EVENTO ON-LINE
ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

KANBAN TRADICIONAL VERSUS E-KANBAN: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA O LEAN 4.0

Poply Adjoua Marie de Russiane Kouakou
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UTFPR
Prof. Joseane Pontes
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UTFPR
Prof. João Luiz Kovaleski
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UTFPR

Resumo: A transformação digital promovida pela Indústria 4.0 tem impulsionado a evolução de ferramentas tradicionais da Lean Manufacturing, incluindo o Sistema Kanban. Embora o Kanban tradicional seja reconhecido por sua eficiência no controle do fluxo produtivo, o uso de cartões físicos apresenta limitações em ambientes caracterizados por maior complexidade, variabilidade da demanda e necessidade de informações em tempo real. Nesse contexto, o e-Kanban surge como uma evolução do sistema convencional, incorporando recursos digitais para melhorar a integração, a rastreabilidade e a visibilidade dos processos. Este estudo teve como objetivo analisar a evolução do Kanban tradicional para o e-Kanban, identificando suas aplicações, benefícios, limitações e tecnologias associadas. Foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura, utilizando a metodologia PRISMA nas bases ScienceDirect, Scopus e Web of Science, considerando publicações de 2010 a 2026. O portfólio final foi composto por 34 artigos, analisados qualitativamente com o auxílio do software Voyant Tools. Os resultados revelam uma trajetória evolutiva dos cartões físicos do Kanban para sistemas eletrônicos integrados a ERP e MES, seguida por aplicações mais avançadas envolvendo IoT, RFID, sistemas ciberfísicos e Inteligência Artificial. Essa evolução amplia a visibilidade, a automação, a rastreabilidade e a capacidade de adaptação dos sistemas Kanban, embora permaneçam desafios relacionados aos custos de implementação, à integração tecnológica e à capacitação dos usuários.

Palavras-chave: Kanban, e-Kanban, Indústria 4.0, Lean Manufacturing, Digitalização.

Traditional Kanban Versus E-Kanban: A Contribution to Lean 4.0

Abstract: The digital transformation driven by Industry 4.0 has fostered the evolution of traditional Lean Manufacturing tools, including the Kanban System. Although traditional Kanban is recognized for its efficiency in controlling production flow, the use of physical cards presents limitations in environments characterized by greater complexity, demand variability, and the need for real-time information. In this context, e-Kanban has emerged as an evolution of the conventional system, incorporating digital resources to improve process integration, traceability, and visibility. This study aimed to analyze the evolution from traditional Kanban to e-Kanban by identifying its applications, benefits, limitations, and associated technologies. A Systematic Literature Review was conducted using the PRISMA methodology across the ScienceDirect, Scopus, and Web of Science databases, considering publications from 2010 to 2026. The final portfolio consisted of 34 articles, which were qualitatively analyzed with the support of the Voyant Tools software. The results reveal an evolutionary trajectory from physical Kanban cards to electronic systems integrated with ERP and MES, followed by more advanced applications involving the Internet of Things (IoT), Radio Frequency Identification (RFID), cyber-physical systems, and Artificial Intelligence. This evolution

enhances the visibility, automation, traceability, and adaptability of Kanban systems, although challenges related to implementation costs, technological integration, and user training remain.

Keywords: Kanban, e-Kanban, Industry 4.0, Lean Manufacturing, Digitalization.

1. Introdução

A crescente competitividade dos mercados e a necessidade de responder rapidamente às mudanças na demanda têm impulsionado as organizações a adotarem estratégias voltadas para o aumento da eficiência operacional, redução de desperdícios e melhoria contínua dos processos produtivos (MOURA, 2020). Nesse contexto, a Lean Manufacturing (Lean Manufacturing) consolidou-se como uma das principais filosofias de gestão da produção, tendo como objetivo maximizar a geração de valor ao cliente por meio da eliminação sistemática de atividades que não agregam valor (RAZAFUAD et al., 2018).

