

MAPEAMENTO DE PONTOS DE RECICLAGEM: ECOMAPS

João Pedro Tomé Moraes; Gabriel Fachola; Profa. Me. Valéria Maria Volpe

e-mail:

contatojptm@gmail.com; gachola1@gmail.com; valeria.volpe@fatec.sp.gov.br

Resumo: O EcoMaps é uma plataforma web de incentivo à reciclagem que oferece um mapa interativo para localizar pontos de coleta de materiais recicláveis. As empresas podem cadastrar seus ecopontos, informando os materiais aceitos, enquanto os usuários comuns podem visualizar essas informações e localizar o ponto mais próximo. Este trabalho descreve o desenvolvimento do sistema, os métodos de coleta e exibição de dados geográficos e o uso de tecnologias web para promover práticas sustentáveis. Por meio da integração de recursos de geolocalização, espera-se facilitar o acesso a informações sobre reciclagem e incentivar a participação da comunidade. Conclui-se que a adoção de soluções como o EcoMaps pode ser uma alternativa eficaz para promover a conscientização ambiental.

Palavras-chave: Ecopontos. Geoprocessamento. Logística reversa. Rastreamento por GPS. Gamificação.

***Abstract:** EcoMaps is a web platform that promotes recycling by providing an interactive map to locate collection points for recyclable materials. Companies can register their eco-points and specify the types of materials accepted, while regular users can access this information and find the nearest collection site. This paper describes the development of the system, the methods used to collect and display geographic data, and the use of web technologies to support sustainable practices. By integrating geolocation features, the platform aims to facilitate access to recycling information and encourage community participation. It is concluded that adopting solutions like EcoMaps can be an effective alternative for promoting environmental awareness.*

Keywords: Eco-points. Geoprocessing. Reverse logistics. GPS tracking. Gamification.

1 Introdução

A reciclagem é uma prática essencial para a sustentabilidade ambiental e tem ganhado cada vez mais atenção no contexto global. Com o aumento da produção de resíduos sólidos, surgem novos desafios para a gestão e destinação correta desses materiais. Neste cenário, a tecnologia pode atuar como uma ferramenta facilitadora, conectando empresas que promovem a reciclagem a cidadãos que desejam colaborar.

O projeto EcoMaps tem o objetivo de preencher essa lacuna, utilizando a geolocalização para mapear pontos de reciclagem e exibir suas informações de forma acessível. A motivação deste trabalho é fomentar o comportamento ambientalmente responsável e incentivar a prática da reciclagem por meio de soluções tecnológicas. Para tal, foi desenvolvida uma plataforma web com o uso de *APIs* (*Application Programming Interfaces* – Interfaces de Programação de Aplicações), que são ferramentas que permitem a comunicação entre diferentes sistemas para manipulação de dados geográficos.

Este trabalho discute o processo de desenvolvimento do sistema, os desafios técnicos enfrentados e os resultados obtidos ao disponibilizar informações relevantes sobre reciclagem à comunidade.

2 Justificativa

O aumento da produção de resíduos sólidos no Brasil e no mundo torna urgente a necessidade de soluções inovadoras que estimulem a reciclagem. Segundo dados da Abrema (Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente), a partir de dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) de 2023, o Brasil recicla apenas 4% de seus resíduos sólidos urbanos produzidos. Diante deste cenário, é evidente a necessidade de ferramentas que auxiliem no processo de conscientização e facilitem a busca por locais adequados para a destinação de materiais recicláveis.

A plataforma *web* EcoMaps surge como uma solução prática para conectar empresas que coletam materiais recicláveis aos cidadãos, permitindo uma maior interação e engajamento nas práticas de reciclagem. Esse sistema, além de ser uma ferramenta útil para a sociedade, pode servir como base para estudos futuros que explorem o uso da tecnologia no incentivo a práticas sustentáveis.

3 Objetivo(s)

O objetivo do projeto EcoMaps é incentivar práticas sustentáveis, facilitando o acesso a informações sobre pontos de reciclagem. A plataforma *web* permite que os usuários localizem

facilmente locais de coleta, visualizem os materiais aceitos por cada ponto e obtenham o endereço das empresas que promovem a reciclagem. A intenção principal é promover o aumento da reciclagem por meio da conscientização e do acesso simplificado às informações, contribuindo para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável. Os principais pontos são:

- Incentivar práticas sustentáveis e a conscientização ambiental;
- Facilitar o acesso a informações sobre pontos de reciclagem locais;
- Permitir que os usuários localizem rapidamente pontos de coleta próximos a partir de um mapa interativo;
- Exibir o endereço e os tipos de materiais aceitos por cada ponto de reciclagem;
- Aumentar a participação pública na reciclagem, contribuindo para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável.

