

CENTRO UNIVERSITÁRIO SERRA DOS ÓRGÃOS UNIFESO  
DIREÇÃO ACADÊMICA DE CIÊNCIAS HUMANAS E TECNOLÓGICAS DACHT  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LETÍCIA LINDBERGHT DA COSTA

**ORBITAR: UMA PLATAFORMA WEB PARA O REAPROVEITAMENTO DE ELETRÔNICOS E  
PROMOÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR**

Teresópolis  
2025

CENTRO UNIVERSITÁRIO SERRA DOS ÓRGÃOS UNIFESO  
DIREÇÃO ACADÊMICA DE CIÊNCIAS HUMANAS E TECNOLÓGICAS DACHT  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LETÍCIA LINDBERGHT DA COSTA

**ORBITAR: UMA PLATAFORMA WEB PARA O REAPROVEITAMENTO DE ELETRÔNICOS E  
PROMOÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Centro Universitário Serra dos Órgãos como  
requisito obrigatório para obtenção do título de  
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: ProfNome do Orientador

Teresópolis  
2025

CENTRO UNIVERSITÁRIO SERRA DOS ÓRGÃOS UNIFESO  
DIREÇÃO ACADÊMICA DE CIÊNCIAS HUMANAS E TECNOLÓGICAS DACHT  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**ORBITAR: UMA PLATAFORMA WEB PARA O REAPROVEITAMENTO DE ELETRÔNICOS E  
PROMOÇÃO DA ECONOMIA CIRCULAR**

LETÍCIA LINDBERGHT DA COSTA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário Serra dos Órgãos como requisito obrigatório para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

---

Prof<sup>a</sup>Nome do Orientador Orientador - MSc.

---

Coorientador - DSc.

---

Nome do Primeiro Membro da Banca - DSc.

---

Nome do Segundo Membro da Banca - DSc.

Teresópolis  
2025

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que, quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas. Lauro César em abnTeX2*

## **Agradecimentos**

Escreva aqui o seus agradecimentos da maneira que melhor lhe convêm.

*“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade.  
Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível”  
(Charles Chaplin)*

## **Lista de Ilustrações**

Figura 1 – Escreva aqui o título da sua figura . . . . .	19
--	----

## **Lista de Quadros**



## **Lista de Tabelas**

## **Lista de Algoritmos**

## **Lista de abreviaturas e siglas**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
------	--

## **Resumo**

Escreva aqui o resumo do seu trabalho. Lembre-se escreva o resumo por ultimo na monografia.

**Palavras-chave:** Palavra-chave1, Palavra-chave2, Palavra-chave3

## **Abstract**

Escreva aqui o seu abstract (Resumo em inglês)

**Keywords:** Keywords1. Keywords2. Keywords3.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>14</b>
1.1	MOTIVAÇÃO . . . . .	14
1.2	JUSTIFICATIVA . . . . .	15
1.3	OBJETIVOS . . . . .	15
1.3.1	OBJETIVO GERAL . . . . .	15
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS . . . . .	15
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO . . . . .	16
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>17</b>
2.1	O DESAFIO DO LIXO ELETRÔNICO E A ECONOMIA CIRCULAR . . .	17
2.2	ARQUITETURA DE APLICAÇÕES WEB MODERNAS . . . . .	18
2.3	TECNOLOGIAS ADOTADAS NO PROJETO . . . . .	18
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO . . . . .</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>22</b>
	 <b>APÊNDICES . . . . .</b>	 <b>23</b>
	<b>APÊNDICE A – EXEMPLO . . . . .</b>	<b>24</b>
	 <b>ANEXOS . . . . .</b>	 <b>25</b>
	<b>ANEXO A – EXEMPLO . . . . .</b>	<b>26</b>

# 1 INTRODUÇÃO

As Tecnologias da Informação e Comunicação *TIC* são pilares da sociedade contemporânea, catalisando o progresso social e econômico. Contudo, o modelo de produção que as sustenta, predominantemente linear e focado no consumo cíclico, gerou um passivo ambiental de proporções críticas: o lixo eletrônico, ou e-waste. Este fenômeno é o resultado direto de um sistema caracterizado pela obsolescência programada e por padrões de consumo insustentáveis, onde equipamentos são descartados em um ritmo alarmante, muitas vezes ainda em plenas condições de uso.

