



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

CLEBERTON DE ALMEIDA PEREIRA

RE-CICLO: UMA PLATAFORMA PARA O MAPEAMENTO DE GERADORES
DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E A CONEXÃO ENTRE EMPRESAS
E RECICLADORES EM TUCURUÍ-PA

Tucuruí-PA 2026



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

CLEBERTON DE ALMEIDA PEREIRA

**RE-CICLO: UMA PLATAFORMA PARA O MAPEAMENTO DE GERADORES
DE RESÍDUOS ELETROELETRÔNICOS E A CONEXÃO ENTRE EMPRESAS
E RECICLADORES EM TUCURUÍ-PA**

Projeto elaborado como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), apresentado à Faculdade de Engenharia de Computação, Universidade Federal do Pará.

Trabalho de conclusão de curso.
Orientador: Profº Bruno Merlin.

Tucuruí-PA 2026

Resumo

Este trabalho propõe desenvolver uma plataforma digital para conectar empresas geradoras de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) a centros de coleta e reciclagem. A plataforma *Re-ciclo* surge como uma solução acessível e eficiente para promover a gestão adequada desses resíduos, que vêm crescendo significativamente em volume devido ao avanço tecnológico acelerado. Por meio de um sistema interativo, a aplicação permite o cadastro de empresas e centros, o mapeamento de localizações, o agendamento de coletas e o acompanhamento de solicitações, além de disponibilizar métricas e rankings que incentivam a participação e o engajamento dos usuários. A implementação do sistema priorizou a usabilidade, a segurança e a escalabilidade, utilizando tecnologias como React, Node.js e MongoDB. A *Re-ciclo* não apenas facilita a logística reversa de REEE, mas também serve como ferramenta educativa, aproximando a comunidade de práticas sustentáveis. Com isso, espera-se contribuir para a redução do descarte inadequado, estimular a economia circular e apoiar ações que visem à preservação ambiental.

Palavras-chave: Resíduos Eletrônicos. Plataforma Digital. Sustentabilidade. Logística Reversa. Reciclagem.

Abstract

This work proposes to develop of a digital platform to connect generators of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) with collection and recycling centres. The *Re-ciclo* platform emerges as an accessible and efficient solution to promote proper management of these wastes, which have been growing significantly in volume due to rapid technological advancement. Through an interactive system, the application enables the registration of companies and centres, location mapping, scheduling of collections, and tracking of requests, in addition to providing metrics and rankings that encourage user participation and engagement. The system implementation prioritized usability, security, and scalability, using technologies such as React, Node.js, and PostgreSQL. *Re-ciclo* not only facilitates the reverse logistics of WEEE, but also serves as an educational tool, bringing the community closer to sustainable practices. With this, it is expected to contribute to the reduction of improper disposal, stimulate the circular economy, and support actions aimed at environmental preservation.

Keywords: Electronic Waste. Digital Platform. Sustainability. Reverse Logistics. Recycling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do Processo de Desenvolvimento.....	19
Figura 2 - Diagrama de casos de uso da plataforma Re-ciclo.....	24
Figura 3 - Diagrama da arquitetura, que foi estruturado na plataforma.....	26
Figura 4 - Teste de tempo de compilação aplicação criada com Create React APP(CRA).....	27
Figura 5 - Teste de tempo de compilação de aplicação criada com Vite.....	27
Figura 6 - Diagrama da arquitetura completa do sistema Re-ciclo.....	29
Figura 7 - Exemplo de Schema Mongoose para o modelo User.....	31
Figura 8 - Fluxo de sequência de uma requisição.....	32
Figura 9 - Condições de armazenamento de REEE em estabelecimentos de Tucuruí-PA que recebem resíduos da comunidade: (a) Empresa com parceria com a Green Eletron. (b) Loja de telefonia (c) Comércio de eletrodomésticos.....	36
Figura 10 - Header da plataforma Re-ciclo com menu de navegação e botão “Área de empresa”..	41
Figura 11 - Rodapé com informações e link da plataforma Re-ciclo.....	41
Figura 12 - Seção, mapa interativo, localizado na página inicial da plataforma Re-ciclo.....	42
Figura 13 - (A), tooltip com informações da empresa Magazine, figura (B), tooltip com informações do centro RecicloTeste.....	43
Figura 14 - Seção de ranking de empresa e métricas de reciclagem (coleta), localizado na página inicial da plataforma Re-ciclo.....	44
Figura 15 - Seção de notícias e eventos, localizado na página inicial da plataforma.....	45
Figura 16 - Modal de login da página Re-ciclo.....	46
Figura 17 - Modal de recuperação de senha.....	47
Figura 18 - Modal para cadastro de usuário do tipo empresa e centro.....	48
Figura 19 - (A), e-mail recebido para verificação de e-mail informado na plataforma Re-ciclo. (B), e-mail recebido para redefinição de senha, após ser solicitado.....	49
Figura 20 - Páginas de confirmação do sistema: (A) página de confirmação de e-mail validado; (B), página de redefinição de senha.....	50
Figura 21 - Painel genérico para empresa com informações cadastrais.....	51
Figura 22 - Modal para preencher solicitação de coleta por parte da empresa geradora.....	52
Figura 23 - Painel da empresa para gerenciamento de solicitações de coleta.....	52
Figura 24 - Painel genérico para centro de reciclagem/coleta, com informações cadastrais.....	53
Figura 25 - Painel de gerenciamento de coleta acessado pelo usuário centro.....	53
Figura 26 - Painel de centro, aplicado filtro de coletas aceitas.....	54
Figura 27 - Modal para concluir uma solicitação de coleta pelo centro.....	54
Figura 28 - Painel do administrador da plataforma Re-ciclo com seção de gestão.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tabela de requisitos funcionais (RF) do projeto.....	21
Quadro 2 - Tabela de requisitos não funcionais (RNF) do projeto.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 3 - Gabarito de interpretação da pontuação média SUS.....	33
Tabela 4 - Pontuação SUS por respondente, agrupada por tipo de interação com a plataforma.....	57
Tabela 5 - Resposta detalhada do questionário SUS para respondente R4.....	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo do tempo de compilação de produção entre Create React App e Vite.	28
Gráfico 2 - Amostra de setores de atuação das empresas entrevistadas.....	35
Gráfico 3 - Amostra de empresas que geram REEE.....	36
Gráfico 4 - Amostra de empresas que recebem REEE da comunidade.....	37
Gráfico 5 - Amostras de como as empresas entrevistadas armazenam ou descartam seus resíduos.....	37
Gráfico 6 - Amostra de empresas que têm conhecimento da logística reversa para REEE.....	38
Gráfico 7 - Amostra de empresas sobre um site para mapear empresas geradoras e centros.....	38
Gráfico 8 - Amostra de interesse das empresas entrevistadas em se cadastrar e utilizar a plataforma Re-ciclo.....	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1. Objetivos.....	10
1.1.1. Objetivo geral.....	10
1.1.2. Objetivos específicos.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
2.1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE): contexto, impacto e importância... 11	
2.1.1. O que são REEE? Composição e impactos.....	11
2.1.2. A importância da gestão correta: perspectivas ambiental, econômica e social.....	12
2.2. Logística reversa de eletrônicos: contexto legal e desafios.....	13
2.3. Economia circular aplicada a REEE.....	13
2.4. Plataformas similares (Benchmarking) e o diferencial deste trabalho.....	14
2.4.1. Green Eletron.....	14
2.4.2. ReciclaTech (SP).....	15
2.4.3. ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos).....	16
2.5. Análise de lacunas e diferencial competitivos.....	16
3. METODOLOGIA.....	17
3.1. Pesquisa de campo e levantamento de dados primários em Tucuruí-PA.....	18
3.2. Pesquisa e levantamento de requisitos.....	19
3.3. Modelagem do sistema: diagrama de casos de uso.....	21
3.4. Arquitetura e desenvolvimento da plataforma.....	23
3.4.1. React (Frontend).....	24
3.4.2. Vite (Frontend — Ferramenta de apoio ao desenvolvimento).....	24
3.4.3. Node.js + Express (Backend).....	26
3.4.4. Sistema de autenticação e segurança no backend.....	27
3.4.5. MongoDB com mongoose (Banco de dados).....	28
3.4.6. API REST (Arquitetura de comunicação).....	29
3.5. Testes e validação.....	31
3.5.1. Testes unitários e de integração.....	31
3.5.2. Testes de usabilidade com system usability scale (SUS).....	31
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO.....	32
4.1. Perfil do estabelecimento e geração de REEE.....	33
4.2. Práticas atuais de destinação e conhecimento normativo.....	35
4.3. Percepção e interesse na plataforma Re-ciclo.....	36
4.4. Conclusão parcial da pesquisa de campo.....	38
5. SOLUÇÃO PROPOSTA: A PLATAFORMA RE-CICLO.....	39
5.1. Página inicial (Acesso público).....	39
5.1.1. Navegação e acesso: Header e Rodapé.....	39
5.1.2. Mapa interativo (Núcleo da plataforma).....	41

5.1.3. Mecanismos de engajamento e transparência.....	42
5.2. Sistema de login e registro.....	44
5.2.1. Modal de login: autenticação segura e acessível.....	45
5.2.2. Modal de cadastro.....	46
5.3. Fluxos de e-mail: comunicação automatizada e segura.....	47
5.4. Painel de usuário autenticados.....	49
5.4.1. Painel da empresa geradora.....	49
5.4.2. Painel do centro de coleta.....	51
5.4.3. Painel administrativo.....	54
6. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE.....	55
6.1.1. Análise do caso R4 (Pontuação: 55,0 - Usabilidade aceitável).....	56
6.1.2. Conclusão da análise de usabilidade.....	57
7. DESAFIOS ENCONTRADOS.....	58
8. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIA.....	60
APÊNDICE A – REPOSITÓRIO DO PROJETO.....	64
APÊNDICE B - LINK DA PLATAFORMA.....	65
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA DE CAMPO.....	66
ANEXO A - QUADRO COM ENDPOINTS DA API RESTFULL UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA RE-CICLO.....	66

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico acelerado tem impulsionado não apenas o consumo de equipamentos eletrônicos, mas também a substituição precoce desses dispositivos – seja por obsolescência programada, defeitos ou busca por modelos mais modernos. Esse ciclo gera um fluxo contínuo de resíduos eletrônicos, cujo descarte inadequado, muitas vezes no lixo comum, reflete a carência de informações sobre gestão sustentável. Neste contexto, toneladas de materiais com potencial de reciclagem são direcionadas a aterros sanitários, onde metais pesados como chumbo, mercúrio e cádmio (ALMEIDA et al., 2015) contaminam o solo e recursos hídricos.

Esse cenário é quantificado pela Green Eletron (2023, p. 3): o volume global de lixo eletrônico cresce aproximadamente 4% ao ano, porém menos de 20% desse total é reciclado. A maioria desses resíduos tem como destino aterros sanitários ou incineração, práticas que ampliam os impactos ambientais. O relatório destaca que, no Brasil, 88% da população já ouviu falar em lixo eletrônico, mas apenas 25% sabe que todos os eletroeletrônicos são recicláveis quando descartados corretamente.

Em escala planetária, o Global E-waste Monitor 2020 (UNITED NATIONS UNIVERSITY et al., 2020) revela a magnitude do problema: são geradas anualmente mais de 53 milhões de toneladas de resíduos eletrônicos, das quais apenas 17,4% são formalmente recicladas. As projeções indicam que, mantido o atual ritmo de crescimento, esse volume pode atingir 74 milhões de toneladas até 2030. O Brasil ocupa uma posição preocupante nesse panorama, sendo o maior gerador da América Latina e o quinto colocado no ranking mundial, com cerca de 2,1 milhões de toneladas/ano (GREEN ELETRON, 2023, p. 4).

Diante desse cenário, duas estratégias emergem como soluções prioritárias: a reutilização de equipamentos, prolongando sua vida útil, e a reciclagem dos componentes quando o descarte se torna inevitável. É neste segundo contexto que se insere o presente trabalho, propondo o desenvolvimento de uma plataforma integrada (*Re-ciclo*) com uma tríplice finalidade: (1) mapear empresas geradoras e centros receptores de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE); (2) gerenciar de forma dinâmica todo o processo de coleta, permitindo que empresas solicitem retiradas e centros aceitem e gerenciem essas solicitações; e (3) empoderar a comunidade,

disponibilizando um mapa interativo onde qualquer cidadão possa localizar pontos de descarte mais próximos, visualizando os tipos específicos de REEE aceitos por cada um. Essa abordagem integrada, ao tornar o descarte sustentável uma prática acessível e eficiente para todos os atores da cadeia, tem potencial para reduzir significativamente o volume de REEE encaminhados para aterros, fomentando a economia circular no setor e promovendo a conscientização ambiental por meio da ação prática.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Desenvolver uma plataforma digital (*Re-ciclo*) para mapear empresas geradoras de resíduos eletrônicos, conectando-as a recicladores para promover o descarte adequado e incentivar a economia circular.

1.1.2. Objetivos específicos

- Projetar e desenvolver a plataforma web *Re-ciclo* com funcionalidades de cadastro, perfil, busca georreferenciada e sistema de contato entre geradores e recicladores.
- Identificar e catalogar empresas que geram e recebem resíduos eletrônicos na cidade de Tucuruí-PA.
- Promover a conscientização sobre a importância da destinação correta dos resíduos eletrônicos por meio da plataforma.
- Avaliar a usabilidade e a eficácia da plataforma na facilitação do processo de reciclagem e descarte adequado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A acelerada geração de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) representa um dos desafios ambientais mais críticos da sociedade contemporânea, exigindo soluções tecnológicas inovadoras aliadas a modelos econômicos sustentáveis.

Esta seção apresenta o esboço teórico que sustenta o desenvolvimento da plataforma *Re-ciclo*, articulando dois pilares essenciais: os princípios da economia circular aplicados ao setor eletrônico e o estado da arte em plataformas digitais para gestão de resíduos. A revisão desses conceitos estabelece a base que justifica a abordagem tecnológica proposta, posicionando-a como uma resposta integrada e fundamentada aos problemas de descarte inadequado e ineficiência na cadeia de reciclagem.

2.1. Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE): contexto, impacto e importância

Para compreender a relevância e a urgência da solução proposta, é fundamental delimitar conceitualmente o que são os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos, dimensionar a magnitude do problema por meio de dados quantitativos e articular a importância do seu gerenciamento adequado sob as perspectivas ambiental, econômica e social. Esta subseção busca, portanto, estabelecer o cenário problemático que justifica o desenvolvimento deste trabalho.

2.1.1. O que são REEE? Composição e impactos

Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), popularmente conhecidos como e-lixo ou *e-waste*, consistem em todo equipamento elétrico ou eletrônico descartado por seu proprietário como obsoleto, quebrado ou sem utilidade, abrangendo desde grandes eletrodomésticos até pequenos dispositivos de TI e telecomunicações (ONU, 2020). Os REEE possuem uma composição dual e paradoxal, sendo simultaneamente uma fonte valiosa de materiais recuperáveis e uma fonte perigosa de contaminantes.

De um lado, os REEE são ricos em materiais de alto valor econômico. Estudos de mineração urbana no contexto nacional confirmam a presença, nos REEE, de uma

grande diversidade de metais valiosos, como cobre, níquel, estanho, zinco, prata e ouro (XAVIER; OLIVEIRA, 2021). A viabilidade econômica dessa recuperação fica evidente ao se constatar que o valor agregado dos metais contidos nos REEE gerados apenas pelo município de Uberlândia–MG, em um único ano, atingiram um valor agregado estimado em R\$ 20,6 milhões, demonstrando o enorme potencial financeiro desperdiçado no descarte inadequado (XAVIER; OLIVEIRA, 2021).

Por outro lado, a literatura especializada consistentemente aponta que os REEE abrigam em sua composição uma gama de metais pesados altamente tóxicos, como chumbo, mercúrio, cádmio e arsênio, constituindo um risco ambiental e à saúde pública (MATTOS; MATTOS; PERALES, 2008; GERBASE; OLIVEIRA, 2012). Ao serem jogados no lixo comum, as substâncias químicas presentes nos eletrônicos, como mercúrio, cádmio, arsênio, cobre, chumbo e alumínio, penetram no solo e nos lençóis freáticos, contaminando plantas e animais por meio da água. Dessa forma, os seres humanos podem ser contaminados pela ingestão desses alimentos. Mattos, Mattos e Perales (2008) detalham os severos impactos desses metais: o chumbo causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo; o cádmio, um composto altamente tóxico, acumula-se nos rins; e o mercúrio transforma-se em metil-mercúrio na água, causando danos crônicos ao cérebro. Tais efeitos corroboram a afirmação do químico Antônio Guaritá, do Laboratório de Química Analítica Ambiental da UnB, de que “as consequências vão desde simples dor de cabeça e vômito até complicações mais sérias, como comprometimento do sistema nervoso e surgimento de cânceres” (CARPANEZ, 2007).

