram destacados a falta de incentivos fiscais, a ausência de programas claros de reutilização e a escassez de soluções digitais específicas. O protótipo alcançou o índice de usabilidade de 88,7%, classificado como excelente, evidenciando sua facilidade de uso. Os usuários destacaram o incentivo ao correto descarte e a fácil interpretação das informações dos REEE. Os resultados obtidos reforçam a necessidade de uma solução digital como o aplicativo, preenchendo a lacuna entre o conhecimento sobre REEE e a prática inadequada de descarte.

Palavras-chave: Solução Sustentável; Modelo de Negócio; Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE); Economia Circular; Aplicativo móvel.

ABSTRACT

This study proposes the use of the circular economy as a strategic tool to promote the proper disposal of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE), including desktops, laptops, computer accessories, tablets, and cell phones, in São Bernardo do Campo, SP. The proposal includes the prototyping of a mobile application with an interactive interface aimed at raising awareness among residents and connecting manufacturers, companies, and users around the sustainable management of WEEE. The adopted methodology is qualitative, exploratory, and bibliographic, integrating questionnaires, interviews, market and financial analysis, as well as the prototyping and usability validation of the proposed application. One of the main challenges identified by the interviewed companies is the mixing of WEEE with common waste, which aligns with the study's finding that 59% of São Bernardo do Campo residents struggle to differentiate between common waste and electronic waste. Additionally, the lack of fiscal incentives, absence of clear reuse programs, and scarcity of specific digital solutions were highlighted. The developed prototype achieved a usability score of 88.7%, rated as excellent, showcasing its ease of use. Users also highlighted the app's ability to encourage proper WEEE disposal through a reward system and the clear interpretation of information about WEEE. The results underscore the need for a digital solution like the app, aiming to bridge the gap between WEEE knowledge and inadequate disposal practices.

Keywords: Sustainable Solution; Business Model; Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE); Circular Economy; mobile app.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os equipamentos eletroeletrônicos vêm se tornando cada vez mais presentes no estilo de vida das pessoas, constituindo-se indispensáveis (Neto et al., 2019; Oliveira et al., 2012). Entretanto, a operação formatada pela economia linear do setor industrial de equipamentos eletroeletrônicos impulsionada por modelos de negócio tradicionais que dependem da exploração de recursos para criar valor, tem ficado preso em uma “lógica de pegar-fazer-descartar”, com poucas instâncias de reutilização e reciclagem, como apontado por Guzzo e colaboradores (2021) e Cole e colaboradores (2019).

A geração global de resíduos provenientes de EEE cresceu 9,2 Mt desde 2014 e está projetado para crescer 74,7 Mt até 2030. Sendo que em menos de 18% dos 53,6 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos descartados em 2019 foram recuperados por meio de vias oficialmente designadas, uma taxa de recuperação considerada “inadequada” para lidar com o aumento anual desses resíduos (Cucchiella et al, 2016; Forti et al, 2020; Chakraborty et al, 2022).

Neto e colaboradores (2022) verificaram que a conscientização sobre a importância da coleta e destinação adequadas de REEE é alta entre os brasileiros, mas a segregação e o descarte adequados dos resíduos ainda são práticas realizadas por uma minoria, devido à falta de infraestrutura adequada e informações sobre o tema. Na América Latina, o Brasil é o líder na geração de lixo eletrônico e

ocupa o segundo maior gerador de REEE do mundo, só ficando atrás dos EUA (Dias et al, 2022). E com um aumento crescente na quantidade de REEE gerado por habitante nas últimas duas décadas, passando de 0,5 kg/cap em 2005 para 7,2 kg/cap em 2016, apenas 0,1 kg abaixo da média mundial (Oliveira et al, 2012; Neto et al, 2019).

Embora o país siga implementado a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) desde 2010, estabelecendo diretrizes para a logística reversa e a reciclagem de resíduos sólidos, incluindo os REEE a legislação é frequentemente violada, especialmente em regiões economicamente desfavorecidas e apenas cerca de 2% desse lixo gerado anualmente é reprocessado e valorizado de algum modo (BRASIL, 2020; Rodrigues et al, 2020; BRASIL, 2021; Dias et al, 2021). Diante deste cenário, emerge o seguinte problema de pesquisa a ser trabalhado: Como colaborar para a redução do descarte irregular de REEE's de linha verde nas cidades brasileiras através do uso de ferramentas de economia circular no ambiente digital?

Considerando a questão problema, este estudo tem como objetivo geral o desenvolvimento de um modelo de negócio digital conceituado em economia circular para contribuir com o correto descarte de REEE's de linha verde na cidade de São Bernado do Campo, SP. Tem também como objetivos específicos: mapear o conhecimento da população de SBC sobre o descarte correto de REEE's; Analisar a viabilidade estratégica do negócio; a proposição, prototipação e validação de um aplicativo para dispositivos móveis.

REFERENCIAL TEÓRICO - ECONOMIA CIRCULAR

A compreensão da Economia Circular é facilitada quando se considera inicialmente os princípios da economia linear, frequentemente referida como economia de processamento ou economia do descarte (Weetman, 2019, p. 41). A economia linear é o sistema econômico predominante em todo o mundo atualmente, tendo suas raízes estabelecidas durante a Revolução Industrial, entre os séculos XVIII e XIX. Raworth (2019) descreve este modelo como uma cadeia de suprimentos que opera segundo a lógica de “extrair, usar/fabricar e descartar”. Este paradigma, predominante nos últimos séculos de atividade industrial, envolve três etapas lineares e sequenciais: 1) a extração intensiva de matérias-primas, 2) a produção em massa e 3) o descarte final dos produtos. Esta abordagem linear ilustra um processo de produção e consumo que inicia e termina de maneira unidirecional.

Segundo Bonciu (2014), uma definição breve de Economia Circular é “quando seus *outputs* se tornam seus *inputs*”. A Economia Circular tem a ambição de reformar o sistema econômico linear e unidirecional de extração, produção e deposição, e assim diminuir o uso de recursos naturais e a produção de resíduos (Berndtsson, 2015).

Os conceitos de R0 a R9 representam práticas sustentáveis que os consumidores podem adotar para reduzir a geração de resíduos. Sendo eles: R0 – Recusar; R1 – Repensar; R2 – Reduzir; R3 – Reutilizar; R4 – Reparar; R5 – Recondicionar; R6 – Refabricar; R7 – Repropositar; R8 - Reciclar e por fim, R9 – Recuperar (Lakatos et al, 2021).

A diferença fundamental entre a economia circular e a linear reside no fato de que, na economia circular, produtos, serviços e processos industriais são projetados e concebidos para ter um ciclo de vida mais longo e possibilitar reparação, atualização ou restauração, enquanto na linear isso é inexistente (BONCIU, 2014).

Além disso, na fase de *design*, deve-se considerar que, ao término do ciclo de vida, produtos e serviços se tornarão recursos produtivos para outras indústrias (BERNDTSSON, 2015). Porém não se pode esquecer que a operacionalização da Economia Circular exige uma extensa rede de relações e colaboração entre empresas de diferentes setores econômicos e entre empresas e consumidores (BONCIU, 2014). Conforme observado por Braungart e McDonough (2008), a Economia Circular também demandará mudanças na educação, valores e comportamentos de produtores e consumidores.

LOGÍSTICA REVERSA E A POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

Apresentada como um dos pilares da PNRS, a Logística Reversa (LR), é definida no art. 3º, inciso XII como:” o instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada” incluindo resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE). Já para Leite (2003), a logística reversa é uma área empresarial que organiza, planeja e executa fluxos que proporciona o retorno dos bens pós consumo ao ciclo produtivo, agregando algum tipo de valor, tal como econômico, social e ecológico.

De acordo com o artigo 18 da Lei nº 12.305 cabe ao Município viabilizar o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos a população, e presentes nos parágrafos quarto, quinto e sexto do artigo 33 da PNRS: 1) o consumidor tem o papel de efetuar a devolução dos produtos aos comerciantes ou distribuidores após o uso; 2) os comerciantes e distribuidores após a entrega desses produtos, realizar o retorno para os fabricantes ou importadores, e 3) os fabricantes e importadores, darão destinação ambientalmente adequada aos itens recolhidos, sendo encaminhados para sua distribuição final ou a reciclagem para o reuso do produto (BRASIL, 2010).