4 Fundamentação Teórica

A fundamentação teórica deste trabalho baseia-se em conceitos de desenvolvimento *web*, georreferenciamento, comunicação em tempo real e sustentabilidade ambiental. O desenvolvimento *web* moderno permite criar aplicações robustas, responsivas e acessíveis por diferentes dispositivos. Para o projeto *EcoMaps*, foi utilizada a tecnologia *Next.js*, um framework baseado em *React* que permite a criação de interfaces dinâmicas com alto desempenho. A estilização da interface é feita com *TailwindCSS*, que proporciona uma estrutura utilitária e produtiva para construção de componentes visuais consistentes.

O sistema também utiliza conceitos de georreferenciamento, que se referem à associação de dados a coordenadas geográficas. Essa técnica é essencial para localizar pontos de coleta de recicláveis no mapa interativo da plataforma. A base cartográfica é fornecida pelo *OpenStreetMap*, uma alternativa *open source* que permite a exibição de mapas personalizados, marcadores e rotas, sendo amplamente adotada em sistemas que exigem dados geoespaciais atualizados.

Para a persistência dos dados, utiliza-se o banco de dados *PostgreSQL*, que, com o uso da extensão *PostGIS*, oferece suporte eficiente à manipulação de dados geográficos. A comunicação entre o *frontend* e o *backend* ocorre por meio de uma *API RESTful*, que organiza

as trocas de informações de forma padronizada e escalável. Além disso, a plataforma conta com integração via WebSocket para permitir a troca de mensagens em tempo real no chat entre usuários.

No campo da sustentabilidade ambiental, este trabalho apoia-se em princípios da educação ambiental e da logística reversa, conforme definidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). O incentivo ao descarte correto de resíduos, aliado à disponibilização de informações claras sobre reciclagem, é essencial para fomentar o comportamento ambientalmente responsável. O EcoMaps, enquanto ferramenta tecnológica, busca não apenas informar, mas também engajar a população na construção de práticas mais sustentáveis.

5 Trabalhos Similares

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de soluções tecnológicas voltadas à promoção de práticas ecológicas, entre elas, a reciclagem de resíduos sólidos. Diversos aplicativos e plataformas *web* têm sido desenvolvidos com o objetivo de conscientizar a população, facilitar a separação correta de materiais recicláveis e incentivar comportamentos sustentáveis. A análise de trabalhos similares é fundamental para identificar estratégias bem-sucedidas, limitações e oportunidades de inovação.

5.1 Desenvolvimento local e possibilidades de uma economia circular a partir de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis

O Brasil, um dos principais geradores de resíduos sólidos urbanos no mundo, enfrenta sérios desafios no gerenciamento desses materiais, especialmente nas grandes cidades. O crescente consumo e descarte de produtos refletem a urbanização acelerada e demandam respostas eficazes para os problemas ambientais e sociais relacionados. No cenário atual, destaca-se a importância da economia circular, que busca transformar resíduos em novos recursos, propondo um modelo de produção e consumo que integra a reutilização e reciclagem.

Outro fator crucial são as cooperativas de catadores, que desempenham papel essencial no recolhimento e triagem de recicláveis. Esses agentes locais promovem práticas sustentáveis e representam uma alternativa viável para a gestão de resíduos, embora muitas vezes operem com pouco apoio ou reconhecimento. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) tenta responder a essas questões com um modelo de responsabilidade compartilhada, na qual cidadãos, empresas e poder público atuam conjuntamente.

Assim, o uso de tecnologias digitais emerge como um facilitador, integrando mapeamento, conscientização ambiental e apoio às cooperativas. Esses recursos podem auxiliar a sociedade a adotar práticas mais sustentáveis, contribuindo para o desenvolvimento urbano de forma planejada e inclusiva.

Brasil enfrenta um grande desafio em relação ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, especialmente nas áreas urbanas densamente povoadas. Conforme descrito no trabalho de Santos et al. (2024), o país se destaca entre os maiores produtores de resíduos, refletindo uma urbanização acelerada que traz consigo problemas ambientais e sociais complexos. Neste contexto, a abordagem da Economia Circular surge como uma solução que busca converter resíduos em novos recursos, promovendo a reutilização e a reciclagem. Essa iniciativa, alinhada com o modelo de produção sustentável, é fundamental para mitigar o impacto do consumo desenfreado. De forma similar, o projeto EcoMaps, ao qual se integra essa análise, busca facilitar o acesso dos cidadãos a pontos de reciclagem, aproveitando a tecnologia para fortalecer práticas sustentáveis e promover a conscientização ambiental.

