

**DESCARTEX: APLICATIVO MOBILE PARA AUXÍLIO NO DESCARTE CORRETO
DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**
**DESCARTEX: A MOBILE APPLICATION TO ASSIST IN THE PROPER DISPOSAL
OF URBAN SOLID WASTE**

Francisco Márcio da Silva Oliveira Júnior
Prof. Dr. Ricardo Brauner dos Santos

RESUMO

O presente trabalho apresenta o *Descartex*, um aplicativo mobile voltado para a otimização do ciclo de gestão de resíduos sólidos urbanos em pequenas e médias empresas. A proposta surge diante da crescente demanda por soluções sustentáveis e integradas que auxiliem organizações no cumprimento de metas ambientais e regulamentações legais. O *Descartex* centraliza etapas que tradicionalmente ocorrem de forma fragmentada — como registro de resíduos, leitura automatizada de peso com visão computacional, geração de relatórios e solicitação de coleta seletiva — em uma única plataforma intuitiva. A metodologia adotada envolveu pesquisa com usuários, análise de concorrência, prototipação iterativa com foco em usabilidade e testes comparativos entre tecnologias de OCR, resultando na escolha da *API Google Vision* para leitura de peso. A aplicação foi avaliada por meio de testes com usuários reais, cujos resultados demonstraram alta aceitação, melhora na eficiência e redução de erros humanos. Com isso, conclui-se que o *Descartex* representa uma solução inovadora, prática e acessível, contribuindo para a adesão das empresas à sustentabilidade por meio da tecnologia.

Palavras-chave: gestão de resíduos; aplicativo móvel; sustentabilidade; inteligência artificial; usabilidade.

ABSTRACT

This paper presents *Descartex*, a mobile application designed to optimize the solid waste management cycle for small and medium-sized enterprises. The proposal arises from the growing demand for sustainable and integrated solutions that assist organizations in meeting environmental goals and legal regulations. *Descartex* centralizes traditionally fragmented processes — such as waste registration, automated weight reading using artificial intelligence, report generation, and selective collection requests — into a single intuitive platform. The methodology included user research, competitor analysis, iterative prototyping with a focus on usability, and comparative tests between OCR technologies, which led to the selection of the Google Vision API for weight detection. The application was evaluated through tests with real users, showing high acceptance, improved efficiency, and reduced human error. It is concluded that *Descartex* represents an innovative, practical, and accessible solution that supports business engagement with sustainability through technology.

Keywords: waste management; mobile application; sustainability; artificial intelligence; usability.

1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos é um dos maiores desafios enfrentados pelas sociedades contemporâneas. No Brasil, a situação é alarmante: são geradas anualmente cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos, sendo que apenas 4% são reciclados de forma adequada (AGÊNCIA BRASIL, 2023). Segundo dados da Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA), em 2022, cerca de 33 milhões de toneladas foram destinadas de forma inadequada, sendo 28 milhões para lixões ainda ativos, apesar de proibidos desde 2014 pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010).

Frete à crescente pressão por práticas sustentáveis e ao endurecimento das legislações ambientais, muitas empresas vêm buscando soluções digitais para gerenciar seus resíduos de forma mais eficiente. No entanto, o cenário atual ainda é marcado por processos fragmentados, burocráticos e vulneráveis a erros humanos. É comum que empresas utilizem diferentes plataformas para registrar, calcular e relatar o descarte de resíduos, o que compromete tanto a eficiência quanto a aderência a essas práticas por parte de seus colaboradores.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o Descartex, um aplicativo mobile desenvolvido com o objetivo de centralizar as etapas do ciclo de gestão de resíduos empresariais em uma única plataforma. A solução se propõe a integrar funcionalidades como registro automatizado de resíduos com leitura de peso através de visão computacional, geração de relatórios e integração com sistemas municipais de coleta seletiva. Além disso, o aplicativo foi projetado com foco em usabilidade, garantindo acessibilidade mesmo para usuários com baixa familiaridade tecnológica.

A motivação para o desenvolvimento do Descartex surgiu a partir de análises de mercado, entrevistas com empresas que já participam de programas de coleta seletiva e testes de usabilidade. Os dados revelaram uma lacuna clara por soluções simples, intuitivas e integradas — especialmente entre micro e pequenas empresas, que muitas vezes enfrentam limitações técnicas e operacionais (SEBRAE, 2023).

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção seguinte apresenta a fundamentação teórica que embasa o desenvolvimento do produto. Em seguida, são descritos os objetivos, diferenciais e metodologia empregada no projeto. Depois, detalha-se a solução desenvolvida, incluindo seus recursos técnicos e avaliação com usuários reais. Por fim, avaliam-se e discutem-se os resultados obtidos, suas limitações e implicações para o campo da tecnologia voltada à sustentabilidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A gestão eficiente de resíduos sólidos é um dos pilares da sustentabilidade urbana e empresarial. Segundo Dias (2011), a gestão integrada de resíduos envolve a articulação entre aspectos ambientais, sociais, econômicos e tecnológicos, sendo fundamental para minimizar os impactos da geração e descarte de resíduos. Nesse contexto, a utilização de tecnologias digitais vem sendo amplamente explorada como meio de promover maior controle, rastreabilidade e engajamento nos processos de coleta e destinação final.