Em 2020 o país aprovou um acordo setorial para a aplicação da logística reversa aos resíduos eletrônicos. A responsabilidade compartilhada reflete o entendimento da política ambiental brasileira sobre como deve ser aprimorado o gerenciamento de resíduos sólidos: envolvendo todas as partes interessadas na questão dos resíduos sólidos, definindo suas responsabilidades de forma individualizada e integrada, e promovendo soluções coletivas. No entanto, isso ocorreu em 2021 e os dados sobre sua eficácia ainda são insuficientes (Ghosh et al, 2016; Guzo et al, 2021).

RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS (REEE)

Entende-se por Equipamentos Eletroeletrônicos, todos produtos que necessitam de corrente elétrica, bateria ou campo magnético para que seu funcionamento aconteça. Considerando a grande diversidade de produtos nesta definição, estes aparelhos são classificados pela Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE, 2020) em quatro categorias amplas (Tabela 1).

Tabela 1 | Categorias de REEE

Linha	Definição	Exemplos
Verde	Equipamentos de informática	Celulares, <i>Tablets</i> e <i>notebooks</i>
Marrom	Equipamentos compostos majoritariamente por plástico e vidro	Televisores de tubo, aparelhos DVD e VHS
Branca	Equipamentos compostos majoritariamente por metais	Refrigeradores, secadores e condicionadores de ar
Azul	Equipamentos compostos majoritariamente por plásticos	Batedeiras, ferros elétricos e secadores de cabelo

Fonte: Autoria própria (2024).

Os REEE são todos os materiais elétricos ou eletrônicos descartados como lixo, porém estes são frequentemente descartados enquanto ainda estão funcionando ou com problemas menores que poderiam ser facilmente reparados (ISLAM et al, 2020).

A geração dos REEE é de complexa caracterização, por ser dinâmica no tempo e por estar intrinsecamente relacionada a diversos fatores, como desenvolvimento tecnológico, economia, políticas governamentais, estratégias da indústria para a comercialização e comportamento dos usuários em relação à substituição/compra e manutenção dos equipamentos (Rodrigues et al, 2020; Shittu et al, 2021).

Em 2019, aproximadamente 54 milhões de toneladas de REEE foram produzidas mundialmente, com uma média global de 7,3 kg por pessoa por ano. Na taxa atual, estima-se que esse número aumente significativamente, podendo chegar a até 75 milhões de toneladas até 2030 (Shittu et al, 2021). Isto porque os consumidores tendem a preferir comprar um novo dispositivo em vez de consertar o antigo, especialmente após usá-lo por algum tempo (Cenci et al, 2021). Além disso, quando os consumidores sabem que uma nova versão de um dispositivo eletrônico será lançada, a percepção de valor de seu equipamento diminui, o que os incentiva a descartá-lo (Mancini, 2019).

Entre os países emergentes, o Brasil gera uma quantidade considerável de resíduos eletrônicos. Embora nenhuma agência governamental monitore formalmente esses dados, estimativas sugerem que a quantidade de resíduos eletrônicos gerados per capita aumentou nos últimos 20 anos, de 0,5 kg/capita em 2005 para 7,2 kg/capita em 2016 (Neto et al, 2019)

Neto e colaboradores (2022) investigaram como os consumidores brasileiros lidam com a geração de resíduos eletrônicos. Embora a maioria tenha uma compreensão preliminar sobre a questão dos resíduos eletrônicos e apoie práticas sustentáveis, apenas 9% efetivamente separam e descartam esses resíduos corretamente, enquanto 60% ainda os acumulam em casa ou os eliminam junto ao lixo comum.

APRENDIZAGEM MÓVEL E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A aprendizagem móvel, como conceito, surge no contexto da necessidade de repensar a maneira como instruir e se aproximar da população, promovendo o acesso, a utilização e o aproveitamento das informações disponíveis. Esse conceito evolui rapidamente e não é mais considerado apenas uma tendência tecnológica ou algo atraente apenas para os interessados em dispositivos móveis. Segundo Nascimento (2018), uma característica marcante dessa cultura é a utilização de dispositivos móveis (notebooks, tablets, smartphones) não apenas para acesso às informações, mas também para a produção de novas informações.

A aprendizagem móvel tem a capacidade de superar as restrições espaciais e temporais, transcendendo as limitações de atividades que requerem locais e tempos específicos (Traxler, 2010). Além disso, essas tecnologias podem tornar a prática educativa mais atrativa, ao aglutinar diferentes técnicas oferecidas pela informática e pelos novos modos de comunicação (Walker, 2006; Dourado et al, 2014).

Com base nestas premissas, é proposto que a Educação Ambiental seja concebida como um processo de formação dinâmico, contínuo e participativo. Nesse contexto, os indivíduos envolvidos devem atuar como agentes transformadores, engajando-se ativamente na busca de alternativas para a redução dos impactos ambientais e no controle social do uso dos recursos naturais. Incorporar tecnologias móveis em práticas colaborativas no contexto ambiental educativo traz benefícios variados, incluindo o apoio a novas estratégias (Nascimento et al, 2016).

A interação entre a aprendizagem móvel, novas tecnologias e a Educação Ambiental podem desempenhar papéis importantes na divulgação de condutas humanas, tanto danosas quanto iniciativas positivas em prol do meio ambiente, disseminando saberes e favorecendo a inserção de práticas ambientais, pois essa associação pode sensibilizar e engajar a temática (Silva, 2019). Podemos observar exemplos na literatura de interações através de aprendizagem móvel e educação ambiental na Tabela 2. Da mesma forma, pode proporcionar a sensibilização e o reconhecimento de ambientes diferenciados e suas problemáticas, independentemente da localização geográfica de seus usuários (Rodrigues et al, 2008).

Tabela 2 | Exemplos de publicações recentes com a interação entre a aprendizagem móvel e a educação ambiental

Autor	Tipo de publicação	Solução	Finalidade
Franco e Felipe (2017)	ARTIGO	Protótipo de <i>software</i> e Aplicativo (App)	Permite fazer o cadastro de todos os equipamentos que não estão mais em uso, ou seja, que são considerados lixo eletrônico. Entender a logística do lixo eletrônico dentro da Universidade Federal da Grande Dourados.
Portela (2017)	DISSERTAÇÃO	App: Gather4U	Identificar os problemas referentes ao descarte de lixo no meio urbano e conscientizar os moradores da cidade de Manaus.
Wanderley et al. (2017)	ARTIGO	App: LCLE (Localizador Coletor de Lixo Eletrônico)	Realizar cadastro e localização de pontos de coleta de lixo eletrônico e incentivar o descarte.
Ferreira (2020)	DISSERTAÇÃO	App: RECICLE	O aplicativo para dispositivos móveis que promova a sustentabilidade, coleta seletiva e educação ambiental.
Krause e Santos (2020)	ARTIGO	Uso de ferramentas e apps: O Ribeirão e a Escola para Tablet	Promover educação ambiental. A dimensão da aprendizagem é fundamental para a própria determinação do saber ensinado.
Marques e Gallão (2020)	ARTIGO	<i>Software</i> e App: RABiomias	Tecnologia de Realidade Aumentada (RA) sobre o conteúdo de Biomas Brasileiros e avaliar o seu uso como ferramenta pedagógica no processo de aprendizagem.
Oliveira (2020)	TESE	App Multiplataforma: DescarteAqui	Objetivo de desenvolver uma ferramenta tecnológica gratuita, multiplataforma, gamificada e colaborativa na área de descarte de RS. Ferramenta para educação ambiental e desenvolvimento sustentável por meio de orientação, sensibilização e incentivo aos cidadãos na segregação e destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos.
Tsushima et al. (2021)	ARTIGO	App: Prototipação	Análise dos critérios a serem considerados na criação de um aplicativo, que possa contribuir com a URBAM em sua tarefa difícil de conscientização e efetivação da coleta de materiais eletroeletrônicos, com o objetivo de preservar o meio ambiente para as próximas gerações, com uma observação importante, a coleta dos descartes é feita de forma gratuita, pela Urbanizadora Municipal.
Sousa et al. (2022)	ARTIGO	App: Prototipação	Desenvolver um roteiro para criação de aplicativo móvel para localização de postos de descarte de resíduos sólidos urbanos, visando auxiliar na gestão e conscientização da população sobre a necessidade de haver uma destinação adequada dos resíduos.

