



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Telemática

E-Collect: Uma Plataforma Educativa para o Descarte Consciente de Resíduos Eletrônicos

Artur Dantas Fernandes

Orientador: Prof. Danyllo Wagner Albuquerque, DSc.

Coorientador: Victor Andre Pinho de Oliveira

Campina Grande
2025



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba
Campus Campina Grande
Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Telemática

E-Collect: Uma Plataforma Educativa para o Descarte Consciente de Resíduos Eletrônicos

Artur Dantas Fernandes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Tecnologia em Telemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Telemática.

Orientador: Prof. Danyllo Wagner Albuquerque
Coorientador: Prof. Victor Andre Pinho de Oliveira

Campina Grande, Agosto de 2025

Catálogo na fonte:
Ficha catalográfica elaborada por Gustavo César Nogueira da Costa - CRB 15/479

F363e Fernandes, Artur Dantas..

E-Collect: uma plataforma educativa para o descarte consciente de resíduos eletrônicos / Artur Dantas Fernandes. - Campina Grande, 2025.

63 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Telemática) - Instituto Federal da Paraíba, 2025.

Orientador: Dr. Danyllo Wagner Albuquerque.

Coorientador: Victor Andre Pinho de Oliveira.

1. Resíduos eletrônicos — Reciclagem. 2. Educação ambiental. 3. Logística reversa. 4. Desenvolvimento de sistemas I. Albuquerque, Danyllo Wagner, II. Oliveira, Victor Andre Pinho de III. Título.

CDU 628.4:004.738

E-Collect: Uma Plataforma Educativa para o Descarte Consciente de Resíduos Eletrônicos

Artur Dantas Fernandes

Danylo Wagner Albuquerque
Orientador

Victor Andre Pinho de Oliveira
Coorientador

Ígor Barbosa da Costa
Membro da Banca

Elmano Ramalho Cavalcanti
Membro da Banca

Campina Grande, Paraíba, Brasil

Agosto/2025

Agradecimentos

A realização deste trabalho não seria possível sem o apoio e a contribuição de várias pessoas, às quais expresso minha sincera gratidão. Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me concedeu oportunidades, força de vontade e coragem para superar todas as dificuldades.

À minha família, especialmente aos meus pais, pelo apoio incondicional e pela compreensão ao longo desta jornada. Ao meu orientador, Prof. Danylo Wagner Albuquerque, pela orientação dedicada, pelo compartilhamento de seu conhecimento e por estar sempre disposto a auxiliar durante todas as fases deste projeto.

Ao meu coorientador, Victor Andre Pinho de Oliveira, pelo suporte técnico, pelos conselhos valiosos e pela disponibilidade em contribuir significativamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também a todos os professores do curso de Tecnologia em Telemática, cujos ensinamentos foram fundamentais para que eu pudesse alcançar a conclusão desta etapa. Quero destacar especialmente os professores Iana Daya e Ewerton Castro, que foram verdadeiros mentores e, mesmo sem perceberem, tornaram-se fontes valiosas de encorajamento em momentos desafiadores.

Aos meus amigos e colegas de curso, pelo apoio, incentivo e companheirismo ao longo dessa longa jornada, que, graças a eles, se tornou muito mais leve. A todos, o meu mais sincero obrigado.

Por fim, não poderia deixar de agradecer ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB), uma instituição respeitada, que não só proporcionou uma educação de qualidade, mas também ofereceu suporte fundamental ao longo da minha jornada acadêmica. Agradeço ao IFPB pela oportunidade de estudar em um ambiente que valoriza o conhecimento, o crescimento pessoal e o desenvolvimento profissional.

Resumo

O descarte inadequado de resíduos eletrônicos representa um desafio ambiental e de saúde pública em crescente agravamento, impulsionado pelo aumento no consumo de dispositivos tecnológicos e pela obsolescência programada. Embora o lixo eletrônico represente apenas 2% do total de resíduos sólidos urbanos, estima-se que seja responsável por cerca de 70% dos resíduos perigosos dispostos em aterros, contendo metais pesados e substâncias tóxicas. No Brasil, a reciclagem desse tipo de resíduo ainda é incipiente, marcada por falhas na fiscalização, baixa adesão à logística reversa e ausência de políticas públicas eficazes. Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema web educativo, gratuito e responsivo, que promova a conscientização ambiental e auxilie a população na identificação de pontos de coleta e na adoção de práticas corretas de descarte de resíduos eletrônicos. A metodologia adotada compreendeu levantamento documental, pesquisa de campo com georreferenciamento de ecopontos em Campina Grande, prototipagem em Figma e desenvolvimento do sistema com tecnologias como React.js, Node.js, Bootstrap e Firebase. O produto final, denominado E-Collect, oferece funcionalidades voltadas à educação ambiental digital, mapeamento colaborativo de ecopontos e acompanhamento das atividades de descarte dos usuários. Os resultados apontam para a viabilidade da aplicação como ferramenta de apoio à cidadania ambiental, fortalecendo o acesso à informação e contribuindo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável por meio do estímulo à logística reversa.

Palavras-chave: Lixo eletrônico, Educação ambiental, Logística reversa, Sustentabilidade, Saúde pública, Tecnologia.

Abstract

The improper disposal of electronic waste represents an increasingly serious environmental and public health challenge, driven by the growing consumption of technological devices and planned obsolescence. Although e-waste accounts for only 2% of total urban solid waste, it is estimated to be responsible for around 70% of the hazardous materials found in landfills, including heavy metals and toxic substances. In Brazil, recycling of this type of waste is still incipient, hindered by weak enforcement, low adherence to reverse logistics, and the lack of effective public policies. In this context, this work aims to develop an educational, free, and responsive web system that promotes environmental awareness and supports the population in identifying collection points and adopting proper disposal practices for electronic waste. The methodology included documentary research, field investigation with georeferencing of collection points in Campina Grande, prototyping in Figma, and system development using technologies such as React.js, Node.js, Bootstrap, and Firebase. The final product, named E-Collect, provides features focused on digital environmental education, collaborative mapping of e-waste drop-off points, and user activity tracking. The results indicate the system's feasibility as a tool to support environmental citizenship, enhance access to information, and contribute to the Sustainable Development Goals by promoting reverse logistics practices.

Keywords: Electronic waste, Environmental education, Reverse logistics, Sustainability, Public health, Technology.

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
BRT	Retardantes de chama à base de bromo
DOM	Modelo de objeto de documento
HTML	Linguagem de Marcação de Hipertexto
CSS	Folhas de Estilo em Cascata
NPM	<i>Node Package Manager</i> (Gerenciador de pacotes do Node.js)
API	Interface de Programação de Aplicações
SSR	<i>Server Side Rendering</i> (Renderização no lado do servidor)
SSG	<i>Static Site Generation</i> (Geração de Site Estático)
SINIR	Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos
SEMURB	Secretaria de Meio Ambiente e Serviços Urbanos (Campina Grande)
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
<i>Green Eletron</i>	Plataforma Descarte Correto de resíduos eletrônicos
e-lixo	Resíduos eletrônicos (abreviação de " <i>electronic waste</i> ")
IFPB	Instituto Federal da Paraíba
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
GEM	<i>Global E-Waste Monitor</i>
LR	Logística Reversa
UI	Interface do usuário
UX	Experiência do usuário
TI	Tecnologia da Informação
TAM	<i>Technology Acceptance Model</i> (Modelo de aceitação de tecnologia)

Lista de Figuras

2.1	Crescimento da geração global de lixo eletrônico (2010 -2030)	6
2.2	Cenário de desinformação sobre o descarte do lixo eletrônico	6
2.3	Maiores geradores de lixo eletrônico do mundo	10
2.4	Ciclo de Logística Reversa	12
4.1	Diagrama de caso de uso	24
5.1	Diagrama de Arquitetura do Sistema	26
5.2	Fluxo de Navegação do Usuário	28
5.3	Página Início	29
5.4	Página de registro de atividades	30
5.5	Página de Eco-ponto	32
5.6	Página de Contato	33
5.7	Página de Login	34
6.1	Facilidade de Uso do Sistema	38
6.2	Utilidade Percebida (Perceived Usefulness)	39
6.3	Atitude em Relação ao Uso	40
6.4	Intenção de uso futuro do sistema	41

Lista de Tabelas

2.1	Componentes presentes no lixo eletrônico	11
3.1	Resumo das Plataformas para Gestão e Reciclagem de Resíduos Eletrônicos	16
4.1	Requisitos Funcionais	22
4.2	Requisitos Não-Funcionais	23
6.1	Estrutura do Formulário de Validação com base no Modelo TAM	37

Sumário

Lista de Siglas e Abreviaturas	7
Lista de Figuras	8
Lista de Tabelas	9
Sumário	10
1 Introdução	1
1.1 Problemática	1
1.2 Justificativa	2
1.3 Objetivos	2
1.4 Metodologia	3
1.5 Estrutura do Trabalho	3
1.6 Contribuição do Projeto	4
2 Fundamentação Teórica	5
2.1 A Educação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável	5
2.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)	7
2.2.1 Alinhamento com os ODS	7
2.3 Obsolescência Programada e o Papel da Indústria	10
2.4 Crescimento de lixo eletrônico no Brasil	10
2.5 Impactos Ambientais	11
2.6 Logística Reversa	12
2.7 Alternativas para o Descarte do Lixo Eletrônico	13
2.8 Considerações Finais da Fundamentação	14
3 Trabalhos Relacionados	15
3.1 Descrição de Sistemas Similares	15
3.2 Análise Comparativa e Diferenciais dos Projetos	17
3.3 Considerações Finais dos Trabalhos Relacionados	17
4 Método de Desenvolvimento	19
4.1 Metodologia de Desenvolvimento	19
4.2 Levantamento de Dados	19
4.2.1 Pesquisa Documental	20
4.2.2 Pesquisa de Campo	20
4.3 Requisitos do Sistema	21
4.3.1 Requisitos Funcionais (RF)	21

4.3.2	Requisitos Não-Funcionais (RNF)	22
4.4	Diagrama de Casos de Uso	23
4.5	Considerações Finais da Configuração do Estudo	24
5	Desenvolvimento do sistema E-Collect	25
5.1	Processo de Desenvolvimento	25
5.2	Diagrama de Arquitetura do Sistema	26
5.3	Tecnologias e Ferramentas Utilizadas	26
5.3.1	Prototipagem com Figma	26
5.3.2	Stack Tecnológica	27
5.3.3	Fluxo de Navegação	27
5.4	Páginas do Sistema E-Collect	28
5.4.1	Considerações Finais do Desenvolvimento	35
6	Validação Preliminar	36
6.1	Planejamento da Validação	36
6.2	Resultados da Validação	37
6.3	Considerações Finais da Validação Preliminar	42
7	Conclusão do Trabalho	43
7.1	Síntese dos Resultados	43
7.2	Limitações e Desafios	44
7.3	Trabalhos Futuros	44
7.4	Considerações Finais	45
A	Instrumento de Validação com base no Modelo TAM	48

Capítulo 1

Introdução

O descarte inadequado de resíduos eletrônicos tem se consolidado como um problema crescente e de ampla repercussão global. Em meio ao avanço acelerado da tecnologia e à constante renovação de dispositivos, toneladas de equipamentos eletroeletrônicos são descartados diariamente, muitas vezes de forma irregular, contribuindo para a contaminação do meio ambiente e colocando em risco a saúde humana. Esse cenário é especialmente preocupante em países em desenvolvimento, como o Brasil, onde os sistemas de coleta e reciclagem ainda são incipientes, e a conscientização da população sobre o tema é limitada.

Neste capítulo, apresenta-se uma contextualização geral do problema, destacando suas causas, consequências e complexidade. Em seguida, são discutidos os fatores que justificam a realização deste trabalho, os objetivos que o norteiam, a metodologia adotada para sua condução e a estrutura geral do documento.

1.1 Problemática

O avanço acelerado da tecnologia e o consequente aumento no consumo de dispositivos eletrônicos têm transformado profundamente o cotidiano das sociedades modernas. Smartphones, computadores, televisores, eletrodomésticos inteligentes e outros equipamentos digitais tornaram-se indispensáveis em diversos aspectos da vida pessoal, profissional e educacional. No entanto, esse progresso vem acompanhado de um problema ambiental silencioso, mas de grande magnitude: o descarte inadequado de resíduos eletrônicos.

O chamado lixo eletrônico, ou e-lixo, é composto por equipamentos eletroeletrônicos descartados, inteiros ou em partes, que deixaram de ter utilidade para seus proprietários. Apesar de representar apenas uma pequena fração do total de resíduos sólidos urbanos — cerca de 2% —, ele é responsável por aproximadamente 70% dos resíduos perigosos encontrados em aterros sanitários, contendo substâncias como chumbo, mercúrio, cádmio, PVC e retardantes de chama à base de bromo (BRT), que oferecem riscos graves à saúde humana e ao meio ambiente (de Almeida et al., 2015; Capuccio et al., 2019).

Grande parte desses resíduos é descartada em lixões ou aterros a céu aberto, sem qualquer tipo de tratamento ou triagem. Nessas condições, os materiais degradam-se lentamente, liberando metais pesados no solo, contaminando lençóis freáticos e impactando negativamente a biodiversidade. Além disso, os resíduos eletroeletrônicos são ricos em materiais valiosos, como ouro, cobre, índio e paládio, que poderiam ser reaproveitados, reduzindo a exploração de recursos naturais e promovendo a economia circular (Soares et al., 2020).

No entanto, os índices de reciclagem de e-lixo ainda são extremamente baixos. Segundo o relatório “Resíduos Eletrônicos no Brasil – 2021”, apenas 3% do lixo eletrônico gerado no país é efetivamente reciclado (da Silva Reis, 2021). A maior parte é descartada de forma irregular ou permanece armazenada nas residências dos consumidores. A ausência de políticas públicas robustas, a precariedade da infraestrutura de logística reversa e a falta de educação ambiental voltada para o tema contribuem para o agravamento desse cenário.

1.2 Justificativa

A crescente geração de resíduos eletrônicos exige uma resposta sistêmica, que envolva tanto ações governamentais quanto a mobilização da sociedade civil e do setor produtivo. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) estabelece princípios como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a obrigatoriedade da logística reversa. Contudo, a implementação dessa política esbarra em dificuldades práticas, como a carência de pontos de coleta acessíveis, a fragilidade da fiscalização e o desconhecimento da população quanto aos seus direitos e deveres.

Diversos estudos apontam que grande parte da população brasileira desconhece como e onde descartar corretamente seus dispositivos eletrônicos, mesmo quando têm consciência dos riscos ambientais envolvidos (Kitajima et al., 2019; de Farias Guilherme et al., 2019). Isso evidencia uma lacuna que não pode ser suprida apenas por campanhas pontuais ou por iniciativas isoladas. É necessário investir em soluções tecnológicas de fácil acesso, que combinem informação, educação ambiental e funcionalidades práticas.

Nesse contexto, a utilização de sistemas web como ferramentas de apoio à cidadania ambiental mostra-se promissora. Aplicações acessíveis, responsivas e voltadas à educação digital podem promover mudanças comportamentais significativas, contribuindo para a popularização da logística reversa, para a valorização da sustentabilidade e para a mitigação dos impactos ambientais do e-lixo.