2.1.2. A importância da gestão correta: perspectivas ambiental, econômica e social

A correta administração dos REEE é um requisito trifocal que conecta os âmbitos ambiental, econômico e social. Do ponto de vista ecológico, a destinação adequada previne a poluição do solo e dos recursos hídricos, atenuando danos irreparáveis aos ecossistemas. Por outro lado, a reciclagem alivia a pressão sobre os recursos naturais intocados, reduzindo a demanda por mineração extrativista — uma atividade de grande impacto ambiental — e incentivando uma considerável economia de energia na produção de novos itens.

Sob a perspectiva econômica, os REEE representam uma “mina urbana” inexplorada, cuja recuperação eficiente de metais preciosos e matérias-primas críticas gera valor econômico direto, reduz a dependência de importações e posiciona a cadeia de reciclagem na vanguarda de um novo mercado, com a criação de empregos verdes e especializados.

Por fim, na dimensão social, a estruturação de uma cadeia formal de gestão de REEE promove a inclusão socioeconômica de cooperativas de catadores, oferecendo-lhes condições de trabalho dignas, seguras e valorizadas; além disso, iniciativas de reuso e reparo, facilitadas por uma gestão eficiente, permitem o acesso à tecnologia para comunidades de baixa renda, fomentando a inclusão digital e reduzindo o abismo tecnológico.

2.2. Logística reversa de eletrônicos: contexto legal e desafios

A Lei 12.305/2010 (PNRS) estabelece a obrigatoriedade da logística reversa para eletroeletrônicos, responsabilizando fabricantes, importadores e comerciantes pelo ciclo de vida do produto (BRASIL, 2010). O Decreto n.º 10.936/2022 regulamenta a logística reversa de eletrônicos, definindo metas de coleta e reciclagem para setores específicos (ex.: 17% dos produtos colocados no mercado até 2025) (BRASIL, 2022).

No entanto, a transição desse arcabouço legal para a prática esbarra em uma série de desafios estruturais e operacionais. Dentre os principais obstáculos, destaca-se a logística de coleta em um país de dimensões continentais como o Brasil, que eleva significativamente os custos; a necessidade de conscientização do consumidor para o descarte adequado; e a carência de uma infraestrutura uniforme e modernizada de reciclagem capaz de desmontar e valorizar os complexos componentes dos eletrônicos ambientalmente segura e economicamente viável. Superar essas barreiras é crucial para que as metas definidas pelo decreto sejam não apenas atingidas, mas também para que se concretize a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, um dos pilares da PNRS.

2.3. Economia circular aplicada a REEE

A economia circular configura-se como um modelo econômico regenerativo que se opõe ao padrão linear tradicional de “extrair, produzir e descartar”, propondo em seu

lugar um sistema de ciclo fechado fundamentado na reutilização, reparação, renovação e reciclagem de materiais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019). Quando aplicado ao setor de eletroeletrônicos, esse modelo se materializa por meio de duas vertentes principais. A primeira refere-se ao reuso, no qual equipamentos ainda funcionais são desviados do fluxo de resíduos por meio de doações ou reforma, estendendo seu ciclo de vida. A segunda refere-se à reciclagem, processo essencial para a recuperação de metais e materiais críticos (como terras-raras) que podem ser reinseridos na cadeia produtiva, reduzindo a pressão sobre recursos virgens (GLOBAL E-WASTE MONITOR, 2024).

A relevância e eficiência deste processo são comprovadas por dados concretos. Um relatório de chefes de agências da ONU em conjunto com o Fórum Econômico Mundial (2019) destacou a escala dessa oportunidade, afirmando que “há 100 vezes mais ouro em uma tonelada de telefones celulares do que em uma tonelada de minério de ouro”. Essa eficiência notável não apenas evidencia o potencial econômico adormecido nos resíduos eletrônicos — cujo valor material global é estimado em US\$ 62,5 bilhões —, mas também salienta os substantivos benefícios ambientais da economia circular, uma vez que a extração de recursos de aparelhos usados produz substancialmente menos emissões de carbono do que a mineração tradicional. A recuperação desses materiais, portanto, transforma um passivo ambiental em um recurso valioso, fechando o ciclo alinhadamente aos princípios da sustentabilidade (WORLD ECONOMIC FORUM et al., 2019).

2.4. Plataformas similares (Benchmarking) e o diferencial deste trabalho

Análises de plataformas existentes, Green Eletron, ReciclaTech e ABREE, revelam um gap no mercado: nenhuma oferece um mapeamento dinâmico combinado com sistema de conexão direta e automatizada entre geradores e recicladores. Este projeto se diferencia pela abordagem integrada, alinhando tecnologia, gestão ambiental (PNRS e ODS 11-12-3) e inclusão social (geração de renda para cooperativas), superando as abordagens fragmentadas existentes.

2.4.1. Green Eletron

A Green Eletron atua como uma entidade gestora para a logística reversa, especializando-se no gerenciamento do ciclo de vida de produtos eletroeletrônicos e de

pilhas. Sua função principal consiste em estruturar e operar sistemas de logística reversa para fabricantes e importadores associados, assegurando que os resíduos sejam coletados, rastreados e destinados ambientalmente de maneira correta.

Dentre suas principais atuações, destaca-se a certificação e auditoria de operações de recicladoras parceiras, garantindo que todo o processo de desmontagem e destinação final de e-lixo seja realizado conforme a legislação ambiental vigente. Paralelamente, a empresa organiza e gerencia uma rede de pontos de coleta — estabelecidos por meio de parcerias com varejistas, prefeituras e outros atores — responsabilizando-se pela coleta dos materiais e seu encaminhamento às recicladoras certificadas.

Para o usuário final, a Green Eletron disponibiliza em seu site um sistema de busca por CEP que permite ao cidadão localizar o ponto de descarte mais próximo para itens como pilhas e eletroeletrônicos. A ferramenta retorna uma lista estática com informações como nome, endereço e, em alguns casos, horário de funcionamento dos locais de coleta.

2.4.2. ReciclaTech (SP)

A ReciclaTech, iniciativa sediada em São Paulo, tem como função principal organizar campanhas de coleta itinerante e pontual para resíduos eletrônicos, geralmente estabelecendo parcerias com o poder público. Diferente de modelos baseados em rede fixa de coleta, a empresa atua predominantemente via mutirões e ecopontos móveis, caracterizando-se por uma abordagem baseada em eventos.

Quanto às suas operações, a ReciclaTech divulga previamente datas e locais específicos — como praças, parques e escolas — para a população poder levar seus resíduos. No dia marcado, uma equipe especializada e caminhões adequados permanecem no local designado para receber os materiais, que posteriormente são encaminhados para recicladoras parceiras devidamente credenciadas.

Esta abordagem configura-se como uma solução pontual e reativa para o problema dos resíduos eletrônicos. Embora seja eficaz para resolver a necessidade imediata de descarte durante os eventos, não se constitui como uma alternativa permanente e de conveniência para o descarte cotidiano pela população.

2.4.3. ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos)

A ABREE (Associação Brasileira de Reciclagem de Eletroeletrônicos e Eletrodomésticos) atua como Entidade Gestora do sistema de logística reversa, assemelhando-se à Green Eletron em sua função principal, porém com um escopo ampliado que abrange inclusive eletrodomésticos de linha branca, como fogões e geladeiras.

Quanto às suas atuações, a ABREE possui um foco corporativo claro, funcionando como uma associação que reúne fabricantes e importadores do setor. Seu trabalho central consiste em estruturar e operacionalizar a logística reversa para seus associados, garantindo o cumprimento das obrigações legais estabelecidas pela legislação ambiental brasileira.

Analogamente a outras entidades gestoras, a ABREE mantém uma extensa rede de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) distribuídos por todo o território nacional. Para o usuário final, a associação disponibiliza em seu site um localizador de pontos de coleta baseado em CEP, caracterizando-se como um sistema funcional, porém estático, que apresenta opções fixas de locais para descarte adequado.

2.5. Análise de lacunas e diferenciais competitivos

Uma análise comparativa do cenário atual revela lacunas operacionais e tecnológicas significativas que a plataforma *Re-ciclo* se propõe a solucionar. As soluções existentes, embora válidas em seus contextos, apresentam limitações:

As entidades gestoras, como Green Eletron e ABREE, operam com sistemas de localização estáticos que listam pontos de coleta sem fornecer informações sobre sua situação operacional em tempo real. Essa abordagem estática gera uma lacuna informacional crucial, onde o usuário não tem como saber se um ponto está ativo, temporariamente inoperante ou se foi removido. Em contrapartida, iniciativas como a ReciclaTech baseiam-se em um modelo de operação pontual por meio de eventos e mutirões, que, apesar de sua importância para a conscientização, não atendem à necessidade contínua de descarte por parte da população e empresas.

Estes modelos convencionais compartilham uma limitação fundamental: a ausência de um sistema integrado de gerenciamento de coleta. Eles funcionam essencialmente como diretórios passivos, sem facilitar ativamente a logística entre geradores e coletores de resíduos. É precisamente nesta lacuna que a plataforma *Re-ciclo* posiciona seu principal diferencial competitivo.

A *Re-ciclo* avança além dessas limitações por meio de quatro inovações principais: (1) integração com geolocalização e sistema de status dinâmico, permitindo que centros de coleta e usuários atualizem em tempo real a disponibilidade dos pontos; (2) funcionamento contínuo como rede permanente, oferecendo uma solução acessível 24/7 diferente dos modelos pontuais baseados em eventos; (3) sistema inteligente de gerenciamento de coleta que facilita e otimiza a logística por meio de solicitações, agendamento, rastreamento de status e geração de comprovantes; e (4) potencialização do engajamento comunitário por meio de conteúdo contextualizado e visualização do impacto local das ações de descarte.

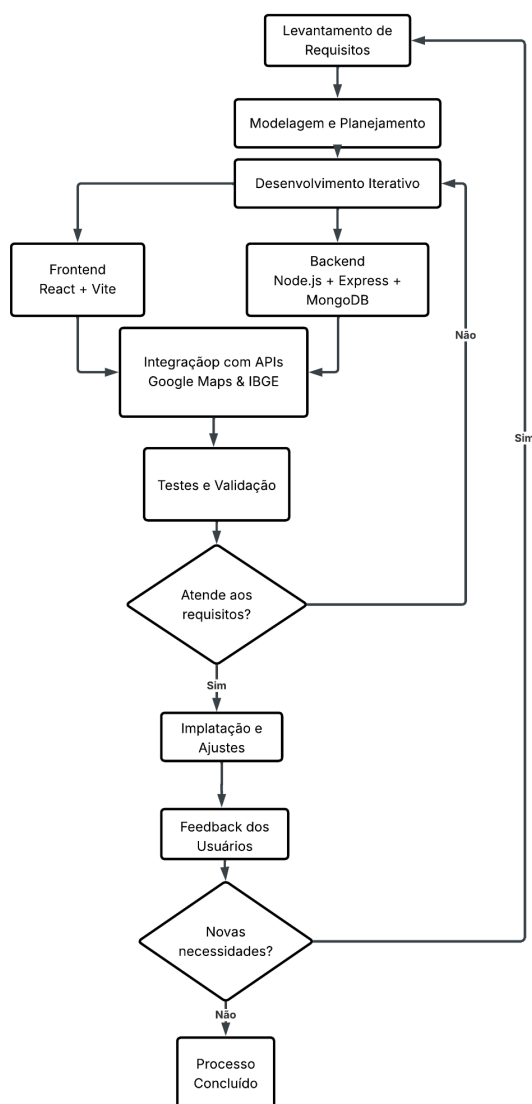
Esta abordagem integrada não apenas supera as limitações dos sistemas estáticos existentes, mas também estabelece um novo paradigma na gestão de REEE, conectando eficientemente todos os agentes da cadeia e promovendo uma economia circular verdadeiramente funcional no município.

3. METODOLOGIA

O projeto seguiu uma metodologia ágil e iterativa. A plataforma *Re-ciclo* foi desenvolvida visando promover o mapeamento, a coleta e o descarte correto de resíduos eletrônicos em âmbito nacional, tendo Tucuruí–PA como estudo de caso inicial.

Além da abordagem textual, a metodologia seguida pode ser visualizada na Figura 1, que apresenta o fluxo de desenvolvimento adotado. Este processo contempla as etapas de levantamento de requisitos, modelagem, desenvolvimento iterativo do *frontend* e *backend*, integração de APIs externas, realização de testes e, por fim, a implantação e validação do sistema.

Figura 1 - Fluxograma do Processo de Desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando LUCID SOFTWARE INC (2025).

3.1. Pesquisa de campo e levantamento de dados primários em Tucuruí-PA

Para validar os desafios identificados ao nível nacional e obter dados primários contextualizados sobre a geração e gestão de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no município de Tucuruí-PA, foi conduzida uma pesquisa de campo. A pesquisa combinou a aplicação de questionário estruturados utilizando a ferramenta Google Forms e visitas in loco a dois públicos-alvo fundamentais para a cadeia de valor dos REEE:

- Empresas geradoras de REEE: comércios e assistências técnicas localizadas na área urbana.
- Centros de coleta/potenciais de recebimento: assistências técnicas.

O instrumento de coleta, um formulário estruturado com perguntas fechadas e abertas disponíveis no APÊNDICE C, foi aplicado por meio de entrevistas presenciais, abordando dimensões críticas como: perfil do estabelecimento, tipos de REEE gerados/recebidos, práticas atuais de descarte, conhecimento sobre logística reversa e interesse em uma plataforma de gestão.

A coleta de dados foi realizada mediante visitas presenciais aos estabelecimentos, entre os meses de agosto e setembro de 2025. A abordagem consistiu na apresentação clara dos objetivos da pesquisa e na aplicação do formulário por meio de entrevista dirigida com o responsável pelo estabelecimento. Este método garantiu o preenchimento completo dos questionários e permitiu o esclarecimento imediato de dúvidas, aumentando a confiabilidade das respostas.

3.2. Pesquisa e levantamento de requisitos

Realizou-se uma análise do panorama nacional de descarte de lixo eletrônico, baseado em dados do Green Eletron, ONU Meio Ambiente e levantamento de dados primários da cidade de Tucuruí-Pa descrito na seção 4.0, para identificar os principais desafios: falta de pontos de coleta, desinformação e dificuldade de rastreamento.

Foram então definidos os Requisitos Funcionais (RF) e Não-Funcionais (RNF) do sistema, conforme quadros 1 e 2 abaixo.

Quadro 1 - Requisitos funcionais (RF) do projeto.

ID	Nome	Descrição
RF01	Gerenciamento de Usuários	O sistema deve permitir o cadastro, autenticação (login), recuperação de senha de perfis para os tipos: empresa e centro de coleta.
RF02	Cadastro de Localização e Perfil	O sistema deve permitir que empresa e centros cadastrem e editem seus dados institucionais, incluindo endereço georreferenciado no mapa (latitude /longitude) e imagem de perfil.
RF03	Cadastro de Pontos de Coleta	O sistema deve permitir que empresas e centros registrem pontos de coleta, informando endereços, horário de funcionamentos e tipos de resíduos aceitos.

RF04	Visualização de pontos no Mapa	O sistema deve exibir em um mapa todos os pontos de coleta cadastrados (empresas e centros), com possibilidade de consulta pública.
RF05	Upload de imagem	O sistema deve permitir upload de imagens relacionadas a solicitação de coleta, documentação dos resíduos ou perfil.
RF06	Painel Administrativo	O sistema deve disponibilizar um painel administrativo para gerenciar usuários, solicitações de coletas, pontos de coleta, notícias e eventos.
RF07	Formulário de contato	O sistema deve disponibilizar um formulário de contato para envio de mensagem, e dúvidas ao administrador.
RF08	Estatísticas e Ranking	O sistema deve apresentar estatísticas sobre coletas realizadas e gerar ranking de empresas/centros participantes.
RF09	Busca Avançada	O sistema deve permitir busca e filtragem de pontos de coleta por nome e tipo de resíduo aceito.
RF10	Notícias e eventos	O sistema deve permitir a publicação e visualização de notícias e eventos relacionados à reciclagem e sustentabilidade.
RF11	Aceite de resíduos da comunidade	O sistema deve permitir que empresas indiquem se aceitam ou não resíduos diretamente da comunidade.

Fonte: autor, 2025.

Quadro 2 - Requisitos não funcionais (RNF) do projeto.

ID	Nome	Descrição
RNF01	Responsividade	O sistema deve ser responsivo, adaptando-se a diferentes tamanhos de tela (<i>desktop, tablet e mobile</i>).
RNF02	Desempenho	O sistema deve responder em menos de 2 segundos em operações comuns (ex.: consulta de pontos)
RNF03	Escalabilidade	O sistema deve suportar crescimento progressivo no número de usuários e solicitações sem degradação significativa de desempenho.