Fonte: Autoria própria (2023).

MODELO DE NEGÓCIO E ESTRATÉGIA DE INOVAÇÃO DIGITAL

Por definição, Modelo de Negócios (MN) é uma ferramenta conceitual com teórico robusto e estruturado que dita como uma organização cria, se organiza, entrega e captura valor. É por meio da visão holística proporcionada pelo modelo de negócios que é possível entender a forma de geração de lucro de cada empresa (Schneider et al, 2013).

O *design* ou estratégia do modelo de negócios de uma organização é desenvolvido a partir da análise das interações entre sua estrutura operacional, componentes e ligações, cuja sinergia é essencial para criar um sistema capaz de sustentar decisões de mudança e formular estratégias específicas ancoradas no ambiente competitivo (Lopes et al, 2016; Zhao et al, 2018).

Nesse contexto, “estratégia de inovação” e “capacidade de inovação” são considerados recursos organizacionais cruciais para o modelo de negócios, pois, além de direcionarem o processo de criação de vantagens competitivas, permitem o desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos, a melhoria das organizações e a utilização de processos inovadores de marketing e venda (Del Carpio et al, 2018).

Nos últimos anos, a chamada Inovação Digital (ID) tem emergido como um poderoso propulsor da inovação, capaz de impactar produtos, processos, modelos de negócios e mudanças internas nas organizações. Define-se como ID uma estratégia para aplicar soluções tecnológicas inovadoras para resolver problemas, aumentar a produtividade e impulsionar o crescimento do negócio que é desencadeada e moldada pela difusão das tecnologias digitais (Hanelt et al, 2021).

Portanto, destaca-se a necessidade contemporânea de integração entre o modelo de negócios, a estratégia e a capacidade de inovação digital, especialmente em ambientes que exigem adaptações constantes devido às inovações tecnológicas, às novas necessidades dos clientes e aos novos formatos de negócios (Lopes et al, 2016).

METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste estudo pode ser classificada em dois aspectos, quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins a pesquisa qualitativa definida neste estudo é de caráter exploratório descritiva, analisando fatos e determinando hipóteses, sem que os pesquisadores interfiram neles apenas compreendendo de maneira profunda o problema estudado com o objetivo de desenvolver e esclarecer conceitos e cenário com o auxílio de entrevistas estruturadas, questionários (Gil, 2008; Andrade et al, 2017). Quanto aos meios, pode-se caracterizar essa pesquisa como bibliográfica e estudo de caso. Bibliográfica, pois foi utilizado o levantamento de dados secundários obtidos por meio de consultas em bibliografias disponíveis para fundamentar a investigação sobre os assuntos pertinentes ao tema e aos objetivos da pesquisa. Já o estudo de caso se caracteriza pelo caráter de profundidade, focando em uma unidade de análise, neste caso, a cidade de São Bernado do Campo (SP).

QUESTIONÁRIO E ENTREVISTAS

Conforme Gil (1995), pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um número mais ou menos elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas. Para alcançar os objetivos deste estudo, utilizou-se duas técnicas para a coleta de dados, que foram a aplicação de questionário e entrevistas. Por meio de questionário digital com perguntas fechadas, elaboradas através da plataforma do *Google forms* foi realizado o mapeamento do conhecimento e principais desafios dos moradores de SBC sobre o descarte correto de REEE's. O formulário foi desenvolvido com estratégias englobadas em três grandes categorias: sendo a primeira “conceito e conhecimento do tema”, a segunda categoria “desafios e dificuldades”; e a última categoria “proposta de App e funcionalidades”. a fim de confirmar a hipótese proposta pelo estudo da pesquisa e justificar o modelo de negócio proposto.

O formulário foi composto por 19 perguntas objetivas obrigatórias e 1 pergunta dissertativa opcional, sendo a inicial eliminatória, uma vez que o público-alvo foram moradores de São Bernardo do Campo. O formulário ficou aberto para respostas durante de 9 dias e foi compartilhado por meio de redes sociais, no qual em média, teve um alcance de 300 pessoas, e 165 respostas bem-sucedidas.

As entrevistas de caráter estruturado foram realizadas com a Secretária do meio ambiente da cidade de São Bernardo do campo e empresas que atuam na destinação e recolha dos REEE's de linha verde na região metropolitana do Estado de São Paulo, incorporando assim o município de SBC este conteúdo era voltado para compreensão da gestão aplicada ao tema em questão, assim como, as certificações, a logística aplicada, a destinação dos resíduos, buscando também caracterizar o modelo de negócio empregado, que foram analisados mediante perguntas abertas. Ademais, tanto os dados oriundos do formulário, quanto as respostas das entrevistas foram transcritas em uma planilha de Excel para facilitar a análise e fundamentar o ponto de vista das empresas e município com relação a proposta do modelo de negócio.

MODELO DE NEGÓCIO

O modelo de negócio explica a lógica de uma organização em termos de como ela cria e captura o valor do cliente (Fielt, 2014). O modelo de negócio proposto foi baseado na metodologia do Business Model Generation. O formato da ferramenta possibilita alinhar e ilustrar as ideias de forma visual, por meio de um painel (CANVAS) o que garante uma melhor compreensão entre todos os integrantes da equipe de modelagem de negócio (Orofino, 2011) possibilitando a divisão em duas partes: o lado direito refere-se ao lado da emoção, o relacionamento com o cliente, os segmentos, os canais e as fontes de renda do lado esquerdo, interpretam o lado da razão, onde há questões relativas à atividade, parcerias, recursos e estrutura de custos, cujo foco é a eficiência do projeto. A proposta do valor está no centro, pois representa o motivo para qual cada lado se desenvolve (Osterwalder e Pigneur, 2011).

VIABILIDADE MERCADOLÓGICA E FINANCEIRA

Para avaliar a viabilidade mercadológica e financeira baseadas no modelo de Business Model Canvas, a metodologia empregada foi adaptada de Osterwalder e Yves Pigneur (2011) e foi conduzida com o objetivo de identificar os segmentos de mercado e os perfis de clientes potenciais. Este processo incluiu o estudo das necessidades e comportamentos dos consumidores, com a definição de personas, bem como a análise da concorrência e dos modelos presentes no mercado. Além disso, foram definidas as estratégias para adquirir, reter e aumentar a base de clientes, com uma análise detalhada das expectativas dos clientes e das formas de interação.

A avaliação da viabilidade financeira envolveu a identificação e análise de todos os custos associados ao desenvolvimento, produção e distribuição do App, diferenciando custos fixos e variáveis. O diferencial competitivo e a descrição da estratégia de monetização da operação são parâmetros que irão definir o sucesso do negócio (Coutinho, 2021). As fontes de receita foram determinadas, seguidas por projeções de vendas e análises de precificação para avaliar a rentabilidade do modelo de negócio ao longo do tempo. Também nesta etapa buscou-se identificar parceiros estratégicos, avaliando os benefícios e custos dessas parcerias.

PROTOTIPAÇÃO

Para dar sequência as demais etapas do projeto foi utilizado o método de *Design Sprint* que é baseado em cinco etapas. Esse método proporciona maior conexão com o desafio encontrado, acelerando o processo de possíveis soluções que poderiam ser propostas para a resolução do problema (Knapp et al, 2017).

Tendo os dados tratados com os pontos principais, oriundos do formulário, atrelado a priorização de ideias e o rascunho manual do aplicativo seguiu-se para o desenvolvimento do protótipo das principais telas do aplicativo móvel com intermédio do Figma (<https://www.figma.com/>), que funciona em qualquer sistema operacional que execute um navegador da web, como observado por Fonseca e colaboradores (2019).