O uso de aplicativos móveis no contexto ambiental tem se consolidado como uma tendência promissora, especialmente pela facilidade de acesso a dispositivos e a capacidade desses sistemas de promover interatividade, coleta de dados em tempo real e engajamento do usuário. De acordo com Gonçalves e Oliveira (2020), a mobilidade e a personalização da experiência proporcionadas pelos aplicativos permitem maior adesão a práticas sustentáveis quando comparadas a métodos tradicionais. Além disso, a aplicação de técnicas de visão computacional para identificar e classificar resíduos em via pública pode aumentar a

conscientização dos usuários e incentivar ações ecológicas (RAD et al., 2017).

A inteligência artificial (IA), por sua vez, tem sido cada vez mais aplicada à automação de processos ambientais. Técnicas de *Optical Character Recognition* (OCR), por exemplo, permitem extrair dados de imagens — como a leitura de peso em balanças — de forma automatizada e precisa. Segundo Goodfellow, Bengio e Courville (2016), os avanços em redes neurais profundas ampliaram as possibilidades de aplicação de OCR em contextos mais desafiadores, como ambientes com baixa iluminação ou fontes tipográficas irregulares.

Outro aspecto essencial para o sucesso de soluções tecnológicas é a usabilidade. Conforme a norma ISO 9241-11 (2018), usabilidade é definida como "a medida na qual um sistema pode ser usado por usuários específicos para alcançar objetivos específicos com efetividade, eficiência e satisfação em um contexto de uso específico". No contexto empresarial, interfaces simples e intuitivas são indispensáveis para garantir o engajamento dos colaboradores que muitas vezes não possuem formação técnica em tecnologia (NIELSEN, 1993).

Por fim, a adoção de tecnologias sustentáveis está diretamente relacionada aos princípios do ESG (*Environmental, Social and Governance*), que orientam organizações a operarem de forma ética e consciente. Iniciativas que promovem rastreabilidade, redução de resíduos e conformidade ambiental têm ganhado destaque tanto entre consumidores quanto investidores (KPMG, 2023).

Com base nesse conjunto teórico, entende-se que o desenvolvimento do Descartex se insere em uma tendência global de integração entre tecnologia e sustentabilidade, oferecendo uma proposta de valor que combina automação, acessibilidade e impacto ambiental positivo.

3 OBJETIVO DO PRODUTO

O Descartex tem como principal objetivo oferecer uma solução digital que otimize o ciclo de gestão de resíduos sólidos nas empresas, centralizando em uma única plataforma funcionalidades que tradicionalmente são realizadas por meio de diferentes ferramentas e processos manuais. A proposta busca atender especialmente micro, pequenas e médias empresas, que enfrentam dificuldades operacionais, técnicas e financeiras para implementar práticas sustentáveis de forma eficiente.

Dessa forma, o aplicativo visa resolver um problema recorrente: a fragmentação e a ineficiência nos processos de registro, monitoramento e solicitação de coleta seletiva, que frequentemente exigem o uso de múltiplas plataformas, como balanças analógicas, planilhas eletrônicas, aplicativos de mensagens e portais governamentais.

A proposta central do Descartex é simplificar esse ecossistema por meio de:

- **Automação de registros:** utilizando OCR para leitura do peso dos resíduos diretamente a partir de imagens fotográficas, eliminando a necessidade de digitação manual;
- **Centralização de dados:** reunindo informações como tipos de resíduos, pesos, datas e responsáveis em uma interface de fácil navegação;
- **Emissão de relatórios gerenciais:** facilitando o controle interno e o cumprimento de obrigações legais;
- **Integração com sistemas públicos:** como o *Reciclo*, para solicitar coletas seletivas diretamente pela plataforma;

Em síntese, o objetivo do produto é promover a adesão a práticas ambientais sustentáveis de forma simples, acessível e tecnologicamente eficiente, alinhando-se às necessidades do mercado e aos princípios da governança ambiental (ESG). A plataforma visa não apenas facilitar o trabalho operacional, mas também gerar impacto ambiental positivo por meio da digitalização e da rastreabilidade de processos de descarte.

4 DIFERENCIAL DO PRODUTO

O Descartex se destaca no cenário de soluções para gestão de resíduos por sua abordagem integrada, automatizada e centrada no usuário. Enquanto outras ferramentas existentes no mercado — como plataformas ERP generalistas, planilhas manuais ou aplicativos especializados em etapas isoladas — oferecem funcionalidades limitadas e não interconectadas, o Descartex consolida o ciclo completo da gestão de resíduos em uma experiência unificada.

Um dos principais diferenciais do produto está na automatização do registro de peso por meio de visão computacional. A utilização da *API Google Vision*, após análise comparativa com outras soluções como o Tesseract OCR, demonstrou maior precisão e menor tempo de resposta, mesmo em imagens com baixa qualidade ou fontes tipográficas irregulares. Isso elimina a necessidade de digitação manual, reduz erros humanos e aumenta a confiabilidade dos dados.

Além disso, o Descartex foi desenvolvido com foco em usabilidade, a partir de testes iterativos com usuários reais, o que resultou em fluxos intuitivos e acessíveis, mesmo para colaboradores sem experiência prévia com tecnologias digitais. Essa abordagem centrada no usuário se reflete em interfaces limpas, navegação clara e funcionalidades organizadas de acordo com o perfil e a rotina dos operadores e gestores ambientais.