RNF04	Compatibilidade	O site deve ser compatível com os principais navegadores (Chrome, Firefox, Edge) e dispositivos móveis (Android/iOS).
RNF05	Precisão na Geolocalização	O sistema deve armazenar e exibir dados de geolocalização com precisão de latitude e longitude.
RNF06	Armazenamento de imagens	O <i>backend</i> deve armazenar imagens em diretório público seguro e disponibilizar a URL para exibição no <i>frontend</i> .

Fonte: autor, 2025.

3.3. Modelagem do sistema: diagrama de casos de uso

A definição da arquitetura e funcionalidades do sistema foi realizada por meio de modelagens que permitiram visualizar e estruturar de forma clara e objetiva todos os componentes da plataforma.

Esta seção detalha a concepção do sistema através do diagrama de casos de uso mostrado na Figura 2 que mapeiam as interações entre atores e funcionalidades, bem como a arquitetura técnica adotada para o desenvolvimento, contemplando a stack tecnológica, integrações com APIs externas e padrões de comunicação entre *frontend* e *backend*.

Segundo Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005), no Unified Modeling Language (UML), um diagrama de casos de uso é utilizado para representar graficamente as interações entre atores (usuários ou sistemas externos) e as funcionalidades (casos de uso) que o sistema deve oferecer.

Figura 2 - Diagrama de casos de uso da plataforma *Re-ciclo*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando LUCID SOFTWARE INC (2025).

Conforme ilustrado na Figura 2, o diagrama de casos de uso elaborado para o sistema identifica quatro atores principais e suas interações com a plataforma.

O **Visitante** representa o usuário não autenticado, cujo papel é navegar pelas páginas públicas do sistema, visualizar informações sobre pontos de coleta e empresas cadastradas, e realizar o processo de registro, que inclui a verificação de e-mail para se tornar um usuário cadastrado.

O ator **Empresa** personifica os geradores de resíduos; após autenticar-se no sistema — processo que inclui a verificação de credenciais e pode estender-se para recuperação de senha —, a empresa tem acesso a um painel onde pode criar, editar e

cancelar solicitações de coleta, ações que dependem da verificação prévia de requisitos específicos.

O **Centro de Coleta** é o ator responsável pela operação logística e, assim como a Empresa, necessita fazer login para acessar seu painel. Suas principais funções são aceitar solicitações de coleta (verificando sua viabilidade), marcar coletas como concluídas, gerar comprovantes de serviço e acompanhar o status de todas as coletas sob sua responsabilidade.

Por fim, o **Administrador (ADM)** é o ator com permissões elevadas para a governança do sistema, sendo responsável, além de gerenciar seu próprio acesso, por administrar todos os usuários da plataforma (cadastrar, editar e excluir) e pelo gerenciamento de conteúdo dinâmico, como a publicação de eventos, notícias e destaques no blog da plataforma.

3.4. Arquitetura e desenvolvimento da plataforma

A plataforma foi concebida como um sistema web completo ilustrado no diagrama da Figura 3, estruturado na consagrada arquitetura cliente-servidor e implementada com a **stack** MERN (MongoDB, Express.js, React.js, Node.js), escolhida para garantir flexibilidade, desempenho e escalabilidade.

O *Frontend (Cliente)*, desenvolvido em React.js com o auxílio do Vite, é responsável por toda a interface do usuário, tendo como papel exibir as informações (mapas, listagens, formulários) e capturar as interações do usuário, traduzindo-as em requisições para o *backend*.

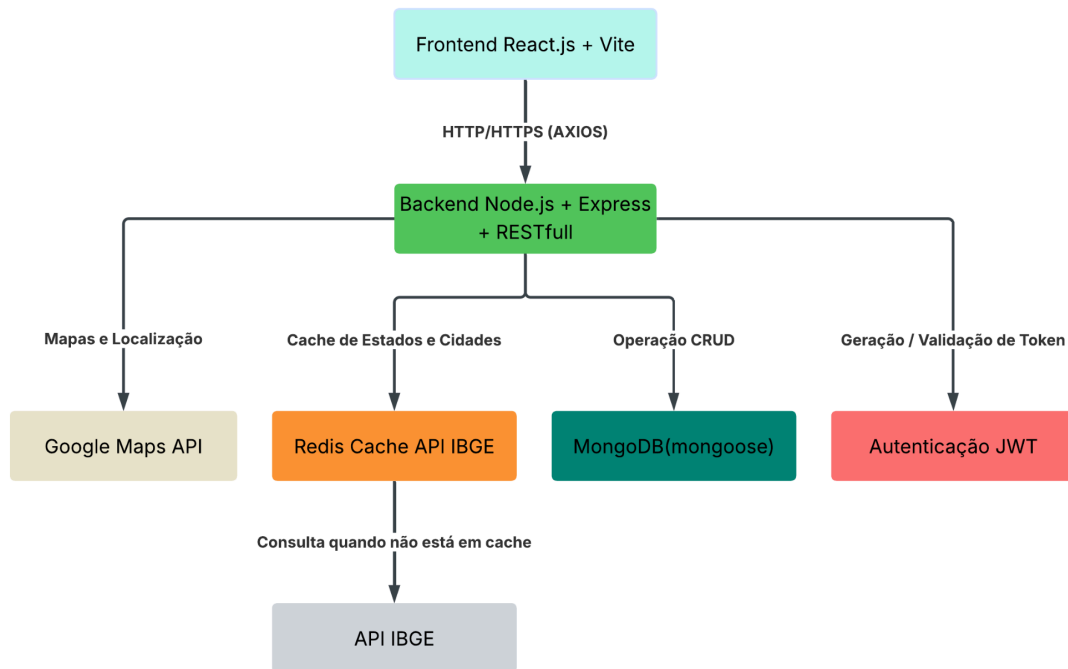
Este, por sua vez, é uma API RESTful construída em Node.js e Express.js que atua como o cérebro da aplicação, processando as requisições do *frontend*, executando a lógica de negócio, validando dados e servindo como ponte para o banco de dados e serviços externos.

Para armazenamento persistente de todos os dados da aplicação, incluindo os dados georreferenciados dos pontos de coleta, utiliza-se o MongoDB, operando como um serviço em nuvem.

A comunicação entre as camadas é realizada de forma desacoplada via APIs

REST, utilizando JSON, sendo realizadas integrações essenciais com a Google Maps API para funcionalidades de geolocalização e com a API do IBGE para dados territoriais, enquanto o fluxo de autenticação e segurança é garantido por tokens JWT.

Figura 3 - Diagrama da arquitetura, que foi estruturado na plataforma.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando LUCID SOFTWARE INC (2025).

3.4.1. React (*Frontend*)

React é uma biblioteca JavaScript declarativa e baseada em componentes para a construção de interfaces de usuário (UI). Sua adoção neste projeto deve-se principalmente à sua eficiência na criação de interfaces complexas e dinâmicas, como o mapa interativo e os dashboards de usuário.

O modelo de componentes permite a reutilização de código, facilitando a manutenção e a evolução da interface. Além disso, o vasto ecossistema de bibliotecas complementares agilizou o desenvolvimento de funcionalidades críticas.

3.4.2. Vite (*Frontend* — Ferramenta de apoio ao desenvolvimento)

Vite é uma ferramenta de compilação (build) e ambiente de desenvolvimento extremamente rápido. Foi escolhido em substituição ao tradicional *Create React App*

(CRA) devido ao seu desempenho superior.

Ao contrário de ferramentas mais antigas que empacotam todo o código antes de disponibilizar a aplicação no navegador, o Vite emprega módulos nativos ECMAScript (ES), os quais são o padrão oficial da linguagem JavaScript. Isso resulta em tempos de arranque do servidor de desenvolvimento quase instantâneos e compilações para produção (builds) mais eficientes. Este ganho de produtividade foi crucial durante o ciclo de desenvolvimento.

Para validar essa vantagem de forma empírica, foi comparado o tempo de compilação entre aplicações com *Create React App* e Vite, conforme apresentado nas Figuras 4 e 5 respectivamente. Os resultados, obtidos através do comando *Measure-Command* no PowerShell, confirmam a superioridade do Vite ilustrado no gráfico 1.

Figura 4 - Teste de tempo de compilação aplicação criada com Create React APP(CRA).

```
PS C:\Users\cleberton\Documents\Tcc\TESTE DE BUILD\cra-app> Measure-Command { npm run build }

Days           : 0
Hours          : 0
Minutes       : 0
Seconds       : 6
Milliseconds  : 183
Ticks         : 61839385
TotalDays     : 7,15733622685185E-05
TotalHours    : 0,00171776069444444
TotalMinutes  : 0,103065641666667
TotalSeconds  : 6,1839385
TotalMilliseconds : 6183,9385
```

Fonte: Autor. 2025

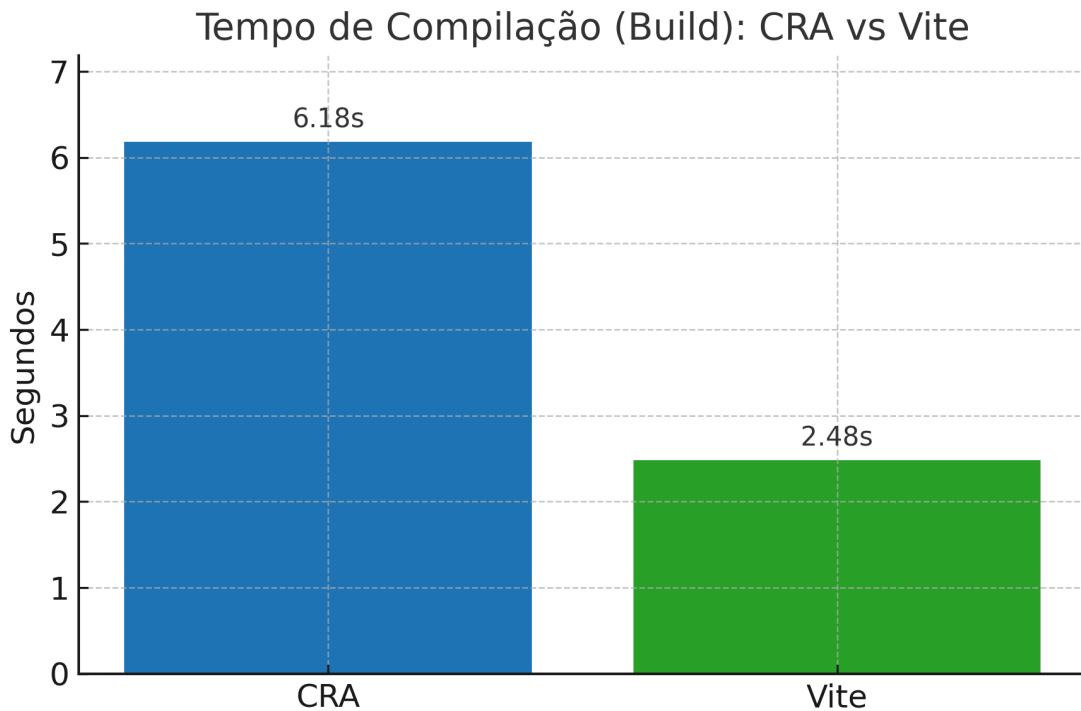
Figura 5 - Teste de tempo de compilação de aplicação criada com Vite.

```
PS C:\Users\cleberton\Documents\Tcc\TESTE DE BUILD\cra-app> Measure-Command { npm run build }

Days           : 0
Hours          : 0
Minutes       : 0
Seconds       : 6
Milliseconds  : 183
Ticks         : 61839385
TotalDays     : 7,15733622685185E-05
TotalHours    : 0,00171776069444444
TotalMinutes  : 0,103065641666667
TotalSeconds  : 6,1839385
TotalMilliseconds : 6183,9385
```

Fonte: Autor. 2025

Gráfico 1 - Comparativo do tempo de compilação de produção entre Create React App e Vite.



Fonte: Autor. 2025

Este ganho de desempenho de aproximadamente 60% no processo de compilação não apenas agiliza a implantação (deployment) em ambiente de produção, mas também melhora significativamente a experiência do desenvolvedor, proporcionando um feedback quase instantâneo durante o desenvolvimento graças ao seu *Hot Module Replacement* (HMR) extremamente rápido.

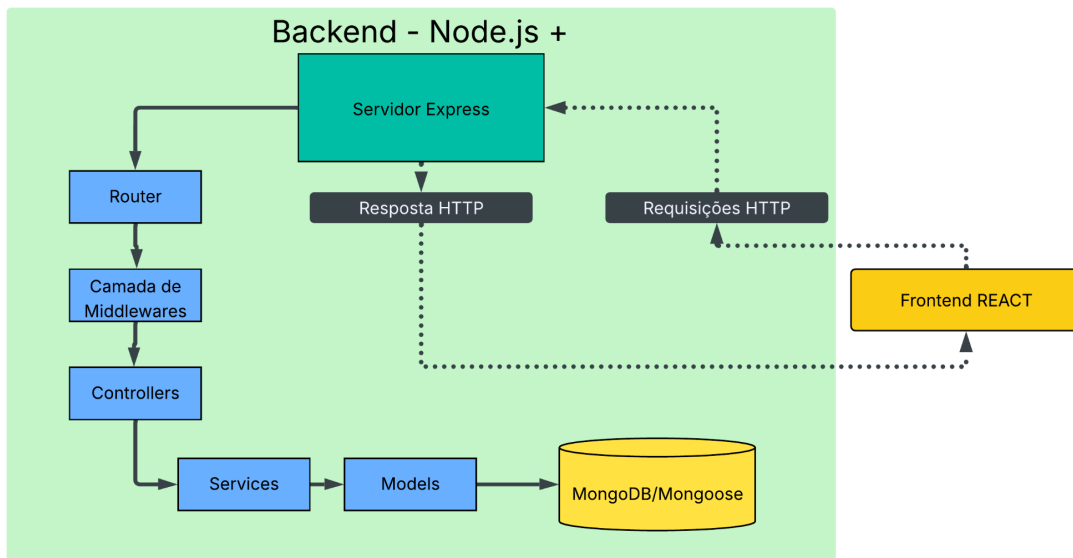
3.4.3. Node.js + Express (*Backend*)

Node.js é um ambiente de execução JavaScript lado do servidor, enquanto Express é o framework web minimalista e flexível mais popular para Node.js. A escolha desta dupla deve-se à sua alta eficiência em lidar com operações *I/O-bound* e muitas conexões simultâneas, características típicas de uma API REST. A natureza assíncrona e orientada a eventos do Node.js é ideal para servir as requisições da API e realizar operações no banco de dados sem bloquear a *thread* principal, garantindo bom desempenho mesmo sob carga. O Express, por sua vez, fornece uma estrutura simples e descomplicada para definir rotas, *middlewares* e gerenciar requisições e respostas HTTP.

O *backend* atua como o intermediário central que recebe requisições do

frontend, processa a lógica de negócio, consulta o banco de dados e retorna as respostas adequadas. A arquitetura do *backend*, detalhada na Figura 6 seguindo os princípios RESTful, é organizada em camadas: *router* (rotas), *controllers* (controladores) e *middlewares*, *services* (serviços) e *models* (modelos).

Figura 6 - Diagrama da arquitetura *backend* completa do sistema Re-ciclo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando LUCID SOFTWARE INC (2025).

3.4.4. Sistema de autenticação e segurança no *backend*

A segurança da plataforma é garantida por um sistema robusto de autenticação e autorização implementado no *backend*. Utiliza-se JSON Web Tokens (JWT) para gerenciar sessões de usuário de forma sem estado e segura. O processo de autenticação inicia-se quando o usuário submete suas credenciais através do modal de login. O *backend* valida essas credenciais contra os registros no banco de dados e, em caso de sucesso, gera um token JWT assinado digitalmente com uma chave secreta.

Este token, que possui tempo de expiração configurado, contém em seu *payload* (carga útil) informações essenciais do usuário, como ID, perfil (empresa, centro de coleta ou administrador) e permissões de acesso. Em todas as requisições subsequentes para *endpoints* protegidos, o cliente deve enviar este token no *header* (cabeçalho) denominado Authorization. O *backend* implementa *middlewares* de autenticação (como os métodos `verifyToken` e `requireAuth`) que interceptam cada requisição, verificam a validade e autenticidade do token, e determinam se o usuário possui as permissões

necessárias para acessar o recurso solicitado.

Para reforçar a proteção da plataforma, todas as senhas dos usuários são guardadas de forma codificada (usando um método chamado `bcrypt`), o que impossibilita que alguém consiga ler a senha real, mesmo que tenha acesso ao banco de dados. Juntos, o uso do token de acesso (JWT) e essa proteção das senhas garantem que apenas pessoas cadastradas e com a devida permissão utilizem as partes mais importantes da plataforma, como agendar uma coleta, administrar contas ou visualizar o painel de controle.