Um aspecto notável no trabalho comparado é o papel das cooperativas de catadores, que assumem funções importantes na coleta e triagem de recicláveis. Essas cooperativas representam uma força local de sustentabilidade, mas, conforme mencionado, frequentemente operam com escassez de apoio e reconhecimento. No caso do EcoMaps, a tecnologia de geolocalização pode ser empregada para mapear pontos de coleta organizados por essas cooperativas, fornecendo informações acessíveis sobre os materiais aceitos e as localizações de coleta. Este enfoque beneficia tanto as cooperativas, ao torná-las mais visíveis para a comunidade, quanto os cidadãos, que têm a oportunidade de contribuir de forma prática e direta para a reciclagem.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), mencionada no trabalho semelhante, estabelece um modelo de responsabilidade compartilhada entre cidadãos, empresas e governo, visando uma gestão de resíduos mais colaborativa. Este princípio se alinha estreitamente ao

objetivo do EcoMaps, que busca conectar cidadãos e empresas recicladoras, promovendo um engajamento mais ativo no ciclo de reciclagem. Ao dar visibilidade às empresas de reciclagem e cooperativas locais, o EcoMaps reforça a responsabilidade compartilhada proposta pela PNRS, utilizando a tecnologia como meio para fomentar uma maior participação pública.

A digitalização e o uso de tecnologias de mapeamento são destacados tanto no estudo de Santos et al. (2024) quanto no projeto EcoMaps como ferramentas fundamentais para a conscientização ambiental e o apoio a práticas sustentáveis. O EcoMaps, com seu mapa interativo, complementa essa visão ao oferecer uma interface intuitiva na qual os usuários podem localizar pontos de reciclagem próximos, ver os tipos de resíduos aceitos e obter orientações detalhadas. Assim, ele não só incentiva a prática da reciclagem entre os cidadãos, mas também fortalece a infraestrutura social de apoio à reciclagem, reforçando um planejamento urbano sustentável e inclusivo.

Em suma, tanto o trabalho comparado quanto o EcoMaps destacam a relevância de iniciativas que integrem a tecnologia ao desenvolvimento sustentável. Enquanto o primeiro enfatiza a importância das cooperativas e da responsabilidade compartilhada, o EcoMaps adiciona o elemento de acessibilidade e conscientização digital, mostrando que a tecnologia pode ser uma ponte entre a população e as práticas de sustentabilidade. Juntos, esses projetos representam um avanço promissor para transformar o ciclo de consumo e descarte em uma oportunidade de preservação ambiental e engajamento comunitário.

5.2 Reduction of cost and emissions by using recycling and waste management system

Esse estudo examina os sistemas integrados de gestão de resíduos (IWMS) como uma questão ambiental crítica para o aquecimento global, que requer mudanças no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Ele explora métodos de gerenciamento que consideram desde o uso de recursos na produção de bens até a disposição dos mesmos ao final de seu ciclo de vida. Com o crescimento populacional e urbano acelerado, os países enfrentam aumento no consumo e na produção de resíduos, elevando as demandas sobre recursos naturais e aumentando a pressão sobre o meio ambiente.

Os dados indicam que grande parte do lixo gerado (47%) é enterrado, enquanto apenas 31% são reciclados e 22% são incinerados (ANI et al., 2023). Esse cenário evidencia a

necessidade de sistemas eficazes de reaproveitamento de resíduos, já que a maioria não é reutilizada de forma adequada. Nos países em desenvolvimento, a gestão de resíduos é mais complexa devido ao crescimento rápido e desordenado das cidades, à falta de infraestrutura sanitária e ao gerenciamento limitado por parte dos governos, que muitas vezes enfrentam problemas financeiros e resistência da população em pagar por serviços de coleta e tratamento de lixo.

Neste estudo, foram analisados cinco modelos de gestão de resíduos (P1 a P5), cada um com diferentes combinações de coleta, transporte, reciclagem, decomposição anaeróbica e incineração de alta temperatura. O modelo mais avançado (P5) inclui um sistema de incineração por plasma para minimizar a emissão de gases de efeito estufa. A pesquisa compara o impacto ambiental de cada método, com foco nas emissões de gases do efeito estufa, e considera que produtos reciclados substituem aqueles produzidos com recursos naturais, contribuindo para a redução do uso desses recursos.