Outro diferencial importante é a integração direta com o sistema municipal de coleta seletiva de Fortaleza, o Reciclo. Em vez de exigir que o usuário acesse portais externos ou envie informações via canais paralelos (como e-mail ou WhatsApp), o próprio aplicativo oferece um atalho que redireciona para o formulário oficial da coleta, otimizando tempo e promovendo maior adesão ao serviço.

Por fim, o produto se posiciona como uma solução acessível e escalável, voltada especialmente para pequenas e médias empresas, segmento muitas vezes negligenciado por soluções corporativas complexas e de alto custo. Com isso, o Descartex contribui para democratizar o acesso à tecnologia na área ambiental e para fortalecer o compromisso empresarial com a sustentabilidade.

5 TRABALHOS RELACIONADOS

A gestão de resíduos sólidos tem se tornado uma área estratégica tanto no setor público quanto no privado, especialmente diante dos desafios ambientais enfrentados por centros urbanos. Com o avanço da transformação digital, surgiram diversas soluções tecnológicas com o objetivo de promover o descarte consciente, a coleta seletiva e o reaproveitamento de materiais. Este capítulo apresenta uma análise comparativa entre o Descartex e outras iniciativas existentes no Brasil, destacando seus diferenciais, limitações e aplicabilidades.

5.1 Cataki

O Cataki é um aplicativo brasileiro desenvolvido com foco em impacto social e ambiental. Criado em 2017 pelo artista e ativista Mundano, o app tem como missão facilitar o encontro entre catadores de materiais recicláveis e cidadãos que desejam descartar corretamente seus resíduos. A plataforma oferece um mapa colaborativo com a geolocalização dos catadores cadastrados, permitindo que os usuários entrem em contato direto com esses profissionais para a coleta de recicláveis.

Além do papel de conectar pessoas, o Cataki promove a valorização do trabalho informal dos catadores, contribuindo para sua visibilidade e inclusão. No entanto, o aplicativo não oferece recursos para gestão institucional de resíduos, nem funcionalidades como relatórios ou acompanhamento estatístico do volume coletado. Seu foco está na atuação individual e comunitária, não atendendo diretamente a instituições que buscam controle interno e geração de indicadores.

Figura 1 – Tela do app Cataki, com geolocalização de catadores disponível no Android.



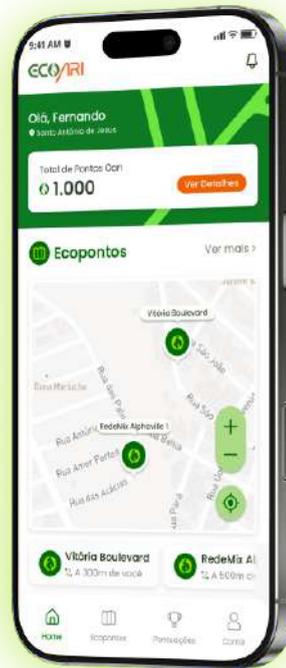
Fonte: Cataki (2025).

5.2 Ecoari

O Ecoari é um aplicativo brasileiro voltado para práticas de coleta seletiva e educação ambiental. Ele permite que usuários encontrem pontos de coleta próximos, registrem seus descartes e acompanhem estatísticas de impacto ambiental com base na quantidade de resíduos entregues. Além disso, o aplicativo oferece conteúdo educativo para promover a conscientização sobre reciclagem e consumo sustentável.

Embora ofereça funcionalidades de rastreamento e engajamento do usuário individual, o Ecoari não possui ferramentas específicas para uso institucional ou para o controle detalhado da gestão de resíduos em organizações. Seu foco está na participação cidadã e no incentivo à mudança de comportamento, com recursos voltados a usuários finais e não à administração interna de processos.

Figura 2 – Tela do inicial app Ecoari com pontuação do usuário.



Fonte: Ecoari (2025).

5.3 Plataformas Públicas e Sistemas Municipais

Além dos aplicativos amplamente divulgados, algumas prefeituras e cooperativas de reciclagem utilizam sistemas informatizados internos para gerenciar suas operações de coleta seletiva. Esses sistemas, no entanto, geralmente possuem acesso restrito ao corpo técnico municipal, com foco na gestão logística de caminhões, roteiros e volume por bairro ou região.

Tais plataformas não estão disponíveis em formato de aplicativo móvel para o público geral ou para uso institucional por entidades externas. Além disso, raramente são acompanhadas de interfaces voltadas à usabilidade ou ferramentas para análise de dados em tempo real. Com isso, seu alcance é limitado a contextos específicos da administração pública.

Figura 3 – Interface de mapa da coleta seletiva da SANEP (Pelotas, RS), mostrando ecopontos e rotas, usada em sistemas municipais de gestão de resíduos sólidos.



Fonte: Sanep (2025).

5.4 Comparativo com o Descartex

O Descartex surge como uma alternativa voltada à realidade de instituições pequenas e médias, que precisam controlar seus próprios dados de descarte sem depender de soluções caras, genéricas ou inacessíveis. Ao contrário dos sistemas corporativos ou prefeituras, o Descartex oferece uma experiência simplificada, com interface amigável e funcionalidades voltadas à operação diária.