Este trabalho justifica-se, portanto, pela urgência de desenvolver instrumentos que auxiliem a população no enfrentamento desse desafio. Mais do que uma proposta tecnológica, trata-se de uma contribuição para a construção de uma cultura de responsabilidade ambiental, pautada pela informação e pela ação consciente.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral desenvolver um sistema web educativo, gratuito e de fácil uso, que promova a conscientização ambiental e ofereça suporte direto à população quanto ao descarte adequado de resíduos eletrônicos. A proposta visa fomentar práticas sustentáveis, fortalecer a cidadania ambiental e incentivar a logística reversa de maneira acessível e interativa.

Entre os objetivos específicos do projeto, destacam-se:

- Promover a educação ambiental digital por meio de um sistema web, com informações claras sobre os impactos ambientais e de saúde pública causados pelo descarte inadequado do lixo eletrônico.
- Mapear e divulgar pontos de coleta de resíduos eletrônicos em diversas regiões do Brasil, facilitando o acesso da população às opções de descarte adequado.

- Estabelecer um canal de comunicação entre usuários e centros de coleta, possibilitando o envio de sugestões, dúvidas e denúncias relacionadas ao descarte irregular de e-lixo.

1.4 Metodologia

A metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto combinou atividades de investigação documental, pesquisa de campo e implementação prática utilizando tecnologias web.

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura especializada e da legislação vigente, com o objetivo de compreender a dimensão do problema, identificar os principais desafios na gestão de resíduos eletrônicos e mapear iniciativas semelhantes que pudessem servir de referência. Essa etapa envolveu a análise de relatórios técnicos, artigos científicos e bases de dados governamentais, como o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR).

Em seguida, conduziu-se uma pesquisa de campo na cidade de Campina Grande-PB, com visitas técnicas a ecopontos ativos. Essas visitas permitiram o levantamento e o georreferenciamento de locais aptos a receber resíduos eletrônicos, além da avaliação da estrutura física, da sinalização e da acessibilidade dos pontos de coleta.

Com base nas informações obtidas, iniciou-se a etapa de prototipação no Figma, uma ferramenta de design colaborativo que permitiu simular o fluxo de navegação e validar aspectos de usabilidade da aplicação. O sistema foi então implementado com tecnologias modernas do desenvolvimento web: React.js (para a construção da interface), Bootstrap (para responsividade), Node.js (como ambiente de execução backend) e Firebase (para autenticação de usuários e armazenamento de dados em nuvem).

A organização do desenvolvimento seguiu uma adaptação da metodologia ágil Scrum, estruturada em sprints com objetivos e entregas parciais. Isso permitiu o refinamento contínuo da solução, com base em testes, feedbacks e reavaliação de requisitos ao longo do processo.

1.5 Estrutura do Trabalho

Além desta introdução, este trabalho está organizado da seguinte forma:

- **Capítulo 2 – Fundamentação Teórica:** apresenta conceitos centrais relacionados à educação ambiental, desenvolvimento sustentável, obsolescência programada, logística reversa e os impactos dos resíduos eletrônicos;
- **Capítulo 3 – Trabalhos Relacionados:** revisa projetos e soluções já desenvolvidos na área, destacando limitações e oportunidades de aprimoramento;
- **Capítulo 4 – Configuração do Estudo:** detalha o processo de levantamento de dados, definição de requisitos e modelagem do sistema E-Collect;
- **Capítulo 5 – Desenvolvimento do Software:** descreve as etapas práticas de construção do sistema, a arquitetura adotada, tecnologias utilizadas e as funcionalidades implementadas;

- **Capítulo 6 – Validação Preliminar:** apresenta o planejamento, execução e resultados de uma avaliação inicial com usuários, com base no modelo TAM (*Technology Acceptance Model*);
- **Capítulo 7 – Considerações Finais:** discute os principais resultados alcançados, as limitações do trabalho e propõe direções para estudos futuros.

1.6 Contribuição do Projeto

Embora o presente projeto se concentre no desenvolvimento de um sistema web para conscientização e apoio ao descarte correto de resíduos eletrônicos, ele desempenha um papel fundamental como *facilitador* e *catalisador* de parcerias. A complexidade do problema do lixo eletrônico, que envolve desde a produção e consumo até a coleta e destinação final, demanda uma abordagem multissetorial e colaborativa.

O sistema proposto contribui para a ODS 17 de diversas formas:

- **Conexão de Atores:** Ao mapear e divulgar pontos de coleta de e-lixo, o sistema estabelece uma ponte crucial entre a população (sociedade civil) e as entidades responsáveis pelo recebimento e destinação desses resíduos, que podem ser cooperativas de reciclagem, empresas especializadas em logística reversa (setor privado) ou iniciativas governamentais (setor público). Essa interconexão é essencial para o funcionamento de cadeias de valor sustentáveis.
- **Fortalecimento da Logística Reversa:** A logística reversa de resíduos eletrônicos, um pilar para o descarte ambientalmente correto, depende intrinsecamente de parcerias bem-estruturadas entre fabricantes, distribuidores, varejistas, consumidores e empresas de reciclagem. Ao aumentar a conscientização e a acessibilidade aos pontos de descarte, o sistema indiretamente fortalece toda a cadeia da logística reversa, promovendo a sinergia entre os envolvidos.
- **Canais de Comunicação:** A funcionalidade de estabelecer um canal de comunicação entre usuários e centros de coleta exemplifica como a tecnologia pode ser empregada para construir e manter redes de colaboração. Isso permite um fluxo de informação mais eficiente e pode facilitar a resolução de desafios logísticos ou dúvidas específicas, aprimorando a eficácia das parcerias existentes.
- **Fomento ao Conhecimento Compartilhado:** A disseminação de informações sobre os impactos do lixo eletrônico e as melhores práticas de descarte através do sistema fomenta um ambiente de conhecimento compartilhado. Este ambiente pode incentivar diálogos e a formação de novas parcerias para desenvolver soluções mais abrangentes e eficazes no gerenciamento de resíduos.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

O avanço tecnológico, embora traga inúmeros benefícios à sociedade, impulsiona um ciclo acelerado de consumo e descarte, gerando preocupações ambientais e de saúde pública. A crescente obsolescência de dispositivos eletrônicos, somada à sua alta produção, resulta em um volume significativo de resíduos — conhecidos como lixo eletrônico ou e-waste. Esse cenário exige ações sustentáveis, que vão desde a conscientização da população até mudanças nas cadeias produtivas.

Este capítulo apresenta a base teórica que sustenta a importância da Educação Ambiental no contexto contemporâneo e sua relação com o desenvolvimento sustentável. Em seguida, discute-se o papel da educação frente aos impactos do lixo eletrônico, suas causas e consequências, e por fim, estratégias de mitigação, com destaque para a logística reversa como ferramenta de enfrentamento ao problema.

2.1 A Educação Ambiental e o Desenvolvimento Sustentável

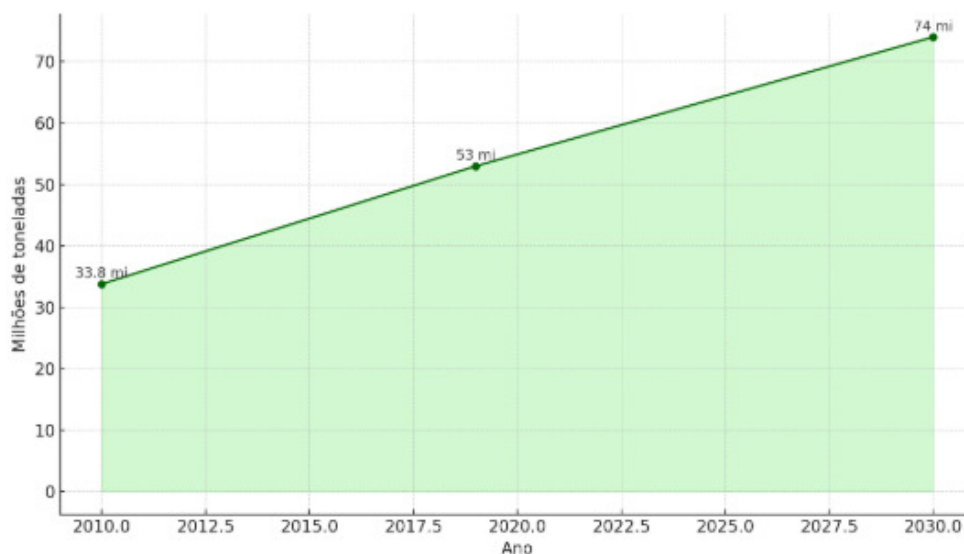
A Educação Ambiental tem papel central na formação de cidadãos conscientes e críticos, capazes de atuar frente às questões ambientais. Mais do que um repasse de informações, trata-se de um processo interdisciplinar e contínuo que promove a reflexão sobre os padrões de produção, consumo e descarte, com base em valores éticos e responsabilidade coletiva.

O gráfico mostrado na Figura 2.1 ilustra a urgência desse debate: a geração de lixo eletrônico saltou de 30 milhões de toneladas (2010) para uma projeção de 70 milhões (2030), refletindo o consumo insustentável de tecnologia e a falência dos modelos lineares de produção. Esse cenário exige que a Educação Ambiental vá além da conscientização individual, ela deve pressionar por mudanças estruturais, como a adoção da economia circular e a regulamentação rigorosa da obsolescência programada.

Conforme define a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), essa prática deve ser integrada e orientada à coletividade, visando à justiça social e à conservação dos recursos naturais. Assim, a Educação Ambiental deve provocar mudanças de atitude e mobilizar a sociedade em direção à sustentabilidade.

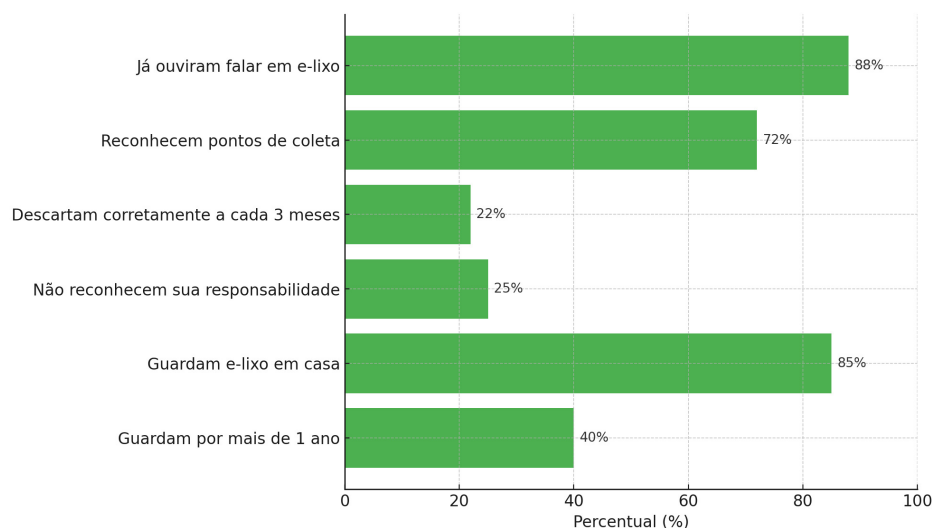
O Gráfico 2.1 foi adaptado de dados apresentados pela Green Eletron (2023), a partir da pesquisa “Pesquisa Nacional sobre Lixo Eletrônico”.

Figura 2.1: Crescimento da geração global de lixo eletrônico (2010 -2030)



Fonte: Global E-Waste Monitor (2020/2024)

Figura 2.2: Cenário de desinformação sobre o descarte do lixo eletrônico



Fonte: Pesquisa Nacional sobre Lixo Eletrônico - Green Eletron (2023)

Os dados da Figura 2.2 revelam que, embora 88% das pessoas conheçam o termo "e-lixo", apenas 22% descartam corretamente a cada três meses. Além disso, 85% guardam esses resíduos em casa, muitas vezes por mais de um ano (40%), evidenciando a lacuna entre conhecimento e ação. Esses números destacam a necessidade de políticas públicas que: facilitem o acesso a pontos de coleta (apenas 72% os reconhecem); vinculem a responsabilidade individual ao impacto coletivo (25% não se veem como parte da solução).

Nesse sentido, o conceito de desenvolvimento sustentável, proposto no Relatório Brundtland, propõe suprir as necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras. Tal abordagem exige uma reestruturação dos modelos socioeconômicos vigentes, priorizando o uso racional dos recursos naturais e a preservação ambiental (World Commission on Environment and Development, 1987).

A integração entre educação e sustentabilidade é fundamental, especialmente frente a desafios como a crescente geração de resíduos eletrônicos, cujos impactos ultrapassam a contaminação do solo e da água — afetam diretamente a saúde pública e o equilíbrio dos ecossistemas (de Almeida et al., 2015). Diante disso, educar é também mobilizar: é necessário fomentar políticas públicas, programas de logística reversa e o engajamento social para enfrentar esses desafios.

A problemática do lixo eletrônico reflete o modelo atual de consumo acelerado e a cultura da descartabilidade. A obsolescência programada e o desejo constante por novos dispositivos aumentam o volume de resíduos, muitos dos quais contêm substâncias altamente tóxicas.

Nesse contexto, a Educação Ambiental surge como um instrumento transformador. Ao sensibilizar a população sobre os riscos do descarte inadequado, ela promove a adoção de práticas como reutilização, reciclagem e a participação em iniciativas de logística reversa (de Sousa and Eduardo, 2018; da Silva Reis, 2021). Além disso, contribui para ampliar o conhecimento sobre os impactos ambientais e sociais relacionados aos resíduos tecnológicos, incentivando mudanças de comportamento alinhadas à sustentabilidade.

Portanto, mais do que uma resposta educativa, trata-se de uma estratégia de ação coletiva. A articulação entre educação, legislação e responsabilidade compartilhada é essencial para a construção de um futuro em que o desenvolvimento tecnológico esteja em equilíbrio com o meio ambiente.

2.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os ODS consistem na adoção de diretrizes e práticas que estejam em conformidade com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), a qual estabelece 17 objetivos interligados voltados para a promoção do desenvolvimento econômico, social e ambiental de forma equilibrada e sustentável. Esse alinhamento implica que instituições, empresas e projetos orientem suas ações de modo a contribuir para metas globais, como erradicação da pobreza, educação de qualidade, redução das desigualdades, consumo e produção responsáveis, e combate às mudanças climáticas. No contexto organizacional, integrar os ODS ao planejamento estratégico não apenas reforça o compromisso socioambiental, mas também amplia a credibilidade, promove a inovação e fortalece a imagem institucional, além de potencializar o impacto positivo junto à sociedade e ao meio ambiente. Dessa forma, o alinhamento com os ODS deixa de ser uma ação isolada e torna-se parte fundamental da estrutura e da governança organizacional, contribuindo para resultados sustentáveis a longo prazo.

2.2.1 Alinhamento com os ODS

ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis

- **Meta 12.4:** Gerenciar ecologicamente correto produtos químicos e todos os resíduos, durante todo o ciclo de vida, e reduzir significativamente a liberação para o ar, água e solo, a fim de minimizar seus impactos adversos sobre a saúde humana e o meio ambiente.
- **Meta 12.5:** Reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso.