Segundo Ani et al. (2023), o objetivo é compreender melhor as emissões associadas aos diferentes sistemas de gestão de resíduos e apoiar a escolha do método mais adequado para diferentes cidades, reduzindo o impacto ambiental e promovendo a reutilização eficiente dos resíduos. Os autores destacam que a avaliação do sistema básico de gestão de resíduos demonstra que a quantidade de poluição é equivalente a 850 kg CO₂ por tonelada de resíduos, enquanto no quinto sistema de gestão abrangente essa quantidade é reduzida para 450 kg CO₂ por tonelada de resíduos.

A gestão integrada de resíduos sólidos (IWMS) emerge como uma abordagem crucial para enfrentar os impactos ambientais do aquecimento global, destacando a necessidade de adaptação dos sistemas de gerenciamento de resíduos urbanos em resposta ao aumento populacional e ao consumo. De acordo com Ani et al. (2023), os problemas ambientais e de saúde causados pela falta de uma gestão adequada dos resíduos incluem o aumento de doenças, aumento de animais vadios, poluição do ar, da água, da terra, entre outros.

O estudo analisado mostra que o crescimento do consumo, impulsionado pela urbanização e pelo desenvolvimento industrial, resulta em grandes quantidades de resíduos, com 47% sendo enterrados e uma fração menor reciclada ou incinerada. Esse cenário reflete desafios comuns em diversos países, onde a falta de infraestrutura adequada e a baixa taxa de reaproveitamento pressionam ainda mais os recursos naturais.

A integração de tecnologias e modelos sustentáveis, como a economia circular, é enfatizada como forma de reduzir o desperdício e transformar resíduos em novos recursos. A utilização de abordagens complementares, como o mapeamento digital, sistemas de monitoramento e a organização de agentes locais, busca otimizar a cadeia de reaproveitamento e ampliar o volume de materiais reciclados. Nesse contexto, o papel das cooperativas de catadores, que promovem práticas sustentáveis de coleta e triagem de resíduos, torna-se essencial. A organização dessas cooperativas, muitas vezes com apoio limitado, representa uma alternativa viável para a gestão sustentável de resíduos nas áreas urbanas.

Ani et al. (2023) destacam que, em todos os sistemas de gestão apresentados, o processo de enterramento de resíduos em aterros sanitários é o que tem maior efeito no aumento da poluição. Isso significa que a poluição causada pelo enterramento dos resíduos no aterro sanitário será reduzida com a construção do sistema de extração de gás e do método de plasma e utilização na produção de energia elétrica.

O estudo também destaca a relevância de uma abordagem de gestão que considere múltiplos métodos de disposição, adaptados conforme a tipologia dos resíduos. A utilização de diversos processos, como reciclagem, incineração a altas temperaturas e digestão anaeróbica, permite uma resposta mais precisa às características dos resíduos gerados. Esse modelo combina tecnologia com abordagens colaborativas, possibilitando o uso eficiente de recursos e contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais.

A possibilidade de geração de energia a partir dos resíduos é outro ponto significativo, sugerindo um caminho para soluções sustentáveis a longo prazo. No modelo IWMS, a recuperação de energia de incineradores de resíduos e a compostagem substituem fontes energéticas tradicionais, criando um ciclo produtivo que valoriza os resíduos e diminui a dependência de recursos primários. Conforme observado por Ani et al. (2023), apesar do aumento dos custos iniciais, a utilização da tecnologia certa e do sistema de resíduos adequado com base no tipo de resíduos e na reciclagem de resíduos tem um efeito na eficiência do sistema.

A ideia de integrar sistemas de geração de energia e reaproveitamento representa uma evolução da economia circular, possibilitando que comunidades e regiões urbanas otimizem o uso dos recursos disponíveis.

Ao propor uma estrutura de responsabilidade compartilhada, o estudo defende que governos, empresas e cidadãos devem colaborar para alcançar resultados sustentáveis no manejo dos resíduos. Essa integração de métodos tecnológicos e participação comunitária é

essencial para enfrentar os desafios de um mundo em constante urbanização, onde o manejo de resíduos precisa ser eficiente, inclusivo e ambientalmente responsável.

5.3 Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos

Souza, Rodrigues e Santos (2024) examinam os custos elevados associados às atividades de coleta e transporte no sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU), os quais representam uma carga significativa para os orçamentos municipais. Para enfrentar esse desafio, foram avaliadas políticas de educação ambiental, expansão da coleta seletiva e redução da taxa de geração per capita de resíduos. A análise utilizou um modelo de dinâmica de sistemas, simulando 27 cenários para prever os impactos dessas políticas de 2019 a 2040.