A aplicação permite o registro de resíduos com leitura automatizada de peso, a geração de relatórios dinâmicos e o acompanhamento por perfis distintos (ex: operador, analista, gestor). Além disso, o projeto foi desenvolvido com código aberto, permitindo sua adaptação por outras instituições que desejem replicar o modelo.

O sistema foi validado em testes com usuários reais e recebeu boa avaliação de usabilidade, o que comprova sua efetividade prática. Assim, o Descartex preenche uma lacuna entre soluções complexas e serviços comunitários, oferecendo uma ferramenta equilibrada,

acessível e funcional para promover o descarte consciente e a gestão ambiental em escala institucional.

6 METODOLOGIA

O desenvolvimento do aplicativo *Descartex* foi estruturado em quatro etapas principais: levantamento de requisitos, design da solução, implementação técnica e avaliação com usuários. A abordagem adotada combinou princípios de Design Thinking, prototipação iterativa e desenvolvimento incremental, com foco na experiência do usuário e validação contínua.

6.1 Levantamento de Requisitos

A primeira etapa consistiu na realização de entrevistas exploratórias com empresas de pequeno e médio porte e na análise de soluções concorrentes. Esse processo seguiu as diretrizes da abordagem centrada no usuário, conforme preconizado por Norman (2013), visando identificar problemas reais e oportunidades de inovação. A análise dos fluxos de descarte existentes revelou processos fragmentados, dependentes de múltiplas plataformas, e suscetíveis a erros humanos — o que fundamentou a proposta de centralização de etapas no aplicativo.

6.2 Design da Solução

Para guiar o processo de design, foi aplicada a metodologia de Design Thinking, que favorece a empatia com o usuário, a ideação colaborativa e a prototipação rápida (BROWN, 2009). Protótipos de baixa e média fidelidade foram desenvolvidos com a ferramenta Figma e testados com usuários reais utilizando métodos de avaliação formativa, como análise de tarefas e coleta de feedback direto. Os testes priorizaram critérios de usabilidade segundo a norma ISO 9241-11 (2018), avaliando tempo para completar tarefas, taxa de erro e satisfação subjetiva.

6.3 Implementação Técnica

A aplicação foi desenvolvida utilizando *React Native*, framework baseado em JavaScript voltado para desenvolvimento multiplataforma (ANDERSON; RICHTER, 2020). O backend utilizou serviços do *Firebase*, que forneceram autenticação e banco de dados em nuvem. A funcionalidade de leitura automatizada de peso foi implementada com a *API Google Vision*, escolhida após testes comparativos com o Tesseract OCR, onde se demonstrou superior em precisão e velocidade (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016).

O desenvolvimento seguiu uma abordagem incremental inspirada no *Scrum*, metodologia ágil que enfatiza entregas contínuas, ciclos curtos (sprints) e colaboração entre os membros da equipe (SCHWABER; SUTHERLAND, 2020). As tarefas foram distribuídas em sprints semanais, com reuniões regulares para revisão de progresso e realocação de atividades conforme a evolução do projeto.

6.5 Avaliação com Usuários

Ao final da implementação, foram realizados testes com 5 usuários reais, colaboradores de empresas locais. Os participantes realizaram tarefas simuladas de registro, edição e exportação de relatórios. Foram coletadas métricas como tempo de execução,

número de cliques, erros cometidos e nível de satisfação (com escala de 1 a 5). Os resultados embasaram ajustes na interface e nos fluxos de navegação. Essa etapa seguiu práticas de avaliação de usabilidade recomendadas por Nielsen (1993) e aplicadas em contextos de teste rápido com usuários finais.

A metodologia adotada garantiu o alinhamento entre as necessidades dos usuários e as soluções técnicas desenvolvidas, resultando em um produto aplicável, acessível e eficaz.

7 DESCRIÇÃO DETALHADA DO PRODUTO

O *Descartex* é um aplicativo mobile multiplataforma, desenvolvido em *React Native*, com foco na centralização e otimização do ciclo de gestão de resíduos sólidos em pequenas e médias empresas. O sistema foi idealizado para substituir processos manuais e desconexos por uma solução única, intuitiva e automatizada, promovendo maior eficiência operacional, rastreabilidade e adesão às práticas de sustentabilidade corporativa.

7.1 Funcionalidades

O aplicativo contempla as seguintes funcionalidades principais:

- **Leitura automatizada de peso via OCR**
A partir da captura de imagem da balança, o sistema utiliza a API Google Vision para reconhecer e registrar automaticamente o peso dos resíduos. Essa funcionalidade elimina a necessidade de digitação manual e reduz significativamente a ocorrência de erros humanos.
- **Registro de resíduos**
Antes de fazer a leitura do peso, o usuário informa o tipo de resíduo. O sistema armazena o registro em nuvem com data, hora e identificação do colaborador.
- **Gestão e análise de registros**
Os registros são organizados em uma lista detalhada com suporte à filtragem por tipo ou data. O usuário analista pode editar, validar e excluir registros conforme necessário.
- **Geração e exportação de relatórios**
A aplicação permite que os gestores criem relatórios personalizados com base nos registros feitos. Os relatórios são exportáveis em formato PDF, prontos para envio ou arquivamento interno.
- **Integração com coleta seletiva municipal (Reciclo)**
O aplicativo inclui um atalho para redirecionamento direto ao formulário oficial de solicitação de coleta seletiva da prefeitura, facilitando o processo para empresas que aderem ao programa.