- **Meta 12.8:** Garantir que as pessoas em todos os lugares tenham informação relevante e conscientização para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida em harmonia com a natureza.
- **Contribuição do Projeto:** O descarte correto de resíduos eletrônicos é crucial devido aos metais pesados e substâncias tóxicas que esses materiais contêm. O projeto visa mitigar esses impactos ao promover a logística reversa e a educação ambiental digital. A conscientização sobre a obsolescência programada e o incentivo à logística reversa apoiam as metas de redução de resíduos, reutilização e reciclagem. Além disso, o cerne do sistema é fornecer informação e conscientização para o desenvolvimento sustentável, incentivando práticas em harmonia com a natureza e promovendo o consumo consciente e a responsabilidade pós-consumo.

ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis

- **Meta 11.6:** Reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos e outros.
- **Contribuição do Projeto:** O sistema web, ao mapear e divulgar pontos de coleta de lixo eletrônico, contribui diretamente para essa meta. Ele facilita o descarte adequado de resíduos perigosos, reduzindo a poluição em áreas urbanas e promovendo uma gestão de resíduos mais eficiente e ecologicamente correta. Ao fornecer uma infraestrutura de descarte acessível, o projeto ajuda a tornar as cidades mais sustentáveis.

ODS 3: Saúde e Bem-Estar

- **Meta 3.9:** Reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e contaminação e poluição do ar, água e solo.
- **Contribuição do Projeto:** O descarte inadequado de lixo eletrônico libera substâncias tóxicas que representam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente, contaminando o solo, a água e o ar. Ao promover o descarte correto desses resíduos, o projeto mitiga diretamente esses riscos, contribuindo para a redução da exposição a substâncias perigosas e, conseqüentemente, para a melhoria da saúde pública e do bem-estar da população.

ODS 4: Educação de Qualidade

- **Meta 4.7:** Garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, incluindo, entre outros, educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não-violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável.
- **Contribuição do Projeto:** A plataforma educativa do sistema contribui para essa meta ao disseminar informações cruciais sobre sustentabilidade, os impactos do descarte incorreto de lixo eletrônico e as melhores práticas para seu gerenciamento. O

sistema atua como uma ferramenta de educação não formal, capacitando os usuários com conhecimento essencial para adotar práticas mais sustentáveis em seu dia a dia.

ODS 17: Parcerias e Meios de Implementação

Este ODS enfatiza a necessidade de fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável. Ela reconhece que o sucesso da Agenda 2030 depende de colaborações eficazes e inclusivas entre governos, setor privado e sociedade civil.

- **Meta 17.17:** Incentivar e promover parcerias públicas, público-privadas e com a sociedade civil eficazes, tirando partido da experiência e dos recursos das parcerias.

2.3 Obsolescência Programada e o Papel da Indústria

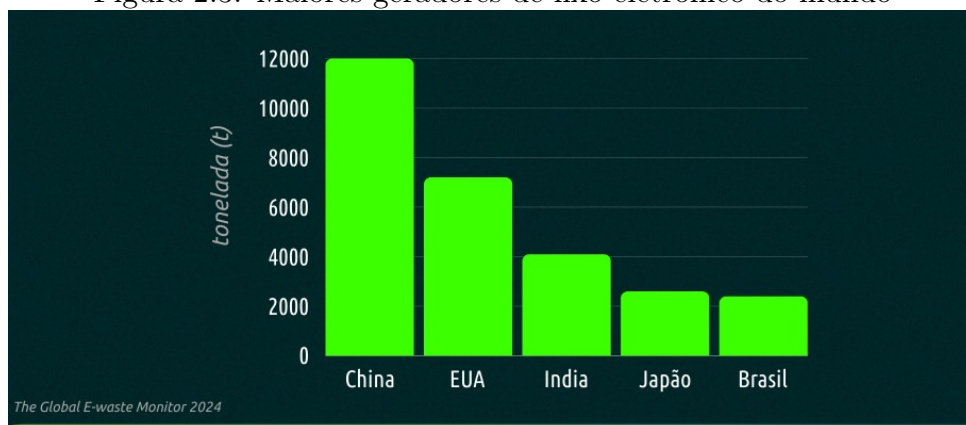
A obsolescência programada é uma estratégia adotada por diversas indústrias que consiste em planejar a vida útil dos produtos para que se tornem obsoletos em um curto espaço de tempo, incentivando o consumo contínuo e o descarte precoce. Esse conceito surgiu no início do século XX como uma forma de estimular a economia por meio do consumo recorrente, mas com o passar dos anos, tornou-se um dos principais agravantes da geração de lixo eletrônico Morozesk et al. (2017).

Essa obsolescência pode se manifestar de diversas formas. A **obsolescência técnica** ocorre quando um produto deixa de funcionar adequadamente após um determinado período, muitas vezes por falhas planejadas em componentes-chave. Exemplos incluem impressoras que param de funcionar após um número específico de páginas ou baterias com vida útil limitada (de Sousa and Eduardo, 2018). Outra modalidade é a **obsolescência perceptiva**, que está ligada à percepção do consumidor, sendo motivada por estratégias de marketing e design. Nela, produtos funcionalmente válidos são descartados simplesmente por parecerem desatualizados (Morozesk et al., 2017). Há também a **obsolescência por incompatibilidade**, relacionada à evolução forçada de softwares que deixam de oferecer suporte a dispositivos mais antigos (da Silva Cruz et al., 2018). Essa prática tem impactos diretos na geração de resíduos eletrônicos, pois acelera o ciclo de vida dos produtos e contribui para o acúmulo de dispositivos descartados prematuramente. A ausência de políticas que incentivem o design sustentável e a dificuldade de acesso à manutenção dificultam alternativas ao descarte (de Almeida et al., 2015)(Mauro et al., 2014).

É fundamental repensar os modelos de produção e consumo, promovendo a responsabilidade das empresas na redução da obsolescência programada, seja por meio de regulamentações mais rígidas, incentivos à economia circular ou pelo fortalecimento do direito ao reparo (de Farias Guilherme et al., 2019).

2.4 Crescimento de lixo eletrônico no Brasil

Figura 2.3: Maiores geradores de lixo eletrônico do mundo



Fonte: *The Global E-Waste Monitor* (2024)

O gráfico “Maiores geradores de lixo eletrônico do mundo”, extraído do relatório “*The*

*Global E-Waste Monitor 2024*¹, evidencia os cinco países que mais produzem resíduos eletrônicos em toneladas: China, Estados Unidos, Índia, Japão e Brasil. A China lidera o ranking com uma produção que ultrapassa as 12.000 toneladas de e-lixo, seguida pelos Estados Unidos, com cerca de 7.000 toneladas. A Índia ocupa o terceiro lugar com aproximadamente 4.000 toneladas, enquanto Japão e Brasil apresentam valores próximos, pouco acima de 2.000 toneladas. Esses dados reforçam a urgência de ações globais voltadas à gestão responsável dos resíduos eletrônicos, uma vez que o volume produzido está diretamente relacionado ao crescimento do consumo tecnológico. Países emergentes como o Brasil já figuram entre os maiores geradores, o que indica a necessidade de fortalecimento de políticas públicas, educação ambiental e incentivos à logística reversa. Além disso, a posição do Brasil nesse ranking alerta para a importância de integrar soluções sustentáveis no ciclo de vida dos produtos eletrônicos, desde sua fabricação até o descarte.

2.5 Impactos Ambientais

O relatório mais recente do *Global E-Waste Monitor 2024* destaca que o Brasil é o maior gerador de lixo eletrônico da América Latina e ocupa agora a **quinta posição** no ranking mundial, ultrapassando outros países em volume absoluto de resíduos eletroeletrônicos. Em 2023, o país gerou aproximadamente **2,1 milhões de toneladas** de lixo eletrônico, evidenciando um crescimento significativo em relação aos anos anteriores. Apesar desse aumento, menos de **2,5%** desse total foi reciclado de forma adequada. Para ilustrar os riscos associados ao descarte inadequado, a Tabela 2.1 apresenta os principais metais pesados presentes no lixo eletrônico e seus impactos na saúde humana.

Tabela 2.1: Componentes presentes no lixo eletrônico

Componente	Efeito na Saúde	Onde é usado
Chumbo	Causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo.	Computador, celular, televisores.
Mercúrio	Causa danos cerebrais e ao fígado.	Computador, monitor e TV de tela plana.
Cádmio	Causa envenenamento, danos aos ossos, rins, pulmões e afeta o sistema nervoso.	Computador, monitores de tubos antigos, baterias de laptop.
Arsênio	Causa doenças de pele, prejudica o sistema nervoso e pode causar câncer no pulmão.	Celular.
Berílio	Causa câncer no pulmão.	Computador, celular.
Retardantes de chamas (BRT)	Causam desordens hormonais, nervosas, reprodutivas.	Diversos componentes eletrônicos para prevenir incêndios.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

¹<https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>

Os resíduos eletroeletrônicos contêm substâncias perigosas como chumbo, mercúrio, cádmio e cromo, que são tóxicas e persistentes no meio ambiente. Mesmo em pequenas concentrações, esses elementos podem causar sérios danos à saúde humana e à biodiversidade.

Estudos apontam que, ao serem descartados em lixões ou aterros, os resíduos liberam substâncias que poluem o solo, lençóis freáticos e cadeias alimentares. Organismos vivos podem acumular compostos tóxicos em níveis milhares de vezes superiores aos encontrados no ambiente, ameaçando ecossistemas inteiros.

Casos como o de Agbogbloshie, em Gana — um dos maiores depósitos de lixo eletrônico do mundo —, evidenciam os impactos à saúde pública, principalmente em crianças envolvidas na desmontagem de equipamentos (LeBré and Silva, 2020).

2.6 Logística Reversa

A logística reversa surge como uma estratégia essencial para mitigar os impactos ambientais gerados pelos resíduos eletroeletrônicos. Trata-se de ações voltadas à coleta de produtos após o consumo, com o objetivo de reinseri-los na cadeia produtiva, seja por meio da reutilização, remanufatura ou descarte correto.

Figura 2.4: Ciclo de Logística Reversa



Fonte: 123Ecos (2021)

Segundo (Leite, 2002), a logística reversa pode ser classificada em duas categorias:

- **Pós-venda:** retorno de produtos com defeito ou não utilizados, reintegrando-os ao processo produtivo.

- **Pós-consumo:** envolve bens que chegaram ao fim da vida útil, sendo especialmente relevante no contexto do lixo eletrônico.

Essa prática é respaldada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que estabelece a responsabilidade compartilhada entre todos os atores da cadeia produtiva (Brasil, 2010).

Para que a logística reversa seja efetiva, é necessário o envolvimento do setor produtivo, do poder público e da sociedade, bem como o fortalecimento da educação ambiental como instrumento de conscientização (Leite, 2002).

2.7 Alternativas para o Descarte do Lixo Eletrônico

Grande parte da população ainda desconhece que os aparelhos eletroeletrônicos, ao final de sua vida útil, contêm uma variedade significativa de materiais que podem ser reaproveitados. Esses resíduos, se tratados adequadamente, representam não apenas uma redução no impacto ambiental, mas também uma oportunidade econômica. Componentes como ouro, prata, cobre, paládio, alumínio e plásticos de engenharia estão presentes em placas-mãe, processadores, conectores, cabos e outros elementos internos dos dispositivos eletrônicos (Capuccio et al., 2019) (da Silva Reis, 2021).

Com o avanço das políticas de sustentabilidade e da logística reversa no Brasil, algumas empresas passaram a investir na recuperação desses materiais, estabelecendo fluxos de coleta, triagem e reaproveitamento dos componentes. Trata-se de um passo importante rumo a um modelo de descarte mais responsável, que contribui tanto para a economia circular quanto para a mitigação dos impactos ambientais gerados pelo acúmulo de lixo eletrônico.

Uma das alternativas mais eficazes nesse contexto é a adoção da logística reversa pelos próprios fabricantes. Essa prática, prevista na Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos)², determina que os produtores sejam responsáveis pela destinação ambientalmente adequada dos equipamentos comercializados após o uso pelos consumidores. Muitas empresas já operam pontos de coleta em lojas físicas ou oferecem serviços de recolhimento domiciliar, facilitando a devolução dos produtos obsoletos.

O valor econômico dos resíduos eletrônicos reforça a importância de sua correta destinação. Segundo dados veiculados pelo *Jornal da Cidade de Bauru* (2012), de uma tonelada de celulares descartados (sem baterias) é possível extrair até 175 gramas de ouro, o que equivaleria a R\$ 16.667,50 considerando o valor médio de R\$ 95,30 por grama do metal na época. Essa quantidade de ouro supera, em muitos casos, o teor encontrado em minérios naturais, demonstrando o potencial do chamado “garimpo urbano” de Almeida et al. (2015).

Entretanto, esse tipo de processamento mais refinado — que envolve a separação química de metais preciosos como ouro, platina e paládio — ainda é majoritariamente realizado fora do Brasil, especialmente em países como Estados Unidos, Alemanha, Japão e China, que dispõem de tecnologias avançadas e protocolos rigorosos de reaproveitamento (Capuccio et al., 2019) (Tanaue et al., 2015). No território nacional, as atividades se concentram, em sua maioria, nas etapas iniciais da cadeia de reciclagem: desmontagem, separação manual e preparação para exportação dos resíduos.

²https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

Mesmo assim, o Brasil apresenta oportunidades econômicas em algumas fases da reciclagem. O quilo de placas eletrônicas pode alcançar até R\$ 4,50 no mercado nacional, valor que varia de acordo com a densidade de metais no componente. Já os processadores, especialmente os mais antigos, podem atingir preços ainda mais elevados, devido à presença concentrada de metais nobres em sua composição da Silva Reis (2021).

Nesse cenário, a ampliação da capacidade tecnológica interna para o processamento completo desses materiais é uma necessidade estratégica. Isso não apenas permitiria o aumento do valor agregado dentro do país, como também reduziria a dependência de envio de resíduos para o exterior, prática que acarreta custos logísticos e ambientais adicionais.

2.8 Considerações Finais da Fundamentação

O presente capítulo apresentou uma análise abrangente dos aspectos teóricos e conceituais que fundamentam o problema do descarte inadequado de resíduos eletrônicos, destacando seus impactos socioambientais, suas causas estruturais e os caminhos possíveis para enfrentamento. Discutiu-se o papel da Educação Ambiental como vetor de mudança cultural e comportamental, capaz de sensibilizar a sociedade sobre os riscos do e-lixo e promover ações sustentáveis. Também foram abordados os princípios da logística reversa, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável correlatos ao tema, a obsolescência programada como agravante do problema e o potencial de reaproveitamento dos materiais presentes nos dispositivos descartados.

A partir dessa base teórica, evidencia-se a necessidade de soluções tecnológicas que articulem informação, educação e acessibilidade. O desenvolvimento de ferramentas digitais voltadas à conscientização ambiental e ao apoio direto à população pode contribuir significativamente para a mudança de cenário, estimulando a responsabilidade compartilhada e fortalecendo a cidadania ambiental.

