PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: AVALIAÇÃO DE MATURIDADE, DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL

DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS IN THE SOLID WASTE MANAGEMENT SECTOR: MATURITY ASSESSMENT, DIAGNOSIS AND RECOMMENDATIONS IN A MULTINATIONAL COMPANY

DANIELA CORREIA BATISTA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

EDSON MELO DE SOUZA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

Comunicação:
O XIV SINGEP foi realizado em conjunto com a 14th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) e com a SPARK (Society for Promoting Academic Research and Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

Agradecimento à orgão de fomento:
Agradecemos ao Fundo de Amparo à Pesquisa - FAP/UNINOVE e ao CNPq pelo apoio recebido.

PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: AVALIAÇÃO DE MATURIDADE, DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL

Objetivo do estudo
Diagnosticar a maturidade digital da Empresa Y por meio do Digital Maturity Model (DMM), identificar lacunas organizacionais e, a partir do diagnóstico, propor o PIROO-MVP e uma carteira de projetos integrados para apoiar a transformação digital no setor de resíduos sólidos.

Relevância/originalidade
O estudo articula maturidade digital, gestão de projetos e resíduos sólidos, setor ainda carente de evidências empíricas. Sua originalidade reside em converter o diagnóstico do DMM em uma solução tecnológica funcional e uma carteira de projetos orientada à evolução da transformação digital.

Metodologia/abordagem
Estudo de caso único na subsidiária brasileira de uma multinacional do setor de resíduos. Foram combinadas pesquisa documental e bibliográfica, entrevistas semiestruturadas com dois gestores seniores e aplicação do DMM. Os dados foram analisados por triangulação metodológica, subsidiando o desenvolvimento do PIROO-MVP.

Principais resultados
O diagnóstico revelou maturidade digital incipiente e assimétrica: Tecnologia da Informação apresentou o maior resultado (2,70), enquanto Digitalização de Processos e Cultura e Especialização registraram 0,43. Como resposta, foram propostos o PIROO-MVP e seis projetos integrados para evolução da maturidade digital.

Contribuições teóricas/metodológicas
O estudo integra o DMM ao diagnóstico organizacional e à proposição de projetos de transformação digital, demonstrando como modelos de maturidade orientam intervenções concretas. Metodologicamente, combina avaliação quantitativa, entrevistas e evidências documentais, conectando diagnóstico, protótipo funcional e proposição de carteira de projetos.

Contribuições sociais/para a gestão
Para a gestão, o estudo oferece um roadmap de projetos que articula estratégia, processos, tecnologia, pessoas, clientes e governança. Social e ambientalmente, o PIROO-MVP apresenta potencial para ampliar rastreabilidade, conformidade e transparência na gestão de resíduos, apoiando práticas relacionadas à economia circular.

Palavras-chave: Transformação Digital, Maturidade Digital, Gestão de Projetos, Gestão de Resíduos Sólidos, Inteligência Artificial

DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS IN THE SOLID WASTE MANAGEMENT SECTOR: MATURITY ASSESSMENT, DIAGNOSIS AND RECOMMENDATIONS IN A MULTINATIONAL COMPANY

Study purpose
This study aims to assess Company Y's digital maturity using the Digital Maturity Model (DMM), identify critical organizational gaps, and, based on the findings, propose the PIROO-MVP and an integrated portfolio of strategic projects to advance digital transformation in the solid waste

Relevance / originality
The study connects digital maturity, project management and solid waste management, a sector still lacking empirical evidence. Its originality lies in translating the DMM diagnosis into a functional technological solution and a project portfolio aimed at the integrated evolution of digital transformation.

Methodology / approach
A single-case study was conducted in the Brazilian subsidiary of a multinational waste management company. Documentary and literature research, semi-structured interviews with two senior managers, and the DMM were combined. Methodological triangulation supported the diagnosis and development of the PIROO-MVP.

Main results
The diagnosis revealed incipient and uneven digital maturity: Information Technology achieved the highest score (2.70), while Process Digitalization and Culture and Expertise scored 0.43. In response, the study proposed the PIROO-MVP and six integrated projects to advance organizational digital maturity.