3.4.5. MongoDB com mongoose (Banco de dados)

MongoDB é um banco de dados No SQL orientado a documentos, conhecido por sua flexibilidade e escalabilidade horizontal. Foi selecionado para este projeto porque seu modelo de documentos (BSON) se alinha perfeitamente com a estrutura de objetos em JavaScript, simplificando a representação e persistência de dados da aplicação. Para operações georreferenciadas, o MongoDB oferece suporte nativo através do formato GeoJSON e de índices especiais do tipo `2dsphere`, que permitem consultas de proximidade (ex.: `$near`) extremamente performáticas — funcionalidade essencial para o mapa da plataforma.

Para interagir com o MongoDB, utilizou-se a biblioteca Mongoose, que atua como uma Camada de Mapeamento Objeto-Documento (ODM). O Mongoose simplifica drasticamente a modelagem de dados. Conforme ilustrado na Figura 7, o Mongoose disponibiliza esquemas validados, assegurando a conformidade dos dados armazenados com a estrutura estabelecida. Além disso, disponibiliza métodos de instância e estáticos para a lógica de negócio integrada ao modelo de dados, *middlewares* para a execução de lógica antes ou após operações como `save`, e uma tradução intuitiva e simples das consultas do MongoDB.

Figura 7 - Exemplo de Schema Mongoose para o modelo User.

```
import mongoose from "mongoose";

const UserSchema = new mongoose.Schema({
  email: {
    type: String,
    required: true,
    unique: true,
    match: [/^\w+([\.-]?\w+)*@\w+([\.-]?\w+)*(\.\w{2,3})+$/, 'E-mail inválido']
  },
  tipoUsuario: {
    type: String,
    required: true,
    enum: ['empresa', 'centro', 'adminGeral']
  },
  cnpj: {
    type: String,
    required: function() {
      return this.tipoUsuario === 'empresa' || this.tipoUsuario === 'centro';
    }
  }
});

UserSchema.pre('save', async function(next) {
  if (!this.isModified('senha')) return next();

  const salt = await bcrypt.genSalt(10);
  this.senha = await bcrypt.hash(this.senha, salt);
  next();
});

UserSchema.methods.comparePassword = async function(senha) {
  return await bcrypt.compare(senha, this.senha);
};

export default mongoose.model('User', UserSchema);
```

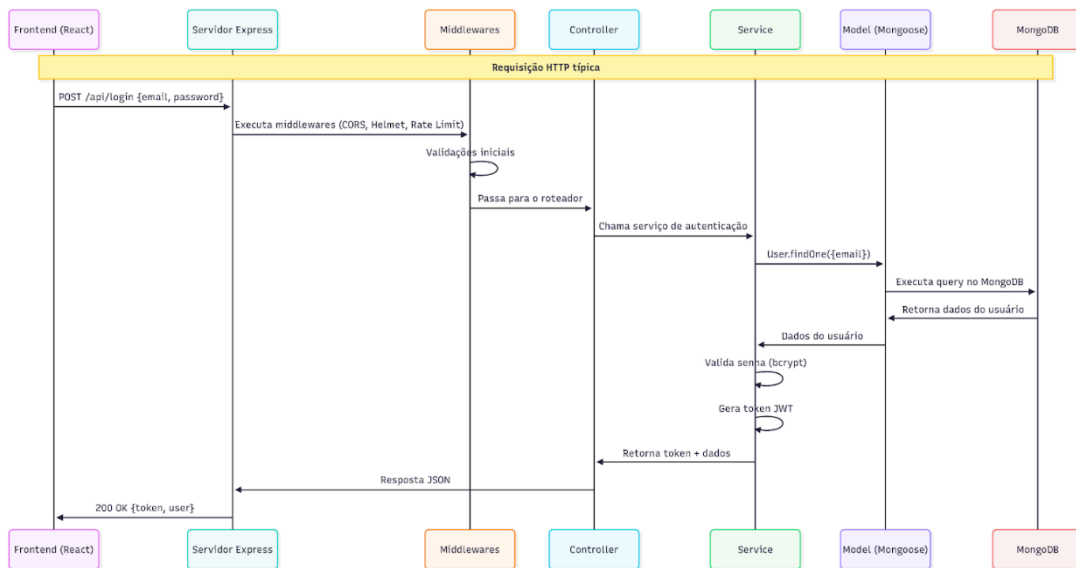
Fonte: Autor. 2025

3.4.6. API REST (Arquitetura de comunicação)

A arquitetura REST (Representational State Transfer) foi o estilo arquitetural adotado para a comunicação entre o *frontend* e o *backend*. Esta escolha deve-se à sua simplicidade, desacoplamento e ampla adoção no mercado. As operações da plataforma (cadastrar usuário, solicitar coleta, listar pontos no mapa) são expostas como endpoints HTTP bem definidos (ex.: POST /api/users, GET /api/collection-points, mostrado no ANEXO A deste documento), que recebem e retornam dados predominantemente no formato JSON. Esta padronização torna a API previsível, fácil de consumir pelo cliente React e, futuramente, permite que terceiros (como aplicativos móveis) possam integrar-se à plataforma diretamente.

O funcionamento concreto dessa comunicação é detalhado no diagrama de sequência mostrado na Figura 8, que traça o ciclo de vida completo de uma requisição, desde a chamada do *frontend* até a resposta retornada pelo *backend*. A estrutura da API, seguindo as boas práticas REST, pode ser visualizada no ANEXO A, que cataloga os principais endpoints implementados, alguns são públicos, enquanto a maioria requer autenticação, implementada por meio de *middlewares* como *verifyToken* e *requireAuth*.

Figura 8 - Fluxo de sequência de uma requisição.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando MERMAID CHART (2025).

A Google Maps API foi integrada para renderizar o mapa interativo, marcar a localização dos pontos de coleta e calcular rotas, constituindo a experiência central da plataforma.

A API do IBGE foi utilizada para preencher automaticamente os campos de estado e cidade, garantindo padronização e consistência nos dados cadastrais. Para otimizar o desempenho e reduzir a carga sobre a API externa, implementou-se um sistema de cache.

O Redis foi empregado como camada de cache em memória, responsável por armazenar as respostas da API do IBGE (lista de estados e cidades) e outros dados frequentemente acessados. Essa estratégia reduziu drasticamente o tempo de resposta para o usuário final, além de diminuir a quantidade de chamadas externas, melhorando a resiliência e a escalabilidade da aplicação.

Por fim, a biblioteca Axios foi utilizada tanto no *frontend* quanto no *backend* para realizar chamadas HTTP às APIs externas, como as do Google Maps e do IBGE. Sua simplicidade de uso, suporte a Promises e capacidade de interceptar requisições e respostas a tornaram a escolha ideal para este projeto.

3.5. Testes e validação

Para garantir a qualidade e confiabilidade da plataforma *Re-ciclo*, foi adotada uma estratégia abrangente de testes, contemplando aspectos técnicos e a experiência do usuário final.

3.5.1. Testes unitários e de integração

Os testes unitários e de integração foram desenvolvidos utilizando as ferramentas Jest e Supertest, visando validar o correto funcionamento de componentes individuais do sistema, bem como a comunicação entre os diferentes módulos do *backend* e a API REST. Estes testes permitiram identificar e corrigir falhas durante o desenvolvimento, contribuindo para a estabilidade e robustez da aplicação.

3.5.2. Testes de usabilidade com system usability scale (SUS)

A avaliação de usabilidade da plataforma foi realizada por meio da System Usability Scale (SUS), instrumento padronizado proposto por Brooke (1986), amplamente utilizado para mensurar a percepção de usabilidade de sistemas interativos.

O questionário SUS é composto por dez afirmações, avaliadas por meio de uma escala de Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” a “concordo totalmente”.

A avaliação de usabilidade foi conduzida com uma amostra intencional e não probabilística de 9 participantes, selecionados com base em seu perfil de usuários potenciais reais da plataforma. O objetivo foi garantir que os avaliadores representassem o público-alvo para o qual a solução foi desenvolvida, assegurando assim a relevância dos *feedbacks* coletados.

A seleção considerou dois perfis principais, visando abranger os principais atores do ciclo de descarte. O primeiro, tratando-se de usuários finais, com a

necessidade prática de localizar pontos de coleta para descartar resíduos eletroeletrônicos. O segundo perfil foi de pessoas que trabalham ou já trabalharam em empresas ou instituições geradoras de resíduos eletroeletrônicos, compreendendo assim as necessidades e possíveis barreiras para cadastro e uso por parte desses estabelecimentos.

A pontuação final do SUS varia de 0 a 100. Para sua interpretação, utilizou-se a escala de avaliação qualitativa consolidada na literatura (BANGOR; KORTUM; MILLER, 2009), onde valores acima de 68 indicam usabilidade acima da média. Este gabarito está detalhado na Tabela 3.

Tabela 3 - Gabarito de interpretação da pontuação média SUS.

Pontuação SUS	Interpretação
≥ 85	Excelente usabilidade
68 – 84	Boa usabilidade/acima da média
50 – 67	Usabilidade aceitável
< 50	Problemas de usabilidade

Fonte: Autor. 2025

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA PESQUISA DE CAMPO

Os dados quantitativos obtidos foram tabulados e analisados descritivamente (frequências e percentuais), permitindo a caracterização do cenário local. As respostas qualitativas das perguntas abertas foram categorizadas e analisadas para complementar e elucidar os resultados numéricos. A amostra de 8 estabelecimentos revelou um panorama significativo.

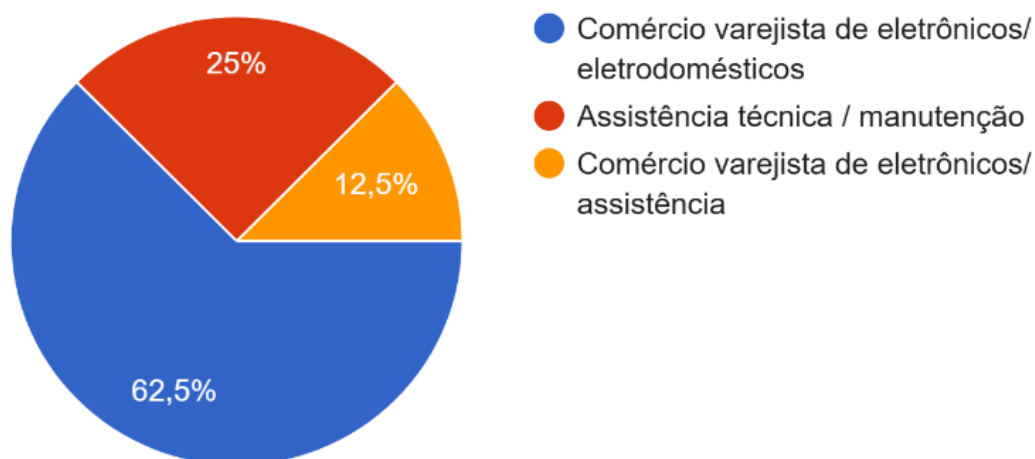
4.1. Perfil do estabelecimento e geração de REEE

No que se refere ao setor de atuação, a maioria dos entrevistados (87,5%) encontra-se diretamente envolvida com atividades geradoras de REEE. Deste universo, verifica-se que 62,5% atuam no comércio varejista de eletrônicos combinado com assistência técnica, enquanto 25% dedicam-se exclusivamente à assistência técnica e manutenção, e 12,5% atuam apenas no comércio varejista. Este perfil confirma que a amostra é composta por agentes-chave na geração e manejo desses resíduos, conforme pode ser observado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Amostra de setores de atuação das empresas entrevistadas.

Qual o setor de atuação da sua empresa?

8 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

Quanto à geração e recebimento de resíduos, constatou-se que a quase totalidade das empresas (87,5%) confirmou gerar REEE em suas operações, conforme visualizado no Gráfico 3. Entretanto, a maioria (62,5%) não recebe resíduos oriundos da comunidade, como demonstra a amostragem apresentada no Gráfico 4. O recebimento mostra-se como uma atividade concentrada em apenas 37,5% dos estabelecimentos, correspondente a três empresas que atuam como pontos de acúmulo voluntário. Este dado é visualmente corroborado pela Figura 9, que documenta as condições de armazenamento observadas nestes locais específicos.

Figura 9 - Condições de armazenamento de REEE em estabelecimentos de Tucuruí-PA que recebem resíduos da comunidade: (a) Empresa com parceria com a Green Eletron. (b) Loja de telefonia (c) Comércio de eletrodomésticos.

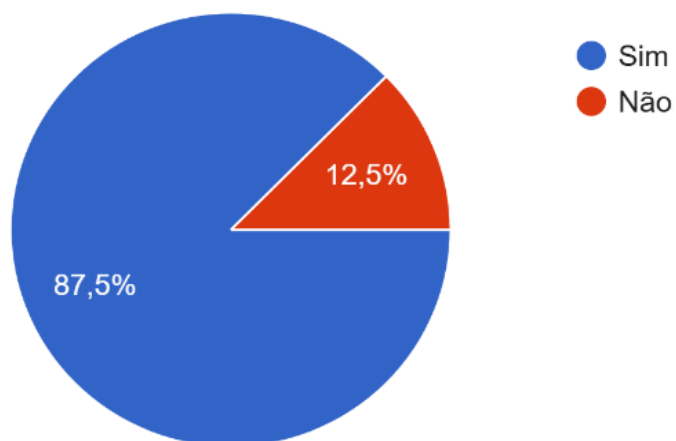


Fonte: Autor (2025).

Gráfico 3 - Amostra de empresas que geram REEE.

Sua empresa gera resíduos eletroeletrônicos?

8 respostas

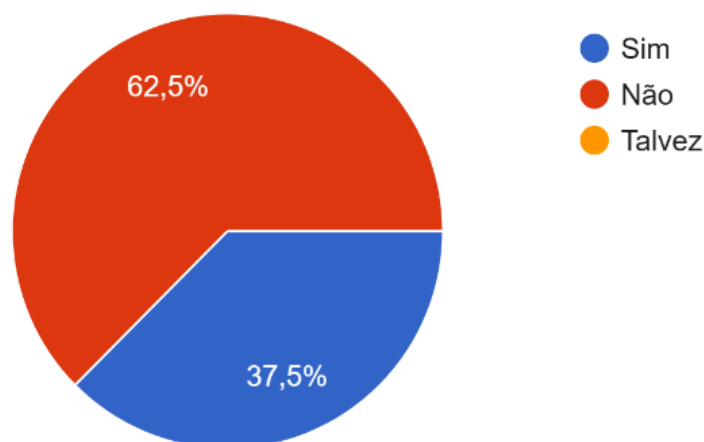


Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

Gráfico 4 - Amostra de empresas que recebem REEE da comunidade.

Sua empresa recebe resíduo da comunidade ?

8 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

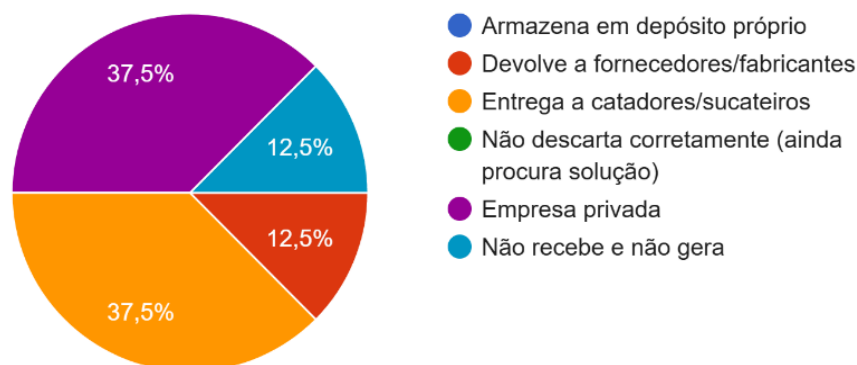
4.2. Práticas atuais de destinação e conhecimento normativo

No âmbito das práticas de destinação dos resíduos, observou-se que estas são diversificadas e revelam uma gestão ainda incipiente. A opção mais frequente (37,5%) consiste no armazenamento em depósito próprio, indicando um acúmulo sem destinação final definida. Outras práticas identificadas incluem contratar empresas privadas (37,5%), a devolução aos fornecedores (12,5%) e a entrega a catadores e sucateiros (12,5%), conforme demonstrado no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Amostras de como as empresas entrevistadas armazenam ou descartam seus resíduos.

Atualmente, como sua empresa descarta ou armazena esses resíduos?

