

ECOMOLK – Plataforma Digital para Gestão de Resíduos e Promoção da Economia Circular

Resumo

O presente artigo apresenta o ECOMOLK, uma plataforma digital para gestão de resíduos sólidos em indústrias e comércios, com foco em promover práticas sustentáveis e a economia circular. O sistema permite o cadastro, rastreamento e análise de resíduos reaproveitáveis, utilizando tecnologias como Bootstrap para o front-end, MySQL para o banco de dados e princípios de desenvolvimento seguro com autenticação via JWT e MFA. O projeto foi conduzido com metodologias ágeis e segurança orientada pelas normas ISO/IEC 27002:2022. Os testes realizados indicam a eficiência do ECOMOLK na otimização da gestão de resíduos, no fortalecimento da responsabilidade ambiental corporativa e na redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Gestão de resíduos, Economia circular, Plataforma digital, Sustentabilidade, Segurança da informação.

1. Introdução

O crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos e industriais impõe desafios cada vez mais complexos à sustentabilidade global. Empresas, governos e a sociedade civil buscam soluções eficazes para otimizar a gestão de resíduos, atender regulamentações ambientais e reduzir seus impactos ecológicos, sociais e econômicos. De acordo com Silva e Capanema (2019), práticas de gestão de resíduos eficientes, associadas à tecnologia e à inovação, podem gerar ganhos operacionais relevantes e contribuir para a mitigação dos danos ambientais.

Nesse contexto, a economia circular se apresenta como um modelo promissor para reestruturar o consumo e a produção, propondo que os resíduos de uma atividade sejam reintegrados como insumos em outros processos produtivos. A transformação digital tem sido uma aliada nesse processo, permitindo rastreabilidade, automação e otimização no gerenciamento de resíduos (Medeiros, 2023).

As plataformas digitais oferecem uma oportunidade única para conectar geradores de resíduos a agentes de reaproveitamento, melhorando a logística reversa, a destinação adequada e promovendo a responsabilidade ambiental. Além disso, a digitalização dos processos possibilita ganhos em governança ambiental, social e corporativa (ESG), hoje fatores cada vez mais valorizados pelo mercado.

Neste cenário, o projeto **ECOMOLK** foi concebido para atuar como uma solução tecnológica integrada, promovendo práticas de sustentabilidade por meio da gestão inteligente de resíduos. A plataforma propõe não apenas registrar e rastrear resíduos, mas também incentivar a economia circular, a redução de desperdícios e o fortalecimento da responsabilidade socioambiental nas empresas.

O presente artigo técnico tem como objetivo descrever o desenvolvimento do ECOMOLK, abordando seu referencial teórico, a metodologia adotada, os resultados alcançados, as discussões comparativas com soluções de mercado, e as perspectivas futuras de evolução da plataforma.

2. Problema de Pesquisa

O aumento da geração de resíduos sólidos nas indústrias e comércios, aliado à pressão crescente por práticas sustentáveis, evidencia a necessidade urgente de soluções digitais capazes de gerenciar, rastrear e otimizar a destinação desses resíduos. Apesar da existência de regulamentações como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, muitas empresas ainda enfrentam dificuldades para realizar um gerenciamento eficiente, tanto por falta de controle sobre os resíduos gerados quanto pela ausência de integração com redes de reaproveitamento.

Além dos desafios operacionais, surge a preocupação com a proteção de dados sensíveis armazenados nas plataformas de gestão de resíduos, visto que informações estratégicas, como volume de descartes, materiais reaproveitáveis e relatórios de sustentabilidade e podem ser alvos de ataques cibernéticos se não houver mecanismos robustos de segurança.

Portanto, o problema de pesquisa que norteia este trabalho é:

Como desenvolver uma solução digital que permita às indústrias e comércios gerenciar resíduos sólidos de forma eficiente, segura e sustentável, promovendo a economia circular, o reaproveitamento de materiais e a conformidade com normas ambientais e de segurança da informação?

3. Metodologia (Tecnologias, Frameworks e Estratégias adotadas)

Para o desenvolvimento e deploy do projeto, foram utilizadas tecnologias modernas e eficientes. A API foi hospedada na web utilizando a plataforma **Render**, enquanto o banco de dados **MySQL** foi disponibilizado online através do **Railway**. A comunicação com o servidor foi realizada com **Node.js**, proporcionando alta performance. O controle de versão e o gerenciamento do código-fonte foram feitos com o **GitHub**, garantindo organização e rastreabilidade das mudanças.