A magnitude deste problema é documentada por múltiplas fontes globais. O relatório *Global E-waste Monitor 2024* revela que a geração de lixo eletrônico atingiu um recorde histórico, crescendo a uma taxa cinco vezes superior à da reciclagem documentada, com dezenas de milhões de toneladas descartadas anualmente (FORTI et al., 2024). Para além do volume, a periculosidade desses resíduos é um fator crítico. Um estudo aprofundado sobre sua composição detalha a presença de numerosas substâncias tóxicas, como chumbo, mercúrio e cádmio, que, quando descartadas incorretamente, representam uma séria ameaça à saúde humana e aos ecossistemas (PERKINS et al., 2014).

Este cenário reflete um desafio sistêmico maior. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico *OCDE*, os atuais padrões de extração e uso de materiais são insustentáveis, e o setor de eletrônicos é um dos principais contribuintes para o esgotamento de recursos naturais finitos (CO-OPERATION; (OECD), 2019). Portanto, tratar o problema do e-waste é uma dupla necessidade: por um lado, mitigar a contaminação ambiental e, por outro, romper com um modelo econômico extrativista e desperdiçador. A solução mais eficaz, alinhada aos princípios da economia circular, é intervir antes que um equipamento se torne resíduo.

Neste contexto, a reutilização emerge como a estratégia prioritária, pois conserva a energia e os materiais embutidos na fabricação do produto, estendendo sua vida útil ao máximo. É a partir desta premissa que este trabalho se desenvolve, propondo uma solução tecnológica para um problema gerado pela própria tecnologia. O objetivo é criar uma ferramenta que não apenas ofereça um destino adequado para eletrônicos subutilizados, mas que também transforme um passivo ambiental em um ativo social, promovendo, como um valioso benefício secundário, a inclusão digital.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

A motivação central deste projeto nasce da constatação de uma grande falha logística e cultural no ciclo de vida dos produtos eletrônicos. Para um cidadão ou uma empresa que substitui um equipamento funcional, o processo de descarte sustentável é frequentemente opaco, inconveniente e desestruturado. Na ausência de canais claros e confiáveis para a doação ou o reaproveitamento, a opção mais fácil acaba sendo o descarte inadequado, que alimenta o

crescente volume de e-waste.

Por outro lado, existe uma demanda latente por esses mesmos dispositivos. A tecnologia pode, ironicamente, resolver um problema que ela mesma ajudou a criar. A proposta é desenvolver a **Orbital**, uma aplicação web que atue como uma ponte digital, conectando quem deseja descartar um eletrônico de forma consciente com quem pode dar a ele uma nova vida, tornando o processo de reutilização simples, seguro e geograficamente acessível.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância deste trabalho se justifica primariamente sob a ótica ambiental, pela necessidade urgente de se contrapor ao modelo de consumo linear. A importância de tratar o e-waste reside em seu duplo impacto negativo: primeiro, a contaminação ambiental e os riscos à saúde pública causados por seus componentes tóxicos, conforme detalhado por Perkins et al. (2014); segundo, o esgotamento de recursos naturais finitos, desperdiçados no descarte prematuro de equipamentos. A plataforma **Orbital** alinha-se diretamente aos princípios da economia circular (FOUNDATION, 2023), promovendo a estratégia mais nobre e eficiente de gestão de resíduos: a reutilização. Ao estender a vida útil de um produto, evitam-se os impactos de todo o ciclo de produção de um novo e do descarte de um antigo.

Como um benefício social derivado, ao intervir no ciclo de descarte, a plataforma gera um impacto secundário de grande relevância, abordando a persistente desigualdade digital no Brasil. Dados da pesquisa TIC Domicílios (CGI.BR, 2024) mostram que a posse de um computador ainda é um forte indicador de oportunidade socioeconômica. Portanto, a proposta se justifica por criar um mecanismo que ataca a raiz do problema do descarte inadequado e, como consequência, transforma um passivo ambiental em um ativo para a inclusão social.

## 1.3 OBJETIVOS

Diante do cenário exposto, os objetivos deste trabalho são definidos a seguir.

