

## **PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: PROPOSTA DE ESTUDO**

### *DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS IN THE SOLID WASTE SECTOR: A STUDY PROPOSAL*

**DANIELA CORREIA BATISTA**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

**CRISTINA DAI PRÁ MARTENS**

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

#### **Comunicação:**

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

#### **Agradecimento à órgão de fomento:**

Agradecemos ao FAP-UNINOVE e ao CNPq pelo apoio recebido.

## **PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: PROPOSTA DE ESTUDO**

### **Objetivo do estudo**

Analisar como projetos de transformação digital podem potencializar o setor de resíduos sólidos, avaliando a literatura existente, a maturidade digital das organizações do setor, e apresentando recomendações de uso de soluções digitais para potencializar o setor de resíduos sólidos.

### **Relevância/originalidade**

O estudo preenche lacunas sobre transformação digital no setor de resíduos, integrando inovação tecnológica, sustentabilidade e gestão por projetos, oferecendo evidências acadêmicas e estratégicas em um campo pouco explorado, especialmente no contexto brasileiro, com potencial de orientar políticas e práticas de gestão

### **Metodologia/abordagem**

Pesquisa multimetodológica combinando revisão sistemática da literatura, mapeamento do setor, diagnóstico de maturidade digital (DMM) e entrevistas semiestruturadas com profissionais, permitindo triangulação e análise integrada de práticas, desafios e oportunidades em projetos de transformação digital aplicados à gestão de resíduos sólidos.

### **Principais resultados**

Espera-se identificar níveis de maturidade digital das organizações, tecnologias mais utilizadas, tendências de inovação e lacunas na implementação de projetos digitais, fornecendo base para recomendações estratégicas que promovam eficiência operacional, sustentabilidade e integração de processos no setor.

### **Contribuições teóricas/metodológicas**

Amplia o conhecimento acadêmico sobre transformação digital na gestão de resíduos, validando o instrumento de avaliação de maturidade digital como ferramenta para alavancar o uso de projetos digitais como estratégia para atender as necessidades da sociedade, governo e empresas.

### **Contribuições sociais/para a gestão**

Oferece subsídios para práticas sustentáveis, melhoria da governança, eficiência operacional e políticas públicas, orientando gestores do setor de resíduos sólidos a integrar tecnologias digitais com estratégias de economia circular, inovação sustentável e desenvolvimento de soluções mais resilientes e eficientes.

**Palavras-chave:** transformação digital, maturidade digital, projetos, gestão de resíduos sólidos, gestão de resíduos sólidos

## *DIGITAL TRANSFORMATION PROJECTS IN THE SOLID WASTE SECTOR: A STUDY PROPOSAL*

### **Study purpose**

This study examines how digital transformation projects can strengthen the solid waste sector by assessing organizational digital maturity and providing recommendations for adopting digital solutions that drive efficiency, innovation, and sustainability.

### **Relevance / originality**

The study addresses gaps in digital transformation within the waste sector, integrating technological innovation, sustainability, and project management, providing academic and strategic evidence in an underexplored field, particularly in Brazil, with potential to guide policies and management practices.

### **Methodology / approach**

A multimethod research design combining systematic literature review, sector mapping, digital maturity diagnosis (DMM), and semi-structured interviews with professionals, enabling triangulation and integrated analysis of practices, challenges, and opportunities in digital transformation projects applied to waste management.

### **Main results**

Expected outcomes include identifying digital maturity levels of organizations, most used technologies, innovation trends, and gaps in digital project implementation, providing a foundation for strategic recommendations that enhance operational efficiency, sustainability, and process integration in the sector.

### **Theoretical / methodological contributions**

The study advances academic knowledge on digital transformation in waste management by validating digital maturity assessment as a tool to leverage digital projects as strategies to meet the needs of society, government, and businesses.

### **Social / management contributions**

The study provides guidance for sustainable practices, improved governance, operational efficiency, and public policies, supporting waste management leaders in integrating digital technologies with circular economy strategies, sustainable innovation, and the development of more resilient and efficient solutions.

**Keywords:** digital transformation, digital maturity, projects, solid waste management, sanitary landfill

## **PROJETOS DE TRANSFORMAÇÃO DIGITAL NO SETOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS: PROPOSTA DE ESTUDO**

### **1. Introdução**

A geração global de resíduos sólidos urbanos (RSU) deverá crescer de 2 bilhões de toneladas em 2016 para 3,4 bilhões em 2050, impactando especialmente países de baixa renda (ISWA, 2022). No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) estabelecem metas para eliminar a destinação inadequada e ampliar a reciclagem até 2040 (Brasil, 2010, 2022). Apesar dos avanços, o setor ainda enfrenta desafios como baixa rastreabilidade, custos elevados e gestão ineficiente.

A transformação digital (TD), com tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial (IA), Big Data e Identificação por Rádio Frequência (RFID), apresenta potencial para otimizar coleta, triagem, transporte e descarte, mas sua adoção no setor de resíduos sólidos no Brasil ainda é incipiente e carece de alinhamento estratégico e gestão por projetos (Demartini, Evans, & Tonelli, 2019; Gonçalves et al., 2023). Avaliar a maturidade digital das organizações pode orientar o planejamento e priorização de iniciativas, promovendo maior eficiência e sustentabilidade.