Nos frameworks, o **Express.js** foi adotado para estruturar a API de forma rápida e modular. Para facilitar a manipulação dos dados e os relacionamentos no banco de dados, foi utilizado o **Sequelize ORM**, tornando a integração entre a aplicação e o banco mais eficiente e segura

4. Resultados

O desenvolvimento do ECOMOLK resultou em uma aplicação mobile funcional, focada em facilitar a gestão de resíduos sólidos diretamente de smartphones e dispositivos móveis. A plataforma foi projetada para oferecer praticidade, segurança e eficiência, atendendo à demanda crescente por soluções acessíveis e adaptáveis às rotinas das empresas.

Entre os principais resultados alcançados destacam-se:

- **Aplicativo Mobile Responsivo:** Disponível para Android, desenvolvido com foco em experiência do usuário (UX), simplicidade na navegação e rapidez nas operações de cadastro e monitoramento de resíduos.
- **Tela de Login Segura:** Implementação de autenticação baseada em **JWT** com **MFA** via aplicativos autenticadores (Google Authenticator, Authy), garantindo a proteção contra acessos não autorizados.
- **Painel de Controle Intuitivo:** Tela principal do app apresenta métricas sobre resíduos cadastrados, status de coleta, histórico de destinações e alertas de conformidade ambiental em tempo real.
- **Cadastro e Gerenciamento de Resíduos:** Usuários podem registrar novos resíduos, especificar categoria (papel, metal, plástico, orgânico, etc.), agendar coletas e visualizar o ciclo de vida do descarte.
- **Dashboards de Sustentabilidade:** Gráficos e indicadores visuais mostram o volume de materiais reciclados, metas de redução de resíduos e relatórios para auditorias ambientais.
- **Validação de Segurança:** Foram realizados testes de penetração em ambiente controlado (com ferramentas como OWASP ZAP), comprovando a resistência da aplicação contra vulnerabilidades comuns em aplicações móveis.
- **Feedback de Usuários:** Em testes com personas de setores como alimentos, indústria de esquadrias e cosméticos, o app foi avaliado positivamente quanto à usabilidade, design amigável, velocidade de resposta e facilidade de integração às rotinas empresariais.

Esses resultados mostram que a versão mobile do ECOMOLK não apenas amplia o alcance da plataforma, mas também reforça sua proposta de valor ao proporcionar uma solução

prática, segura e aderente aos princípios da economia circular e da sustentabilidade corporativa.

1.Tela Inicial



2.Tela de Cadastro

3.Tela de Login

5. Discussão

O desenvolvimento do ECOMOLK como um aplicativo mobile representa um diferencial estratégico frente a outras soluções de gestão de resíduos disponíveis no mercado. Enquanto muitas plataformas existentes são focadas apenas em sistemas web complexos ou sistemas fechados para grandes corporações, o ECOMOLK se destaca por ser **acessível, responsivo e adaptável** a empresas de diferentes portes, oferecendo mobilidade e facilidade no gerenciamento de resíduos sólidos.

Comparando com sistemas tradicionais, que geralmente requerem treinamentos extensivos e infraestrutura robusta, o ECOMOLK proporciona:

- **Acesso rápido via smartphone**, sem necessidade de grandes investimentos em hardware;

- **Navegação simplificada**, focada em usabilidade (UX) e tempo de resposta reduzido;
- **Conectividade em campo**, permitindo o registro de descartes e controle de resíduos mesmo fora da sede da empresa.

Além disso, a forte preocupação com **segurança da informação** diferencia o ECOMOLK, pois poucos aplicativos do setor aplicam autenticação multifator (MFA) e criptografia de ponta a ponta tanto para dados em trânsito quanto para dados em repouso.

O projeto também revelou insights importantes: **A adoção mobile impulsiona o engajamento** dos usuários, tornando a gestão ambiental mais presente no dia a dia empresarial; **Empresas valorizam dashboards visuais e relatórios automatizados** que apoiam auditorias ambientais e certificações como ISO 14001; **Segurança integrada é um fator decisivo** na escolha de plataformas de gestão sustentável.