O Figma é uma plataforma na qual usuários e/ou equipes projetam juntas a criação de aplicativos (Ludovic et al, 2019). A Construção do protótipo do aplicativo na plataforma foi baseada no método de técnicas de *User Experience* (UX) para otimizar a usabilidade e construção. A Estrutura e arquitetura de progresso em etapas no projeto recomendada para o Figma, recomendado para um aplicativo como o desenvolvido neste projeto (BRAGA, 2014).

VALIDAÇÃO DO APLICATIVO

Para realizar a validação do protótipo do aplicativo desenvolvido empregou-se o teste de usabilidade com potenciais usuários, aplicando um roteiro único e pré-definido. Os testes foram conduzidos com o objetivo de verificar a funcionalidade, a navegabilidade e a experiência do usuário, além de validar o modelo de negócio sob a perspectiva de diferentes perfis de potenciais usuários

(Guimaraes, 2021).

Para a execução dos testes, o roteiro de usabilidade foi desenvolvido com base nas telas do protótipo do aplicativo. As perguntas abordaram aspectos relacionados à facilidade de uso, entendimento das funcionalidades e clareza das informações apresentadas. Cada teste foi realizado em ambiente controlado, com a presença de um entrevistador para orientar os participantes e coleta de seus *feedbacks*. O roteiro do teste de usabilidade abordou questões relacionadas as telas de criação de conta, login, tela inicial, perfil, reutilização, reciclagem, impacto gerado, indicação de ponto de coleta, troca de pontos e *ranking*.

Para realizar a execução do teste utilizou-se o protótipo realizado no Figma com a aplicação de recursos de navegabilidade, onde o protótipo era parcialmente navegável e o usuário poderia navegar através das principais funcionalidades. Após o teste, os participantes foram convidados a compartilhar suas impressões gerais sobre o protótipo do aplicativo, modelo de negócio e responder um questionário.

Os dados coletados foram analisados de maneira qualitativa, destacando as principais dificuldades encontradas pelos usuários e as sugestões de melhoria. Ao final, utilizou-se da métrica do *System Usability Scale* (SUS) para avaliar a percepção geral dos usuários sobre o sistema garantindo uma métrica quantitativa da usabilidade do protótipo do aplicativo (Brooke, 1986; Brooke, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO - QUESTIONÁRIOS E ENTREVISTAS

Apesar de pesquisa recente realizada pela Green Eletron em 2021, que abrange todo território brasileiro, no que tange o conhecimento da população residente na cidade de São Bernardo do campo – SP, ainda não existem dados conclusivos sobre a conscientização dos cidadãos residente e a divulgação de estratégias e informações para o estímulo à destinação correta dos REEE (Green Eletron, 2021). Complementando os dados, com direcionamento à São Bernardo do Campo, foi proposto um questionário estruturado em plataforma *Google Forms* com 256 respondentes no total entre os dias 26 de outubro e 03 de novembro de 2023. Como critério de exclusão seguiram a diante apenas respondentes residentes em SBC, totalizando 211 respostas dos moradores. Destas respostas temos a maior porcentagem dos respondentes (57%) entre 25 e 44 anos.

De acordo com as repostas que 95% dos respondentes afirmaram estar familiarizados com o termo “lixo eletrônico”. No entanto, uma análise mais detalhada mostrou que 59% dos participantes não sabem diferenciar corretamente o que seria o lixo comum e REEE, indicando uma lacuna significativa entre o conhecimento teórico e a prática do descarte adequado, resultado este que vai de encontro com o estudo de Neto e Colaboradores (2022), que demonstraram que o conhecimento da população brasileira em torno do tema de REEE (Lixo Eletrônico) é alta, porém é mais relacionada à prática do descarte correto deste resíduo, como informações claras e disponíveis em mídias e outros veículos, pois 79% dos respondentes não encontram informações facilitadas em torno do tema, o que justifica a taxa de 59% dos respondentes não saberem diferenciar lixo comum e REEE na Cidade.

Além disso, 79% dos participantes relataram dificuldades em encontrar informações claras e acessíveis sobre o tema na mídia. Esta falta de informação acessível agrava os desafios enfrentados no descarte correto dos REEE, como evidenciado pelos dados da pesquisa. Os principais obstáculos mencionados pelos respondentes incluem a ausência de incentivos para o descarte adequado (26%), o desconhecimento sobre como proceder com o descarte correto (33%) e a falta de locais adequados para descarte (37%). Vale salientar que, este último, apesar de ter sido um ponto de dificuldade encontrado, foi um dos motivos da atualização de 2022 da PNRS, que incorporou a obrigatoriedade de empresas disponibilizarem pontos de coleta.

Outro ponto relevante é o uso de uma solução digital (App) como ferramenta para auxiliar no descarte de REEE. Apenas 6 dos 211 respondentes já utilizaram algum aplicativo com essa finalidade, o que sugere uma baixa penetração de soluções digitais existentes ou a falta de conhecimento sobre essas ferramentas. No entanto, a pesquisa também revelou expectativas claras para um aplicativo proposto. Os participantes esperam que ele ofereça funcionalidades como a localização de pontos de coleta (24%), instruções detalhadas de descarte (21%), educação ambiental (15%) e um histórico de impacto ambiental (18%). Os respondentes (52%) acreditam que a principal vantagem seria facilitar a localização de pontos de coleta, seguida por oferecer informações sobre como descartar diferentes tipos de REEE (23%) e incentivar práticas sustentáveis (20%).

Além dos questionários, foram realizadas entrevistas estruturadas com empresas e instituições relacionadas ao tema do descarte de REEE. Estas entrevistas destacaram a necessidade de uma

solução digital que não só eduque a população, mas também simplifique o processo de descarte e promova a economia circular. Os pontos discutidos nas entrevistas reforçaram a viabilidade do modelo de negócio proposto pelo estudo para conectar moradores, fabricantes e empresas na gestão adequada de REEE. Na Tabela 3 pode ser observado os principais pontos apontados pelas empresas e instituições entrevistadas.

As entrevistas realizadas com representantes da Secretaria do Meio Ambiente e empresas de coleta e destinação de REEE revelaram uma série de desafios e oportunidades para a gestão desses resíduos. Um dos principais desafios identificados é a falta de infraestrutura adequada e de incentivos para a população, o que dificulta a gestão eficiente dos REEE. Além disso, as empresas destacaram a necessidade de uma maior colaboração entre o setor público e privado para melhorar a logística reversa e aumentar a taxa de reciclagem. A proposta de desenvolvimento de um aplicativo foi bem recebida pelos entrevistados, que reconheceram o potencial de uma ferramenta digital para fornecer informações, localizar pontos de coleta e promover além da reciclagem a reutilização destes REEE's. Ainda a integração de funcionalidades que promovam a educação ambiental e ofereçam recompensas por práticas sustentáveis foi vista como um diferencial importante, que poderia incentivar a participação ativa da população no descarte correto de REEE.

No que diz respeito a destinação dos REEE's e à logística aplicada, os entrevistados identificaram a necessidade de maior transparência e padronização no processo. As certificações de pontos de coleta e a logística aplicada para a destinação dos REEE precisam ser mais claras e padronizadas para garantir a confiança e a eficácia do sistema, este também foi um tema citado como preocupantes. O modelo de negócio digital baseado na economia circular, focando na reutilização e reciclagem de REEE, foi considerado viável e essencial para promover mudanças sustentáveis a longo prazo. Por fim, os entrevistados concordaram que o uso do App tem o potencial de transformar a gestão de REEE em SBC, promovendo um impacto ambiental positivo e incentivando práticas sustentáveis na comunidade.