Theoretical / methodological contributions
The study integrates the DMM with organizational diagnosis and the proposal of digital transformation projects, showing how maturity models can guide concrete interventions. Methodologically, it combines quantitative assessment, interviews and documentary evidence, linking diagnosis, functional prototype development and project portfolio proposal.

Social / management contributions
For management, the study provides a project roadmap integrating strategy, processes, technology, people, customers and governance. Socially and environmentally, the PIROO-MVP has the potential to enhance traceability, compliance and transparency in waste management, supporting practices associated with the circular economy.

Keywords: Digital Transformation, Digital Maturity, Project management, Solid Waste Management, Artificial Intelligence

PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: AVALIAÇÃO DE MATURIDADE, DIAGNÓSTICO E RECOMENDAÇÕES EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL

1 Introdução

Os resíduos sólidos representam um dos principais desafios socioambientais contemporâneos, impulsionados pela urbanização acelerada e pelo crescimento populacional, com estimativas de que a geração mundial de resíduos sólidos urbanos alcance 3,4 bilhões de toneladas anuais até 2050 (ISWA, 2022). No Brasil, diretrizes como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) estabelecem metas urgentes para a modernização do gerenciamento operacional e o aproveitamento de frações orgânicas (Brasil, 2022).

Nesse panorama, os projetos de transformação digital (TD) surgem como vetores estratégicos para incrementar a eficiência operacional e a rastreabilidade por meio de tecnologias habilitadoras como Internet das Coisas (IoT), Big Data e inteligência artificial (Kim, Choi & Lew, 2021; Sarc et al., 2019). Todavia, a adoção destas inovações no setor de resíduos nacional ainda é marcada por fragmentação técnica e limitações na gestão de projetos complexos (Govindan & Hasanagic, 2018). Este estudo investiga o nível de maturidade digital de uma multinacional atuante no setor de resíduos sólidos (Empresa Y), sob a premissa de que iniciativas isoladas de aquisição tecnológica não configuram uma TD abrangente. O objetivo consiste em diagnosticar a maturidade da organização por meio do Modelo de Maturidade Digital (DMM), mapear lacunas e propor uma carteira de projetos integrados para a evolução digital da empresa.

2 Referencial Teórico

A TD consiste em um processo de mudança organizacional multidimensional induzido pelo uso de tecnologias digitais, impactando a otimização de processos operacionais e a reconfiguração de modelos de negócios (Berghaus & Back, 2016). No gerenciamento de resíduos, essas tecnologias aplicam-se no monitoramento de frotas, automação de gates e digitalização regulatória (Wang et al., 2021).

Para guiar esse processo, os modelos de maturidade atuam como frameworks conceituais que mapeiam o estágio atual da organização e prescrevem rotas evolutivas (Becker et al., 2010; Paulk et al., 1993). O DMM, proposto por Berghaus e Back (2016) e validado em território nacional por Machado et al. (2023), avalia nove dimensões estruturantes em uma escala de 1 a 5: Experiência do Cliente, Inovação de Produto, Estratégia, Organização, Digitalização de Processos, Colaboração, Tecnologia da Informação, Cultura e Especialização, e Gestão da Transformação.

3 Metodologia

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa por meio de estudo de caso único (Yin, 2018) na Empresa Y, subsidiária brasileira de um grupo multinacional francês do setor de resíduos. Como intervenção prática decorrente do diagnóstico, o estudo propõe o PIROO-MVP, uma plataforma integrada de rastreabilidade e orquestração operacional, desenvolvida como protótipo funcional, mas ainda não implementada na Empresa Y. A solução utiliza arquitetura REST, com Node.js e React, banco de dados SQLite e análise automatizada de imagens por meio da API Gemini 2.5 Flash (Google). O MVP contempla autenticação multinível, geração de relatórios operacionais em tempo real e suporte a webhooks para integração com sistemas.