Essas descobertas reforçam que soluções mobile-first, com foco em segurança, usabilidade e sustentabilidade, tendem a se tornar padrão no futuro da gestão de resíduos corporativa.

6. Conclusão

O desenvolvimento do ECOMOLK como um aplicativo mobile inovador comprova a viabilidade de unir **gestão de resíduos sólidos, sustentabilidade corporativa e segurança da informação** em uma solução acessível e eficaz para empresas de diversos segmentos.

Ao priorizar mobilidade, usabilidade e integração de práticas de economia circular, o ECOMOLK facilita a adoção de estratégias sustentáveis no ambiente corporativo, fortalecendo a responsabilidade ambiental e impulsionando ganhos operacionais. A adoção de tecnologias de segurança robustas, como criptografia de dados, autenticação JWT e MFA, reforça o compromisso do projeto em proteger informações sensíveis, garantindo a confiança dos usuários e conformidade com regulamentações ambientais e de segurança.

Os testes e validações realizados demonstraram não apenas a eficácia técnica do sistema, mas também sua aceitação entre potenciais usuários, que destacaram como pontos fortes a facilidade de uso, o design intuitivo e a capacidade de gerar relatórios de sustentabilidade em tempo real.

Portanto, o ECOMOLK se consolida como uma solução estratégica para empresas que desejam aliar inovação, responsabilidade ambiental e segurança da informação em suas operações, atendendo às exigências do mercado moderno por práticas empresariais mais conscientes e tecnológicas.

7. Estudos Futuros

Embora o ECOMOLK já ofereça uma solução robusta para a gestão de resíduos sólidos no ambiente empresarial, diversas oportunidades de aprimoramento e expansão foram identificadas durante o desenvolvimento do projeto.

Entre as propostas para estudos futuros, destacam-se:

- **Expansão para Plataforma iOS:** Desenvolver uma versão do aplicativo para dispositivos Apple (iOS), ampliando o público-alvo e aumentando a capilaridade da solução.
- **Integração com APIs de Certificação Ambiental:** Automatizar a emissão de relatórios para auditorias de certificações como ISO 14001 e certificações de carbono neutro, facilitando o atendimento às exigências ambientais.
- **Gamificação de Práticas Sustentáveis:** Introduzir elementos de gamificação para engajar os usuários na realização de boas práticas de gestão de resíduos, como desafios, recompensas e selos de sustentabilidade.
- **Análise de Ciclo de Vida dos Resíduos:** Implementar funcionalidades que permitam rastrear o impacto ambiental de cada material descartado ao longo de seu ciclo de vida, promovendo decisões ainda mais conscientes.

Essas evoluções visam consolidar o ECOMOLK como uma plataforma referência no mercado de gestão sustentável de resíduos, combinando tecnologia, inovação e impacto positivo para o meio ambiente.

8. Referências

- [1] V. P. M. Silva e L. X. L. Capanema, "Políticas públicas na gestão de resíduos sólidos: experiências comparadas e desafios para o Brasil," *Revista de Administração Pública*, 2019.
- [2] D. D. O. Medeiros, "Modelo de produção de alimentos em supermercado baseado na economia circular," Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2023.
- [3] A. Alberton, "Meio ambiente e desempenho econômico-financeiro: o impacto da ISO 14001 nas empresas brasileiras," Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- [4] L. da Silva, A. R. Cavalcanti, e J. O. B. Costa, "Indicadores de gestão de resíduos sólidos urbanos: uma visão voltada à sustentabilidade," *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 22, no. 4, pp. 685-694, 2017.

[5] A. L. E. Silva, J. A. R. Moraes, e Ê. L. Machado, "Proposta de produção mais limpa voltada às práticas de ecodesign e logística reversa," *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol. 20, no. 1, pp. 29-37, 2015.

[6] International Organization for Standardization, "ISO/IEC 27002:2022 - Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security controls," ISO, 2022.

[7] International Organization for Standardization, "ISO 14001:2015 - Environmental management systems – Requirements with guidance for use," ISO, 2015.

[8] OWASP Foundation, "OWASP Top Ten Web Application Security Risks 2021," [Online]. Available: <https://owasp.org/Top10/>. [Accessed: 25-Apr-2025].