Tabela 3 | Principais pontos observados em entrevistas realizadas

Empresas e órgãos entrevistados	Qual a região de atuação?	Quais os principais desafios	Como julgam o nível de conhecimento da população respeito do tema?	Como esta contribuindo para a conscientização da população?	Quais são as oportunidades	Conhecimento sobre solução digital (App) para o problema?	Qual a visão sobre modelo de negocio digital (App) como solução para minimização descarte incorreto de REEE?	Quais principais recursos seriam atrativos em um App?
	São Bernardo do Campo (SP)	Mistura de REEE com lixo comum, entrave na limpeza urbana.	Médio, falta clareza na separação e destinação dos REEE, e clareza sobre a responsabilidade dos fabricantes.	Consulta publica a respeito do plano de gestão de resíduos sólidos.	discernimento e melhor orientação da população, ações da prefeitura para incentivo.	Não tem conhecimento	Visão Positiva, com recursos adequados e a interação digital é possível alcançar diversos públicos.	acessibilidade e informação sobre os pontos de coleta, Educação, esclarecer e conscientizar, destinar aos responsáveis.
	Região do Grande ABC (SP)	Recebimento e compra de resíduos; triagem e seleção; separação e destinação de partes plasticas.	Médio, há conciencia, mas faltam incentivos.	Palestras em escolas, treinamentos em empresas e uso das redes sociais.	Prospecção e parceria com poder público, para melhor coleta, maior local para armazenamento e qualificação dos receptores.	Pouco conhecimento, apenas o App "Cata Aqui"	Visão positiva, mas preocupados com a funcionalidade e adesão do público mais velho.	Educação: clareza sobre reutilizar, reciclar e destinação correta; identificação de terceiros na cadeia; pontos de coleta e empresas que coletam; comunidade; facilidade.
	Território Nacional (Brasil)	Divulgação e coleta (Apenas Reciclagem, não incluir reutilização/redestinação).	Baixo, há muito o que ser esclarecido e incentivado.	Palestras, participação em feiras e eventos, treinamentos para associados.	Maior engajamento da população, maior conscientização através de canais publicos e privados.	Pouco conhecimento, sabem sobre informações presentes em app de fabricantes, mas não é um app direcionado, é um app de venda, que contem a informação que existem pontos de coleta	Visão positiva, podendo ser um canal de comunicação e divulgação.	Facilidade, mapa de pontos de coleta, educação, segurança, colaboração.
	Região Metropolitana de Campinas (RMC)	Triagem e seleção; destinação para reuso.	Baixo, devido falta de interesse publico, direcionando a responsabilidade para o setor privado apenas.	Palestras em escolas, treinamentos em empresas e uso das redes sociais.	maior local para armazenamento, mais parceiros de destinação e maior numero de coleta de material de pessoas físicas, hoje o maior volume são de CNPJs.	Não tem conhecimento.	Visão positiva, mas preocupados em como atrair usuarios, já que este é um tema com preocupação pouco relevante nas grandes massas.	Facilidade, pontos de coleta e empresas que coletam; impacto, histórico e segurança.

Fonte: Autoria própria (2024).

MODELO DE NEGÓCIO

Conforme proposto pelo modelo de negócio baseado na metodologia do *Business Model Canvas* (Osterwalder e Pigneur, 2011), a visualização das ideias do Modelo de Negócio foi realizada através de um painel Canvas, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 | Business Model Generation focado no modelo de negócio do aplicativo E-Waste Hero.



Fonte: Autoria própria (2024).

É importante destacar dois principais pontos presentes na Figura 5, sendo a recompensa prática, destacada na solução do produto e a proposta de valor. No centro do Canvas, encontra-se a proposta de valor, que é proporcionar um estilo de vida sustentável com mais facilidades e recompensas. Esta proposta é o núcleo que integra todos os elementos do Canvas. A proposta de valor visa atender às necessidades dos clientes de forma eficaz, promovendo um impacto positivo no meio ambiente e incentivando práticas sustentáveis. A solução, por sua vez, encontra-se na parte superior esquerda, no qual as recompensas presentes no App se destacam. De forma geral, a cada REEE devidamente descartado será gerado uma pontuação, que pode ser acumulada ao longo do tempo. Estes pontos podem ser trocados por produtos novos ou descontos em lojas credenciadas no próprio aplicativo.

VIABILIDADE MERCADOLÓGICA E FINANCEIRA

A partir da análise dos dados das entrevistas foi possível a definição de duas personas, uma delas um possível usuário do aplicativo pessoa física (PF) com interesse em adotar um estilo de vida sustentável e participante ativo de práticas sustentáveis, como o descarte responsável de resíduos eletrônicos. Já a segunda persona identificada é um usuário representante de uma empresa que busca parcerias para fortalecer a rede de apoio e imagem de sua empresa através da inserção da economia circular no seu sistema.

Para ajudar na composição dos diferenciais competitivos da *E-Waste Hero* e na proposta de valor do negócio, foi realizada uma pesquisa de mercado das principais soluções existentes e seus diferenciais competitivos, a consolidação das soluções existentes encontra-se representada no Quadro 1.

Quadro 1 | Comparativo de soluções existentes e diferenciais competitivos

Solução	Contextualização	Diferencial competitivo
ABREE (2024)	A ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodoméstico) é uma entidade sem fins lucrativos. cujos objetivos são definir e realizar a gestão da logística reversa de produtos eletroeletrônicos e eletrodomésticos pós-consumo no Brasil, garantindo a destinação final adequada, além de ser responsável pela fiscalização e auditoria dos serviços prestados por terceiros (ABREE, 2024).	Como a ABREE é uma associação sem fins lucrativos o foco dela não é ter uma operação lucrativa, mas sim contribuir de forma ativa na logística reversa de REEEs e na implementação da cadeia de valor de uma economia circular.
Ciclo3 (2024)	A Ciclo3 é uma empresa de engenharia e gerenciamento de resíduos eletrônicos, seu negócio se baseia em participar ativamente das cinco fases que compõem o macroprocesso de logística reversas dos produtos eletroeletrônicos, sendo elas: coleta, triagem, desmontagem/descaracterização, separação e destinação correta (CICLO3, 2024).	Dentre os diferenciais da Ciclo3 destaca-se o <i>know-how</i> da empresa em fornecer soluções de logística reversa focadas em produtos eletroeletrônicos, a capacidade de recolher a sucata eletrônica sem custo e o serviço de destruição de dados.
E-letro (2023)	A E-letro é uma empresa com foco em realizar coleta, preservação e educação ambiental através da conscientização sobre a importância do descarte responsável de REEE. A empresa tem sua estratégia de atuação ativa no Paraná (E-LETRO, 2023).	A E-letro se destaca no mercado de coleta e recuperação de eletrônicos no estado do Paraná devido aos seus 15 anos de expertise na área de soluções ambientais.
Green Eletron (2021)	A Green Eletron é um uma gestora para logística reversa de eletrônicos, ela nasceu com o objetivo de operacionalizar a logística reversa de pilhas, baterias e eletrônicos. A Green Eletron foi fundada pela ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) e tem como objetivo contribuir para a integração da logística reversa nas ações de política industrial do setor eletroeletrônico, além de promover a economia circular, visando a geração de valor e a redução de custos (GREEN ELETRON, 2021).	A estratégia da Green Eletron se destaca pela disponibilização de uma ampla rede de pontos de coletas de fácil acesso nas grandes cidades do Brasil. Além disso, a Green Eletron possui parcerias com empresas de grande renome e com alta escala operacional, o que faz com que a Green Eletron esteja ainda mais próxima do público-alvo.
Molécoola (2023)	A Molécula foi uma empresa focada na promoção da economia circular, idealizadora e integrante da primeira rede de lojas recicláveis do Brasil. Atuando com base na logística reversa de recicláveis pós-consumo, por meio de um programa de fidelidade que transforma os recicláveis em benefícios (ABREE, 2023). As operações da Molécoola se encerraram em setembro de 2023 (Molécoola, 2023).	A Molécoola tinha como diferencial competitivo o incentivo dos seus usuários através de pontos ganhos ao reciclar resíduos e os pontos de coleta altamente automatizados de forma a não depender de humano na validação da coleta do resíduo.

Fonte: Autoria própria (2024).

A partir das oportunidades de mercado identificadas, a proposta de valor dos diferenciais competitivos da *E-Waste Hero* foi formulada com foco na reutilização e reciclagem de resíduos eletrônicos através de uma solução completa e conveniente, baseando-se na facilidade do descarte responsável, recompensas por práticas sustentáveis, educação sobre reutilização e reciclagem, uma rede de pontos de coleta confiáveis, processos e governança para garantir a segurança dos dados. A ideia é que esses diferenciais competitivos combinados tornem o modelo de negócio da *E-Waste Hero* uma plataforma inovadora e eficaz capaz de promover a sustentabilidade e a reciclagem de REEEs.