8 respostas



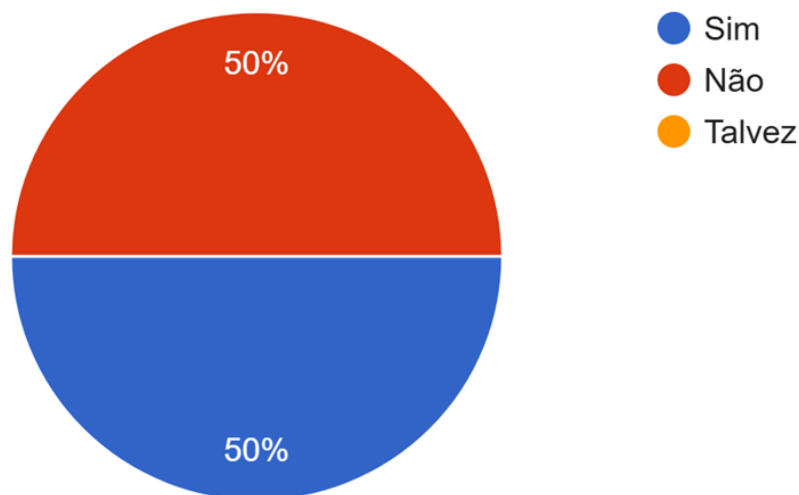
Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

Em relação ao conhecimento sobre logística reversa, foi constatada uma divisão preocupante entre os entrevistados: metade (50%) afirma conhecer a legislação pertinente para REEE, enquanto a outra metade (50%) declara não a ter conhecimento, como evidenciado no Gráfico 6. Um dado que se mostra ainda mais crítico refere-se ao fato de que, mesmo entre as três empresas que recebem resíduos da comunidade — atuando, portanto, na ponta do sistema —, o conhecimento da legislação não se mostrou unânime.

Gráfico 6 - Amostra de empresas que têm conhecimento da logística reversa para REEE.

Sua empresa tem conhecimento a lei da logística reversa para resíduo eletroeletrônicos?

8 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

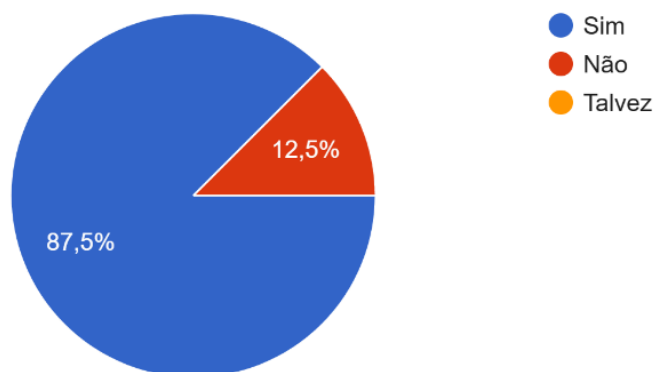
4.3. Percepção e interesse na plataforma *Re-ciclo*.

A receptividade à proposta de uma plataforma de gestão mostrou-se extremamente positiva entre os entrevistados. A totalidade dos estabelecimentos, com mais de 85% de concordância explícita, acredita que um site para mapear geradores e centros de coleta contribuiria significativamente para melhorar a destinação correta dos resíduos eletrônicos, conforme evidenciado no Gráfico 7.

Gráfico 7 - Amostra de empresas sobre um site para mapear empresas geradoras e centros.

Você acredita que um site que mapeia empresas geradoras e centros de coleta ajudaria a melhorar a destinação correta de resíduos eletrônicos?

8 respostas



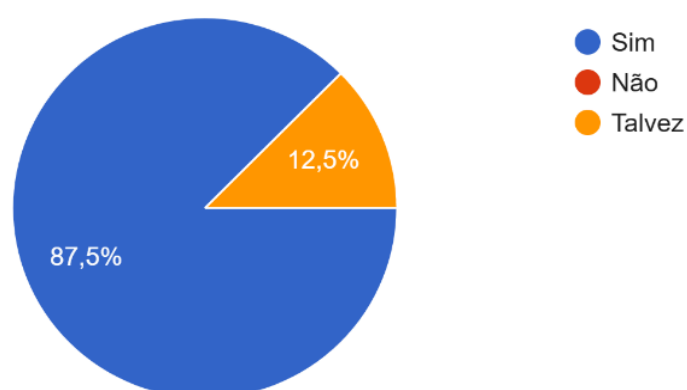
Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

No que diz respeito à intenção de uso da plataforma, o interesse em se cadastrar na plataforma também foi majoritário, com 87,5% das empresas respondendo “Sim” e 12,5% manifestando “Talvez”, não tendo sido registradas respostas negativas, como se observa no Gráfico 8. Este elevado nível de aceitação valida a necessidade e a potencial adoção da solução proposta, cabendo ressaltar que a empresa que demonstrou dúvida mantém parceria com a Green Eletron.

Gráfico 8 - Amostra de interesse das empresas entrevistadas em se cadastrar e utilizar a plataforma *Re-ciclo*.

Sua empresa teria interesse em se cadastrar no site para divulgar seus resíduos e encontrar locais de coleta/reciclagem?

8 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor (2025) utilizando Google Forms (2025).

Nas respostas de caráter qualitativo, as funcionalidades mais citadas como úteis foram: um sistema integrado de agendamento de coleta, um catálogo claro dos tipos de resíduos aceitos por cada centro e informações educativas sobre a separação adequada e os benefícios da reciclagem.

4.4. Conclusão parcial da pesquisa de campo

Os resultados da pesquisa em Tucuruí-PA não apenas validam os problemas identificados na literatura, como também os particularizam. Ficou evidente a existência de um ciclo inadequado de gestão de REEE, impulsionado por um cenário de desinformação legislativa e pela carência de soluções práticas e acessíveis.

O alto interesse na plataforma *Re-ciclo* demonstra haver uma demanda latente por ferramentas que organizem e facilitem o fluxo desses resíduos, conectando eficientemente os agentes envolvidos e promovendo a economia circular no município.

5. SOLUÇÃO PROPOSTA: A PLATAFORMA *RE-CICLO*

Com base em todo o estudo desenvolvido neste trabalho, foi concebida a plataforma *Re-ciclo*, uma solução inovadora para otimizar a gestão de REEE. A plataforma atua como um sistema dinâmico de conexão entre empresas geradoras, centros de reciclagem e a comunidade.

Seu funcionamento consiste em um mapa interativo que localiza empresas e centros de coleta participantes, detalhando horários de funcionamento e os tipos de resíduos aceitos por cada um. Dessa forma, as empresas podem gerenciar a geração de seus resíduos e disponibilizá-la eficientemente para os centros especializados, que realizarão o processamento adequado por meio da reciclagem, reutilização ou descarte ambientalmente correto.

Paralelamente, a plataforma engaja a comunidade, conectando cidadãos a empresas que cumprem a legislação de logística reversa e aos próprios centros de coleta. Isso facilita e incentiva o descarte correto por parte da população, evitando que os resíduos tenham como destino o lixo comum, lixões ou aterros sanitários.

Para promover a conscientização e manter todos os usuários informados, a *Re-ciclo* também disponibiliza um sistema de notificações e um calendário de eventos sobre boas práticas, inovações e ações relacionadas ao ciclo de vida dos REEE.

5.1. Página inicial (Acesso público)

A página inicial serve como vitrine da plataforma, fornecendo informações gerais e acesso às principais funcionalidades atrativamente para todos os visitantes. Nesta área pública, qualquer pessoa pode conhecer a missão e o funcionamento da plataforma, ter acesso rápido às funcionalidades principais, como mapa interativo, antes mesmo de realizar o login. O design pretende ser limpo e objetivo no intuito de guiar o usuário, incentivando o cadastro e facilitando seu primeiro contato com a solução.

5.1.1. Navegação e acesso: Header e Rodapé

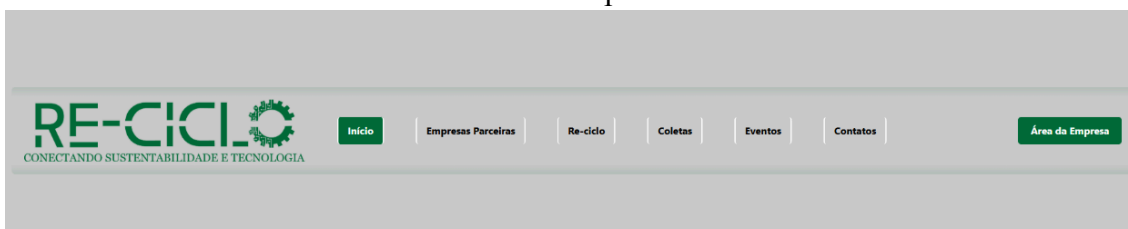
A plataforma conta com um sistema de navegação intuitivo e acessível, composto por um cabeçalho fixo e um rodapé abrangente, os quais podem ser visualizados nas Figuras 10 e 11, respectivamente. Este sistema deve garantir uma

experiência de usuário fluida e eficiente em todas as páginas.

O cabeçalho (*header*), posicionado fixamente no topo da interface, oferece acesso imediato a todas as seções principais da plataforma, incluindo o Mapa Interativo, informações institucionais e recursos de suporte. Um elemento de destaque nesta estrutura é o botão “Área da Empresa”, visualmente diferenciado, que redireciona usuários para um modal unificado de Login e Registro, conforme ilustrado na Figura 10. Este design centraliza o acesso autenticado, simplificando o fluxo tanto para novos cadastros quanto para retorno de usuários.

Complementando a navegação, o rodapé (*footer*) da plataforma consolida todas as informações institucionais e canais de comunicação essenciais, conforme apresentado na Figura 11. Nele estão organizados links estratégicos para páginas como “Sobre Nós” e “Contato”, além de ícones diretos para os principais canais de comunicação, incluindo endereço de e-mail e redes sociais. Esta estrutura assegura que os usuários tenham acesso permanente às vias de contato e informações relevantes, independente da página em que se encontrem na plataforma.

Figura 10 - Header da plataforma *Re-ciclo* com menu de navegação e botão “Área de empresa”.



Fonte: Autor, 2025.

Figura 11 - Rodapé com informações e link da plataforma *Re-ciclo*.



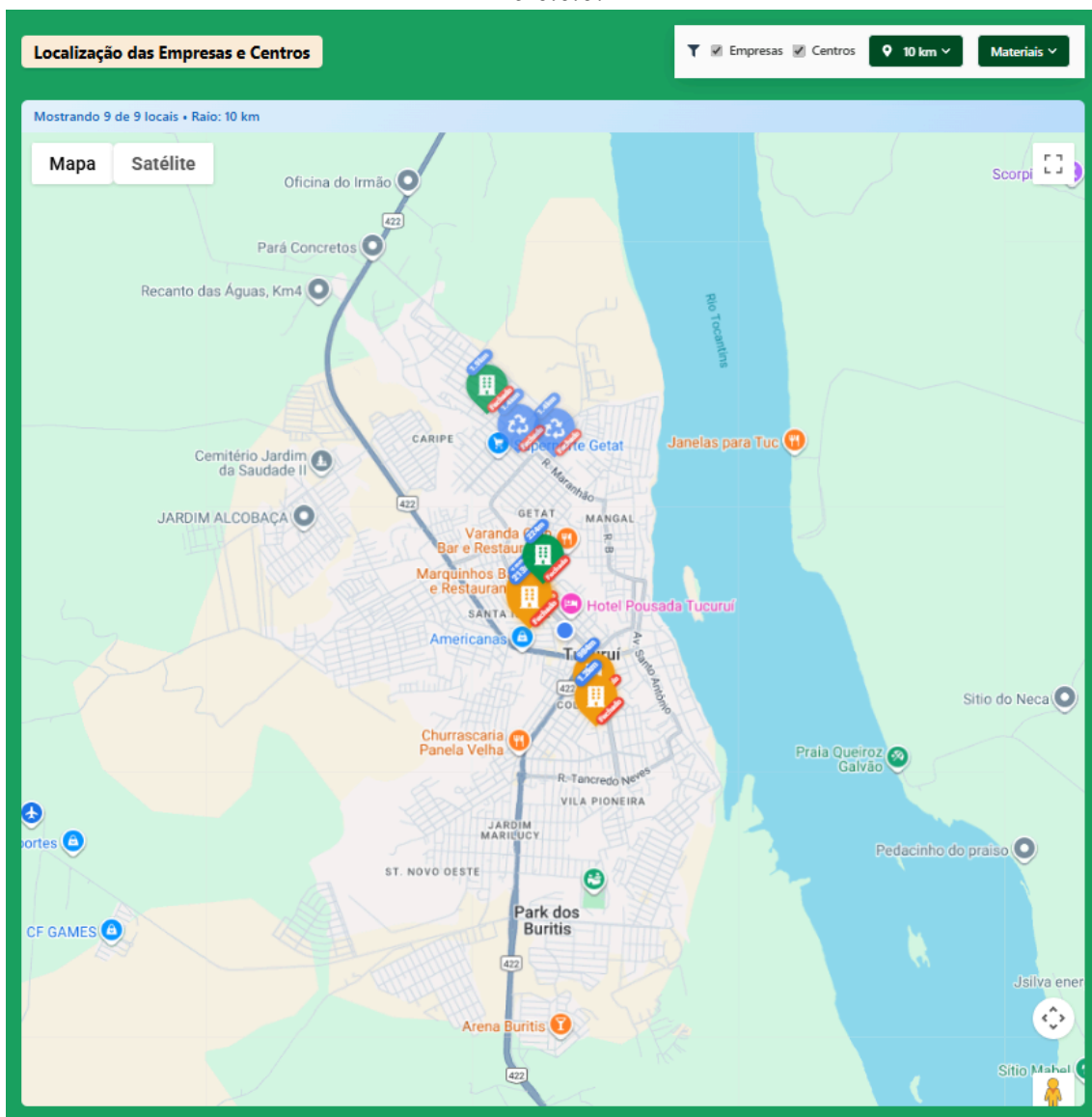
Fonte: Autor, 2025.

5.1.2. Mapa interativo (Núcleo da plataforma)

O mapa interativo constitui o núcleo operacional e a interface principal da plataforma, funcionando como um painel de controle georreferenciado para a gestão de resíduos

eletroeletrônicos. Conforme apresentado na Figura 12, esta ferramenta central exibe a localização precisa de empresas geradoras e centros de coleta em tempo real, utilizando marcadores visuais distintivos para uma identificação imediata e intuitiva dos diferentes agentes.

Figura 12 - Seção, mapa interativo, localizado na página inicial da plataforma *Re-ciclo*.

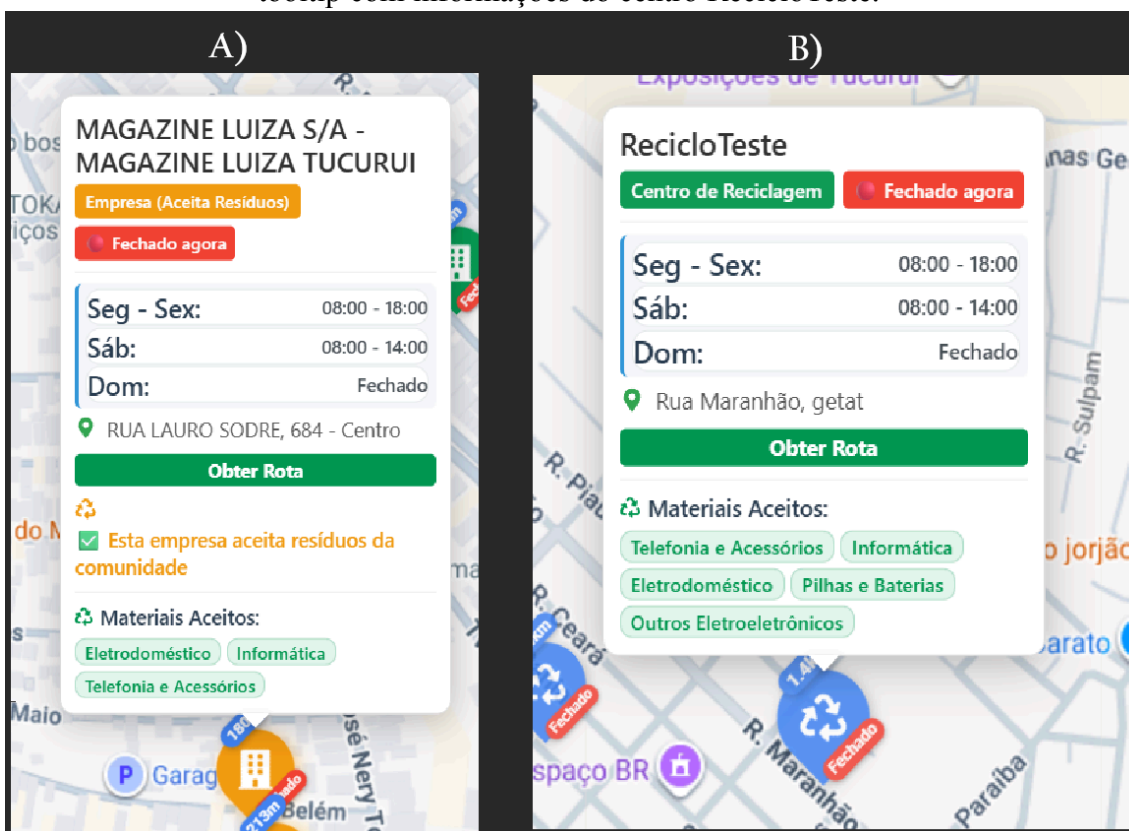


Fonte: Autor, 2025.