A coleta de dados estruturou-se em três fontes principais: (i) pesquisa documental e revisão bibliográfica; (ii) entrevistas semiestruturadas com dois tomadores de decisão da empresa (a Gerente de TD e o Gerente de Projetos, ambos com ampla experiência de liderança na área); e (iii) aplicação do questionário quantitativo do DMM através da plataforma validada por Machado et al. (2023). A análise fundamentou-se na triangulação metodológica destas fontes (Flick, 2018), garantindo a validade interna do diagnóstico.

4 Análise dos Resultados e Discussões

O PIROO-MVP, desenvolvido como projeto de resposta às lacunas de digitalização na Empresa Y, compreende módulos funcionais integrados: (i) check-in de gate com análise de imagem por IA, gerando Protocolos Digitais Únicos e Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) automatizados; (ii) dashboard operacional com KPIs em tempo real, atualizados a cada 30 segundos; (iii) relatórios analíticos por tipo de resíduo, gerador e período; (iv) central de alertas com detecção automática de anomalias pela IA; (v) rastreabilidade pública por protocolo via QR Code; e (vi) API REST para suporte à integração via webhooks. As Figuras 1 e 2 ilustram, respectivamente, o Dashboard Operacional e o fluxo de *check-in* com protocolo gerado pela IA.

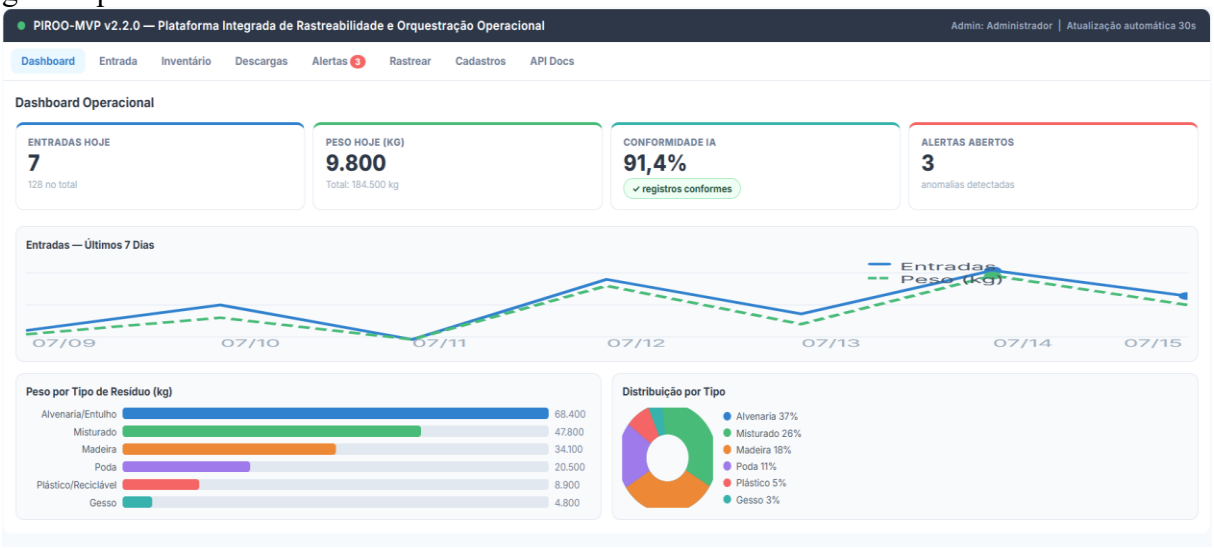


Figura 1. Dashboard Operacional do PIROO-MVP: KPIs em tempo real, evolução temporal de entradas e distribuição por tipo de resíduo.