No capítulo seguinte, são apresentados trabalhos relacionados que tratam de iniciativas similares ao sistema proposto, analisando seus objetivos, abordagens técnicas, limitações e contribuições. Essa análise servirá como referencial comparativo para o desenvolvimento e a validação do sistema E-Collect, permitindo identificar lacunas, oportunidades e boas práticas a serem consideradas.

Capítulo 3

Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta uma revisão detalhada de sistemas e aplicativos com propósitos e funcionalidades semelhantes ao sistema E-Collect. São descritas iniciativas acadêmicas e práticas que abordam o descarte consciente de resíduos eletrônicos por meio de soluções colaborativas, gamificadas ou web e mobile. A análise dessas experiências auxilia a identificar boas práticas técnicas, lacunas existentes e influências metodológicas, fornecendo embasamento para o desenvolvimento da proposta deste trabalho.

3.1 Descrição de Sistemas Similares

Para fundamentar e direcionar o desenvolvimento deste projeto, foram selecionados alguns trabalhos acadêmicos e práticos que possuem forte relação com o objetivo central: promover a conscientização e facilitar o descarte correto do lixo eletrônico por meio de sistemas web e aplicativos móveis. Esses projetos destacam-se pela abordagem inovadora, pelo uso de tecnologias semelhantes e pelo impacto social e ambiental que buscam alcançar, servindo como base e inspiração para o presente trabalho.

Tabela 3.1: Resumo das Plataformas para Gestão e Reciclagem de Resíduos Eletrônicos

Plataforma	Funcionalidade principais	Modelo colaborativo	Limitações
Re-USE	Cadastro de itens recicláveis por usuários, doações corporativas e denúncias anônimas de descarte irregular.	Sim	Ainda em protótipo; escalabilidade e interação em teste.
GreenIT	Conexão entre doadores e coletores de TI obsoletos, agendamento georreferenciado, avaliação e histórico de serviços.	Sim	Protótipo; uso de tecnologias híbridas pode limitar desempenho.
Recycler	Cadastro, coleta e troca de materiais recicláveis em tempo real entre usuários, instituições e órgãos públicos.	Sim	Fase de prova de conceito; replicação em estudo.
E-WASTE HERO	Incentivo ao descarte adequado de resíduos eletroeletrônicos via economia circular.	Não claramente colaborativo	Confusão dos usuários entre e-lixo e lixo comum.
DescarteAqui	Plataforma gamificada para educação ambiental com orientações, sensibilização e recompensas para descarte correto.	Sim	Baseada em feedback; pode depender da adesão dos usuários.
LINICO	Mapeamento de pontos de coleta, agendamento de coletas, recompensas, doação/venda de eletrônicos, conteúdo educativo	Sim	Limitado à cidade de Manaus/AM
E-lixo Reciclagem (UFSC)	Conexão de cidadãos a empresas certificadas, geolocalização de centros, cadastro e ações de conscientização.	Sim	Protótipo; engajamento cidadão em análise.
Lixo no Ponto (UFSC, PWA)	Cadastro, verificação de pontos de descarte e gestão de empresas recicladoras com foco em áreas densas.	Sim	Protótipo; feedback positivo, mas pode ter limitações técnicas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A análise desses projetos contribui para a compreensão dos desafios e soluções exis-

tentes, além de permitir identificar oportunidades para inovação e aprimoramento no desenvolvimento do nosso sistema de conscientização e descarte correto do e-lixo.

3.2 Análise Comparativa e Diferenciais dos Projetos

Embora os projetos relacionados sirvam como base de referência e apresentem contribuições significativas para a temática do descarte correto de lixo eletrônico, é possível identificar alguns pontos em que o presente projeto se diferencia, propondo melhorias e soluções mais amplas quanto ao acesso, usabilidade e abrangência.

Em primeiro lugar, observa-se que grande parte dos sistemas analisados possui foco exclusivo em aplicativos móveis (mobile-only). Essa abordagem, apesar de prática, pode limitar o alcance dos usuários, especialmente aqueles que não utilizam smartphones com frequência ou enfrentam restrições de armazenamento e compatibilidade. O diferencial do presente projeto é a sua natureza web responsiva, o que permite a execução plena em qualquer dispositivo com acesso à internet — seja desktop, notebook, tablet ou celular — ampliando significativamente a acessibilidade da ferramenta.

Além disso, muitos dos projetos identificados são direcionados a públicos específicos, como cooperativas, catadores ou empresas de logística reversa. Embora esse enfoque seja importante, acaba restringindo a participação do público geral. O sistema proposto neste trabalho, por outro lado, visa atender todos os perfis de usuários, desde cidadãos comuns que desejam descartar seus dispositivos eletrônicos até profissionais da área ambiental ou educadores interessados em ações de conscientização.

Outro ponto de destaque é que, diferentemente dos projetos que tratam de maneira mais genérica a questão do descarte, o sistema desenvolvido neste trabalho incluirá a visualização de pontos de coleta georreferenciados, permitindo que os usuários localizem facilmente os locais mais próximos para o descarte correto de seus resíduos eletrônicos. Essa funcionalidade prática tem o potencial de tornar o processo mais intuitivo, encurtando a distância entre o desejo de contribuir com o meio ambiente e a ação efetiva de descarte.

Por fim, o projeto propõe uma interface simples, inclusiva e acessível, garantindo que pessoas com diferentes níveis de familiaridade tecnológica possam utilizá-lo sem dificuldade, contribuindo para a democratização do acesso à informação e à prática sustentável. Portanto, o sistema apresentado neste trabalho se diferencia por sua versatilidade tecnológica, abrangência de público, acessibilidade e funcionalidade prática, tornando-se uma solução mais completa e inclusiva para promover a conscientização e o descarte correto do lixo eletrônico.

3.3 Considerações Finais dos Trabalhos Relacionados

Este capítulo permitiu conhecer diferentes abordagens voltadas ao descarte consciente de resíduos eletrônicos, construídas por meio de aplicativos móveis, plataformas híbridas e PWAs. Os sistemas analisados apresentam módulos para geolocalização de pontos de coleta, interação comunitária, reporte de descartes incorretos e mecânicas colaborativas ou gamificadas. Embora muitos se restrinjam ao ambiente mobile ou a públicos específicos, eles apontam caminhos relevantes para fomentar a logística reversa e a educação ambiental por meio da tecnologia.

A comparação crítica desses projetos evidenciou que existe carência de soluções com acesso multiplataforma (web e mobile), integração com mapeamento interativo e colaboração entre todos os perfis de usuário. Esses aspectos reforçam o diferencial da proposta E-Collect, que busca ampliar a acessibilidade, integrar educação ambiental digital com funcionalidades práticas e fortalecer a participação cidadã de forma inclusiva.

No próximo capítulo serão apresentadas as bases teóricas que fundamentam o desenvolvimento do sistema proposto, incluindo conceitos centrais como educação ambiental, obsolescência programada e logística reversa, além da forma como esses conceitos se traduzem em funcionalidades concretas na plataforma.

Capítulo 4

Método de Desenvolvimento

Este capítulo apresenta a metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto, contemplando tanto a configuração do estudo quanto a implementação do sistema E-Collect. Inicialmente, são descritas as etapas de planejamento, levantamento de dados e definição de requisitos, seguidas pela abordagem técnica empregada na construção da solução proposta. A separação entre o estudo e o desenvolvimento visa facilitar a compreensão das fases envolvidas, bem como evidenciar as escolhas metodológicas que orientaram a concepção e implementação do sistema.

4.1 Metodologia de Desenvolvimento

Para o desenvolvimento deste projeto, será adotada uma adaptação da metodologia ágil Scrum, com foco em entregas incrementais e contínuas. Embora tradicionalmente voltado para equipes multidisciplinares, o framework Scrum pode ser adaptado para projetos individuais, mantendo seus princípios centrais de planejamento iterativo, entregas incrementais e foco na entrega de valor contínuo. Essa adaptação proporciona organização e previsibilidade mesmo em contextos de desenvolvimento acadêmico, como neste trabalho de conclusão de curso.

O projeto foi dividido em sprints — ciclos curtos de desenvolvimento — com planejamento e metas específicas para cada etapa. Ao final de cada sprint, será realizada uma revisão do progresso, permitindo ajustes conforme a evolução do sistema.

O produto final é um sistema web responsivo que se adapte a diversos tipos de dispositivos, assim como mostra a Figura 4.1, com o objetivo de mapear pontos de coleta de lixo eletrônico e informar os usuários sobre os impactos ambientais do descarte inadequado, promovendo a conscientização e a sustentabilidade.

4.2 Levantamento de Dados

O levantamento de dados foi realizado em duas etapas complementares: pesquisa documental e pesquisa de campo, com o objetivo de compreender o cenário atual da gestão de resíduos eletrônicos, identificar lacunas existentes e subsidiar o desenvolvimento da solução proposta. Essa abordagem mista permitiu reunir informações teóricas, normativas e práticas, ampliando a robustez da análise.

4.2.1 Pesquisa Documental

A pesquisa documental buscou compreender a problemática dos resíduos eletrônicos e suas implicações socioambientais, analisando fontes oficiais, estudos especializados e iniciativas existentes. Identificou-se que, embora haja políticas públicas e projetos de conscientização sobre os impactos do descarte inadequado, são escassas as propostas que utilizam soluções digitais, especialmente softwares, para orientar a população quanto ao descarte correto, indicar pontos de coleta e fornecer informações educativas sobre composição, riscos e reaproveitamento do e-lixo.

As fontes consultadas para esse estudo incluíram:

- Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR);
- Portais institucionais como os da Prefeitura de Campina Grande, SEMURB e Secretaria de Meio Ambiente da Paraíba;
- Plataformas colaborativas como *e-lixo maps* (CETESB) e *Descarte Correto* (Green Eletron).

4.2.2 Pesquisa de Campo

Com o intuito de compreender a estrutura existente para o descarte de resíduos eletrônicos na cidade de Campina Grande, foi realizada uma pesquisa de campo composta por visitas técnicas aos pontos de coleta identificados previamente na etapa documental. Durante as visitas, foram realizados o reconhecimento e o georreferenciamento dos locais, com o objetivo de avaliar a acessibilidade, sinalização e condições para o recebimento adequado do e-lixo.

Os pontos de coleta identificados e visitados foram:

- **IFPB – Campus Campina Grande**
Avenida Tranquilino Coelho Lemos, 671 – Bairro Dinamérica.
Recebe diversos tipos de resíduos eletrônicos.
- **Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI)**
Rua Santa Clara, 1º andar do Prédio do Sine Municipal – em frente ao Açude Novo.
Aceita materiais eletrônicos diversos.
- **Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) – Setor Recicla Campina**
Rua Vigolvino Wanderley, 535 – Bairro da Conceição, térreo.
Observação: Não aceita pilhas, baterias e lâmpadas.
- **Ecoponto – Bairro Acácio Figueiredo/Caatingueira**
Rua Cantor Evaldo Braga, S/N.
Estrutura voltada ao recebimento de materiais recicláveis, incluindo eletrônicos.
- **Escola Técnica Redentorista**
Avenida Dr. Francisco Pinto, 317 – Bairro Cidade Universitária.
Instituição educacional que colabora com o descarte sustentável de equipamentos eletrônicos.

- **UEPB – Universidade Estadual da Paraíba**

Rua Baraúnas, 351 – Bairro Universitário

Campus sede da UEPB, onde são realizadas ações ambientais e de sustentabilidade, incluindo o recebimento eventual de resíduos eletrônicos.

- **UFCG – Universidade Federal de Campina Grande**

Rua Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário

A UFCG promove projetos e campanhas voltadas à coleta de e-lixo, especialmente em datas comemorativas ou por meio de parcerias institucionais.

Essa etapa permitiu verificar o funcionamento prático dos pontos de coleta e identificar a necessidade de maior divulgação e clareza das informações disponíveis à população, reforçando a importância de soluções tecnológicas que facilitem o acesso a dados sobre descarte adequado e tipos de materiais aceitos.

4.3 Requisitos do Sistema

A definição de requisitos é uma das etapas mais críticas no processo de desenvolvimento de sistemas, pois fornece a base para a construção, validação e manutenção da aplicação. Esta seção apresenta os requisitos funcionais e não funcionais levantados na fase de iniciação do projeto E-Collect, estabelecendo as funcionalidades esperadas e os critérios de qualidade que devem ser atendidos pela plataforma.

4.3.1 Requisitos Funcionais (RF)

Os requisitos funcionais definem as ações e serviços que o sistema deve oferecer, descrevendo o que ele deve fazer e como os usuários poderão interagir. Incluem operações como cadastro, login, navegação, consulta a pontos de coleta e visualização de informações, bem como restrições para garantir integridade e consistência.

Conforme Sommerville (2011), requisitos funcionais especificam o que o sistema deve fazer, incluindo as funcionalidades que devem estar disponíveis e os fluxos esperados de interação. Eles também podem estabelecer restrições quanto ao que o sistema não deve permitir, assegurando a integridade e a consistência do comportamento do software.

A Tabela 4.1 apresenta os requisitos funcionais do sistema E-Collect.

Tabela 4.1: Requisitos Funcionais

Requisitos Funcionais	
RF01	O sistema deve permitir o cadastro de usuários.
RF02	O sistema deve permitir login utilizando e-mail e senha.
RF03	O sistema deve permitir a visualização de pontos de coleta em um mapa.
RF04	O sistema deve permitir que o usuário cadastre novos pontos de coleta.
RF05	O sistema deve registrar os descartes realizados por usuários autenticados.
RF06	O sistema deve permitir a visualização dos registros de descarte feitos pelo usuário.
RF07	O sistema deve permitir que empresas se tornem colaboradoras e adicionem pontos.
RF08	O sistema deve permitir que usuários façam comentários sobre pontos de coleta.
RF09	O sistema deve permitir que os usuários visualizem informações sobre descarte correto.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4.3.2 Requisitos Não-Funcionais (RNF)

Os requisitos não funcionais definem como o sistema deve se comportar, especificando atributos como desempenho, disponibilidade, usabilidade, compatibilidade, segurança e manutenibilidade. Segundo Sommerville (2011), são essenciais para garantir a qualidade, confiabilidade e eficiência da aplicação, mesmo sem envolver diretamente a interação com o usuário. A Tabela 4.2 apresenta os RNF do E-Collect.

Tabela 4.2: Requisitos Não-Funcionais

Requisitos Não-Funcionais	
RNF01	A plataforma deve estar disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana.
RNF02	O tempo de resposta para exibir os pontos de coleta deve ser inferior a 3 segundos.
RNF03	A interface do sistema deve ser responsiva, adaptando-se a diferentes dispositivos.
RNF04	O sistema deve ser compatível com os principais navegadores (Chrome, Firefox, Edge).
RNF05	O sistema deve utilizar autenticação segura com Firebase Authentication.
RNF06	Os dados do sistema devem ser armazenados de forma segura no Firebase Database.
RNF07	O sistema deve ser desenvolvido utilizando tecnologias de fácil manutenção e escalabilidade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

A definição clara dos RF e RNF foi essencial para orientar o planejamento e a implementação da plataforma E-Collect. Esta etapa permitiu estabelecer uma base sólida sobre a qual a arquitetura do sistema foi construída, contribuindo para uma implementação mais eficaz, coesa e alinhada aos objetivos socioambientais do projeto.