Os resultados indicam que investimentos em educação ambiental são eficazes quando acompanhados pela ampliação da coleta seletiva, embora esta última aumente os custos totais do sistema. A coleta seletiva, três vezes mais cara que a convencional, pode ser otimizada pela diminuição da geração per capita, alcançável por meio de programas educativos. Além disso, o modelo desenvolvido por Souza, Rodrigues e Santos (2024) serve como ferramenta de previsão e análise de custos, considerando a influência de diferentes políticas no gerenciamento de RSU, destacando-se como um recurso estratégico para a tomada de decisões em municípios que visam adotar práticas sustentáveis.

A pesquisa reforça a importância de um sistema integrado, onde políticas de educação ambiental, coleta seletiva e redução de resíduos convergem para promover uma gestão mais eficiente e ambientalmente consciente (Souza *et al.*, 2024).

Este estudo sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) aborda desafios significativos para a administração pública, especialmente no que se refere aos custos elevados com a coleta e transporte de resíduos. A pesquisa demonstra a importância de políticas públicas bem-estruturadas, como a educação ambiental e a expansão da coleta seletiva, para reduzir custos e melhorar a sustentabilidade. Essa abordagem se alinha com práticas de otimização de sistemas, visando uma gestão pública mais eficiente e com menor impacto financeiro, algo que também se reflete na gestão de dados e processos administrativos.

A relação entre os dois temas está na busca por soluções que envolvem a implementação de políticas públicas eficazes, análise de cenários e o uso de modelos preditivos para prever e controlar custos. Assim como no gerenciamento de RSU, onde a expansão da coleta seletiva e a educação ambiental são fundamentais para a redução dos custos a longo prazo, a adoção de práticas tecnológicas e de automação em sistemas administrativos permite a otimização de processos e o controle eficiente de recursos.

O modelo de dinâmica de sistemas utilizado no estudo sobre RSU é uma ferramenta poderosa para a previsão de impactos e a tomada de decisões, algo que também se aplica à análise de dados e processos em sistemas administrativos. Ambos os casos compartilham a necessidade de avaliar diferentes cenários, identificar variáveis-chave e implementar estratégias que tragam benefícios sustentáveis a longo prazo, seja na gestão de resíduos ou na administração pública em geral (Souza *et al.*, 2024).

Portanto, a conexão entre os dois estudos se dá na aplicação de abordagens sistêmicas e modelagem para otimizar recursos e melhorar a eficiência na gestão pública, seja na área de resíduos ou na gestão de processos administrativos e tecnológicos. Ambos os campos exigem análise de dados, planejamento estratégico e implementação de políticas públicas para alcançar a sustentabilidade e a eficiência, garantindo resultados positivos tanto em termos econômicos quanto ambientais (Souza *et al.*, 2024).

6 Metodologia

O desenvolvimento da plataforma web *EcoMaps*, uma ferramenta de apoio à prática da reciclagem, será realizado em etapas estruturadas, utilizando tecnologias modernas de desenvolvimento *web* e recursos avançados de georreferenciamento. As principais fases envolvem o levantamento de requisitos, a definição das tecnologias a serem empregadas, o design da interface, a implementação das funcionalidades básicas, a integração com serviços externos e a realização de testes.

Para a construção da interface, será utilizado o framework *Next.js*, baseado em *React*, que possibilita a criação de aplicações web dinâmicas, responsivas e com alto desempenho. A estilização será realizada com *TailwindCSS*, uma biblioteca utilitária que facilita a construção de componentes visuais consistentes e produtivos.

A manipulação dos dados geográficos para a localização dos pontos de coleta será realizada por meio da base cartográfica *OpenStreetMap*, uma solução *open source* que permite a exibição de mapas personalizados, incluindo marcadores e rotas, essenciais para a usabilidade da plataforma.

A persistência dos dados ocorrerá no banco *PostgreSQL*. A comunicação entre o *frontend* e o *backend* será feita via uma *API RESTful*, garantindo organização e escalabilidade na troca de informações.

O processo de coleta de dados foi inicialmente realizado de forma manual, por meio da pesquisa de informações públicas sobre pontos de coleta existentes nas cidades, e será complementado progressivamente com registros inseridos por empresas e usuários da plataforma. Antes da exibição para os usuários, essas informações passarão por validação para assegurar a qualidade dos dados apresentados.

Testes de funcionalidade, desempenho e usabilidade serão realizados durante o desenvolvimento, utilizando diversos dispositivos e navegadores para garantir o correto funcionamento da plataforma em diferentes contextos de uso.