Ao final da análise de viabilidade mercadológica desenvolveu-se a análise de viabilidade financeira para definição das estratégias para a geração de receita, incluindo comissões por reutilização e reciclagem de REEEs, bem como a cobrança de uma taxa para empresas que desejam obter o selo do aplicativo *E-Waste Hero*. Essas fontes de receita são fundamentais para garantir resiliência operacional e sustentabilidade financeira do modelo de negócio. As premissas e o racional utilizado para compor a análise de viabilidade financeira são descritas no Quadro 2.

Quadro 2 | Premissas viabilidade financeira

Classificação	Definição	Racional
Custo fixo	Desenvolvimento de APP estimado em R\$13.992,00	Estimativa realizada baseando-se na complexidade do aplicativo, utilizando-se o Scrum Poker para mensuração, levando em consideração desenvolvedores do nível júnior, pleno e sênior.
Custo fixo	Gestão construção APP estimado em R\$10.250,00	Estimativa realizada baseando-se no custo com gestão do projeto durante dois meses de desenvolvimento do aplicativo.
Custo variável	Investimento em marketing estimado em R\$5.000,00	Estimativa baseando-se nos custos para investimento no tráfego de pago para aceleração na aquisição de novos usuários.
Custo fixo	Custo mensal do APP estimado em R\$17.405,00	Estimativa realizada baseando-se nos custos de manutenção do aplicativo, bem como infraestrutura cloud e tributos pagos.
Custo Variável	Bonificação de usuário que reutilizou ou reciclou REEE	Custo variável de acordo com a quantidade de usuários ativos, quantidade de aparelhos reutilizados e reciclados.
Receita	Reutilização	Receita variável de acordo com a quantidade de usuários ativos, quantidade de aparelhos reutilizados, ticket médio reutilização, fator de crescimento e inflação.
Receita	Reciclagem	Receita variável de acordo com a quantidade de usuários ativos, quantidade de aparelhos reciclados, ticket médio reciclagem, fator de crescimento e inflação.
Receita	Emissão de selo <i>E-Waste Hero</i>	Possível fonte de receita na medida que a <i>E-Waste Hero</i> começa a ganhar credibilidade do mercado.

Fonte: Autoria própria (2024).

PROTOTIPAÇÃO

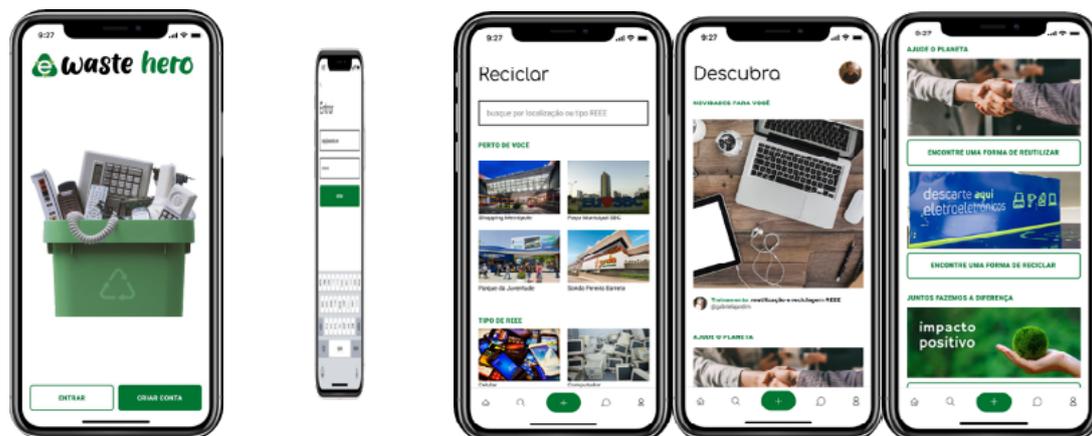
Por meio dos *insights* obtidos através das respostas obtidas em questionários pelos são bernardenses acerca do tema de REEE foi feito um *brainstorming* adaptado para selecionar as ideias mais viáveis. Por fim, com o *Framework* de priorização, tendo complexidade no eixo das coordenadas e valor agregado no eixo das abcissas, foi possível classificar entre as ideias quais seriam mais complexas e quais trariam maior valor agregado. Seguindo para próxima etapa, a fim de tornar mais visual as interfaces do aplicativo proposto, foi realizado o método *Crazy Eight* em uma cartolina, no qual por meio de rascunhos foi possível, pela primeira vez, dar visibilidade as páginas principais do futuro *app*.

Inicialmente, foram projetadas sete telas principais para o aplicativo. A tela inicial, que serve como o primeiro ponto de contato para o usuário, possui uma interface neutra com o nome do aplicativo em destaque. Caso o usuário selecione o botão “criar conta”, ele será direcionado para a tela de cadastro, e precisará inserir suas informações básicas pessoais. Vale ressaltar que, nesta etapa, o usuário é informado de que o aplicativo segue todas as normas descritas na Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018).

Por sua vez, se o usuário já possuir um cadastro, ele deverá selecionar o botão “entrar”. Isso o direcionará para a tela de *login*, onde será necessário inserir o e-mail e a senha. A quarta tela, intitulada “Descubra”, tem como objetivo apresentar as principais novidades, notícias e vídeos, incluindo envios de outros usuários. Essa tela mantém o usuário informado e engajado com o tema.

A quinta tela permite ao usuário escolher entre encontrar um ponto de reciclagem ou um destino para aumentar o ciclo de vida do produto, promovendo a reutilização. Dependendo da escolha feita, a sexta tela oferece a possibilidade de buscar o ponto de coleta mais próximo com base no endereço cadastrado ou encontrar iniciativas e/ou usuários interessados em algum eletroeletrônico. Além disso, o usuário pode indicar novos pontos de coleta que não estejam no aplicativo, contribuindo para a atualização contínua e interativa do sistema. É importante frisar que os novos pontos de coleta sugeridos serão verificados pela equipe do aplicativo para serem validados. Por fim, a sétima tela, intitulada “Seu Impacto”, permite ao usuário visualizar as ações realizadas e mapeadas através do aplicativo, proporcionando um *feedback* sobre suas contribuições para o meio ambiente. Na Figura 2 é possível visualizar exemplos das principais telas criadas, desde a inicial até páginas internas com ponto de coleta.

Figura 2 | Exemplo das principais telas do aplicativo móvel



Fonte: Autoria própria (2023).

As telas foram projetadas para oferecer uma experiência de usuário intuitiva e eficiente para incentivar o descarte adequado e reutilização de resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos (REEE)¹,

VALIDAÇÃO DO APLICATIVO

O protótipo do aplicativo da *E-Waste Hero* foi validado a partir do teste de usabilidade aplicado em diferentes perfis de potenciais usuários com base no roteiro de perguntas que abordava as funcionalidades do aplicativo e a estratégia do modelo de negócio. Ao todo foram realizadas 15 entrevistas com pessoas de São Bernardo do Campo, onde tínhamos variação de bairro e idade dos entrevistados. O entrevistado com menor idade possuía 22 anos, já o entrevistado com maior idade possuía 58 anos.

Em termos de facilidade de uso, a grande maioria dos usuários considerou o processo de criação de conta simples e intuitivo, sem dificuldades significativas para inserir as informações solicitadas. O login também foi avaliado positivamente, com apenas um dos participantes relatando que se sentiu confuso em algum momento do processo. A funcionalidade de troca de pontos foi um dos aspectos que mais gerou dúvidas, com os usuários tendo dificuldade para encontrar a funcionalidade dentro da tela de perfil.

¹ Podem ser consultadas no link: <https://www.figma.com/proto/bHkuki89Ck6IWMB41RZ23j/e-waste---revisado-20240829?node-id=0-1&t=RQy0iffRabhB5Flp-1>.

A tela de reutilização foi um ponto destacado, onde os participantes pontuaram que os filtros de busca e a função “Perto de você” seriam úteis para encontrar rapidamente os pontos de coleta ou oportunidades de reutilização. Um usuário ficou confuso em relação a busca por digitar uma localização e pontuou que possivelmente utilizaria somente a busca por locais “Perto de você”.