Para aprimorar a usabilidade e a eficiência na busca, o sistema incorpora filtros avançados que permitem aos usuários refinar os resultados com base no tipo de entidade e por categorias específicas de resíduos. Cada marcador no mapa possui *tooltips* informativos, que surgem ao interagir com os pontos, apresentando dados essenciais como horário de funcionamento, endereço completo e a lista detalhada dos tipos de

materiais aceitos para descarte, conforme mostrado na Figura 13.

Figura 13 - (A), tooltip com informações da empresa Magazine, figura (B), tooltip com informações do centro RecicloTeste.



Fonte: Autor, 2025.

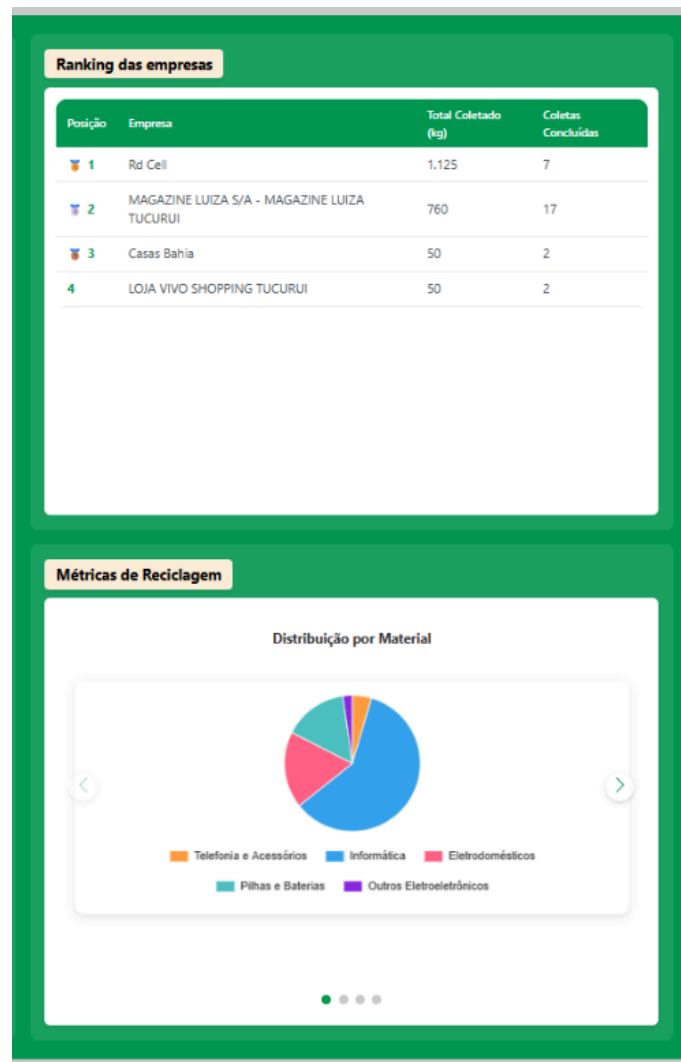
Finalmente, para fechar o ciclo da experiência do usuário, o mapa está integralmente integrado a sistemas de rota externos, permitindo que o usuário planeje seu deslocamento diretamente da plataforma. Esta implementação representa um avanço significativo na democratização do acesso à informação sobre gestão de resíduos, criando uma ponte visual e operacional entre geração e destinação adequada de materiais recicláveis.

5.1.3. Mecanismos de engajamento e transparência.

A *Re-ciclo* incorpora mecanismos estratégicos de engajamento e transparência para fortalecer a participação contínua dos usuários e promover uma cultura de responsabilidade ambiental. A Seção de Métricas e Ranking oferece um painel público com gráficos dinâmicos que ilustram a evolução dos volumes de coleta e os impactos ambientais positivos gerados, como a redução de emissões de CO². Paralelamente, um ranking destacando as empresas que mais contribuem para a reciclagem estimula uma

competição saudável e reconhece publicamente os esforços de cada organização. Esses elementos, representados na Figura 14, não apenas conferem transparência aos resultados coletivos, mas também incentivam a adoção de práticas sustentáveis por meio do reconhecimento e da visualização clara do impacto alcançado.

Figura 14 - Seção de ranking de empresa e métricas de reciclagem (coleta), localizado na página inicial da plataforma Re-ciclo.

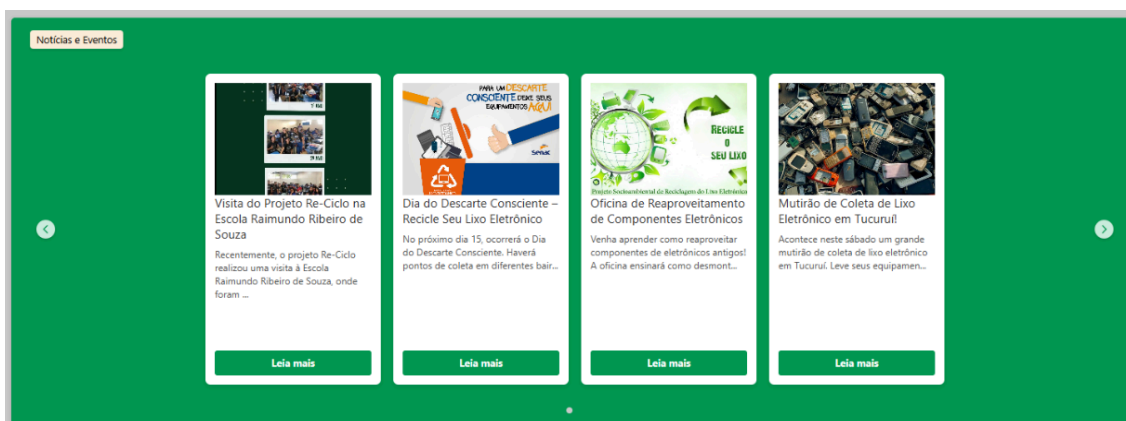


Fonte: Autor, 2025.

Complementarmente, a Seção de Notícias e Eventos utiliza um carrossel dinâmico para divulgar conteúdo educativo, inovações em reciclagem e eventos de coleta programados. Como mostra a Figura 15, esse espaço mantém a comunidade informada e engajada, funcionando como um canal de educação ambiental e divulgação de oportunidades de participação. Ao unir informação, reconhecimento e interação, a

Re-ciclo consolida seu papel não apenas como uma ferramenta operacional, mas como um ambiente educativo e comunitário, essencial para a conscientização ambiental de forma acessível e contínua.

Figura 15 - Seção de notícias e eventos, localizado na página inicial da plataforma.



Fonte: Autor, 2025.

Esta seção reforça o papel da *Re-ciclo* como uma plataforma não apenas operacional, mas também educativa e comunitária, promovendo a conscientização ambiental de forma contínua e acessível.

5.2. Sistema de login e registro

Esta seção detalha o funcionamento do sistema de autenticação da plataforma, composto pelos processos de registro e login. Essas funcionalidades são fundamentais para o cadastro e gestão de usuários — sejam empresas geradoras de resíduos ou centros de coleta.

O acesso à plataforma via login garante um ambiente seguro e personalizado, permitindo que cada usuário contribua para o ecossistema *Re-ciclo*. Após a autenticação, as empresas e centros de coleta podem cadastrar e atualizar suas informações, sendo então refletidas no mapa interativo, enriquecendo a base de dados e facilitando a conexão entre os agentes da cadeia de reciclagem.

5.2.1. Modal de login: autenticação segura e acessível

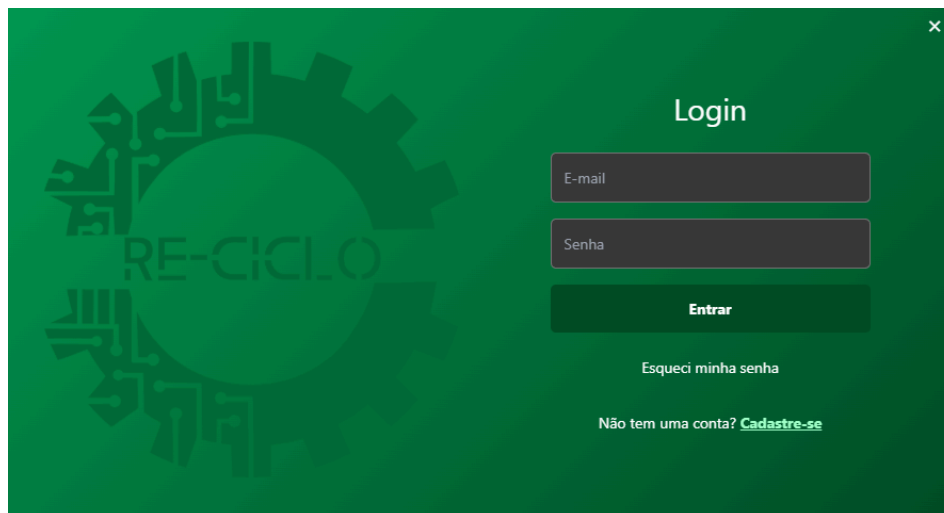
O Modal de Login, apresentado na Figura 16, constitui a interface primária para

autenticação na plataforma *Re-ciclo*, proporcionando um acesso seguro e eficiente para usuários previamente cadastrados, incluindo empresas geradoras e centros de coleta. Desenvolvido com um design intuitivo que prioriza a experiência do usuário, o modal assegura a proteção dos dados durante o processo de autenticação.

Entre suas funcionalidades principais, destaca-se implementar validações em tempo real nos campos de entrada, que verificam instantaneamente o preenchimento correto das informações obrigatórias, prevenindo erros e agilizando o processo. Para garantir a acessibilidade contínua, o sistema incorpora uma opção de recuperação de credenciais, com o link “Esqueci minha senha” posicionado estrategicamente, o qual realiza uma integração direta com o Modal de Recuperação de Senha, conforme demonstrado na Figura 17.

Complementando o fluxo de autenticação, o modal também oferece uma transição fluida para novos usuários por meio do link “Criar conta”. Este elemento redireciona intuitivamente para o processo de registro, facilitando o ingresso de novos agentes no ecossistema da plataforma e assegurando que tanto o acesso quanto o cadastramento sejam processos igualmente simplificados.

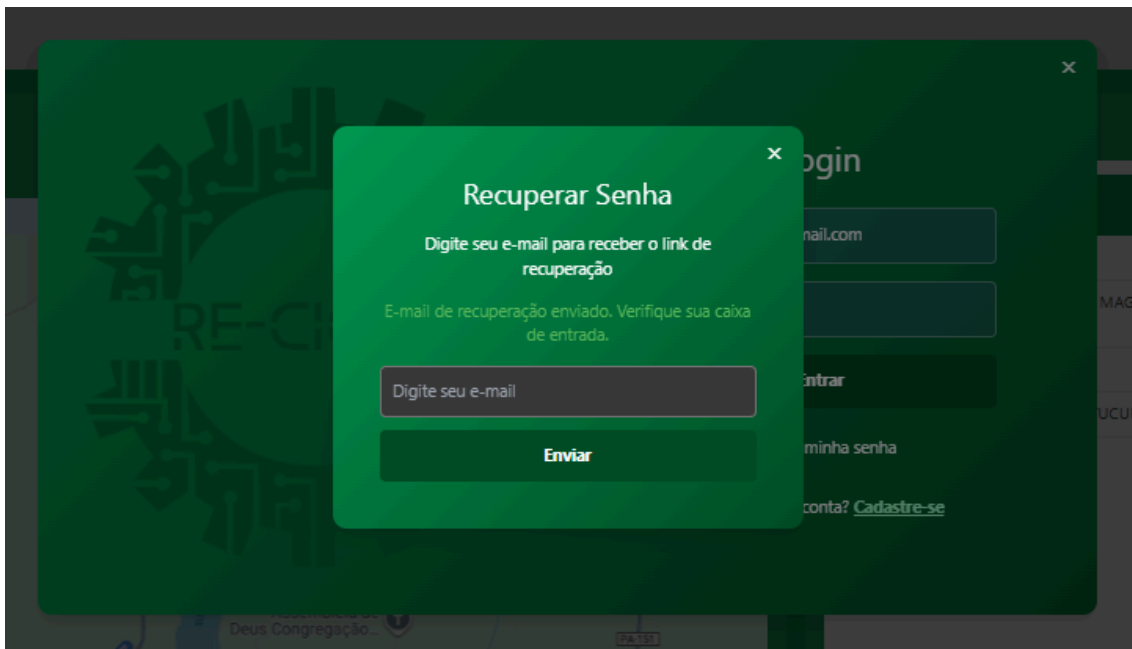
Figura 16 - Modal de login da página *Re-ciclo*.



Fonte: Autor, 2025.

Conforme mostrado na Figura 16, o modal apresenta organização clara das opções, hierarquia visual bem definida e instruções acessíveis inclusive para usuários iniciantes

Figura 17 - Modal de recuperação de senha.



Fonte: Autor, 2025.

5.2.2. Modal de cadastro

O Modal de Cadastro é o ponto de partida para que novos usuários — tanto empresas geradoras quanto centros de coleta — possam se integrar à plataforma. Com um fluxo intuitivo e segmentado, garante que cada perfil forneça as informações necessárias para uma experiência personalizada e eficiente, assegurando ainda a verificação de identidade por e-mail.

O modal opera por meio de dois percursos distintos, adaptados às necessidades informacionais de cada categoria de usuário. Para o cadastro de Empresa Geradora, são solicitados dados essenciais como e-mail corporativo, documento de identificação (CPF ou CNPJ), endereço completo para georreferenciamento e, crucialmente, a especificação dos tipos de resíduos eletroeletrônicos gerados, realizada por meio de uma seleção a partir de uma lista pré-definida na plataforma.

De forma análoga, o fluxo para Centro de Coleta requer a coleta de informações como e-mail para contato, documento de identificação (CPF ou CNPJ), endereço físico do centro e, de modo mais abrangente, os tipos de resíduos coletados, utilizando um sistema de múltipla escolha com opções específicas que refletem sua capacidade operacional. Esta segmentação assegura que todos os agentes sejam cadastrados com os

dados necessários para o pleno funcionamento das funcionalidades da plataforma.

Figura 18 - Modal para cadastro de usuário do tipo empresa e centro.

Cadastro

Selecione seu tipo de usuário

Empresa

Razão Social *

CNPJ *

Telefone *

Endereço

Esta empresa aceita resíduos da comunidade?

Tipos de materiais que recebe:

- Telefonia e Acessórios
- Informática
- Eletrodoméstico
- Pilhas e Baterias
- Outros Eletroeletrônicos

Email *

Senha *

Confirmar Senha *

Cadastrar

Já tem uma conta? [Faça login](#)

Fonte: Autor, 2025.

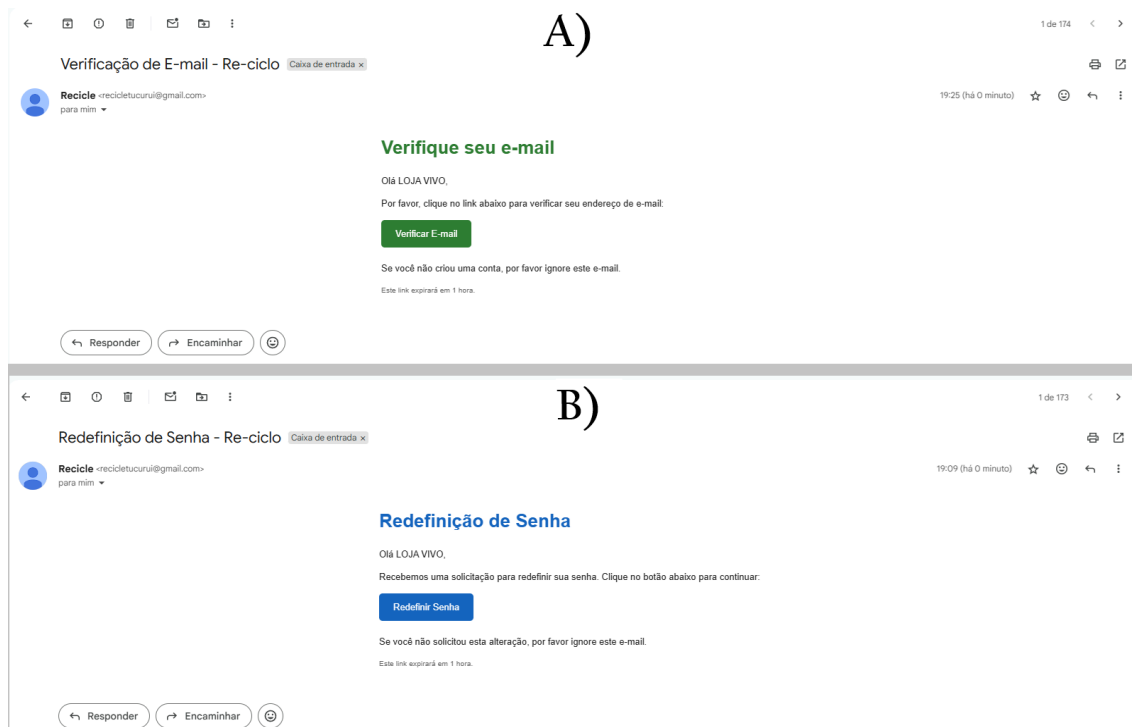
5.3. Fluxos de e-mail: comunicação automatizada e segura.