7.2 Arquitetura do Sistema

A arquitetura do *Descartex* é modular e baseada em nuvem, composta pelos seguintes componentes:

- **Frontend mobile (React Native):** Responsável pela interface e interação com o usuário.
- **Firebase (Google):** Utilizado para autenticação, base de dados em tempo real, armazenamento de arquivos.
- **Google Vision API:** Serviço de inteligência artificial responsável pela leitura automatizada de peso a partir das imagens das balanças.

- **Sistema externo (Reciclo):** Integração via redirecionamento para formulário online de coleta seletiva.

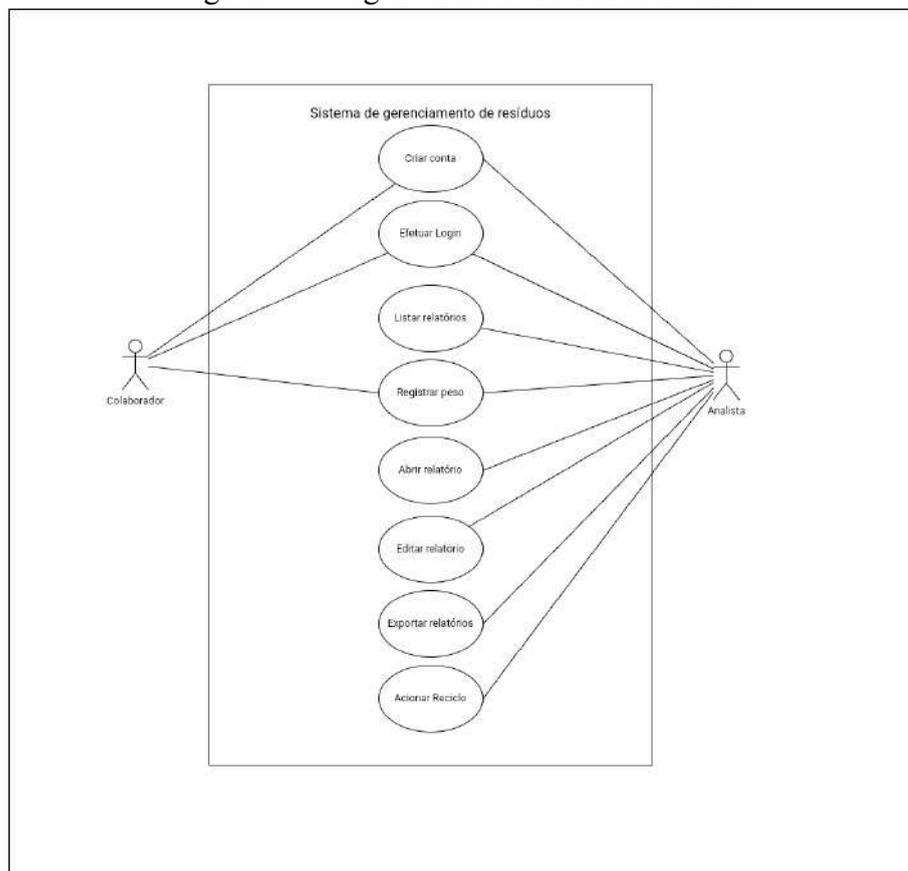
7.3 Fluxo de Uso

O fluxo de uso foi projetado com base em testes de usabilidade e na divisão funcional entre dois perfis principais:

- **Colaborador de registro:**
Realiza o cadastro de resíduos utilizando a câmera do dispositivo e informa os dados necessários.
- **Analista/gestor:**
Acompanha registros, gera relatórios, edita entradas e solicita coletas. Possui acesso à funções de exportação e análise consolidada.

A Tabela 1 apresenta os principais casos de uso implementados no aplicativo Descartex.

Figura 4 – Diagrama Geral de Casos de Uso.



Fonte: Elaborado pelo autor(2025).

Tabela 1 – Descrição dos principais casos de uso.

Caso de Uso	Descrição
Criar conta	Permite o cadastro de novos usuários com autenticação via Firebase.
Fazer login	Autenticação de acesso com redirecionamento para tela principal.
Registrar peso	Captura de imagem e leitura do peso por IA.
Listar registros	Visualização completa de resíduos registrados.
Criar e exportar relatórios	Geração de relatório em PDF com base nos dados registrados.
Acionar Reciclo	Acesso direto ao formulário de coleta seletiva.

Fonte: Elaborado pelo autor(2025).

7.4 Identidade Visual e Interface

A identidade visual do *Descartex* foi definida a partir de testes comparativos com duas propostas distintas. A versão final adotada apresenta tons de verde e bege, reforçando a associação com sustentabilidade e acessibilidade. A tipografia é robusta, facilitando a leitura em telas de dispositivos móveis. Os ícones são minimalistas e os elementos visuais seguem uma hierarquia clara, o que contribui para uma experiência mais fluida e intuitiva.