Diante desse cenário, o estudo busca responder à seguinte questão: como potencializar o setor de resíduos sólidos por meio de projetos de transformação digital? Para tanto, o objetivo geral é analisar de que forma esses projetos podem contribuir para alavancar os negócios do setor. Especificamente, pretende-se revisar a literatura sobre projetos de transformação digital aplicados à gestão de resíduos, avaliar a maturidade digital das organizações do setor e apresentar recomendações para o uso da transformação digital de forma a potencializar o setor de resíduos sólidos.

### **2. Referencial teórico**

A transformação digital (TD), originada nos conceitos da Indústria 4.0, promove mudanças estruturais nas organizações por meio de tecnologias como IoT, IA, big data, blockchain, robótica e computação em nuvem. Essas ferramentas viabilizam novos modelos de negócio, maior eficiência e integração com práticas sustentáveis, sendo a gestão de projetos essencial para alinhar estratégias, processos e governança (Berghaus & Back, 2016; Kim et al., 2021).

No setor de resíduos sólidos, a crescente geração de resíduos, intensificada pela urbanização e pelo consumo acelerado, impõe desafios ambientais, econômicos e sociais. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, 2010) e o Planares (Decreto nº 11.043, 2022) estabelecem diretrizes para a redução de geração de resíduos, reciclagem e a disposição final ambientalmente adequada, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015, 2016).

Neste contexto, as soluções digitais desempenham papel estratégico no setor, permitindo monitoramento em tempo real, otimização de rotas, rastreabilidade e automação de processos. Exemplos incluem sensores IoT em contêineres, algoritmos de IA para triagem de materiais, robótica para segregação segura, drones para coleta, RFID para rastreamento e big data para planejamento e prevenção de desperdícios (Chauhan et al., 2021; Feroz et al., 2021; Torkayesh et al., 2022).

Para avaliar a capacidade das organizações nesse contexto, o Digital Maturity Model (DMM) de Berghaus e Back (2016) propõe a medição de nove dimensões — experiência do

cliente, inovação, estratégia, organização, digitalização de processos, colaboração, tecnologia da informação, cultura e gestão da transformação — distribuídas em cinco estágios de evolução. O modelo possibilita diagnóstico do nível de maturidade digital, orientando ações para integrar inovação tecnológica e sustentabilidade na gestão de resíduos.

### 3. Metodologia

A pesquisa adotará uma abordagem multimetodológica, combinando diferentes fontes de informação e técnicas de coleta de dados, conforme será ilustrado na Figura 3. Inicialmente, será realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para mapear a aplicação de projetos de transformação digital no setor de resíduos sólidos, dada a escassez de estudos sobre o tema (Denyer & Tranfield, 2019; Durach, Kembro, & Wieland, 2017). A busca na Web of Science utilizou a string (waste\* OR 'solid waste\*') AND 'digital transformation' AND project\*, resultando em 182 artigos, que foram reduzidos a 63 após filtro peer-reviewed e complementados por busca em bola de neve.

Em seguida, será realizado o mapeamento do setor de resíduos sólidos no Brasil para identificar atores relevantes e práticas de transformação digital. Serão consultadas fontes setoriais, documentos normativos e bases como Econodata, abrangendo empresas de grande, médio e pequeno porte, incluindo startups que aplicam tecnologias digitais (IoT, blockchain, IA e automação). Os critérios de seleção incluirão atuação no setor, tempo de mercado, porte, localização, uso de tecnologias digitais e tipo de solução implementada.

A terceira etapa envolverá o DMM das empresas identificadas, utilizando o instrumento validado por Machado, Silva e Santos (2023), baseado em Berghaus e Back (2016). O diagnóstico será aplicado por meio de contato direto com profissionais das áreas de inovação, tecnologia e gestão de resíduos. As empresas com maior maturidade digital serão selecionadas para a fase de entrevistas.

Na quarta etapa, serão realizadas entrevistas semiestruturadas com profissionais com mais de 5 anos atuando em projetos no setor de resíduos sólidos, com foco em informações estratégicas sobre iniciativas de transformação digital. Os dados obtidos serão analisados por análise de conteúdo temática (Bardin, 2011; Galletta, 2013), as entrevistas serão transcritas integralmente, e a codificação será feita com base em categorias previamente definidas a partir dos objetivos da pesquisa (como planejamento, execução, entregas e desafios dos projetos de transformação digital), além de permitir a emergência de novas categorias ao longo do processo, conforme indicarem os dados coletados.

A integração das quatro abordagens metodológicas, Revisão Sistemática da Literatura, Mapeamento do Setor de Resíduos Sólidos, Diagnóstico da Maturidade da Transformação Digital e Entrevistas Semiestruturadas permitirá a triangulação dos dados.