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver a Orbital, uma aplicação web focada em promover a economia circular e a sustentabilidade, que conecte doadores e receptores de produtos eletrônicos de forma organizada, segura e localizada, a fim de mitigar o descarte inadequado de e-waste e estender a vida útil da tecnologia.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a Realizar um levantamento conceitual sobre a gestão de e-waste e os princípios da economia circular, e analisar as tecnologias de desenvolvimento web a serem utilizadas (C# .NET,



Angular e SQL Server);

- b Modelar a arquitetura da solução, incluindo o projeto do banco de dados relacional e a definição das interfaces de comunicação via API REST;
- c Desenvolver o back-end da aplicação em C# com a plataforma .NET, implementando as regras de negócio, o sistema de autenticação e o gerenciamento de dados;
- d Desenvolver o front-end da aplicação com Angular, construindo uma interface de usuário responsiva, intuitiva e acessível;
- e Implementar e validar o fluxo completo de doação, desde o cadastro e filtragem por localidade até a reserva temporária do item e a confirmação de entrega.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: o Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, abordando os conceitos de e-waste, economia circular e as tecnologias que servem de base para o projeto. O Capítulo 3 descreve detalhadamente a metodologia empregada, incluindo a arquitetura do sistema, o modelo de dados e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento. No Capítulo 4, são apresentados os resultados, com a demonstração das funcionalidades da plataforma. Finalmente, o Capítulo 5 traz as considerações finais, discutindo as conclusões do estudo, as limitações encontradas e as sugestões para trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta as bases conceituais e tecnológicas que sustentam o desenvolvimento da plataforma Orbital. A exposição parte do fenômeno ambiental que motiva o projeto, avança para a discussão sobre arquiteturas de software e, por fim, detalha as tecnologias específicas empregadas na sua implementação.

### 2.1 O DESAFIO DO LIXO ELETRÔNICO E A ECONOMIA CIRCULAR

A proposta de valor do projeto reside na aplicação de princípios de sustentabilidade para resolver um problema gerado pelo próprio ciclo de consumo tecnológico. Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos *REEE*, ou e-waste, compreendem todos os produtos eletrônicos ao final de sua vida útil. Este problema é definido tanto por sua escala massiva quanto por sua natureza perigosa.

Primeiramente, a escala do problema é evidenciada pelos dados do *Global E-waste Monitor 2024*. O relatório indica que o mundo gerou 62 milhões de toneladas de lixo eletrônico em um único ano, um aumento de 82% desde 2010, enquanto menos de um quarto 22,3% desse volume foi formalmente coletado e reciclado (FORTI et al., 2024). Essa disparidade demonstra a ineficácia dos sistemas atuais de gestão de resíduos e a urgência de novas abordagens.

Em segundo lugar, a periculosidade do e-waste define sua gravidade. Conforme detalhado por Perkins et al. (2014), os componentes eletrônicos contêm uma mistura complexa de materiais valiosos e substâncias perigosas. Elementos como chumbo em soldas, mercúrio em telas de LCD e cádmio em baterias recarregáveis são neurotoxinas e carcinógenos conhecidos. O descarte inadequado desses materiais em lixões ou sua queima a céu aberto liberam essas toxinas no ar, solo e água, resultando em contaminação ambiental duradoura e graves riscos à saúde das comunidades próximas.

A importância de tratar o problema do e-waste é reforçada pela estrutura da economia circular, que oferece um caminho viável para a sustentabilidade. Em oposição ao modelo linear de “extrair-produzir-descartar”, a economia circular propõe um sistema restaurador e regenerativo por design. O objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo (FOUNDATION, 2023). Dentro de seus princípios, a reutilização se destaca como uma das estratégias mais eficientes, pois demanda menos energia e recursos do que a reciclagem. A plataforma **Orbital** foi concebida como uma ferramenta para operacionalizar esse princípio, criando um mercado secundário local e acessível que intercepta dispositivos antes que se tornem lixo, reinserindo-os no sistema produtivo e social.

## 2.2 ARQUITETURA DE APLICAÇÕES WEB MODERNAS

A solução foi concebida como uma aplicação web moderna, projetada para ser escalável, resiliente e acessível.

A arquitetura base é a cliente-servidor, um paradigma que separa as responsabilidades da aplicação. O cliente *front – end*, executado no navegador do usuário, é responsável pela camada de apresentação e interação. O servidor (back-end) concentra a lógica de negócio, o acesso aos dados e as regras de segurança. Essa separação (desacoplamento) é fundamental, pois permite que as equipes de desenvolvimento do front-end e do back-end trabalhem de forma independente, além de viabilizar que diferentes tipos de clientes (como um futuro aplicativo móvel) consumam os mesmos serviços do servidor.