8 DEMONSTRAÇÃO DO PRODUTO

A demonstração do *Descartex* é realizada por meio de recursos complementares que evidenciam o funcionamento da aplicação em diferentes etapas do ciclo de gestão de resíduos. A demonstração inclui um protótipo navegável, o repositório de código-fonte completo, capturas de tela das principais interfaces e um vídeo demonstrativo, que simula o uso real da aplicação. Esses recursos têm como objetivo apresentar, de maneira prática, o fluxo de uso do sistema, sua arquitetura visual, e os aspectos técnicos da sua implementação.

Essa abordagem não apenas facilita a compreensão do funcionamento da aplicação por parte da banca avaliadora e de interessados no projeto, como também demonstra o comprometimento com a transparência técnica e a abertura à replicação do produto em outros contextos institucionais.

8.1 Protótipo Navegável

Durante a etapa de design da aplicação, foi desenvolvido um protótipo funcional em média fidelidade, utilizando a ferramenta Figma. Esse protótipo foi concebido com o objetivo de validar os fluxos de navegação, a hierarquia visual dos elementos, a consistência gráfica, bem como os princípios de usabilidade.

A prototipação permitiu identificar, ainda na fase inicial, potenciais problemas de interação e lógica de telas, além de facilitar a comunicação entre o desenvolvedor e os usuários durante os testes exploratórios. Dessa forma, serviu como base para decisões de interface e navegação que seriam implementadas posteriormente na versão final do aplicativo.

O protótipo pode ser acessado de forma pública no link abaixo:

<https://www.figma.com/design/1Q02rEGXG6bDPOZja6VNi0/Dcartex-FINAL?node-id=47-17&t=PCVROMmx7820Kb83-1>

O feedback recebido nesta etapa foi essencial para guiar o refinamento da experiência do usuário. Elementos como o botão de descarte, telas de histórico e painel de relatórios passaram por ajustes com base nas interações observadas nos testes com usuários reais.

8.2 Código-fonte

O projeto está disponível em repositório público no GitHub, contendo toda a base de código-fonte do aplicativo, incluindo os componentes frontend, configurações de backend com Firebase e a integração com a API Google Vision:

https://github.com/MarcioJnr/Descartex_Project

O repositório contém instruções básicas para compilação e execução do projeto, além de uma organização modular dos componentes e commits documentados.

8.3 Capturas de Tela

Figura 5 – Tela de Login



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 6 – Tela Inicial (Colaborador)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 7 – Tela Inicial (Analista)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 8 – Tela de Escolha (Resíduo)



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 9 – Tela de Captura



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 10 – Tela de Registros



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

8.4 Vídeo de Demonstração

O vídeo demonstra os principais fluxos da aplicação, incluindo o registro de resíduos com leitura automatizada de peso, geração de relatórios e testes com usuários reais.

<https://drive.google.com/drive/folders/17upRFBJAnFv1W6kFhHmzFUvScuHLjez9?usp=sharing>

<https://drive.google.com/file/d/1qVj3mQPfCEiH4dSIr2iTtpqAnTfywKF7/view>

9 AVALIAÇÃO DO PRODUTO

A avaliação do aplicativo *Descartex* teve como objetivo verificar sua efetividade, eficiência e aceitabilidade perante usuários reais, considerando especialmente o perfil de empresas de pequeno e médio porte, público-alvo da solução. A metodologia de avaliação adotou princípios da norma ISO 9241-11 (2018) e seguiu critérios de usabilidade conforme Nielsen (1993), incluindo testes observacionais, coleta de métricas e feedback qualitativo.

9.1 Perfil dos Participantes

Participaram da avaliação 5 usuários de empresas da região metropolitana de

Fortaleza, entre eles gestores, auxiliares administrativos e colaboradores operacionais diretamente envolvidos com o processo de descarte de resíduos. O perfil foi selecionado por conveniência, priorizando representatividade dos tipos de usuários que interagiram com o app em contexto real. A Tabela 2 resume o perfil dos usuários que participaram da avaliação da aplicação.

Tabela 2 – Perfil dos usuários participantes da pesquisa quanto à faixa etária, familiaridade com tecnologia, cargo e frequência prevista de uso do *Descartex*

Característica	Dados coletados
Faixa etária	20 a 49 anos
Nível de familiaridade com tecnologia	Baixo (30%), Médio (50%), Alto (20%)
Cargo	Operacional (60%), Gerencial (40%)
Frequência de uso prevista	Diária ou semanal

Fonte: Elaborado pelo autor(2025).

9.2 Procedimento de Teste

Os testes foram realizados em ambiente supervisionado, com dispositivos Android fornecidos pelo projeto. Cada usuário recebeu um roteiro com tarefas a serem realizadas, incluindo:

1. Realizar login;
2. Capturar imagem da balança e registrar o peso;
3. Preencher dados do resíduo;
4. Gerar um relatório e exportá-lo em PDF;
5. Acessar o atalho para o Reciclo.

O tempo de execução foi cronometrado, e os observadores registraram o número de cliques e erros por tarefa. Após a conclusão, os participantes responderam a um questionário baseado na *System Usability Scale* (SUS), além de fornecerem feedback aberto. O instrumento completo encontra-se no Apêndice A.

9.3 Resultados Obtidos

A Tabela 3 apresenta os principais resultados quantitativos obtidos durante os testes com os usuários.

Tabela 3 – Principais métricas da avaliação

Métrica	Média registrada
Tempo médio para concluir todas as tarefas	3 min e 42 s
Número médio de cliques por tarefa	5,6
Taxa de erro (ações incorretas)	7%
Nota SUS média	86/100 (classificação: excelente)

Fonte: Elaborado pelo autor(2025).