4.4 Diagrama de Casos de Uso

O diagrama de casos de uso tem como objetivo representar graficamente as principais funcionalidades oferecidas pelo sistema E-Collect, bem como a interação dos diferentes atores com essas funcionalidades. Essa representação visual também serve de base para a estruturação das funcionalidades implementadas, conforme será detalhado no capítulo seguinte.

Conforme ilustrado na Figura 4.2, o sistema foi projetado para atender tanto usuários comuns quanto empresas colaboradoras, permitindo que ambos realizem ações conforme seus perfis de acesso. Os usuários têm a possibilidade de visualizar informações educativas sobre descarte correto, encontrar pontos de coleta próximos, registrar seus próprios descartes, acompanhar seu histórico e deixar comentários sobre os ecopontos. Já as empresas, além dessas funcionalidades, podem se cadastrar como colaboradoras e adicionar novos pontos de coleta à plataforma.

Esse diagrama serve como uma ferramenta importante na fase de modelagem, pois ajuda a compreender, de forma clara e visual, os limites do sistema e as interações esperadas com os seus usuários. Ele também contribui para garantir que os requisitos levantados estejam alinhados com as funcionalidades desenvolvidas, promovendo uma implementação mais eficiente e focada nas necessidades reais dos usuários.

Figura 4.1: Diagrama de caso de uso



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

4.5 Considerações Finais da Configuração do Estudo

Neste capítulo, foram apresentadas as bases metodológicas que orientaram a condução do projeto, incluindo a escolha da abordagem ágil adaptada do Scrum, o levantamento documental e de campo realizado na cidade de Campina Grande, e a definição dos requisitos funcionais e não funcionais do sistema. Essas etapas foram fundamentais para compreender a realidade local, identificar demandas da população e estruturar uma solução tecnológica que responda de forma eficiente à problemática do descarte inadequado de resíduos eletrônicos.

A utilização de métodos sistemáticos de pesquisa, aliada à observação prática dos ecopontos existentes, proporcionou insumos valiosos para a modelagem e o desenvolvimento do sistema. A delimitação clara dos requisitos e a elaboração do diagrama de casos de uso também permitiram um planejamento mais assertivo da aplicação.

A partir deste ponto, o próximo capítulo detalha o processo de construção do sistema *E-Collect*, apresentando as tecnologias utilizadas, as decisões de arquitetura, as funcionalidades implementadas e a estrutura das interfaces. Esse desdobramento visa demonstrar como os elementos levantados nesta etapa foram transformados em uma solução prática, funcional e acessível.

Capítulo 5

Desenvolvimento do sistema E-Collect

Este capítulo apresenta o processo de construção técnica da solução proposta, denominada E-Collect. A partir dos requisitos definidos na etapa de configuração do estudo, detalham-se as escolhas tecnológicas, as ferramentas utilizadas, a arquitetura adotada e a estrutura de páginas que compõem a aplicação. O desenvolvimento seguiu uma abordagem iterativa, focada em acessibilidade, responsividade e usabilidade, com o objetivo de oferecer uma ferramenta educativa e funcional voltada ao descarte consciente de resíduos eletrônicos.

5.1 Processo de Desenvolvimento

Diante dos desafios associados ao descarte incorreto de resíduos eletrônicos, surgiu a proposta de desenvolver um software educativo, com acesso gratuito e intuitivo, que auxilie a população na localização de pontos de coleta, na conscientização ambiental e na valorização da logística reversa.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de projetos e plataformas que tratam da temática (vide capítulo 3) com objetivo de entender suas abordagens e funcionalidades. Embora existam iniciativas relevantes, observou-se uma lacuna quanto à integração de informações educativas e interativas em um só ambiente, acessível a partir de diferentes dispositivos. A partir disso, foram definidos os requisitos do sistema e o escopo funcional da aplicação.

O desenvolvimento teve início com a prototipação das interfaces no Figma, permitindo a simulação do fluxo de navegação e validação da usabilidade. Conforme (Sommerville, 2011), a prototipação é essencial para o desenvolvimento iterativo, possibilitando ajustes com base em testes contínuos. Cada versão do protótipo foi avaliada quanto à clareza visual, facilidade de uso e coerência com os objetivos educacionais.

Com base na estrutura definida, optou-se pelo uso da tecnologia React.js no desenvolvimento do front-end, por sua modularidade, desempenho e ampla adoção. O layout responsivo foi implementado com Bootstrap, garantindo a adaptabilidade do sistema a diferentes tamanhos de tela. Para o back-end e integração com APIs, utilizou-se Node.js com a biblioteca Axios para as requisições HTTP.

Quanto ao banco de dados, embora inicialmente tenha sido considerada a utilização do MySQL, optou-se pelo Firebase, devido à sua integração nativa com autenticação de usuários, escalabilidade, simplicidade de configuração e por não exigir a criação de um servidor local para armazenamento e recuperação de dados.

A construção do sistema envolveu a criação das principais páginas: Início, Sobre,

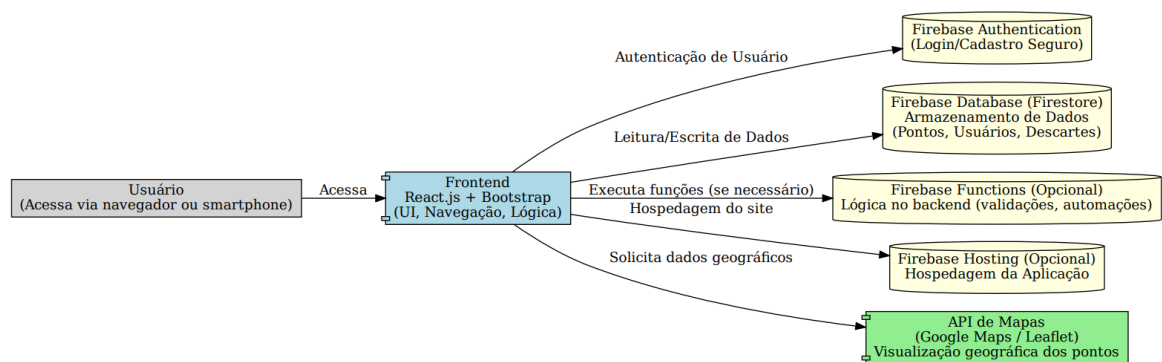
Minhas Atividades, Contato, cada uma com funções específicas voltadas para a educação ambiental, conscientização e engajamento do usuário. Cada página foi projetada com foco na experiência do usuário e no estímulo ao comportamento consciente, promovendo o acesso à informação e o exercício da cidadania ambiental.

5.2 Diagrama de Arquitetura do Sistema

A Figura 5.1 apresenta o diagrama de arquitetura lógica do sistema E-Collect. Este diagrama visa representar de forma clara a interação entre os principais componentes da aplicação, alinhando-se aos requisitos funcionais e não funcionais previamente definidos.

A aplicação foi desenvolvida utilizando a biblioteca React.js para o front-end, com a autenticação e o armazenamento de dados gerenciados pelo Firebase. Além disso, a plataforma integra a API do Google Maps para exibir geograficamente os pontos de coleta. O uso de tecnologias como Firebase Functions e Firebase Hosting foi considerado opcional para extensões futuras. Essa arquitetura modular permite escalabilidade, segurança e responsividade, conforme exigido pelos requisitos do sistema.

Figura 5.1: Diagrama de Arquitetura do Sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

5.3 Tecnologias e Ferramentas Utilizadas

A construção do sistema E-Collect foi sustentada por um conjunto de ferramentas e tecnologias modernas, que garantiram escalabilidade, responsividade e eficiência. Esta seção apresenta as principais tecnologias adotadas, justificando suas escolhas e destacando seus papéis na implementação do sistema, desde a prototipação até a publicação da aplicação web.

5.3.1 Prototipagem com Figma

O Figma ¹, uma plataforma baseada em nuvem para design colaborativo de interfaces web e mobile, foi escolhido por sua flexibilidade na criação de protótipos interativos e

¹<https://www.figma.com/>

componentes reutilizáveis. Ela foi utilizada para o desenvolvimento do protótipo do sistema, com o objetivo de testar a interface e validar a usabilidade e navegabilidade do site. O Figma permite criar protótipos interativos, simulando o fluxo de navegação de maneira próxima ao funcionamento real da aplicação.

Trata-se de uma plataforma de design de interfaces baseada na nuvem, amplamente utilizada para o desenvolvimento colaborativo de projetos web e mobile. Seu foco é facilitar a criação de interfaces por meio de vetores, componentes reutilizáveis, grids e sistemas de design consistentes (Kapelouto, 2020). A prototipação permitiu validar conceitos visuais, garantir coerência de navegação e realizar ajustes com base no feedback dos testes de usabilidade.

5.3.2 Stack Tecnológica

JavaScript: versão ES2023, padrão ECMAScript 2023, é uma linguagem de programação interpretada, de alto nível e orientada a objetos, essencial para desenvolvimento web. Inicialmente usada para interatividade no navegador, evoluiu para uso full-stack com Node.js, suportando tipagem dinâmica, programação funcional e manipulação do DOM, sendo compatível com todos os navegadores modernos.²

React: versão 18.x é uma biblioteca JavaScript de código aberto mantida pelo Meta (Facebook) focada na criação de interfaces de usuário dinâmicas e reativas. Baseada em componentes reutilizáveis, facilita a construção e manutenção de aplicações web modernas e escaláveis.³

Bootstrap: versão 5.3 é um framework front-end de código aberto para desenvolvimento rápido de interfaces responsivas e mobile-first. Oferece componentes prontos, estilos CSS e utilitários JavaScript que agilizam a criação de layouts compatíveis com múltiplos dispositivos.⁴

Node.js: versão 22.12.0, é um ambiente de execução JavaScript para servidor, baseado no motor V8 do Chrome, que permite usar JavaScript no backend. Destaca-se pela arquitetura orientada a eventos e modelo assíncrono não bloqueante, ideal para aplicações em tempo real e que demandam alta concorrência.⁵

5.3.3 Fluxo de Navegação

A Figura 5.2 representa de maneira clara e intuitiva as etapas em dois caminhos principais: navegação livre, para acesso rápido a informações e pontos de coleta sem necessidade de login, e navegação autenticada, que exige cadastro e permite acesso a funcionalidades adicionais.

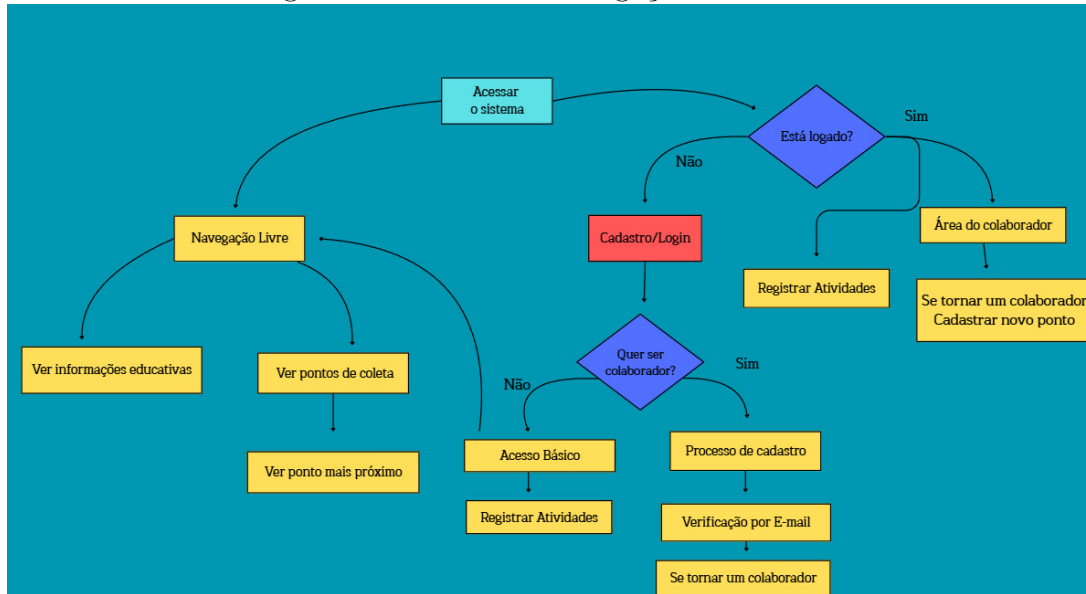
²<https://developer.mozilla.org/pt-BR/docs/Web/JavaScript>

³<https://react.dev/>

⁴<https://getbootstrap.com/>

⁵<https://nodejs.org/pt>

Figura 5.2: Fluxo de Navegação do Usuário



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

5.4 Páginas do Sistema E-Collect

O E-Collect é uma plataforma que reúne, em um único ambiente digital, pessoas interessadas em realizar o descarte consciente de seus resíduos eletrônicos e indivíduos que obtêm seu sustento por meio da reciclagem. Trata-se de uma solução acessível a todos os públicos, especialmente aos consumidores de equipamentos eletrônicos e eletroeletrônicos. Além de suas funcionalidades práticas, a plataforma também oferece conteúdo informativo e educativo, abordando temas como lixo eletrônico, contaminação do solo e descarte adequado, com o objetivo de disseminar informações relevantes e promover a conscientização da população sobre a importância da destinação correta desses resíduos. Outro diferencial do E-Collect é a possibilidade de localizar ecopontos de coleta. O aplicativo ainda permite que os usuários cadastrem novos pontos de coleta e se tornem colaboradores da plataforma, contribuindo para uma gestão participativa e colaborativa do sistema.

Página Inicial

A página inicial do sistema *E-Collect* foi desenvolvida com o objetivo de apresentar a proposta da plataforma de forma clara, atrativa e acessível. Sua estrutura foi pensada para oferecer uma experiência amigável ao usuário, destacando os principais objetivos da ferramenta e incentivando a conscientização sobre o descarte adequado de lixo eletrônico.

Logo no topo da página, há um menu de navegação fixo com as principais seções do site: Início, Sobre, Atividades, Seja Colaborador, Contato e Login. A seguir, uma mensagem de destaque convida os usuários a fazerem sua parte no descarte correto de resíduos eletrônicos, reforçando o compromisso com um futuro mais saudável e sustentável.

Em seguida, a seção “Bem-vindo à nossa plataforma verde” introduz o propósito do *E-Collect*. Essa parte enfatiza como a tecnologia pode ser uma aliada na educação ambiental, promovendo práticas sustentáveis e incentivando a participação ativa dos usuários no combate ao descarte inadequado.