Esta metodologia busca garantir que os objetivos do projeto sejam atingidos de forma eficaz, proporcionando uma ferramenta confiável, acessível e capaz de incentivar práticas sustentáveis de reciclagem, alinhada aos princípios de educação ambiental e sustentabilidade.

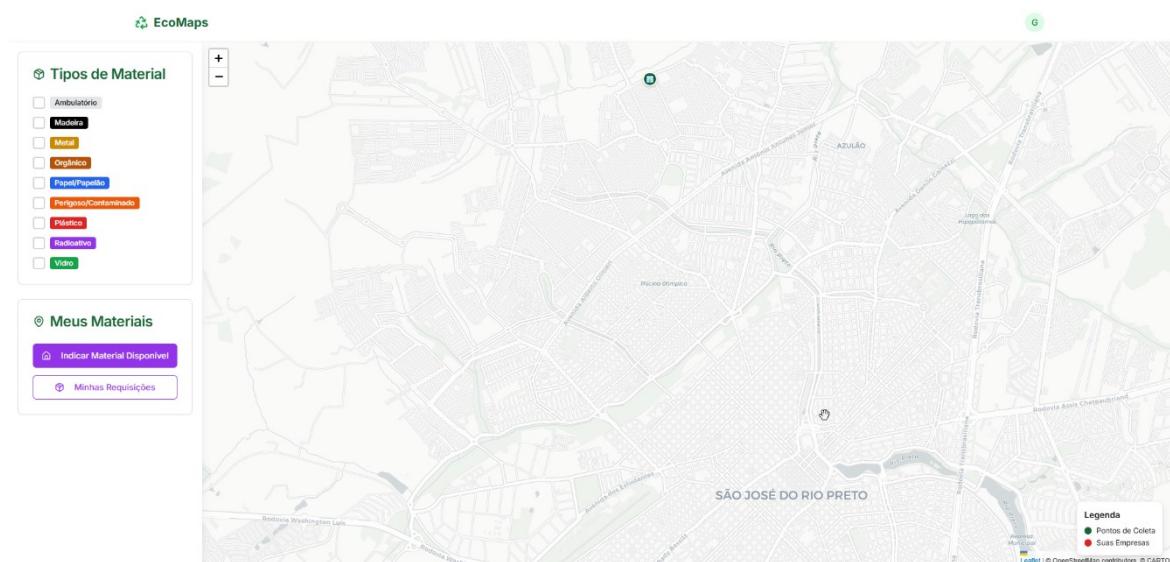
7 Desenvolvimento

O desenvolvimento da plataforma *EcoMaps* foi realizado em ambiente web, utilizando o framework *Next.js*, baseado em *React*, com estilização feita por meio do TailwindCSS e componentes visuais da biblioteca *Shadcn/UI*. O editor escolhido para a codificação foi o *Visual Studio Code*, com controle de versão por meio do *GitHub*.

O projeto foi dividido em cinco etapas principais: estruturação da aplicação, desenvolvimento da interface do usuário, integração com mapas, conexão com banco de dados e realização de testes. Na etapa inicial, foi criada a base do projeto, incluindo a instalação das bibliotecas essenciais para o roteamento, comunicação com a *API*, integração com o mapa e construção dos componentes visuais reutilizáveis.

A interface foi construída com foco em usabilidade, clareza e acessibilidade. Dentre as principais páginas desenvolvidas, destaca-se a tela inicial da plataforma, onde o usuário visualiza um mapa interativo com os pontos de coleta de materiais recicláveis já registrados. A localização atual do usuário é utilizada para exibir ecopontos próximos, e filtros permitem refinar a visualização por tipo de material. A funcionalidade é essencial para conectar cidadãos a locais adequados de descarte e promover a logística reversa (Figura 1).

Figura 1 Tela inicial com mapa interativo e filtros por tipo de material



Fonte: Autor (2025)

Outro elemento importante da plataforma é o cadastro de empresas, cooperativas e estabelecimentos que atuam na coleta ou reciclagem de materiais recicláveis. Por meio dessa funcionalidade, o responsável pode preencher um formulário contendo informações detalhadas sobre a empresa, incluindo dados cadastrais, localização precisa e os tipos de materiais aceitos para coleta, como plástico, papel, vidro, metal, entre outros. Essa etapa é fundamental para alimentar continuamente a base de dados da plataforma com novos ecopontos, garantindo que o sistema esteja sempre atualizado e ampliando o alcance da solução. Dessa forma, mais usuários podem encontrar facilmente pontos de coleta próximos, enquanto as empresas e cooperativas ganham maior visibilidade para suas atividades, contribuindo para o fortalecimento da cadeia de reciclagem e para a promoção de práticas sustentáveis na comunidade (Figura 2).