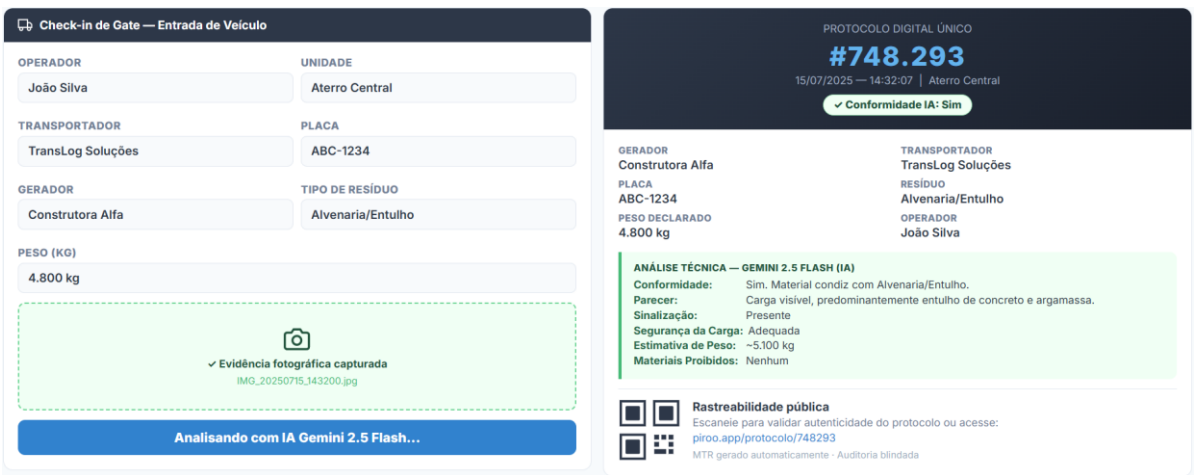


Figura 2. Tela de *check-in* de gate com análise por Gemini 2.5 Flash (IA) e protocolo digital gerado automaticamente com QR Code para rastreabilidade pública.

Os resultados do DMM aplicado à Empresa Y revelam uma maturidade digital organizacional ainda incipiente em termos sistêmicos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado do DMM na Empresa Y

Dimensão do DMM	Estágio de maturidade	Classificação do Estágio
Tecnologia da informação	2,70	Estágio 2 (Intermediário)
Colaboração	1,50	Estágio 1 (Iniciante)
Experiência do cliente	1,43	Estágio 1 (Iniciante)
Organização	1,43	Estágio 1 (Iniciante)
Estratégia	1,29	Estágio 1 (Iniciante)
Inovação do produto	0,83	Estágio 1 (Iniciante)
Gestão da transformação	0,57	Estágio 1 (Iniciante)
Digitalização de processo	0,43	Estágio 1 (Iniciante)
Cultura e especialização	0,43	Estágio 1 (Iniciante)

Nota: Dados da pesquisa (2025). Os valores numéricos representam a média aritmética dos indicadores de cada dimensão baseada no construto de Berghaus & Back (2016). Valores nominais inferiores a 1,00 foram categorizados como "Estágio 1 (Iniciante)" para representar a ausência ou estágio estritamente embrionário de práticas na escala contínua adotada.

O resultado evidencia que apenas a dimensão de TI atingiu o Estágio 2, reflexo dos investimentos preexistentes em infraestrutura tecnológica, segurança da informação e ferramentas colaborativas (Google Workspace). Quatro dimensões mantêm-se em patamares iniciantes (Estágio 1): Colaboração, Experiência do Cliente, Organização e Estratégia. As demais quatro (Inovação do Produto, Gestão da Transformação, Digitalização de Processo e Cultura e Especialização) situam-se no Estágio 0, com valores originais abaixo de 1,00. As entrevistas confirmaram um desalinhamento crônico entre a estratégia global de investimentos da matriz e a operação brasileira, que executa projetos sob demandas reativas das áreas de negócio.

Para mitigar tais lacunas, propõe-se uma carteira de seis projetos integrados baseada no DMM: (i) Plano Estratégico de TD Local, alinhando as metas nacionais com as diretrizes da matriz; (ii) Implantação e Integração Sistêmica do PIROO, conectando a plataforma com os sistemas legados por meio de webhooks; (iii) Monitoramento de Ciclo de Vida, expandindo a rastreabilidade externa com suporte a IoT e Big Data; (iv) Projeto de Cultura Digital, capacitando colaboradores operacionais para atenuar as barreiras e resistências culturais; (v) Co-inovação B2B, envolvendo clientes corporativos no ciclo por meio do monitoramento público via QR Codes; e (vi) Governança de Dados, estabelecendo regras formais de controle operacional baseadas nos relatórios e auditorias gerados no MVP.