Sobre a funcionalidade de reciclagem, a maior parte dos usuários achou intuitivo o sistema de escaneamento do *QR code* e a categorização dos REEE. Além disso, o sistema de ganho de moedas foi bem aceito, os usuários apontaram que a gamificação do aplicativo com recompensas por boas práticas ambientais os incentiva a continuar utilizando a plataforma.

No que diz respeito à tela de impacto, os resultados foram extremamente positivos. Grande parte dos usuários afirmaram que se sentiram motivados ao ver a contribuição que suas ações individuais e coletivas estavam gerando para o meio ambiente. A visualização do impacto ambiental gerado pelo uso do aplicativo foi considerada um fator crucial para o engajamento contínuo, com alguns dos participantes afirmando que essa funcionalidade aumentou sua percepção sobre a importância do descarte correto de REEE. Um feedback de melhoria colhido sobre essa tela é sobre o emprego de rótulo dos dados de impacto e a possibilidade de realizar comparação tangíveis sobre o que aqueles números significam.

No geral, o *System Usability Scale* aplicado ao final dos testes resultou em um índice de 88,7%, o que é considerado excelente em termos de usabilidade e classifica o protótipo como aceito. A grande maioria dos participantes relatou se sentir confiante ao utilizar o aplicativo e avaliou as funcionalidades como bem integradas. Os resultados da SUS reforçam que o aplicativo é fácil de usar, mesmo para usuários com pouca experiência em tecnologia, com uma curva de aprendizado relativamente baixa.

Outro ponto relevante identificado foi o potencial de engajamento onde 11 dos 15 entrevistados afirmaram que gostaria de utilizar o aplicativo da *E-Waste Hero* com frequência em seu cotidiano, principalmente pela facilidade de acesso às informações sobre sustentabilidade, pelo incentivo gerado através das recompensas e pelo *ranking* de usuários.

Dessa forma, os resultados da validação do protótipo indicam que a *E-Waste Hero* é uma ferramenta promissora para promover a economia circular e o descarte adequado de REEE. As sugestões de melhoria, especialmente em relação à clareza das informações em algumas funcionalidades, foram levadas em consideração para o ajuste futuro da plataforma, visando um aumento contínuo na usabilidade e no engajamento dos usuários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados coletados através dos questionários e entrevistas reforçam a necessidade de uma solução inovadora como o aplicativo proposto. O alto nível de conscientização sobre os REEE, contrastado com a prática inadequada de descarte, destaca uma lacuna significativa entre conhecimento e ação. Essa lacuna pode ser preenchida por uma ferramenta digital eficaz, que eduque e simplifique o processo de descarte para os moradores de SBC. O modelo de negócio proposto, alinhado com os princípios de economia circular e estratégias de inovação digital, possui o potencial de transformar o cenário de gestão de REEE na cidade, promovendo um impacto ambiental positivo e incentivando práticas sustentáveis na comunidade.

Uma oportunidade de expansão de mercado que a *E-Waste Hero* pode adotar futuramente é a locação de um galpão logístico, por meio desse galpão seria possível recepcionar dispositivos REEEs provenientes de retirada em empresas. Com isso a *E-Waste Hero* teria uma linha adicional de despesas, porém, seria possível capturar mais um nicho de mercado e expandir o modelo de negócios com um novo serviço que ofereceria mais comodidade para as empresas com descarte correto do REEEs, desta forma o aplicativo *E-Waste Hero* teria uma linha adicional de receita. Além de ser direcionado para outros grandes centros urbanos em diferentes pontos da região do Estado de São Paulo.

Por fim, outra forma de divulgação futura do aplicativo que promoveria e aumento de usuários ativos seria por meio de parcerias com empresas de REEE, no qual estas próprias empresas indicariam o uso do aplicativo para consumidores que entrassem no *website* oficial da empresa.

REFERÊNCIAS

- ABINEE. Abinee- Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (Brazilian Association of Electrical and Electronics Industry). **Balço do setor eletroeletrônico no ano 2020 e Perspectivas para 2021**, 2020.
- ABREE. **Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos**. Disponível em: <https://abree.org.br/>. Acesso em: 21 jun. 2024
- ANDRADE, Maria Margarida de. **Introdução à Metodologia do Trabalho Científico**. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- BAUMAN, ZYGMUNT. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- BAUMAN, ZYGMUNT. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.
- BONCIU, F. (2014). The European Economy: From a Linear to a Circular Economy. *Romanian Journal of European Affairs* 14(4), 78-91.
- BRAGA, J. **Objetos de Aprendizagem Volume 1: introdução e fundamentos**. Santo André: Editora da UFABC, 2014.
- BRASIL, 2020. **DECRETO No 10.240, DE 12 DE FEVEREIRO DE 2020** - DOU - Imprensa Nacional Brasília, DF, disponível em: [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n\[1\]10.240-de-12-de-fevereiro-de-2020-243058096](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n[1]10.240-de-12-de-fevereiro-de-2020-243058096).
- BRASIL, 2021. **RESOLUÇÃO No 2, DE 18 DE JUNHO DE 2021** - DOU - Imprensa Nacional. Brasília, DF, disponível em: [https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-2-de-18-de-junho-de\[1\]2021-327352416](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-2-de-18-de-junho-de[1]2021-327352416)
- BRESSANELLI, G. et al. **Circular Economy in the WEEE industry: a systematic literature review and a research agenda**. *Sustainable Production and Consumption*, 2020.
- BROOKE, J B (2013). **SUS — a retrospective**. *Journal of Usability Studies*, Vol. 8, Issue 2, February 2013 pp. 29–40
- BROOKE, J. **SUS: a “quick and dirty” usability scale**. In: JORDAN, Patrick W.; THOMAS, Bruce; WEERDMEESTER, Bernard A.; McCLELLAND, Ian L. (Eds.). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis, 1996. p. 189-194.
- CENCI, M.P., Scarazzato, T., Munchen, D.D., Dartora, P.C., Veit, H.M., Bernardes, A.M., Dias, P.R., 2021. Eco-friendly electronics— a comprehensive review. **Adv. Mater. Technol**, 2021.
- CICLO3. **A Ciclo 3**. Disponível em: <https://www.ciclo3.com.br/ciclo3.html>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- COLE, C. et al. An assessment of achievements of the WEEE Directive in promoting movement up the waste hierarchy: experiences in the UK. **Waste Management**, v. 87, p. 417–427, 2019.
- COMISSÃO EUROPEIA. **A New Circular Economy Action Plan for a Cleaner And More Competitive Europe Brus**, 2020.
- DIAS, P. et al. Electronic waste in Brazil: Generation, collection, recycling and the covid pandemic. **Cleaner Waste Systems**, v. 3, 1 dez. 2022.
- DIAS, P.R. **Eco-friendly electronics – a comprehensive review**. *Adv. Mater*, 2021.
- DOURADO, I. F. Uso das TIC no Ensino de Ciências na Educação Básica: uma experiência didática. **UNOPAR Científica**, Ciências Humanas e da Educação, Londrina, v. 15, n.esp, p. 357-365, dez. 2014.
- EITE, P. T. **“Logística Reversa – Meio ambiente e Competitividade”**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- ELETRO. **E-Ietro Quem somos**. 2023 Disponível em: <https://eletro.org.br/#Quem-Somos>. Acesso em: 12 jun. 2024.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 'Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe', 2015

FERREIRA, M. R. **Coleta seletiva e educação ambiental: Desenvolvimento e utilização de um aplicativo móvel na implantação da política nacional de resíduos sólidos em um município**, 2020.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Brasil é quarto país que mais baixa apps, com 10 milhões de downloads em 2023**, 2023.

FONSECA, C. H. C., & Balbino, F. Uma Aplicação Web para Produção de Textos Narrativos com Enredos Alternativos. In Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, v. 8, n. 1, p. 1272, 2019.

FORTI, V., BALDÉ, C.P., KUEHR, R., BEL, G., **The Global E-waste Monitor**. Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – Co-hosted SCYCLE Programme. International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020.