Figura 2 Tela de cadastro de empresa/cooperativa com localização e materiais aceitos

The screenshot shows a web-based form titled "Cadastro de Empresa". The form is divided into several sections:

- Dados da Empresa:** Fields for Nome da Empresa (Nome da Empresa *), CNPJ (CNPJ *), Telefone (Telefone *), and Email (Email).
- Descrição:** A text area for Descreva sua empresa e serviços.
- Foto da Empresa:** A placeholder for a company photo with instructions: "Clique ou arraste a foto PNG, JPG ou WebP ate 100MB".
- Endereço:** Fields for Rua/Avenida (Rua/Avenida *), Número (Número *), CEP (CEP 00000-000), Complemento (Complemento), UF (UF * - Selecionar a UF), and Cidade (Cidade * - Selecionar a cidade).
- Localização no Mapa:** An interactive map showing the location of Brazil and surrounding countries (Bolivia, Paraguay, Argentina, Uruguay, Chile, Peru, Bolivia, Paraguay, Brazil, Argentina, Uruguay, Chile, Peru). Labels include La Paz, Sucre, Asuncion, Parana, Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, and Brasilia.
- Materiais Aceitos ***: A section with checkboxes for various materials:
 - Ambulatório
 - Papel/Papelaria
 - Vidro
 - Madeira
 - Perigoso/Contaminado
 - Óleo
 - Pilares
 - Órgânico
 - Inorgânico

At the bottom right of the form is a green button labeled "Cadastrar Empresa".

Fonte: Autor (2025)

Também foi implementado um formulário destinado aos usuários comuns da plataforma, possibilitando que qualquer pessoa possa informar a disponibilidade de materiais recicláveis para coleta em sua residência, comércio ou outro local. Essa funcionalidade desempenha um papel fundamental ao promover o engajamento comunitário, estimulando a participação ativa dos cidadãos no processo de reciclagem e fortalecendo a colaboração direta entre a população e as empresas, cooperativas ou estabelecimentos responsáveis pela coleta e destinação adequada dos resíduos. Por meio dessa ferramenta, cria-se uma rede dinâmica e colaborativa, que facilita a comunicação e a troca de informações entre aqueles que possuem materiais recicláveis disponíveis e os agentes que realizam o recolhimento, otimizando o fluxo de coleta e contribuindo para a eficiência do sistema. O formulário solicita o preenchimento de dados precisos de localização, permitindo identificar com exatidão o ponto de coleta, além de listar os tipos específicos de materiais recicláveis disponíveis, como plástico, papel, vidro, metal e outros resíduos, para que a triagem e o planejamento logístico possam ser realizados de forma adequada. Além disso, há um campo opcional para que o usuário possa fornecer uma descrição

detalhada ou informações adicionais relevantes, como quantidade estimada, condições dos materiais ou qualquer outra observação que possa facilitar o processo de coleta. Dessa maneira, essa funcionalidade amplia a participação popular, incentiva práticas sustentáveis e contribui diretamente para a criação de uma cadeia mais eficiente e integrada de reciclagem dentro da comunidade (Figura 3).

Figura 3 Tela de indicação de materiais recicláveis por usuários comuns

The screenshot shows a web-based application for reporting recyclable materials. At the top, there's a header with the logo 'EcoMaps'. Below it, a section titled 'Indicar Material Disponível' (Available Material Indication) with the sub-instruction 'Informe que você tem materiais recicláveis disponíveis para coleta.' (Inform that you have recyclable materials available for collection). The form is divided into several sections:

- Informações Adicionais**: A text area labeled 'Descrição (opcional)' (Optional Description) with the instruction 'Descreva onde estão os materiais, instruções de acesso, etc.' (Describe where the materials are, access instructions, etc.).
- Endereço**: Fields for 'Rua/Avenida *' (Street/Boulevard), 'Número *' (Number), 'CEP *' (ZIP Code), 'Complemento' (Complement), 'UF *' (State), and 'Cidade *' (City). There are dropdown menus for selecting the state and city.
- Localização no Mapa**: A map of South America showing major cities like La Paz, Sucre, Brasília, São Paulo, Rio de Janeiro, and Asunción. It includes zoom controls (+/-) and a legend for countries: BOLÍVIA, PARAGUAY, and BRASIL.
- Materiais Disponíveis ***: A list of material types with checkboxes:
 - Ambulatório
 - Madeira
 - Metal
 - Órgânico
 - Papel/Papél
 - Perigoso/Contaminado
 - Hádico
 - Radioativo
 - Vidro
- Selecionar pelo menos um material** (Select at least one material) - a red instruction at the bottom of the material list.
- Cancelar** (Cancel) and **Indicar Material** (Indicate Material) buttons at the bottom.