Abaixo, há uma seção com quatro cards informativos, que abordam de forma mais aprofundada temas relevantes relacionados ao lixo eletrônico:

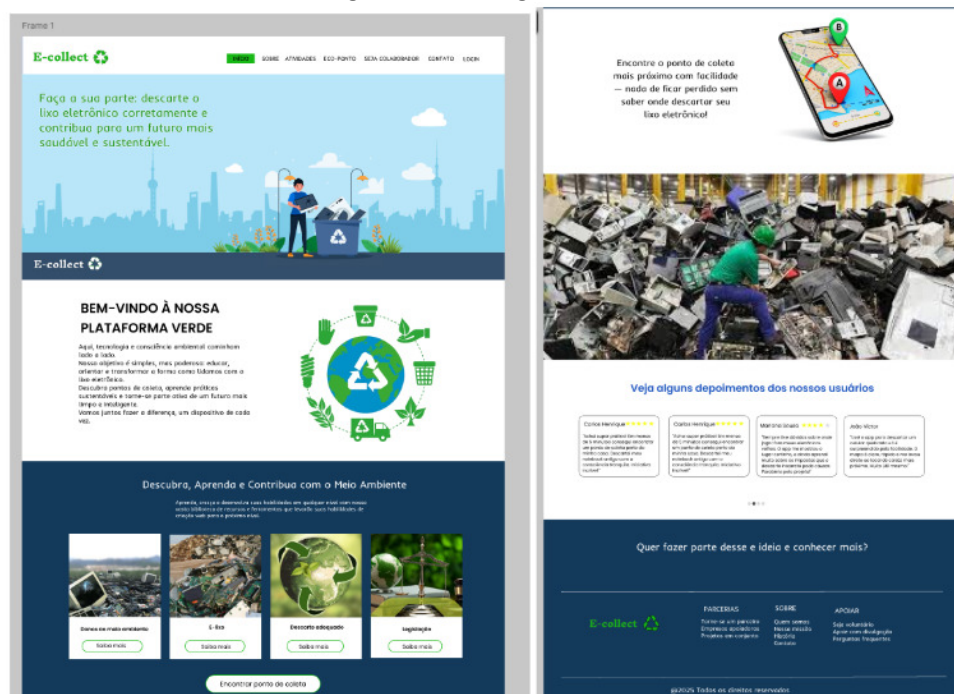
- **Danos ao meio ambiente:** explica os impactos negativos causados pelo descarte incorreto de resíduos eletrônicos no solo, na água e na fauna.
- **E-lixo:** traz uma definição mais detalhada sobre o que é lixo eletrônico, suas classificações e o volume gerado atualmente.
- **Descartes adequados:** orienta sobre os métodos corretos para descartar equipamentos eletrônicos e a importância da logística reversa.
- **Legislação:** apresenta um panorama sobre as leis e normas brasileiras que regulam o descarte e o tratamento de resíduos eletroeletrônicos.

Cada card contém um botão de ação “Saiba mais”, que direciona o usuário para conteúdos informativos completos sobre o respectivo tema, promovendo a educação e conscientização ambiental de maneira prática.

Logo após os cards, um botão centralizado “Encontrar ponto de coleta” permite que o usuário localize os ecopontos mais próximos, facilitando o processo de descarte correto.

A Figura 4.3 ilustra a estrutura da página inicial do sistema E-Collect, destacando os principais elementos visuais e funcionalidades descritas anteriormente.

Figura 5.3: Página Início



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Página de Atividades

A página de Atividades apresenta uma interface voltada ao acompanhamento das ações realizadas pelos próprios usuários, especialmente em relação aos descartes efetuados corretamente nos ecopontos cadastrados. Nessa seção, é possível visualizar um histórico pessoal de descartes ao longo do tempo, promovendo uma maior consciência ambiental e valorizando a participação ativa de cada usuário. Para ter acesso a esses registros, é necessário realizar o cadastro na plataforma, garantindo uma experiência personalizada e segura. Essa funcionalidade reforça o engajamento dos usuários, incentivando a continuidade nas práticas de descarte consciente e o compromisso com a sustentabilidade. A Figura 5.4 ilustra a página de atividades da plataforma, onde os usuários podem acompanhar seus registros de descarte e visualizar seu histórico de ações sustentáveis.

Figura 5.4: Página de registro de atividades

Frame 2

[Início](#) [Sobre](#) [Atividades](#) [Eco-Ponto](#) [Seja colaborador](#) [Contato](#) [Login](#)

Descartes feitos

Tipo de Lixo: Empressora
Ponto de Coleta: IFPB
Data do Descarte: 20/05/2025

Tipo de Lixo: Computador
Ponto de Coleta: Ponto UFCG Central de Reciclagem
Data do Descarte: 17/05/2025

Tipo de Lixo: Notebook
Ponto de Coleta: Ponto Central
Data do Descarte: 21/05/2025

Local
Data
Descrição do lixo

Tipo de Lixo: Notebook
Ponto de Coleta: Ponto Central
Data do Descarte: 21/05/2025

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Página Eco-Ponto

A página *Eco-Ponto* - descrita na Figura 5.5 - foi desenvolvida para facilitar o processo de localização de pontos de coleta próximos, tornando o descarte consciente mais acessível ao usuário. Ao acessar essa seção, o usuário deve inserir sua cidade e o endereço completo e clicar no botão “Buscar Ponto”. Com essas informações, o sistema realiza uma busca automática e identifica o ecoponto mais próximo disponível.

Uma vez encontrado, o resultado é exibido em um mapa interativo, junto com informações detalhadas do local de coleta, como:

- Nome do ponto;
- Endereço completo;
- Categoria de resíduos aceitos (pilhas, baterias, eletrônicos em geral).

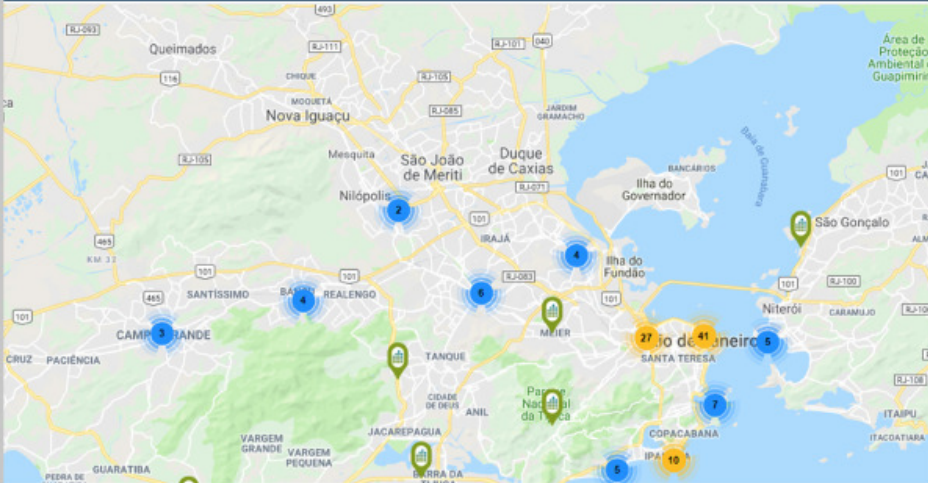
Essa funcionalidade contribui para uma experiência prática, eficiente e educativa, orientando o usuário sobre onde e como descartar seus resíduos eletrônicos corretamente. Além disso, fortalece a proposta da plataforma de promover uma gestão colaborativa e consciente dos resíduos.

Figura 5.5: Página de Eco-ponto

Frame 4

E-collect 

[Início](#) [Sobre](#) [Atividades](#) [Eco-Ponto](#) [Seja colaborador](#) [Contato](#) [Login](#)



Informações do Eco-Ponto

Nome do Ponto: Exemplo do Nome

Endereço: Exemplo de Endereço

Categoria: Exemplo de categoria

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Página de Contato

A página de Contato do E-Collect foi criada para facilitar a comunicação entre os usuários e a equipe responsável pela plataforma. Por meio de um formulário simples e direto, assim como a Figura 5.6 ilustra, os visitantes podem enviar dúvidas, sugestões, relatos de problemas ou até mesmo propostas de colaboração. Após o envio, a equipe do E-Collect se compromete a responder em tempo hábil, reforçando o compromisso com a transparência e o bom atendimento. Essa página também pode incluir outros canais de comunicação, como e-mail institucional, ampliando as formas de contato. O objetivo é manter um canal aberto e acessível para que os usuários se sintam acolhidos e participem ativamente da construção e melhoria contínua da plataforma.

Figura 5.6: Página de Contato

Frame 7

E-collect 

[Início](#) [Sobre](#) [Atividades](#) [Eco-Ponto](#) [Seja Colaborador](#) [Contato](#) [Login](#)



Entre em contato

Nome

E-mail

Mensagem

[Enviar](#)

Quer fazer parte desse e ideia e conhecer mais?

E-collect 

PARCERIAS
Torne-se um parceiro
Empresas apoiadoras
Projetos em conjunto

SOBRE
Quem somos
Nossa missão
História
Contato

APOIAR
Seja voluntário
Apoie com divulgação
Perguntas frequentes

@2025 Todos os direitos reservados

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Página de login

A página de Login do E-Collect permite que os usuários acessem sua conta de forma segura e rápida. Ao inserir seu e-mail e senha cadastrados, o usuário pode visualizar seu histórico de descartes, podem se tornar um colaborador, cadastrar novos pontos de coleta e participar ativamente. Caso ainda não tenha uma conta, há também a opção de realizar o cadastro na plataforma. O login garante uma experiência personalizada e protege as informações do usuário.

A Figura 5.7 ilustra a interface da página de login da plataforma E-Collect, destacando os campos de entrada e opções de acesso.

Figura 5.7: Página de Login

Frame 5

E-collect 

[Início](#) [Sobre](#) [Atividades](#) [Eco-Ponto](#) [Seja colaborador](#) [Contato](#) [Login](#)

Login

Seu e-mail

Sua senha

Confirmar senha

Logar

[Ainda não tem conta?](#) **Cadastre-se**

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

5.4.1 Considerações Finais do Desenvolvimento

Este capítulo detalhou o processo de desenvolvimento do sistema E-Collect, apresentando as tecnologias empregadas, o racional por trás das escolhas arquiteturais e a estrutura funcional de cada página da aplicação. A abordagem adotada visou garantir uma experiência responsiva, segura e educativa para os usuários, promovendo o engajamento com a temática ambiental e facilitando o descarte adequado de resíduos eletrônicos.

A organização modular do sistema e o uso de ferramentas modernas como React.js, Firebase e Figma possibilitaram o desenvolvimento ágil de uma aplicação escalável e de fácil manutenção. Além disso, o cuidado com a prototipação e o design das interfaces contribuiu para a usabilidade e acessibilidade da plataforma.

No próximo capítulo, serão apresentados os resultados da validação do sistema e a análise da experiência dos usuários durante a utilização do E-Collect, com foco na eficácia da proposta em termos de funcionalidade, usabilidade e impacto educacional.

Capítulo 6

Validação Preliminar

A validação de sistemas é uma etapa essencial no ciclo de desenvolvimento de software, pois permite verificar o alinhamento entre as funcionalidades implementadas e as necessidades dos usuários. No caso do E-Collect, optou-se por realizar uma avaliação preliminar baseada no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM — Technology Acceptance Model), com o objetivo de analisar a percepção de usabilidade e utilidade do sistema junto a um grupo de usuários potenciais.

O modelo TAM, proposto por Davis (Davis, 1989; Silva, 2015), fundamenta-se na ideia de que a aceitação de uma tecnologia está diretamente relacionada a dois fatores principais: a facilidade percebida de uso (*Perceived Ease of Use*) e a utilidade percebida (*Perceived Usefulness*). Estes, por sua vez, influenciam a atitude do indivíduo em relação à tecnologia e sua intenção de utilizá-la.

A aplicação desse modelo ao sistema E-Collect permite compreender como os usuários avaliam a interação com a plataforma e identificar possíveis pontos de melhoria antes de sua disponibilização definitiva ao público. A seguir, são apresentadas as etapas de planejamento da validação, os resultados obtidos e as considerações decorrentes desta avaliação inicial.

6.1 Planejamento da Validação

Para avaliar a aceitação preliminar do sistema *E-Collect* pelos usuários, foi adotado um instrumento baseado no modelo TAM (*Technology Acceptance Model*), proposto por Davis (Davis, 1989). Esse modelo é amplamente utilizado em estudos de adoção de tecnologias e fundamenta-se na análise de dois construtos principais: a *Facilidade de Uso Percebida* e a *Utilidade Percebida*. Além desses, foram incorporadas dimensões complementares como *Atitude em Relação ao Uso*, *Intenção de Uso Futura* e um campo aberto para *Comentários Finais*, a fim de ampliar a compreensão sobre a experiência dos usuários.

O questionário foi estruturado em blocos temáticos, contendo afirmações avaliadas por meio de uma escala Likert de cinco pontos, variando de "Discordo totalmente"(1) a "Concordo totalmente"(5). A Tabela 6.1 apresenta a organização das seções do formulário e os objetivos específicos de cada uma delas.

Tabela 6.1: Estrutura do Formulário de Validação com base no Modelo TAM

Seção do Formulário	Objetivo da Seção
Consentimento Livre e Esclarecido	Confirmar a ciência e anuência do participante quanto à participação voluntária na pesquisa.
Facilidade de Uso Percebida (Perceived Ease of Use)	Avaliar a percepção do usuário sobre a simplicidade de interação com o sistema, incluindo clareza da interface, facilidade de navegação e curva de aprendizado.
Utilidade Percebida (Perceived Usefulness)	Medir o grau em que o usuário acredita que o sistema pode auxiliá-lo a realizar o descarte correto de resíduos eletrônicos.
Atitude em Relação ao Uso	Investigar a disposição e a receptividade geral do usuário em relação ao uso do sistema, com base em suas primeiras impressões.
Intenção de Uso Futura	Identificar a probabilidade de o usuário continuar utilizando o sistema no futuro ou recomendá-lo a outras pessoas.
Comentários Finais (aberta)	Coletar sugestões, críticas ou elogios espontâneos acerca da experiência de uso da aplicação.

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Modelo TAM (Davis, 1989).

A aplicação do formulário será direcionada a participantes que se enquadrem no perfil-alvo do sistema, isto é, cidadãos com potencial interesse ou envolvimento com práticas de descarte sustentável. A coleta de dados visa obter percepções iniciais quanto à clareza da interface, usabilidade e potencial de impacto da solução proposta. As respostas obtidas fornecerão insumos para eventuais ajustes e validações posteriores do sistema.

O questionário foi desenvolvido e disponibilizado por meio da plataforma Google Forms, escolhida por sua praticidade, acessibilidade e funcionalidades de consolidação automática dos dados. A versão completa das questões utilizadas no instrumento de avaliação encontra-se no Apêndice A.

6.2 Resultados da Validação

A aplicação do questionário com base no modelo TAM obteve retorno de **20 participantes**, abrangendo diferentes perfis de usuários, incluindo estudantes universitários, professores e cidadãos interessados em práticas sustentáveis. Os dados foram organizados e analisados de forma quantitativa com apoio de planilhas eletrônicas.

Facilidade de Uso Percebida

A análise da usabilidade do sistema *E-Collect* revelou uma percepção amplamente positiva por parte dos respondentes, conforme ilustrado no gráfico. A avaliação foi realizada com base em quatro afirmativas da escala Likert, que abordam aspectos relacionados à facilidade de uso do sistema. A seguir, são apresentados os resultados de cada item:

- **Acredito que será fácil utilizar o E-Collect**

Este item apresentou um resultado expressivo, com a maioria dos participantes marcando as opções “Concordo” e “Concordo totalmente”. Apenas um número mínimo de respostas foi classificado como “Neutro” ou “Discordo”, indicando uma forte expectativa positiva quanto à simplicidade de uso da plataforma.