A plataforma incorpora um sistema de comunicação automatizada por e-mail, fundamental para assegurar tanto a segurança das contas de usuário quanto a eficiência operacional dos processos de validação e recuperação de acesso. Estes fluxos de e-mail foram meticulosamente projetados para proporcionar clareza na comunicação, orientação passo a passo e a devida proteção dos dados dos usuários, mantendo-os

permanentemente informados e no controle de suas contas.

No processo específico de validação de e-mail, acionado imediatamente após o cadastro, um e-mail automatizado é despachado para o endereço informado pelo usuário. Esta mensagem contém um link de confirmação único e válido por tempo limitado, o qual incorpora um token de segurança para verificação de identidade, conforme apresentado nas partes (A) e (B) da Figura 19.

Figura 19 - (A), e-mail recebido para verificação de e-mail informado na plataforma Re-ciclo. (B), e-mail recebido para redefinição de senha, após ser solicitado.



Fonte: Autor, 2025.

Para garantir uma experiência intuitiva, mensagens contextual são apresentadas ao usuário em cada etapa deste processo, conforme demonstrado na Figura 20. Ao interagir com o link, o usuário é redirecionado para a página de confirmação (A) em caso de validação bem-sucedida, ou para a página de redefinição de senha (B) no processo de recuperação de acesso.

Figura 20 - Páginas de confirmação do sistema: (A) página de confirmação de e-mail validado; (B), página de redefinição de senha.



Fonte: Autor, 2025.

Este sistema visa assegurar que o usuário tenha uma experiência fluida e segura em momentos críticos de uso da plataforma, reduzindo a necessidade de suporte manual e aumentando a confiabilidade do serviço.

5.4. Painel de usuário autenticados

Esta seção descreve o fluxo operacional completo para a solicitação e gestão de serviços de coleta na plataforma Re-ciclo, detalhando as funcionalidades disponíveis para os usuários autenticados. O processo foi arquitetado para ser intuitivo e eficiente, orientando a Empresa Geradora desde o cadastro e configuração de sua localização até a conclusão de um pedido de coleta, enquanto fornece ao Centro de Coleta as ferramentas necessárias para gerenciar e executar essas solicitações.

5.4.1. Painel da empresa geradora

O painel da Empresa Geradora consolida suas principais operações em três eixos funcionais. Inicialmente, o módulo Perfil permite a edição e atualização contínua dos dados cadastrais e da localização georreferenciada no mapa conforme exemplificado na Figura 21.

Figura 21 - Painel genérico para empresa com informações cadastrais.

[Voltar](#)

Painel da Empresa [Editar Dados](#) [Excluir Conta](#)

MAGALU

Informações da Empresa

Email: on622@gmail.com

CNPJ: 47960950126656

Razão Social: MAGAZINE LUIZA S/A - MAGAZINE LUIZA TUCURUI

Telefone: 55119899145

Esta empresa aceita resíduos da comunidade? Sim

Tipos de materiais que recebe: Eletrodoméstico, Informática, Telefonia e Acessórios

Horário de Funcionamento

Segunda-feira:	08:00 - 18:00
Terça-feira:	08:00 - 18:00
Quarta-feira:	08:00 - 18:00
Quinta-feira:	08:00 - 18:00
Sexta-feira:	08:00 - 18:00
Sábado:	08:00 - 14:00
Domingo:	Fechado

Endereço: RUA LAURO SODRE, 684 - Centro

Localização

Usar localização atual

Mapa Satélite

Latitude: -3.766634550473998

Longitude: -49.67282721413263

Salvar Localização

Resíduos Disponíveis para Coleta

Adicionar Resíduo

Filtrar por Status: Todos os status

Mostrando 15 de 15 solicitações

Fonte: Autor, 2025.

Em seguida, o processo de solicitação de coleta é conduzido por um fluxo guiado em etapas sequenciais. Por meio de um modal específico, ilustrado na Figura 22, que auxilia o usuário na especificação precisa do tipo, quantidade e local exato dos resíduos a serem coletados.

Figura 22 - Modal para preencher solicitação de coleta por parte da empresa geradora.

The modal form 'Adicionar Resíduo' includes the following fields:

- Tipo de Material:** Dropdown menu with 'Telefonia e Acessórios' selected.
- Quantidade (kg):** Input field with 'Quantidade em kg' placeholder.
- Endereço:** Input field with 'RUA LAURO SODRE, 675 - SEM COMPLEMENTO - SAO JOSE - 68.456-000 -'.
- Data da Solicitação:** Date picker showing '06/10/2025'.
- Observações:** Text area with 'Detalhes adicionais (opcional)' placeholder.
- Imagem (opcional):** File upload area with 'Escolher Arquivo' and 'Nenhum arquivo escolhido' buttons.
- Botão:** 'Solicitar Coleta' button at the bottom.

The background interface shows a table of 'Resíduos Disponíveis para Coleta' and a list of requests with columns: Cod, Tipo, Quantidade, Endereço, Data Solicitação, Data Coleta, Status, Imagem, and Ações.

Fonte: Autor, 2025.

Por fim, a aba de acompanhamento oferece um controle centralizado para o monitoramento em tempo real do status de todas as solicitações, como mostrado na Figura 23. As solicitações evoluem através dos estágios de “Pendente”, “Aceita” e “Concluída”, garantindo total transparência sobre o andamento do serviço.

Figura 23 - Painel da empresa para gerenciamento de solicitações de coleta.

The dashboard includes a table with the following data:

Cod	Tipo	Quantidade	Endereço	Data Solicitação	Data Coleta	Status	Imagem	Ações
2026.02.03-02	Informática	40 kg	RUA LAURO SODRE, 684 - Centro	01/09/2025	-	Pendente		Comprovar Editar Cancelar
2026.02.03-01	Telefonia e Acessórios	20 kg	RUA LAURO SODRE, 684 - Centro	02/09/2025	-	Pendente		Comprovar Editar Cancelar

Fonte: Autor, 2025.

5.4.2. Painel do centro de coleta

O Painel do Centro de Coleta apresenta funcionalidades específicas para o gerenciamento operacional. No módulo de Perfil, conforme apresentado na Figura 24, é possível gerenciar dados operacionais com horário de funcionamento e tipos de resíduos aceitos.

Figura 24 - Painel genérico para centro de reciclagem/coleta, com informações cadastrais.

← Voltar

Painel do Centro de Reciclagem

Editar Dados Excluir Conta

LIVU
ELETROÔNICO

Informações do Centro de Reciclagem

Email: reciclete@gmail.com

CNPJ: 69.468.347/0001-60

Nome Fantasia: RecicloTeste

Telefone: 4987333333

Tipos de materiais que recebe: Telefonias e Acessórios, Informática, Eletrodoméstico, Pilhas e Baterias, Outros Eletroeletrônicos

Horário de Funcionamento	
Segunda-feira:	08:00 - 18:00
Terça-feira:	08:00 - 18:00
Quarta-feira:	08:00 - 18:00
Quinta-feira:	08:00 - 18:00
Sexta-feira:	08:00 - 18:00
Sábado:	09:00 - 14:00
Domingo:	Fechado

Endereço: Rua Maranhão, getat

Localização

Usar localização atual

Mapa Satélite

Latitude: -3,753265327647555

Longitude: -49,67171581927767

Salvar Localização

Fonte: Autor, 2025.

O Gerenciamento de Solicitações permite a visualização de pedidos com filtros por tipo de material - onde apenas os materiais compatíveis com o perfil do centro são exibidos - e por status de solicitação, conforme observado nas Figuras 25 e 26.

Figura 25 - Painel de gerenciamento de coleta acessado pelo usuário centro.

RESUMO OPERACIONAL
 - Coletas disponíveis: 6
 - Tipos aceitos: **Telefonia e Acessórios, Informática, Eletrodoméstico, Pilhas e Baterias, Outros Electroeletrônicos**

SOLICITAÇÕES DISPONÍVEIS
 Todos os tipos | Todos os status

Código	Tipo	Quantidade (kg)	Data Solicitação	Data Coleta	Status	Ações
20251-006-0	Informática	50	09/09/2025	-	pendente	ACEITAR
20251-006-0	Eletrodoméstico	50	03/09/2025	-	pendente	ACEITAR
20251-006-0	Telefonia e Acessórios	20	02/09/2025	-	pendente	ACEITAR
20251-006-0	Pilhas e Baterias	30	01/09/2025	-	pendente	ACEITAR
20251-002-3	Eletrodoméstico	30	01/10/2025	-	concluída	COMPROVANTE
20251-002-1	Telefonia e Acessórios	40	01/10/2025	-	concluída	COMPROVANTE

Fonte: Autor, 2025.

Figura 26 - Painel de centro, aplicado filtro de coletas aceitas.

RESUMO OPERACIONAL
 - Coletas disponíveis: 4
 - Tipos aceitos: **Telefonia e Acessórios, Informática, Eletrodoméstico, Pilhas e Baterias, Outros Electroeletrônicos**

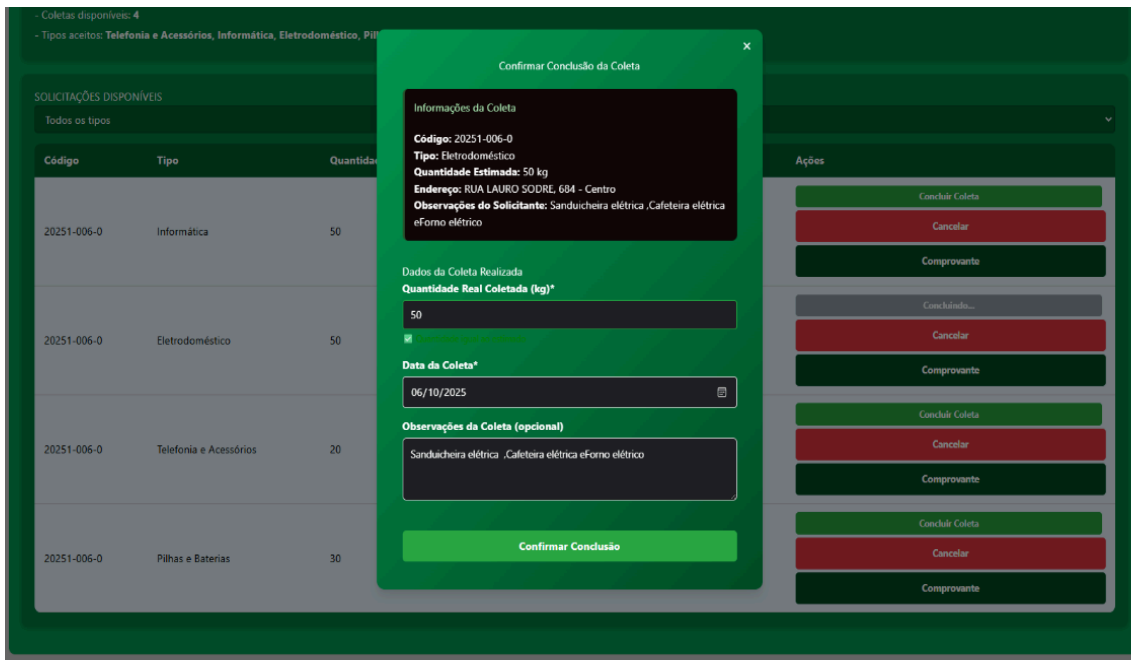
SOLICITAÇÕES DISPONÍVEIS
 Todos os tipos | Aceitas

Código	Tipo	Quantidade (kg)	Data Solicitação	Data Coleta	Status	Ações
20251-006-0	Informática	50	09/09/2025	06/10/2025	aceita	CONCLUIR COLETA CANCELAR COMPROVANTE
20251-006-0	Eletrodoméstico	50	03/09/2025	06/10/2025	aceita	CONCLUIR COLETA CANCELAR COMPROVANTE
20251-006-0	Telefonia e Acessórios	20	02/09/2025	06/10/2025	aceita	CONCLUIR COLETA CANCELAR COMPROVANTE
20251-006-0	Pilhas e Baterias	30	01/09/2025	06/10/2025	aceita	CONCLUIR COLETA CANCELAR COMPROVANTE

Fonte: Autor, 2025.

Já a confirmação de coleta é realizada por meio de um modal específico que formaliza a conclusão do serviço, permitindo registrar quantidades coletadas e feedback, como pode ser observado na Figura 27.

Figura 27 - Modal para concluir uma solicitação de coleta pelo centro.

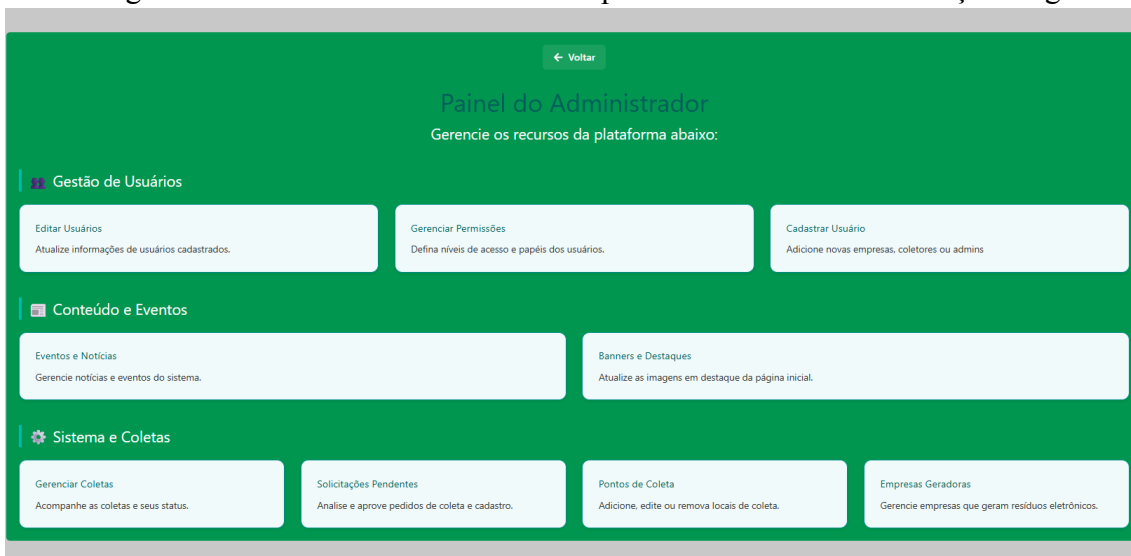


Fonte: Autor, 2025.

5.4.3. Painel administrativo

O Painel do Administrador, detalhado na Figura 28, constitui o centro de controle centralizado da plataforma *Re-ciclo*, destinado ao gerenciamento global dos recursos, usuários e operações do sistema. Esta interface inclui gestão de usuários (empresas e centros), aprovação de cadastros, publicação de notícias/eventos e monitoramento geral das solicitações de coleta.

Figura 28 - Painel do administrador da plataforma Re-ciclo com seção de gestão.



Fonte: Autor, 2025.

6. RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DE USABILIDADE

Os resultados individuais da aplicação do questionário SUS para cada participante (R1 a R9) estão apresentados na Tabela 4. Os nove participantes da avaliação de usabilidade foram divididos em dois grupos, conforme sua interação com a plataforma.

Grupo 1 – Teste Completo do Sistema (R1 a R4): Composto por quatro usuários que realizaram login e testaram todas as funcionalidades da plataforma, incluindo aquelas restritas a usuários cadastrados. Dentre estes, estão profissionais de empresas que participaram da pesquisa de campo, representando o perfil de gestores ou funcionários de estabelecimentos geradores de resíduos.

Grupo 2 – Acesso às Páginas Públicas (R5 a R9): Composto por cinco usuários que interagiram apenas com as seções públicas da plataforma, sem realizar login ou acessar funcionalidades restritas. Este grupo representa principalmente usuários finais em busca de pontos de coleta.

Tabela 4 - Pontuação SUS por respondente, agrupada por tipo de iteração com a plataforma.