- Além dos dados objetivos, o feedback qualitativo destacou como pontos positivos:
- Facilidade de uso e compreensão dos ícones;

- Rapidez no reconhecimento do peso via imagem;
 - Utilidade da exportação em PDF;
 - Interesse no uso recorrente da ferramenta.
- Como oportunidades de melhoria, alguns usuários sugeriram:
- Inclusão de uma barra de progresso nos registros;
 - Adição de uma tela de ajuda/tutorial inicial.

9.4 Análise dos Resultados

Os resultados confirmam que o aplicativo atinge níveis satisfatórios de efetividade (alta taxa de conclusão), eficiência (baixo tempo e número de cliques) e satisfação (SUS > 85). A integração da leitura automatizada com OCR demonstrou-se funcional mesmo em condições variadas de iluminação, validando a escolha da *API Google Vision*.

A metodologia iterativa, aliada ao envolvimento dos usuários desde o protótipo, contribuiu diretamente para a alta aceitação da solução. A avaliação confirma a viabilidade técnica e prática do *Descartex*, e sugere seu potencial de adoção em contextos reais.

10 DISCUSSÃO CRÍTICA

O desenvolvimento e a avaliação do *Descartex* evidenciam a viabilidade e a relevância de soluções tecnológicas voltadas à gestão de resíduos sólidos em pequenas e médias empresas. A proposta do aplicativo — ao centralizar funcionalidades que antes exigiam múltiplas ferramentas — respondeu a uma demanda latente por automação, simplicidade e aderência às práticas sustentáveis.

A principal contribuição do *Descartex* está na redução da complexidade operacional do processo de descarte. A substituição da leitura manual de peso por reconhecimento automático via inteligência artificial eliminou etapas suscetíveis a erro humano e burocracia, tornando o processo mais ágil e confiável. A adoção da *API Google Vision* mostrou-se acertada, especialmente considerando a diversidade de equipamentos de balança utilizados pelos usuários.

A abordagem metodológica — com foco em usabilidade desde as fases iniciais — permitiu que o produto fosse moldado a partir da experiência e das limitações reais dos usuários. Isso se refletiu diretamente nos resultados da avaliação, que apontaram um alto grau de satisfação, facilidade de uso e aplicabilidade prática.

Do ponto de vista tecnológico, o uso do *React Native* e do *Firebase* proporcionou uma estrutura escalável, de baixo custo e compatível com a realidade de empresas com infraestrutura limitada. Essa escolha técnica reforça o caráter acessível da solução, o que a diferencia de sistemas corporativos robustos, porém financeiramente inviáveis para o público-alvo do projeto.

Apesar dos avanços, é importante reconhecer limitações no projeto. A amostra reduzida de usuários na fase de testes limita generalizações estatísticas, embora ofereça dados qualitativos consistentes. Além disso, a aplicação ainda depende de conectividade com a internet para funcionamento pleno, o que pode ser uma barreira em regiões com infraestrutura precária.

Outro ponto a ser considerado é a integração com órgãos públicos. Embora o sistema ofereça redirecionamento para o formulário do *Reciclo*, uma integração plena — por meio de APIs públicas — permitiria automações mais profundas, como o agendamento automático de coletas ou a emissão de comprovantes digitais diretamente no app. Tais avanços, no entanto, esbarram na inexistência de padronização nos sistemas municipais.

Em termos acadêmicos, o *Descartex* contribui para o campo de estudo da tecnologia aplicada à sustentabilidade, oferecendo um exemplo prático de como o design centrado no usuário, aliado à inteligência artificial, pode transformar práticas ambientais empresariais. A interdisciplinaridade entre desenvolvimento mobile, experiência do usuário, e governança ambiental, reforça o papel do curso de Sistemas e Mídias Digitais na formação de soluções que integram tecnologia e impacto social.

Por fim, o projeto abre espaço para pesquisas futuras, como:

- Adoção do app em cooperativas de catadores ou órgãos públicos;
- Estudos comparativos com sistemas tradicionais de gestão de resíduos;
- Avaliação longitudinal sobre redução de erros, tempo e custos operacionais.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o *Descartex*, um aplicativo mobile desenvolvido com o propósito de otimizar o processo de gestão de resíduos sólidos em empresas de pequeno e médio porte, integrando, em uma única plataforma, funcionalidades como registro automatizado de peso, organização de dados, geração de relatórios e suporte à coleta seletiva pública.

O desenvolvimento do aplicativo seguiu uma abordagem iterativa e centrada no usuário, aliando ferramentas modernas de desenvolvimento mobile com recursos de inteligência artificial e serviços em nuvem. Os resultados demonstraram que é possível aliar tecnologia acessível e usabilidade com soluções ambientalmente responsáveis, promovendo impacto direto na rotina das empresas e favorecendo o cumprimento de metas relacionadas à sustentabilidade e à legislação ambiental.

A avaliação com usuários reais validou a eficácia e eficiência da ferramenta, destacando o potencial do *Descartex* como facilitador do engajamento em práticas sustentáveis, mesmo entre públicos com baixa familiaridade tecnológica. O feedback positivo dos participantes reforça a viabilidade de adoção do aplicativo em contextos reais e sua relevância como produto digital com impacto social.