Fonte: Autor (2025)

No *backend*, a plataforma utiliza um banco de dados *PostgreSQL*, acessado através da biblioteca *pg* no *Node.js*. Os dados das empresas, usuários, localizações e materiais são

persistidos de forma estruturada, garantindo integridade e escalabilidade. A comunicação entre *frontend* e *backend* ocorre por meio de uma *API RESTful*, com rotas organizadas e seguras.

Por fim, foram realizados testes manuais em navegadores modernos e dispositivos com diferentes tamanhos de tela. Os testes verificaram a responsividade, a correta exibição dos dados no mapa, a validação dos formulários e a integração entre os módulos da aplicação. Inicialmente, os dados foram inseridos manualmente por meio do formulário de cadastro, mas futuras versões da plataforma devem incluir funcionalidades para moderação e publicação colaborativa de pontos de coleta.

8 Resultados e Discussões

O desenvolvimento da plataforma web EcoMaps resultou em uma solução funcional e responsiva, voltada ao mapeamento de pontos de coleta de materiais recicláveis com base em dados geográficos. Com a integração ao *OpenStreetMap*, foram exibidos mapas interativos com marcadores personalizados, permitindo que os usuários localizem pontos de coleta e consultem os materiais aceitos. A interface, desenvolvida com *Next.js* e estilizada com *TailwindCSS*, proporciona alto desempenho e consistência visual. Os dados geoespaciais são armazenados em *PostgreSQL*, com suporte da extensão *PostGIS*. A comunicação entre *frontend* e *backend* ocorre por meio de *API RESTful*, com *WebSocket* para interações em tempo real no chat. O projeto alcançou seu objetivo de incentivar práticas sustentáveis e facilitar o acesso a informações sobre reciclagem. Os objetivos iniciais foram mantidos, com foco na usabilidade, escalabilidade e impacto ambiental positivo.

9 Conclusões

Este trabalho apresentou o desenvolvimento da plataforma digital EcoMaps, voltada ao incentivo da reciclagem por meio do mapeamento georreferenciado de pontos de coleta de materiais recicláveis. Utilizando tecnologias como *Next.js* e *TailwindCSS* no *frontend*, *PostgreSQL* com *PostGIS* para persistência de dados geoespaciais e *OpenStreetMap* como base

cartográfica, a plataforma oferece uma solução moderna, eficiente e de fácil navegação. A comunicação entre os componentes do sistema ocorre por meio de uma *API RESTful*.

Os resultados demonstraram que a ferramenta facilita o acesso a informações sobre reciclagem, promovendo o engajamento dos usuários e contribuindo significativamente para a conscientização ambiental.

Os objetivos propostos foram plenamente atingidos, uma vez que a plataforma permite localizar pontos de coleta, visualizar os materiais aceitos e apoiar tanto empresas quanto cidadãos na destinação adequada de resíduos. Como limitação, destaca-se a necessidade de ampliação da base de dados e a dependência de registros manuais na etapa inicial. Para trabalhos futuros, recomenda-se a integração com sistemas públicos de gestão de resíduos e a expansão da plataforma para outras regiões do país.

Referências

ANI, L. S.; BUDOVICH, L.; KLUNKO, N. S.; JUMANAZAROVA, G. U.; NASUROVA, K.; ASATULLAEV, K. Reduction of cost and emissions by using recycling and waste management system. Brazilian Journal of Biology, v. 83, e273843, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/dhNwLxXKcVfyN69RsdnYBGh/?lang=en>. Acesso em: 12 jan. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 147, n. 148, p. 3-7, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 jan. 2025.

SANTOS, D. C. dos; SANTOS, M. S. dos; OLIVEIRA, E. S. de; VIEIRA, L. M. Desenvolvimento local e possibilidades de uma economia circular a partir de uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis. Interações, Campo Grande, v. 25, n. 2, p. 389-404, abr./jun. 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/QFvJQgntT7JDBRGGStsmP9Q/?lang=pt>. Acesso em: 12 jan.

2025.

SOUZA, D. R. de; RODRIGUES, T. E.; SANTOS, L. A. dos. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana, Curitiba, v. 16, e20220063, 2024. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/zssQX57CXWG7C7fKRzvk7pN/?lang=pt>. Acesso em: 14 jan. 2025.