- **Interagir com o sistema não exige muito esforço**

A distribuição das respostas seguiu a mesma tendência da primeira afirmativa. Grande parte dos usuários demonstrou concordância total ou parcial, refletindo que a interação com o sistema é percebida como leve e acessível. A ausência de respostas na categoria “Discordo totalmente” e a baixa incidência de discordância reforçam esse entendimento.

- **Aprender a usar o E-Collect será simples para mim**

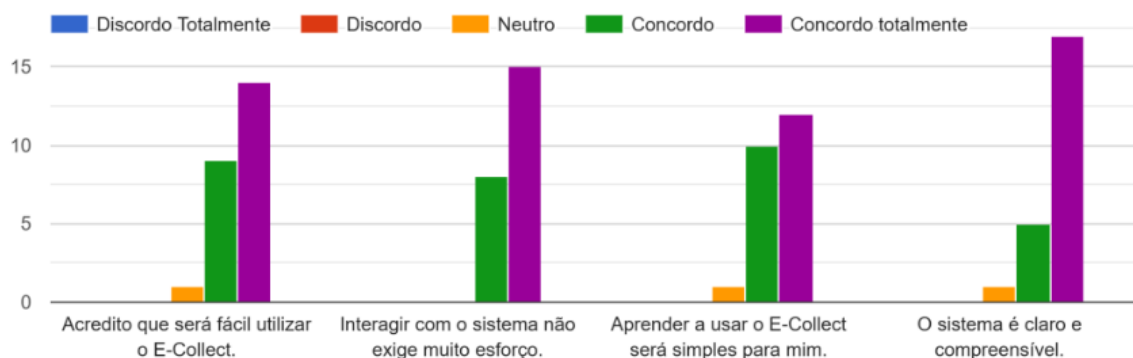
Nesta afirmativa, também predominam as respostas positivas. Os usuários consideraram o processo de aprendizado para utilização do sistema simples e direto. As categorias “Concordo” e “Concordo totalmente” somam a maior parte das respostas, demonstrando confiança na curva de aprendizado do sistema.

- **O sistema é claro e compreensível**

Este foi o item com maior concentração de respostas em “Concordo totalmente”, o que evidencia a clareza da interface e a boa organização das informações. A quase ausência de respostas neutras ou negativas indica um alto nível de compreensão geral do sistema por parte dos respondentes.

Os resultados obtidos reforçam que o *E-Collect* foi projetado com foco na experiência do usuário, sendo amplamente reconhecido como fácil de usar, de compreender e de aprender a manusear. A predominância das opções “Concordo” e “Concordo totalmente” em todos os itens avaliados evidencia que o sistema possui uma interface intuitiva, com navegação simplificada e acessível a diferentes perfis de usuários.

Figura 6.1: Facilidade de Uso do Sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Utilidade Percebida

Os resultados mostram que os usuários consideram o sistema **E-Collect** uma ferramenta útil, eficaz e relevante. A percepção geral sobre sua utilidade é altamente positiva.

A seguir, destacam-se os principais pontos identificados na análise das respostas:

- **O sistema me ajudará a descartar corretamente o lixo eletrônico**

A pontuação média registrada foi de aproximadamente **4,3** (em uma escala de 1 a 5). Cerca de **85%** dos usuários escolheram as opções *Concordo* (45%) e *Concordo totalmente* (40%), enquanto apenas **5%** indicaram discordância. Isso mostra que a maioria reconhece o E-Collect como uma solução prática para o descarte correto de resíduos eletrônicos.

- **O uso do E-Collect aumentará minha responsabilidade ambiental**

Essa afirmação também apresentou pontuação média registrada próxima de **4,3**, o que indica uma forte associação entre a plataforma e a conscientização ambiental. **85%** dos participantes concordaram com a frase, revelando um impacto positivo no comportamento sustentável dos usuários.

- **Acredito que o E-Collect será útil para promover a conscientização ambiental**

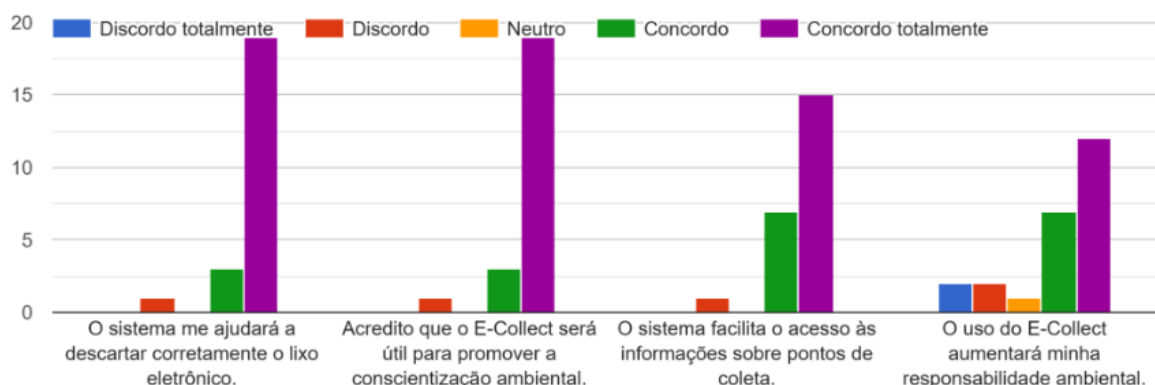
75% dos usuários concordaram com essa afirmação, sendo que **10%** foram neutros e **15%** discordaram. Esse resultado reforça o papel do sistema não apenas como uma ferramenta prática, mas também como um instrumento de educação e mudança de hábitos.

- **O sistema facilita o acesso às informações sobre pontos de coleta**

Essa frase teve **80%** de concordância, com destaque para os **50%** que marcaram *Concordo totalmente*. A baixa taxa de respostas negativas (menos de 5%) confirma que o sistema organiza e apresenta informações importantes de forma acessível.

Em todas as afirmações, mais de **70%** dos usuários demonstraram concordância. Além disso, praticamente não houve rejeição: as respostas com *Discordo totalmente* ficaram abaixo de **2%**, o que mostra uma forte aceitação das funcionalidades do E-Collect. As pontuações médias registradas (acima de **4,0**) reforçam que o sistema atende a uma necessidade real, aliando praticidade com impacto socioambiental positivo.

Figura 6.2: Utilidade Percebida (Perceived Usefulness)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

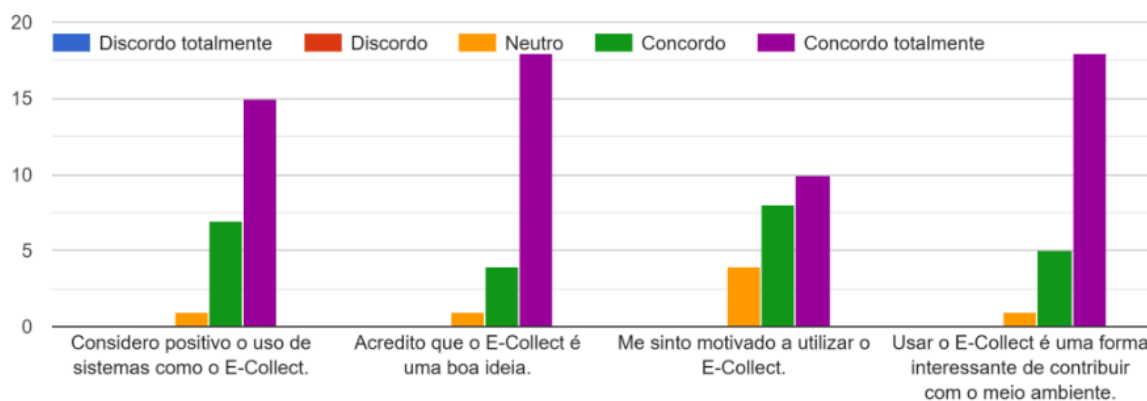
Atitude em Relação ao Uso

Os dados revelam uma atitude extremamente positiva dos usuários em relação à adoção do *E-Collect*, com índices de aceitação que destacam o potencial de engajamento da plataforma.

- **Considero positivo o uso de sistemas como o E-Collect e Acredito que esse tipo de sistema é uma boa ideia;** Apresentaram mais de 85% de concordância (combinação de “Concordo” e “Concordo totalmente”), evidenciando uma visão favorável em relação à proposta do sistema.
- **Me sinto motivado a utilizar o E-Collect e Usar o E-Collect é uma forma interessante de contribuir com o meio ambiente** também tiveram altos percentuais de aprovação, reforçando o entusiasmo e a disposição dos usuários em adotar a ferramenta.
- **Me sinto motivado a utilizar o sistema** Aproximadamente 80% ou mais dos respondentes selecionaram as opções "Concordo" e "Concordo totalmente", demonstrando um alto nível de motivação intrínseca em relação ao uso do sistema. Apenas uma minoria expressou neutralidade ou discordância, o que reforça a aceitação majoritária. Os usuários não apenas apoiam a ideia, mas também se sentem incentivados a adotar a ferramenta, sugerindo um bom potencial de adoção.
- **Usar o E-Collect é uma forma interessante de contribuir com o meio ambiente** Assim como nas demais, a concordância supera 80%, com a maioria escolhendo "Concordo" ou "Concordo totalmente". O aspecto ambiental do sistema ressoa fortemente entre os usuários, destacando seu apelo sustentável como um diferencial motivador.

Os dados revelam uma atitude extremamente positiva em todas as dimensões analisadas, desde a avaliação prática do sistema até sua motivação e impacto ecológico.

Figura 6.3: Atitude em Relação ao Uso



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Intenção de Uso

Os resultados demonstram uma **intenção de uso excepcionalmente alta** do sistema E-Collect entre os usuários, com índices de concordância que superam **85%** em todas as afirmações. A análise detalhada revela os seguintes padrões:

- **Pretendo utilizar o E-Collect futuramente.** 92% de concordância (soma de "Concordo" e "Concordo totalmente"). Apenas 2% de discordância, indicando quase nenhuma resistência à adoção contínua. Pontuação média registrada de 4,6 (em uma escala de 1 a 5).

Os usuários não apenas veem valor imediato no sistema, mas também planejam incorporá-lo em sua rotina, sugerindo **retenção sustentável**.

- **Utilizaria o E-Collect sempre que precisasse descartar eletrônicos.** 89% de concordância, com pontuação média registrada de 4,7 (a mais alta entre todas as afirmações). "Concordo totalmente" representa 65% das respostas.

O E-Collect é percebido como a **opção preferencial** para descarte de eletrônicos, substituindo métodos tradicionais.

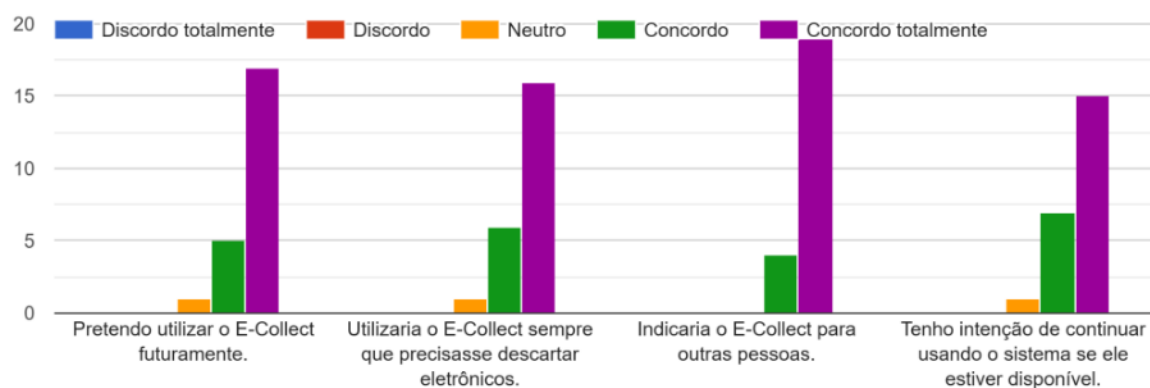
- **Indicaria o E-Collect para outras pessoas.** 88% de concordância, com apenas 3% de relutância. Pontuação média registrada de 4,5.

A alta taxa de indicação reflete **satisfação geral** e **confiança no valor compartilhado** do sistema, essencial para crescimento orgânico.

- **Tenho intenção de continuar usando o sistema se ele estiver disponível.** 90% de concordância, com pontuação média registrada de 4,6. "Concordo totalmente" atinge 60%.

A disponibilidade contínua do sistema é um fator crítico para **uso prolongado**, sem sinais de cansaço ou desinteresse.

Figura 6.4: Intenção de uso futuro do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

Comentários Qualitativos

Os comentários abertos reforçaram a percepção positiva da proposta. Destacaram-se elogios à clareza das informações, à interface acessível e à utilidade do recurso de geolocalização dos pontos de coleta. Sugestões de melhoria incluíram: expansão da base de pontos de coleta, inclusão de alertas para datas de eventos de coleta e maior visibilidade nas redes sociais.

Esses resultados, de forma geral, apontam que o E-Collect foi bem recebido pelo público avaliado, tanto em sua funcionalidade quanto em sua proposta de impacto social.

6.3 Considerações Finais da Validação Preliminar

A avaliação preliminar do E-Collect, fundamentada no modelo TAM, forneceu indícios consistentes de que o sistema é aceito positivamente por seus usuários potenciais. Os altos índices de facilidade de uso e utilidade percebida sugerem que a plataforma apresenta um bom nível de maturidade quanto à usabilidade e funcionalidade.

A análise dos dados revelou não apenas a aceitação da tecnologia, mas também um reconhecimento do seu potencial educativo e social, confirmando o alinhamento da solução com seu propósito original. Além disso, as sugestões coletadas oferecem um norte para aprimoramentos futuros, possibilitando o refinamento da experiência do usuário.

A validação, mesmo em caráter preliminar, cumpriu seu papel de antecipar a recepção do sistema pelo público-alvo e fornecer subsídios concretos para sua evolução. No capítulo seguinte, serão discutidas as conclusões finais deste trabalho, incluindo os principais aprendizados, limitações e perspectivas para continuidade e ampliação da plataforma.

Capítulo 7

Conclusão do Trabalho

Este capítulo apresenta as conclusões obtidas com o desenvolvimento do sistema E-Collect, destacando as contribuições do projeto, as limitações enfrentadas ao longo do processo e sugestões para trabalhos futuros. A organização em subseções visa oferecer uma análise mais detalhada dos principais aspectos do estudo.

7.1 Síntese dos Resultados

O desenvolvimento do sistema E-Collect foi pautado por uma proposta clara: criar uma ferramenta digital acessível, educativa e funcional que contribuísse de forma prática para a conscientização ambiental e o descarte correto de resíduos eletrônicos. Essa proposta foi concretizada com a entrega de uma aplicação web responsiva, gratuita e de fácil utilização, voltada à população em geral.