5 Conclusões e Considerações Finais

O estudo evidencia que o avanço tecnológico, por si só, não é suficiente para promover uma transformação digital integrada. Na Empresa Y, embora a dimensão Tecnologia da Informação apresente o maior nível de maturidade, persistem lacunas relevantes relacionadas à gestão, aos processos e à cultura organizacional. Diante desse diagnóstico, o estudo propõe o PIROO-MVP como uma solução capaz de integrar inteligência artificial, rastreabilidade digital e gestão operacional. Essa combinação entre diagnóstico e solução reforça que iniciativas tecnológicas pontuais precisam estar articuladas às demais dimensões organizacionais para efetivamente impulsionar a transformação digital (Berghaus & Back, 2016; Carvalho et al., 2021).

As contribuições do estudo são de três ordens. Do ponto de vista de gestão de projetos, o PIROO-MVP demonstra que o sucesso de projetos tecnológicos depende de sua integração com as dimensões organizacionais de suporte. Sob a perspectiva social e ambiental, o projeto viabiliza conformidade com a PNRS, gerando rastreabilidade ambiental para subsidiar a economia circular. Academicamente, o estudo preenche uma lacuna ao aplicar o DMM integrado a projetos reais de desenvolvimento de software em um setor ainda carente de estudos empíricos.

Como limitações do estudo de caso único, destaca-se o foco em apenas dois gestores seniores, embora suas visões representem a totalidade da governança de projetos de TD na subsidiária. Estudos futuros devem investigar de que forma a expansão do portfólio de projetos propostos impactará de forma longitudinal as dimensões de maturidade atualmente deficitárias.

Referências

Berghaus, S., & Back, A. (2016). Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study. MCIS 2016 Proceedings, 22.

Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2010). Maturity models in IS research. ECIS 2010 Proceedings, 42.

Besson, P., & Rowe, F. (2012). Strategizing information systems-enabled organizational transformation. The Journal of Strategic Information Systems, 21(2), 103–124.

Brasil. (2022). Plano Nacional de Resíduos Sólidos. https://sinir.gov.br/

Carvalho, J. V., Rocha, Á., Vasconcelos, J., & Abreu, A. (2021). A maturity model for digital transformation. ACM Computing Surveys, 54(5), 1–37.

Flick, U. (2018). Triangulation. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), The SAGE handbook of qualitative research (5th ed., pp. 444–461). Sage.

Govindan, K., & Hasanagic, M. (2018). A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: A supply chain perspective. International Journal of Production Research, 56(1–2), 278–311.

ISWA. (2022). O futuro do setor de gestão de resíduos: Tendências, oportunidades e desafios para a década (2021–2030). ISWA.

Kim, J., Choi, J., & Lew, Y. K. (2021). Digital transformation and environmental sustainability capability. Sustainability, 13(22), 12585.

Machado, D. M. M., Martens, C. D. P., & Kniess, C. T. (2023). Como diagnosticar os pilares da Transformação Digital. GV Executivo, 22, 34–43.

Paulk, M. C., Curtis, B., Chrissis, M. B., & Weber, C. V. (1993). Capability maturity model for software, Version 1.1 (CMU/SEI-93-TR-24). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

Sarc, R., Curtis, A., Kandlbauer, L., Khodier, K., Lorber, K. E., & Pomberger, R. (2019). Digitalisation and intelligent robotics in value chain of circular economy oriented waste management — A review. Waste Management, 95, 476–492.

Wang, C., Ma, Y., & Zhong, G. (2021). IoT monitoring system of medical waste based on artificial intelligence. ICNISC 2021 (pp. 139–143). IEEE.

Yin, R. K. (2018). Case study research and applications. Sage.