A comunicação entre cliente e servidor é mediada por uma Interface de Programação de Aplicações *API*. Foi adotado o padrão arquitetural REST (Representational State Transfer), definido na dissertação seminal de Roy Fielding (FIELDING, 2000). Uma API RESTful organiza a comunicação em torno de recursos (ex: doadores, doações, dispositivos), que são manipulados através dos verbos padrão do protocolo HTTP (GET, POST, PUT, DELETE). Uma característica chave do REST é ser stateless (sem estado), o que significa que cada requisição do cliente para o servidor deve conter toda a informação necessária para ser processada, garantindo escalabilidade e confiabilidade. Os dados são majoritariamente trafegados no formato JSON (JavaScript Object Notation) devido à sua leveza e fácil interpretação por linguagens de programação.

## 2.3 TECNOLOGIAS ADOTADAS NO PROJETO

A seleção tecnológica para a plataforma Orbital foi orientada pela robustez, escalabilidade e pela forte integração do ecossistema de ferramentas escolhido.

Para o desenvolvimento do back-end, a escolha foi a linguagem C# em conjunto com a plataforma .NET. Mantida pela Microsoft, a .NET é um framework de desenvolvimento de código aberto, multiplataforma e de alto desempenho, ideal para a construção de aplicações web e APIs robustas. Sua arquitetura moderna, forte tipagem e vasto conjunto de bibliotecas permitem a criação de sistemas seguros e escaláveis, enquanto o framework ASP.NET Core simplifica drasticamente a construção de APIs RESTful, permitindo que o desenvolvedor se concentre nas regras de negócio da aplicação.

A interface com o usuário *front – end* foi construída com Angular, um framework mantido pelo Google para o desenvolvimento de Single-Page Applications *SPAs*. O Angular utiliza TypeScript, um superset do JavaScript que adiciona tipagem estática ao código, resultando em um desenvolvimento mais seguro e de fácil manutenção. Sua arquitetura baseada em componentes permite a criação de uma interface modular e reutilizável, o que é ideal para a complexidade e a evolução planejada para a plataforma.

Para a persistência dos dados, optou-se pelo Microsoft SQL Server, um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados *SGBD* relacional altamente robusto e confiável. Sua forte integração com o ecossistema .NET, por meio de ferramentas como o Entity Framework, otimiza o desenvolvimento da camada de acesso a dados. O SQL Server é reconhecido por sua performance e por garantir a integridade e consistência das informações através de transações ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade), um requisito crucial para uma aplicação que gerencia o ciclo de vida de doações, onde cada etapa deve ser registrada de forma segura.

**Figura 1 – Escreva aqui o título da sua figura**



**Fonte: UNIFESO, 2025**

Utilize o comando 1 para referenciar as suas Figuras. exemplo: Figura 1.

### **3 METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO**

Escreva aqui a metodologia adotada no seu trabalho

## **4 Conclusão**

Escreva a sua conclusão do seu trabalho

## Referências

AUTOR, N. do. **Título do Livro**. [S.l.]: Editora, 2025.

CGI.BR, C. G. da Internet no B. **Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos domicílios brasileiros: TIC Domicílios 2023**. São Paulo: CGI.br, 2024. Disponível em: <[https://cgi.br/media/docs/publicacoes/2/20241104102822/tic\\_domicilios\\_2023\\_livro\\_eletronico.pdf](https://cgi.br/media/docs/publicacoes/2/20241104102822/tic_domicilios_2023_livro_eletronico.pdf)>.

CO-OPERATION, O. for E.; (OECD), D. **Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences**. Paris: OECD Publishing, 2019.

FIELDING, R. T. **Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures**. Tese (Doutorado) — University of California, Irvine, 2000.

FORTI, V. et al. **Global E-waste Monitor 2024: Electronic Waste Rising Five Times Faster Than Documented E-waste Recycling**. Geneva: UNITAR, 2024. Disponível em: <<https://ewastemonitor.info/>>.

FOUNDATION, E. M. **What is a circular economy?** 2023. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>>.

PERKINS, D. N. et al. E-waste: a global hazard. **Annals of Global Health**, v. 80, n. 4, p. 286–295, 2014.

UNIFESO, C. U. S. dos Órgãos. **Informações Institucionais e Dados Acadêmicos**. 2025. Disponível em: <<https://www.unifeso.edu.br>>.

## **Apêndices**



## **APÊNDICE A – Exemplo**

## **Anexos**

**ANEXO A – Exemplo**