Além de sua aplicabilidade prática, o projeto contribui para os estudos na interseção entre tecnologia, design centrado no usuário e sustentabilidade. Ao integrar desenvolvimento de software, usabilidade, inteligência artificial e responsabilidade ambiental, o trabalho se alinha ao perfil interdisciplinar do curso de Sistemas e Mídias Digitais, e reforça a importância da formação crítica e aplicada para solução de problemas reais.

Como trabalhos futuros, sugere-se:

- A expansão do sistema para outros perfis de usuário, como cooperativas de reciclagem e órgãos públicos;
- A implementação de módulos offline para funcionamento em locais com baixa conectividade;
- A avaliação longitudinal do impacto do *Descartex* em termos de redução de erros, tempo de operação e aumento da adesão à coleta seletiva.

Conclui-se que o *Descartex* representa não apenas uma inovação tecnológica, mas também uma ferramenta de transformação social e ambiental, alinhando-se aos princípios de governança ESG e ao compromisso das organizações com um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA BRASIL. *Brasil gera cerca de 80 milhões de toneladas de resíduos por ano*. **Rádio Agência Nacional**, 2023. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/meio-ambiente/audio/2023-04/brasil-gera-cerca-de-80-milhoes-de-toneladas-de-residuos-por-ano/>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE (ABREMA). *Lixões: Brasil destina 33 mi de toneladas em locais irregulares*. **ABREMA**, 29 jul. 2024. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/2024/07/29/lixoes-brasil-destina-33-mi-de-toneladas-em-locais-irregulares/>.
- BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm.
- SEBRAE. *Gestão de resíduos: como micro e pequenas empresas podem reduzir custos*. Brasília: **SEBRAE**, 2023. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/gestao-de-residuos-em-mpes>.
- DÍAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- RAD, Mohammad Saeed; VON KAENEL, Andreas; DROUX, André; TIECHE, François; OUERHANI, Nabil; EKENEL, Hazim Kemal; THIRAN, Jean-Philippe. A Computer Vision System to Localize and Classify Wastes on the Streets. **arXiv**, 31 out. 2017. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1710.11374>.
- GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep learning**. Cambridge: MIT Press, 2016.
- ISO 9241-11. *Ergonomics of human-system interaction – Part 11: Usability: Definitions and concepts*. **Geneva: International Organization for Standardization**, 2018.
- KPMG. Relatório de Sustentabilidade da KPMG no Brasil 2022. São Paulo: **KPMG Auditores Independentes Ltda.**, 2023. Disponível em: https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/br/pdf/2023/5/2022_KPMG-Brasil-Relatorio-Sustentabilidade-OIP-completo.pdf.
- MEDEIROS, Thaís G.; FRANCO, Raquel P. Aplicativos ambientais e o engajamento da população: estudo de caso do Cataki. **Revista Interfaces Científicas - Meio Ambiente**, Aracaju, v. 8, n. 2, p. 106–121, 2019.
- NIELSEN, Jakob. **Usability engineering**. Boston: Academic Press, 1993.
- ANDERSON, Nathan; RICHTER, Joshua. **React Native in Action**. Shelter Island: Manning Publications, 2020.
- BROWN, Tim. **Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.
- CATAKI. **Aplicativo conecta catadores e cidadãos**. Disponível em: <https://www.cataki.org/>.
- ECOARI. **Plataforma de apoio à coleta seletiva e educação ambiental**. Disponível em: <https://ecoari.com.br/>.
- SANEP – SERVIÇO AUTÔNOMO DE SANEAMENTO DE PELOTAS. **Mapas de coleta seletiva**. Disponível em: <https://portal.sanep.com.br/residuos-solidos/mapas-horarios-coletas>.
- NORMAN, Donald A. **O design do dia a dia**. Rio de Janeiro: Rocco, 2013.
- SCHWABER, Ken; SUTHERLAND, Jeff. **The Scrum Guide: The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game**. 2020. Disponível em: <https://scrumguides.org>.
- BROOKE, John. SUS: a “quick and dirty” usability scale. In: JORDAN, P. W.; THOMAS, B.; WEERTS, B. A. (org.). **Usability evaluation in industry**. London: Taylor & Francis, 1996. p. 189–194.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE USABILIDADE (SYSTEM USABILITY SCALE -SUS)

INSTRUÇÕES AO PARTICIPANTE:

Responda às seguintes afirmações com base na sua experiência ao utilizar o aplicativo Descartex. Utilize a escala de 1 a 5, sendo:

1 – Discordo totalmente | 2 – Discordo | 3 – Neutro | 4 – Concordo | 5 – Concordo totalmente

	Afirmação
	Eu acho que usaria este sistema com frequência.
	Achei o sistema desnecessariamente complexo.
	Achei o sistema fácil de usar.
	Eu acho que precisaria de ajuda técnica para conseguir usar este sistema.
	Achei que as várias funções do sistema estavam bem integradas.
	Achei que o sistema continha muita inconsistência.
	Eu imagino que a maioria das pessoas aprenderia a usar este sistema rapidamente.
	Achei o sistema muito complicado de usar.
	Eu me senti muito confiante ao usar o sistema.
	Precisei aprender muitas coisas novas antes de conseguir usar o sistema.