O sistema desenvolvido cumpre todos os requisitos funcionais definidos na fase de planejamento, incluindo o cadastro de usuários, a autenticação segura via Firebase, o mapeamento de ecopontos com georreferenciamento, o registro de descartes realizados e a apresentação de informações educativas. Adicionalmente, a plataforma também contempla funcionalidades colaborativas, como o cadastro de novos pontos de coleta por usuários e empresas, fortalecendo o caráter participativo da solução.

A estrutura modular e a arquitetura baseada em tecnologias amplamente adotadas — como React.js, Node.js, Bootstrap e Firebase — favoreceram o desenvolvimento ágil, a escalabilidade e a manutenção futura do sistema. A utilização de mapas interativos, cards informativos e interface responsiva contribuiu para uma experiência de usuário fluida e acessível, mesmo para perfis com baixa familiaridade tecnológica.

Além da implementação técnica, o projeto também se destaca pela sua contribuição social e ambiental. Ao reunir, em um único ambiente, funcionalidades de educação ambiental, geolocalização de ecopontos e engajamento colaborativo, o sistema amplia o acesso à informação e estimula a cidadania ambiental. Os conteúdos informativos disponibilizados no sistema ajudam a esclarecer dúvidas comuns sobre o que é considerado e-lixo, os riscos do descarte incorreto e a importância da logística reversa.

A validação preliminar, baseada no modelo TAM (Technology Acceptance Model), forneceu indícios positivos quanto à aceitação da aplicação pelos usuários em termos de facilidade de uso, utilidade percebida, atitude e intenção de uso. Esses achados reforçam a adequação da solução proposta, ainda que apontem para a necessidade de validações futuras mais amplas.

Portanto, os resultados obtidos demonstram a viabilidade e a relevância do E-Collect

como uma ferramenta de apoio à educação ambiental e ao cumprimento dos ODS, especialmente os relacionados à produção e consumo responsáveis (ODS 12), à ação contra a mudança global do clima (ODS 13) e à promoção de cidades e comunidades sustentáveis (ODS 11).

7.2 Limitações e Desafios

Embora o sistema E-Collect tenha alcançado os objetivos propostos e apresentado resultados promissores, é importante reconhecer algumas limitações que impactaram o escopo e a profundidade do trabalho. Essas limitações não invalidam os resultados, mas indicam oportunidades para melhorias futuras.

A primeira limitação refere-se à **amplitude da validação**. Embora tenha sido conduzida uma validação preliminar com base no modelo TAM, o número de participantes foi restrito e o perfil dos usuários concentrado em um contexto educacional. Isso limita a generalização dos resultados para outras populações, como trabalhadores informais da reciclagem, cidadãos com menor letramento digital ou públicos de diferentes faixas etárias e regiões geográficas.

Outra limitação está relacionada à **escala de cobertura da base de dados de ecopontos**. O sistema, na versão atual, depende de inserções manuais de pontos de coleta — tanto pelos administradores quanto por usuários. Isso pode levar à desatualização das informações, ausência de dados em determinadas regiões e dificuldade para manter a base precisa e confiável em larga escala.

Além disso, por se tratar de um projeto individual e acadêmico, **o tempo de desenvolvimento e os recursos disponíveis foram limitados**. Algumas funcionalidades idealizadas no planejamento inicial, como notificações automatizadas para campanhas de coleta, sistema de gamificação ambiental e dashboard de estatísticas públicas, não foram implementadas nesta primeira versão, sendo deixadas como sugestões para trabalhos futuros.

A **ausência de integração com políticas públicas ou órgãos oficiais** também representa um desafio. Embora o sistema possa servir como apoio à gestão de resíduos, ele ainda não possui vínculo institucional com prefeituras, cooperativas de reciclagem ou secretarias de meio ambiente, o que dificulta sua adoção em escala governamental.

Por fim, destaca-se como limitação o **nível de acessibilidade digital** da aplicação. Apesar do sistema ser responsivo e de fácil navegação, não foram realizados testes de acessibilidade específicos para pessoas com deficiência visual, auditiva ou cognitiva, o que pode impactar a inclusão digital de certos públicos.

Essas limitações oferecem insumos valiosos para o aprimoramento contínuo do projeto e para o direcionamento de iniciativas futuras que busquem ampliar o impacto e a abrangência da solução proposta.

7.3 Trabalhos Futuros

A partir das limitações identificadas e dos aprendizados obtidos ao longo deste projeto, diversas possibilidades de aprimoramento e expansão do sistema E-Collect podem ser exploradas em trabalhos futuros.

- **Validações ampliadas e diversificadas:** Recomenda-se a realização de estudos de validação com grupos maiores e mais heterogêneos, incluindo catadores, coope-

rativas, agentes públicos e usuários com diferentes níveis de letramento digital. A aplicação de instrumentos mistos (questionários, entrevistas e testes de usabilidade) poderá enriquecer a compreensão da experiência do usuário e fornecer subsídios para melhorias.

- **Expansão automatizada da base de ecopontos:** A integração do sistema com bases públicas, como o SINIR ou APIs de órgãos ambientais, poderia permitir a atualização automática dos pontos de coleta, aumentando a confiabilidade das informações. Alternativamente, pode-se explorar o uso de inteligência artificial para validar e sugerir ecopontos com base em dados geográficos e colaborativos.
- **Gamificação e engajamento social:** A inclusão de elementos de gamificação — como medalhas, rankings ou recompensas simbólicas — pode estimular o engajamento dos usuários e incentivar comportamentos ambientalmente responsáveis. Além disso, o uso de redes sociais integradas ao sistema pode ampliar a visibilidade e participação na plataforma.
- **Acessibilidade e inclusão digital:** Investir em acessibilidade é essencial para democratizar o uso da plataforma. Trabalhos futuros devem contemplar o desenvolvimento de funcionalidades compatíveis com leitores de tela, navegação por teclado, alto contraste, legendas e linguagem simples, de modo a atender usuários com diferentes necessidades.
- **Parcerias institucionais e integração com políticas públicas:** O estabelecimento de parcerias com órgãos públicos, instituições de ensino, ONGs ambientais e cooperativas de reciclagem pode viabilizar a adoção do sistema em larga escala. Essas colaborações também podem facilitar a inclusão da ferramenta em campanhas educacionais e políticas de gestão de resíduos.
- **Versão mobile nativa:** Embora a versão atual seja responsiva, o desenvolvimento de um aplicativo nativo para Android e iOS pode proporcionar uma experiência de uso mais fluida, com acesso a funcionalidades específicas do dispositivo, como notificações push e geolocalização em segundo plano.

Essas propostas representam oportunidades concretas de evolução do E-Collect, reforçando seu potencial como ferramenta de apoio à educação ambiental, à sustentabilidade e à cidadania digital.

7.4 Considerações Finais

O projeto E-Collect demonstrou que é possível aliar tecnologia, educação e sustentabilidade em uma solução prática e de impacto social. A plataforma representa um passo importante na construção de uma cultura de descarte consciente e pode servir como base para políticas públicas e outras iniciativas no campo da gestão de resíduos eletrônicos. O trabalho realizado reforça o papel do desenvolvedor como agente de transformação social, capaz de propor soluções que transcendam a técnica e gerem benefícios concretos para a sociedade e o meio ambiente.

Referências Bibliográficas

- Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010: Política nacional de resíduos sólidos, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.
- Marilia Capuccio, Renata Da Costa E Silva, Tamarcia Nava Alves, Camila Aparecida De Carvalho, Edilson Ferneda, and Graziela Ferreira Guarda. Logística reversa para lixo eletrônico / reverse logistics for electronic waste. *RGCTI*, 3:1–16, 2019.
- Vitor da Silva Cruz, Erick Eduardo Petrucelli, and Eder Carlos Salazar Sotto. Linguagem javascript como alternativa para o desenvolvimento de aplicações multiplataforma. *Revista Interface Tecnológica*, 15:39–49, 2018. doi: 10.31510/infa.v15i2.476.
- Erika Karoline da Silva Reis. O uso da logística reversa para minimizar os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 7(8):843–859, August 2021. doi: 10.51891/rease.v7i8.2020.
- Fred D. Davis. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3):319–340, 1989. doi: 10.2307/249008.
- Mislene Aparecida de Almeida, Pedro José Papandrea, Marcos Carnevali, Aurélio Xavier de Andrade, Francisco de Paulo, Victor Correa, and Maria Rita Martins Andrade. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. Technical report, 2015.
- Christian Roberto de Farias Guilherme, Gabriel Filipe Evaristo, and Fabiana Roberta Gonçalves Silva Hussein. Lixo eletrônico: discutindo possibilidades de descarte consciente. Technical report, 2019. URL <http://periodicos.utfpr.edu.br/actio>. Inclui ORCID dos autores, ver links no documento.
- Anderson de Sousa and Erick Eduardo. Análise das semelhanças e diferenças entre utilizar jsx ou javascript puro ao construir interfaces com react / analysis of similarities and differences between using jsx or pure javascript when constructing interfaces with react. Technical report, 2018.
- Nome Kapelouto. Título do artigo ou capítulo sobre figma. *Nome da Revista ou Site*, x: xx–xx, 2020. URL <https://...>
- Luiz Fernando Whitaker Kitajima, Graziela Ferreira Guarda, Regina Célia Rebouças Dalston, Beatriz Barcelos, George Henrique de Moura Cunha, and Edilson Ferneda. A educação ambiental como instrumento na administração dos problemas do lixo eletrônico: Uma proposta. Technical report, 2019.

- Fernanda LeBré and João Silva. Impactos do lixo eletrônico em países em desenvolvimento. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, 15(2):45–60, 2020.
- Paulo Roberto Leite. *Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade*. Prentice Hall, 2002.
- Samuel Mauro, Rosa Silva, Milton Roberto, and Castro Teixeira. Logística reversa e o descarte de lixo eletrônico no brasil. Technical Report 1, Revista Perquirere, 2014. URL <http://perquirere.unipam.edu.br>.
- Mariana Morozesk, Brasil Geide, and Rosa Coelho. Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências lixo eletrônico "uso e descarte": uma proposta de intervenção em uma escola pública de vitória-es / electronic waste "use and disposal": a proposal for intervention in public school of vitória-es. 2017. ISSN 1984-2686.
- Patrícia Silva. Davis' technology acceptance model (tam)(1989). *Information seeking behavior and technology adoption: Theories and trends*, pages 205–219, 2015.
- Jhonny Antonio Soares, Iara Lúcia, and Roberta Martins da Costa. Lixo eletrônico: Identificação dos locais de descarte / electronic waste: Identification of disposal places. Technical report, 2020. URL <http://ensaios pioneiros.usf.edu.br>.
- Ian Sommerville. *Engenharia de Software*. Pearson Prentice Hall, São Paulo, 9 edition, 2011.
- Ana Claudia Borlina Tanaue, Deivid Mendes Bezerra, Luana Cavaleiro, and Lilian Cristiane Pisano. Lixo eletrônico: Agravos à saúde e ao meio ambiente / electronic waste: Injuries on health and the environment. *Biologia, Agricultura e Saúde*, 19:130–134, 2015.
- World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, 1987. Also known as the Brundtland Report.

Apêndice A

Instrumento de Validação com base no Modelo TAM

Este apêndice apresenta o formulário utilizado para a validação preliminar do sistema *E-Collect*, elaborado com base no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM). O instrumento foi estruturado com escalas do tipo Likert, abrangendo as dimensões: Facilidade de Uso Percebida, Utilidade Percebida, Atitude em Relação ao Uso, Intenção de Uso Futura e um campo de Comentários Finais.

O questionário foi aplicado por meio da plataforma Google Forms e teve como público-alvo potenciais usuários da solução. A seguir, é apresentada a versão integral do formulário.

Validação Preliminar do Sistema *E-Collect*

Este formulário tem por objetivo avaliar a aceitação do sistema E-Collect, uma plataforma que promove o descarte consciente de resíduos eletrônicos. A pesquisa baseia-se no Modelo de Aceitação de Tecnologia (TAM) e contempla aspectos como facilidade de uso, utilidade percebida e intenção de uso.

Sua participação é voluntária, anônima e levará apenas alguns minutos. Os dados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos.

Ao clicar em "SIM", você declara que:

Leu e compreendeu todas as informações acima;

É maior de 18 anos;

Concorda voluntariamente em participar da pesquisa.

** Indica uma pergunta obrigatória*

1. Termo de Consentimento *

Você concorda em participar desta pesquisa?

Marcar apenas uma oval.

☐ Sim

☐ Não

2. Facilidade de uso percebida (Perceived Ease of Use)

Marque o quanto você concorda com as afirmações abaixo em relação ao uso do sistema *E-Collect*.

Marque todas que se aplicam.

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Acredito que será fácil utilizar o E- Collect.	☐	☐	☐	☐	☐
Interagir com o sistema não exige muito esforço.	☐	☐	☐	☐	☐
Aprender a usar o E- Collect será simples para mim.	☐	☐	☐	☐	☐
O sistema é claro e compreensível.	☐	☐	☐	☐	☐

3. Utilidade Percebida (Perceived Usefulness)

Marque o quanto você concorda com as afirmações abaixo em relação ao uso do sistema *E-Collect*.

Marque todas que se aplicam.

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
O sistema me ajudará a descartar corretamente o lixo eletrônico.	☐	☐	☐	☐	☐
Acredito que o E-Collect será útil para promover a conscientização ambiental.	☐	☐	☐	☐	☐
O sistema facilita o acesso às informações sobre pontos de coleta.	☐	☐	☐	☐	☐
O uso do E-Collect aumentará minha responsabilidade ambiental.	☐	☐	☐	☐	☐

4. **Atitude em Relação ao Uso**

Marque todas que se aplicam.

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Considero positivo o uso de sistemas como o E- Collect.	☐	☐	☐	☐	☐
Acredito que o E- Collect é uma boa ideia.	☐	☐	☐	☐	☐
Me sinto motivado a utilizar o E- Collect.	☐	☐	☐	☐	☐
Usar o E- Collect é uma forma interessante de contribuir com o meio ambiente.	☐	☐	☐	☐	☐

5. Intenção de Uso

Marque todas que se aplicam.

	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
Pretendo utilizar o E- Collect futuramente.	☐	☐	☐	☐	☐
Utilizaria o E-Collect sempre que precisasse descartar eletrônicos.	☐	☐	☐	☐	☐
Indicaria o E-Collect para outras pessoas.	☐	☐	☐	☐	☐
Tenho intenção de continuar usando o sistema se ele estiver disponível.	☐	☐	☐	☐	☐

6. Comentários Finais (Opcional)

Você gostaria de deixar algum comentário, crítica ou sugestão sobre o sistema *E-Collect*?

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Campina Grande - Código INEP: 25137409
	R. Tranquílino Coelho Lemos, 671, Dinamérica, CEP 58432-300, Campina Grande (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0003-37 - Telefone: (83) 2102.6200

Documento Digitalizado Restrito

Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto:	Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por:	Artur Dantas
Tipo do Documento:	Projeto
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:
■ **Artur Dantas Fernandes, DISCENTE (202321210018) DE TECNOLOGIA EM TELEMÁTICA - CAMPINA GRANDE**, em 12/08/2025 14:35:57.

Este documento foi armazenado no SUAP em 12/08/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1572236
Código de Autenticação: 20803427b3