FÓRUM ECONÔMICO MUNDIAL. **A New Circular Vision for Electronics Time for a Global Reboot**, 2019.

FRANCO, J. A., & FELIPE, R. M. DA S. **Um estudo sobre a logística do lixo eletrônico na**

future research agenda. Int. J. Innovat. Manag, 2017.

GHOSH, Sadhan Kumar, Debnath, B., Baidya, R., De, D., Li, J., Ghosh, Sannidhya, Kumar, Zheng, L., Awasthi, A.K., Liubarskaia, M.A., Ogola, J.S., Tavares, A.N., 2016.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

GIL, A. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

GUIMARAES, Felipe. **Teste De Usabilidade: Como Preparar e Conduzir?** 2021. Disponível em: <https://www.aela.io/pt-br/blog/conteudos/teste-de-usabilidade-como-preparar-e-conduzi>. Acesso em: 13 set. 2024.

GREEN ELETRON. **Resíduos eletrônicos no Brasil - 2021**. Brasil: Radar Pesquisas, 2021. 19 p.

GUZZO, D.; RODRIGUES, V. P.; MASCARENHAS, J. A systems representation of the Circular Economy: Transition scenarios in the electrical and electronic equipment (EEE) industry. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 163, 1 fev. 2021.

HANELT, A. et al. A systematic review of the literature on digital transformation: insights and implications for strategy and organizational change. **Journal of Management Studies**, Hoboken, v. 58, n. 5, p. 1159-1197, 2021.

ISLAM, M.T., Dias, P., Huda, N. Young consumers' e-waste awareness, consumption, disposal, and recycling behavior: a case study of university students in Sydney. Aust. J. **Clean. Prod.**, 2020.

KIDDEE, Peeranart; NAIDU, Ravi; WONG, Ming H. Electronic waste management approaches: An overview. Waste management, v. 33, n. 5, p. 1237-1250, 2013.

KNAPP, J., ZERATSKY, J., KOWITZ, B., **Sprint: o método usado no Google para testar e aplicar novas ideias em apenas 5 dias**, 1ª ed., Rio de Janeiro, Intrínseca, 2017.

KRAUSE, F. C., & SANTOS, G. L. **Transpondo saberes para um APP de educação ambiental baseada no lugar em realidade aumentada**. Debates em educação - UFAL, 12(27), p. 762–784, 2020.

LOPES, A. P., Kissimoto, K., Salerno, M., Carvalho, M., & Laurindo, F. Innovation management: a systematic literature analysis of the innovation management evolution. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, 2016.

LUDOVICO, F., Machado, A., Weiland, A., & Barcellos, P. C. C. Ferramentas Digitais para a Interação Assíncrona: análise de aplicações. In Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, v. 8, n. 1, p. 1389, 2019.

MANCINI, M. Design-driven obsolescence. *The Design Journal*, 22(sup1), 2243–2246, 2019.

MARQUES, R. A. D. F., & GALLÃO, M. I. **Desenvolvimento e validação do aplicativo Android RAbiomas. Revista Novas Tecnologias na Educação**, 18, 2020.

MOLÉCOOLA. **Encerramento das operações da Molécoola**. 15 set. 2023. Facebook: @Molécoola. Disponível em: https://www.facebook.com/molecoolaoficial/?locale=pt_BR. Acesso em: 14 jun. 2023

NASCIMENTO, K. A. S. do; CASTRO FILHO, J. A. de. Aprendizagem Colaborativa Móvel: superando os obstáculos e abraçando as oportunidades. In: **Congresso brasileiro de informática na educação e congresso brasileiro de informática na educação**, 7, 2018, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza, 2018. p. 1013-1021.

NETO, J.F., DE, O., SILVA, M.M., SANTOS, S.M. **A mini-review of E-waste management in Brazil: perspectives and challenges**, 2019.

NETO, J.F., DE, O., SILVA, M.M., SANTOS, S.M. **A mini-review of E-waste management in Brazil: perspectives and challenges**, 2022.

OLIVEIRA, C. R. DE; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. *Waste Management*, v. 32, n. 8, p. 1592–1610, ago. 2012.

OLIVEIRA, C. R. DE; BERNARDES, A. M.; GERBASE, A. E. **Collection and recycling of electronic scrap: A worldwide overview and comparison with the Brazilian situation. Waste Management**, v. 32, n. 8, p. 1592–1610, ago. 2012.

OLIVEIRA, F. C. D. E. **Desenvolvimento de um aplicativo multiplataforma, gamificado e colaborativo “DescarteAqui” na área de resíduos sólidos**, 2020.

OSTERWALDER, A. **The business model ontology: a proposition in a design science approach**. 2004. 173 p. Dissertação (Doutorado em Ciência da Computação em Gestão) – University of Lausanne, Switzerland, 2004.

OSTERWALDER, Alexander; PIGNEUR, Yves. **Business Model Generation: Inovação em Modelos de Negócio**. Rio de Janeiro – RJ. Alta Books, 2011.

PAN, X.; WONG, C. W. Y.; LI, C. **Circular economy practices in the waste electrical and electronic equipment (WEEE) industry: A systematic review and future research agendas. Journal of Cleaner Production**, 10 set. 2022.

PRADO, Olívia Amaral; GALEALE Napoleão Verardi; TEIXEIRA, Elisabeth Pelosi; IRAZUSTA, Silvia Pierre. Agravos à saúde decorrentes do descarte incorreto de resíduos eletroeletrônicos: revisão de literatura. In: **XI Workshop de pós-graduação e pesquisa do centro paula souza**. 2016. p. 18-20.

PORTELA, L. R. F. & GATHER, U. **Uma solução digital e colaborativa voltada à sensibilização para a prática de coleta seletiva na cidade de Manaus**, 2017.

RAWORTH, Kate. **Economia Donut: uma alternativa ao crescimento a qualquer custo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2019.

RODRIGUES, A.C., Boscov, M.E.G., Günther, W.M.R. Domestic flow of e-waste in São Paulo, Brazil: characterization to support public policies. *Waste Manag.* 102, 474–485, 2020.

RODRIGUES, G. S. de S. C.; COLESANTI, M. T. de M. Educação ambiental e as novas tecnologias de informação e comunicação. *Sociedade & Natureza*, v. 20, n. 1, p. 51-66, 2008.

SILVA, M. M. **Aplicativo sobre água e saúde: uma proposta educativa para o Ensino de Ciências ambientais**. 2019. Dissertação (Mestrado profissional em rede nacional para o ensino das ciências ambientais) - Universidade Federal de Pernambuco Centro de Biociências, Recife, PE, 2019.

SOUSA, M. A. DE, PEREIRA, A. C. C., BANDEIRA, C. F., ARAÚJO, J. A. DE, & MONTORO, S. R. **Proposta de criação de aplicativo para contribuir com a melhoria na gestão de resíduos sólidos urbanos.** Cadernos UniFOA, 17(48), p. 33–43, 2022.

SCHNEIDER, S., Spieth, P. **Business model innovation: towards an integrated,** 2013.

SHITTU, O.S., Williams, I.D., Shaw, P.J. Global E-waste management: Can WEEE make a difference? A review of e-waste trends, legislation, contemporary issues and future challenges. **Waste Manag.** 120, 549–563., 2021.

TRAXLER, J. Students and mobile devices. **Research in Learning Technology**, v. 18, n. 2, 2010.

TSUSHIMA, S. P. G., SANTOS, R. F., & SOUSA, V. J. **Desenvolvimento de um modelo de aplicativo para coleta de resíduos eletroeletrônicos para uma urbanizadora municipal.** VIII Congress of Industrial Management and Aeronautical Technology, 1(8), 2021.

WANDERLEY, A. R. M. C., RATUZNEI, J., & SILVA, W. **LCLE - Localizador Coletor de Lixo Eletrônico. VI Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2017).** Anais do XXIII Workshop de Informática na Escola (WIE 2017), 2017.

WALKER, K. Introduction: Mapping the landscape of mobile learning. In: Big Issues in Mobile Learning. Report of a workshop by the Kaleidoscope Network of Excellence Mobile Learning Initiative. **Learning Sciences Research Institute.** University of Nottingham, 2006.