### 4. Análise

A análise será realizada integrando revisão sistemática da literatura, mapeamento do setor, diagnóstico da maturidade digital e entrevistas semiestruturadas. A literatura selecionada será examinada para identificar tendências e lacunas em projetos de transformação digital no setor de resíduos sólidos (Denyer & Tranfield, 2019; Durach, Kembro, & Wieland, 2017). O mapeamento permitirá caracterizar empresas e soluções digitais aplicadas (Machado, Silva, & Santos, 2023).

O diagnóstico da maturidade digital avaliará as nove dimensões do Digital Maturity Model, possibilitando comparação entre organizações de diferentes portes (Berghaus & Back, 2016). As entrevistas serão analisadas por conteúdo temático para captar percepções e experiências práticas (Bardin, 2011; Galletta, 2013).



A triangulação dos dados dessas etapas fornecerá uma visão integrada sobre como projetos de transformação digital podem melhorar a eficiência operacional, a inovação e a sustentabilidade ambiental no setor de resíduos sólidos.

## 5. Conclusão

A pesquisa proposta aponta os projetos de transformação digital como instrumento estratégico para aprimorar a gestão de resíduos sólidos, contribuindo para a sustentabilidade urbana e para o cumprimento das diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010; Brasil, 2022). Ao integrar projetos de transformação digital e modelos de maturidade, o estudo poderá gerar subsídios relevantes para aprimorar a eficiência operacional das organizações, reduzindo impactos ambientais e promovendo a economia circular (Afshar, Gurtu & Jaber, 2024).

No âmbito acadêmico, a investigação busca preencher lacunas de conhecimento sobre a aplicação de projetos de transformação digital no setor de resíduos, fortalecendo o diálogo interdisciplinar entre engenharia, gestão e políticas públicas (Creswell, 2014). Para a sociedade, os resultados podem fomentar práticas mais sustentáveis e inclusivas, estimulando a corresponsabilidade entre governo, empresas e cidadãos. Já para o setor de resíduos sólidos, o estudo oferece subsídios para inovação, planejamento estratégico e melhoria contínua dos serviços (Arantes & Jabbour, 2020).

Assim, o trabalho reforça a importância da pesquisa aplicada e multidisciplinar como base para a construção de soluções mais resilientes e sustentáveis frente aos desafios crescentes da gestão de resíduos sólidos no Brasil e no mundo.

## Referências

- Afshar, H., Gurtu, A., & Jaber, M. (2024). Unlocking the potential of solid waste management with circular economy and Industry 4.0. *Computers & Industrial Engineering*, 195, 110457. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110457>
- Arantes, A. F., & Jabbour, C. J. C. (2020). Lean and green: The relationship between lean manufacturing and environmental management. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120419. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120419>
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo* (4ª ed.). Edições 70.
- Berghaus, S., & Back, A. (2016). Stages in digital business transformation: Results of an empirical maturity study. *MCIS 2016 Proceedings*, 22, 1–17. <https://aisel.aisnet.org/mcis2016/22>
- Brasil. (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)
- Brasil. (2022). *Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm)
- Brasil. (2022). *Decreto nº 11.043, de 24 de maio de 2022. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares)*. Diário Oficial da União. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/decreto/D11043.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D11043.htm)
- Chauhan, A., Parida, V., & Dhir, A. (2021). Linking circular economy and digitalisation technologies: A systematic literature review of past achievements and future promises. *Technological Forecasting and Social Change*, 177, 121508. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121508>

- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Demartini, M., Evans, S., & Tonelli, F. (2019). Digitalization technologies for industrial sustainability. *Procedia Manufacturing*, 33, 264–271. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.04.032>
- Denyer, D., & Tranfield, D. (2019). *Doing a systematic review in business and management: A practical guide*. Sage Publications.
- Durach, C. F., Kembro, J., & Wieland, A. (2017). A review of multi-method research in supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(8), 727–752. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-10-2016-0283>
- Feroz, A. K., Zo, H., & Chiravuri, A. (2021). Digital transformation and environmental sustainability: A review and research agenda. *Sustainability*, 13(3), 1530. <https://doi.org/10.3390/su13031530>
- Galletta, A. (2013). *Mastering the semi-structured interview and beyond: From research design to analysis and publication*. NYU Press.
- Gonçalves, R. F., Santos, D. P., & Alves, C. A. (2023). Digital transformation in waste management: Project-based strategies for sustainable operations. *Journal of Cleaner Production*, 413, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137147>
- International Solid Waste Association. (2022). *Global waste management outlook 2022*. ISWA. <https://www.iswa.org>
- Kim, Y., Choi, S. O., & Park, J. (2021). The fourth industrial revolution and digital transformation: Technological drivers, impacts and policy implications. *Technological Forecasting and Social Change*, 164, 120509. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120509>
- Machado, R., Silva, T., & Santos, F. (2023). Adaptação e validação do Diagnóstico de Maturidade da Transformação Digital (DMM) para o contexto brasileiro. *Revista Brasileira de Gestão e Inovação*, 10(2), 45–61.
- Organização das Nações Unidas [ONU]. (2015). *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/>
- Organização das Nações Unidas [ONU]. (2016). *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/pt/>
- Torkayesh, A. E., Kannan, D., & Govindan, K. (2022). Internet of Things (IoT) enabled circular supply chain management: A review and future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 364, 132627. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132627>