Grupo / Tipo de Teste	Respondente	Pontuação SUS	Interpretação (Gabarito tabela 3)
Grupo 1: Teste completo (Login + todas as funcionalidades)	R1	77,5	Boa usabilidade
	R2	97,5	Excelente usabilidade
	R3	82,5	Boa usabilidade
	R4	55,0	Usabilidade aceitável
Média do Grupo 1	78,1		Boa usabilidade/acima da média
Grupo 2: Acesso Público (Apenas páginas públicas)	R5	82,5	Boa usabilidade
	R6	72,5	Boa usabilidade
	R7	80,0	Boa usabilidade
	R8	100,0	Excelente usabilidade
	R9	95	Excelente usabilidade
Média do Grupo 2	86,0		Excelente usabilidade
Média Geral (R1 a R9)	82,5		Boa usabilidade/acima da média

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

A análise desses dados discriminados por grupo revela detalhes importantes sobre a percepção de usabilidade. O Grupo 2 (Acesso Público) obteve uma pontuação média de 86,0, situando-se na faixa de “Excelente usabilidade”. Este resultado indica que a interface voltada para a consulta de pontos de coleta é altamente intuitiva e satisfatória para o usuário final.

Por outro lado, o Grupo 1 (Teste Completo), que executou fluxos mais complexos como cadastro e gestão de coletas, apresentou uma média de 78,1, ainda classificada como “Boa usabilidade/acima da média”. A maior variabilidade neste grupo, com destaque para a pontuação do respondente R4 (55,0), indica que certas funcionalidades específicas para empresas podem apresentar pontos de atrito para alguns perfis, mesmo com a percepção geral sendo boa.

6.1.1. Análise do caso R4 (Pontuação: 55,0 - Usabilidade aceitável)

Um exame detalhado das respostas do R4 ao questionário SUS (Tabela 5) ajuda a identificar possíveis fontes de dificuldade. O perfil de respostas sugere que o participante:

1. Percebeu o sistema como complexo e pouco intuitivo: suas respostas aos itens sobre complexidade desnecessária, confusão e necessidade de aprender coisas novas apontam para uma curva de aprendizado mais acentuada.
2. Sentiu menos confiança e integração: as avaliações neutras sobre a integração das funções e sua própria confiança sugerem que a experiência não foi fluida ou autoexplicativa.
3. Demonstrou baixa adesão percebida: a resposta neutra sobre a intenção de uso frequente reflete uma baixa propensão a adotar o sistema no cotidiano.

Tabela 5 - Resposta detalhada do questionário SUS para respondente R4.

Item SUS (Afirmção)	Resposta R4(Escala Likert: 1 a 5)	Interpretação da Resposta
1. Eu usaria este sistema com frequência.	3	Neutro
2. Eu acho o sistema desnecessariamente complexo.	3	Neutro(Concordância = problema)

3.	Eu achei o sistema fácil de usar.	4	Concordo
4.	Eu acredito que precisaria de ajuda de um técnico.	3	Neutro(Concordância = problema)
5.	As funções do sistema estão bem integradas.	3	Neutro
6.	Eu achei muitas inconsistências no sistemas.	2	Discordo (Discordância = positivo)
7.	A maioria aprenderia a usar rapidamente.	3	Neutro
8.	Eu achei o sistema confuso.	4	Concordo(Problema)
9.	Eu me senti confiante ao usar o sistema.	3	Neutro
10.	Eu precisei aprender várias coisas novas.	2	Discordo (Discordância = positivo)
Pontuação Final SUS		55,0	Usabilidade aceitável

Fonte: Autor. 2025.

Legenda da Escala: 1 = Discordo Totalmente; 2 = Discordo; 3 = Neutro; 4 = Concordo; 5 = Concordo Totalmente.

Este caso específico, provavelmente de um usuário corporativo que interagiu com funcionalidades avançadas, é um valioso indicador de que o fluxo completo para empresas merece atenção em futuras iterações, visando simplificar processos, aumentar a clareza das informações e a sensação de confiança do usuário.

6.1.2. Conclusão da análise de usabilidade

Portanto, embora a média geral de 82,5 reafirme que a plataforma *Re-ciclo* possui uma boa usabilidade, a análise discriminada dos dados traz uma compreensão mais rica: a experiência é excelente para usuários casuais que acessam as funcionalidades públicas, e boa, porém com oportunidades claras de refinamento, para usuários corporativos que utilizam o sistema em sua totalidade. As opiniões obtidas com o caso R4 fornecem direções concretas para priorizar essas melhorias.

7. DESAFIOS ENCONTRADOS

Um dos principais desafios identificados ao longo do desenvolvimento deste trabalho foi a ausência de centros de coleta especializados para Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE) no município de Tucuruí. Embora a cidade possua grande circulação e consumo de equipamentos eletroeletrônicos, não há infraestrutura municipal ou privada dedicada exclusivamente ao recebimento, triagem e encaminhamento adequado desses resíduos.

Essa lacuna estrutural dificulta tanto a gestão ambientalmente correta dos dispositivos descartados, quanto a conscientização e participação da população, que muitas vezes desconhece locais apropriados para destinar seus equipamentos. Como resultado, observa-se que grande parte dos REEE acaba sendo descartada junto ao lixo comum, enviado a aterros ou abandonado em pontos inadequados, contribuindo para riscos ambientais e sanitários.

Além disso, a ausência de centros especializados influenciou principalmente a obtenção de informações sobre a realidade local, uma vez que limitou a coleta de dados in loco, dificultou entrevistas com gestores de unidades de recebimento e reduziu a possibilidade de validar práticas reais de triagem, desmontagem ou reaproveitamento de materiais. Esse cenário, no entanto, não comprometeu o desenvolvimento do projeto — que foi concebido justamente como uma ferramenta preparatória e propositiva —, mas reforça a necessidade urgente de implementação de pontos de coleta e estruturas específicas para o manejo correto de REEE em Tucuruí. A proposta alinha-se, assim, às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e às boas práticas de economia circular, visando subsidiar futuras ações quando os centros forem implantados ou se tornarem mais especializados

8. CONCLUSÃO

O crescimento acelerado da tecnologia tem gerado, na mesma proporção, um aumento significativo na produção de resíduos originados de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). Esse fenômeno demanda, com urgência, a busca por soluções que mitiguem os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses materiais.

Nesse contexto, este trabalho propôs a plataforma *Re-ciclo*, uma solução digital que atua como facilitadora entre empresas geradoras de REEE e centros de coleta e reciclagem, por meio do mapeamento georreferenciado e da conexão eficiente entre esses agentes. Embora não atue diretamente na reciclagem ou destinação final, a *Re-ciclo* cumpre um papel essencial como intermediária, promovendo a integração e transparência na localização dos pontos de entrega. A plataforma também se abre à participação da comunidade, permitindo que cidadãos encontrem locais adequados para o descarte consciente de REEE.

Além disso, a plataforma possibilita a coleta de dados e métricas sobre a geração e o fluxo de REEE, contribuindo para um entendimento mais aprofundado e quantificado do problema. Essas informações podem embasar futuras ações e políticas públicas, bem como orientar melhorias em logística reversa e gestão de resíduos.

É importante destacar que a plataforma desempenha um papel crucial na sensibilização ambiental ao incluir ferramentas como a seção de notícias e eventos, que atua como um meio de disseminação de informações sobre sustentabilidade, leis ambientais e iniciativas locais. Ela atua como um catalisador de mudança cultural, estimulando a implementação de práticas mais sustentáveis tanto pela comunidade quanto pelas empresas.

Por fim, entende-se que a plataforma representa um ponto de partida — uma base sólida e expansível — com significativo potencial de evolução. Novos recursos, integrações e refinamentos podem ser incorporados, enriquecendo sua funcionalidade e ampliando seu impacto positivo na promoção da sustentabilidade e da economia circular. A plataforma apresentada foi validada por meio de testes funcionais e de usabilidade, utilizando a System Usability Scale (SUS), obtendo resultados positivos quanto à experiência do usuário.

REFERÊNCIA

ALMEIDA, M. A. de et al. Destinação do lixo eletrônico: impactos ambientais causados pelos resíduos tecnológicos. e-Locução, [S. l.], v. 1, n. 7, p. 56-72, 2015. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-locucao/article/view/43>. Acesso em: 16 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECICLAGEM DE ELETROELETRÔNICOS E ELETRODOMÉSTICOS (ABREE). Panorama dos resíduos eletrônicos no Brasil em 2023. São Paulo: ABREE, 2023. Disponível em: <https://abree.org.br/>. Acesso em: 21 maio 2025.

BALDÉ, C. P. et al. Global E-waste Monitor 2024. Bonn, Geneva e Rotterdam: UNITAR, ITU e UNEP, 2024. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

BANGOR, A.; KORTUM, P.; MILLER, J. Determining what individual SUS scores mean: adding an adjective rating scale. Journal of Usability Studies, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009. Disponível em: <https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean-adding-an-adjective-rating-scale/>. Acesso em: 2 set. 2025.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. UML – Guia do Usuário. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Institui o Programa Nacional de Logística Reversa e dispõe sobre a implementação do sistema de logística reversa de produtos eletroeletrônicos e seus componentes de uso doméstico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, ed. 9, seção 1, p. 2, 13 jan. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 16 jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 22 maio 2025.

BROOKE, J. SUS: a quick and dirty usability scale. In: JORDAN, P. W. et al. (ed.). Usability evaluation in industry. Londres: Taylor & Francis, 1996. p. 189-194. Disponível em: <https://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>. Acesso em: 2 set. 2025.

CARPANEZ, Juliana. 10 mandamentos do lixo eletrônico. G1, [S. l.], 2007. Disponível em: <https://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia/0,,MUL87082-6174,00.html>. Acesso em: 23 mar. 2025.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. A economia circular explicada, 2019. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>. Acesso em: 15 jun. 2025.

FACEBOOK. React – A JavaScript library for building user interfaces. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://react.dev>. Acesso em: 2 set. 2025.

FIELDING, R. T. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures. Tese (Doutorado em Ciência da informação e da Computação) – University of California, Irvine, 2000. Acesso em 02 de setembro de 2025.

FORTI, V.; BALDÉ, C. P.; KUEHR, R. The Global E-waste Monitor 2024. Bonn, Geneva e Rotterdam: United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) e United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), 2024. Disponível em: <https://ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

GERBASE, A. E.; OLIVEIRA, C. R. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. Química Nova, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 1486–1492, 2012.

GOOGLE. Google Maps Platform Documentation. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://developers.google.com/maps>. Acesso em: 2 set. 2025.

GREEN ELETRON. Resíduos eletrônicos no Brasil – 2023. São Paulo: Green Eletron, 2023. Disponível em: <https://greeneletron.org.br/relatorios/>. Acesso em: 20 mar. 2025.

IEEE. IEEE Std 830-1998 – IEEE Recommended Practice for Software Requirements Specifications. New York: IEEE, 1998.

ISO/IEC/IEEE. ISO/IEC/IEEE 29148:2018 – Systems and software engineering — Life cycle processes — Requirements engineering. Geneva: ISO, 2018.

JONES, M. B.; BRADLEY, J.; SACHA, N. JSON Web Token (JWT). RFC 7519, IETF, maio 2015. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc7519>. Acesso em: 2 set. 2025.

KNIPSVELD, P. et al. Mermaid.js. Versão 10.9.1. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://mermaid.js.org/>. Acesso em: 5 set. 2025.

LUCID SOFTWARE INC. Lucidchart. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://www.lucidchart.com/>. Acesso em: 5 set. 2025.

MARTIN, R. C. Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. Boston: Prentice Hall, 2018.

MATTOS, Karen Maria da Costa; MATTOS, Katty Maria da Costa; PERALES, Wattson José Saenz. Os impactos ambientais causados pelo lixo eletrônico e o uso da logística reversa para minimizar os efeitos causados ao meio ambiente. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro.

PRESSMAN, R. S.; MAXIM, B. R. Engenharia de Software: uma abordagem profissional. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2019.

SOUZA, W. M. de; OLIVEIRA, I. S. de; ARAGÃO, J. S. Gestão de resíduos sólidos em comunidades rurais: um estudo de caso no Sítio Estrela, Barbalha-CE. Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 9, p. e99997057, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i9.7057. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/7057>. Acesso em: 10 jun. 2025.

UNEP (United Nations Environment Programme). Recycling Rates of Metals: A Status

Report. Nairobi: UNEP, 2020. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/recycling-rates-metals-status-report>. Acesso em: 20 mar. 2025.

UNITED NATIONS UNIVERSITY (UNU); INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU); INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION (ISWA). The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. Bonn/Geneva/Rotterdam: UNU/ITU/ISWA, 2020. Disponível em: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Pages/Spotlight/Global-Ewaste-Monitor-2020.aspx>. Acesso em: 21 mar. 2025.

VITE. Next Generation Frontend Tooling. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://vitejs.dev>. Acesso em: 2 set. 2025.

WORLD ECONOMIC FORUM et al. A New Circular Vision for Electronics: Time for a Global Reboot. Cologny: World Economic Forum, 2019. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_A_New_Circular_Vision_for_Electronics.pdf. Acesso em: 20 mar. 2025.

XAVIER, Guilherme de Paula; OLIVEIRA, Bruna Fernanda Faria. Da mineração urbana à economia circular: estimativa do valor agregado aos metais advindos dos resíduos eletroeletrônicos gerados em Uberlândia - MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 32., 2021, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: ABES, 2021. p. 1-10. Disponível em: https://abes-dn.org.br/anaiseletronicos/32cbesa/878_tema_iii.pdf. Acesso em: 21 mar. 2025.

APÊNDICE A – REPOSITÓRIO DO PROJETO

Repositório GitHub contendo o código-fonte completo da plataforma Re-ciclo, desenvolvida como parte deste trabalho de conclusão de curso.

LINK: <https://github.com/Cleberton7/re-ciclo>

TECNOLOGIAS: React.js, Node.js, MongoDB, Google Maps API

VERSÃO:1.0.0 (Dezembro/2025)

LICENÇA: MIT

Fonte: Elaborado pelo autor(2025).

APÊNDICE B - LINK DA PLATAFORMA

Plataforma web Re-ciclo disponível publicamente para demonstração das funcionalidades implementadas neste trabalho.

- URL: <https://re-cicle.vercel.app/>
- Data de publicação: novembro/2024
- Hospedagem: Vercel/Render
- Status: Online

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA DE CAMPO

Este apêndice apresenta o instrumento de coleta de dados utilizado na pesquisa de campo, composto pelas perguntas aplicadas aos participantes:

1. Qual o setor de atuação da sua empresa?
2. Sua empresa tem conhecimento da lei da logística reversa para resíduos eletroeletrônicos?
3. Sua empresa recebe resíduos da comunidade?
4. Sua empresa gera resíduos eletroeletrônicos?
5. Atualmente, como sua empresa descarta ou armazena esses resíduos?
6. Você acredita que um site que mapeia empresas geradoras e centros de coleta ajudaria a melhorar a destinação correta de resíduos eletrônicos?
7. Sua empresa teria interesse em se cadastrar no site para divulgar seus resíduos e encontrar locais de coleta/reciclagem?

Disponível também em:

<https://forms.gle/Qm8Qu4rfVVziaJjs7>

**ANEXO A - QUADRO COM ENDPOINTS DA API RESTFULL UTILIZADO
NO DESENVOLVIMENTO DA PLATAFORMA RE-CICLO**

Quadro 4: Principais endpoints da API RESTfull

Categoria	Método HTTP	Endpoint	Descrição	Autenticação Requerida
Autenticação	POST	/api/auth/register	Registro de novo usuário	Não
	POST	/api/auth/login	Login de usuário	Não
	POST	/api/auth/reset-password	Solicitar perfil do usuário logado	Não
Usuários	GET	/api/users/me	Obter perfil do usuário logado	Sim
	PUT	/api/users/me	Atualizar perfil de usuário	Sim
	PUT	/api/users/localização	Atualizar localização de usuário	Sim
Pontos de Coleta	GET	/api/collection-points/públicos	Listar pontos de coleta públicos	Não
	GET	/api/collection-points/localizaçõ	Obter localizações	Não

Categoria	Método HTTP	Endpoint	Descrição	Autenticação Requerida
Autenticação	POST	/api/auth/register	Registro de novo usuário	Não
	POST	/api/auth/login	Login de usuário	Não
		es	dos pontos	
	GET	/api/collection-points/públicos/:id	Detalhes de um ponto específico	Não
Empresas	GET	/api/empresas/públicas	Listar empresa públicas	Não
	GET	/api/empresas/públicas/:id	Detalhes de uma empresa	Não
Solicitação de Coleta	GET	/api/solicitações	Listar solicitações do usuário	Sim
	POST	/api/solicitações	Criar nova solicitação	Sim
	PUT	/api/solicitações/:id/aceitar	Aceitar solicitação(centro)	Sim
	PUT	/api/solicitações/:id/concluir	Concluir	Sim

Categoria	Método HTTP	Endpoint	Descrição	Autenticação Requerida
Autenticação	POST	/api/auth/register	Registro de novo usuário	Não
	POST	/api/auth/login	Login de usuário	Não
			solicitação(centro)	
Notícias	GET	/api/noticias	Listar notícias	Não
	GET	/api/noticias/:slug	Detalhes de uma notícia	Não
	POST	/api/noticias	Criar notícia(apenas adm)	Sim(Admin)