Originada no Sistema Toyota de Produção, o Lean Manufacturing baseia-se em princípios como produção puxada, melhoria contínua (Kaizen), nivelamento da produção e redução de desperdícios. Entre as diversas ferramentas que compõem essa filosofia, o Kanban destaca-se como um dos mecanismos mais importantes para o controle do fluxo de materiais e informações, permitindo sincronizar as etapas produtivas de acordo com a demanda real e reduzir níveis de estoque, tempos de espera e desperdícios (SUGIMORI et al., 2007).

O Kanban tradicional utiliza cartões físicos para transmitir informações sobre a necessidade de reposição de materiais e movimentação entre os processos produtivos. Embora esse sistema tenha demonstrado elevada eficiência em ambientes de produção enxuta, sua aplicação apresenta limitações em cenários caracterizados por alta complexidade, grande volume de informações e necessidade de monitoramento em tempo real. Aspectos como perda de cartões, atrasos na atualização das informações e dificuldade de integração com sistemas digitais representam desafios para sua utilização em ambientes industriais cada vez mais conectados (LAGE; GODINHO, 2010).

Com o avanço das tecnologias digitais e da Indústria 4.0, surgiram novas abordagens para o gerenciamento do fluxo produtivo, destacando-se o e-Kanban (Electronic Kanban). Diferentemente do sistema convencional, o e-Kanban substitui os cartões físicos por informações eletrônicas integradas a sistemas ERP, MES, tecnologias RFID, Internet das Coisas (IoT) e computação em nuvem, proporcionando maior visibilidade da produção, rastreabilidade, atualização em tempo real e suporte à tomada de decisão (Powell et al., 2013) (Tortorella et al., 2020). Essa evolução tem permitido maior integração entre os processos produtivos e fortalecido os princípios da Lean Manufacturing em ambientes digitais.

Grande parte das pesquisas concentra-se em aplicações específicas, estudos de caso ou avaliações de desempenho em determinados setores industriais, enquanto são escassos os trabalhos que realizam uma comparação sistemática entre o Kanban tradicional e o e-Kanban, considerando suas características, benefícios, limitações, e tecnologias associadas. Essa lacuna dificulta uma compreensão abrangente sobre como a digitalização tem transformado essa importante ferramenta da Lean Manufacturing e quais oportunidades de pesquisa ainda permanecem inexploradas.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar a evolução do Kanban tradicional para o e-Kanban, identificando suas aplicações, benefícios, limitações e tecnologias associadas.

2. Referencial Teórico

2.1 Lean Manufacturing

A crescente competitividade dos mercados e a necessidade de produzir com maior eficiência impulsionaram o desenvolvimento da Lean Manufacturing, filosofia originada no Sistema Toyota de Produção (STP). Seu principal objetivo consiste em eliminar desperdícios, reduzir custos e aumentar a geração de valor ao cliente por meio da melhoria contínua dos processos produtivos (SUGIMORI et al., 2007). Segundo Ohno (1988), o Sistema Toyota de Produção fundamenta-se na eliminação de atividades que não agregam valor, conhecidas como desperdícios (muda), buscando produzir somente o necessário, na quantidade necessária e no momento necessário. Posteriormente, Womack e Jones (1996) consolidaram os princípios da Lean Manufacturing em cinco pilares: definição de valor, identificação do fluxo de valor, fluxo contínuo, produção puxada e busca da perfeição.

Entre as principais ferramentas da Lean Manufacturing destacam-se o Just in Time (JIT), Kaizen, 5S, Poka-Yoke, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Heijunka, Jidoka e o Sistema Kanban, sendo este último responsável pelo gerenciamento do fluxo de materiais em sistemas de produção puxada (AHMAD et al., 2018). A implementação das práticas Lean proporciona diversos benefícios, como redução dos estoques, diminuição do tempo de produção, aumento da produtividade, melhoria da qualidade e maior flexibilidade operacional (AL-BAIK; MILLER, 2014). Em razão dessas vantagens, a Lean Manufacturing permanece como uma das principais estratégias utilizadas pelas organizações, sendo continuamente adaptada às tecnologias digitais da Indústria 4.0 (KOLBERG et al., 2015).

2.2 Sistema Kanban

O Kanban constitui uma das ferramentas mais importantes do Sistema Toyota de Produção, sendo responsável pelo controle visual da produção e pela sincronização do fluxo de materiais entre os diferentes processos produtivos (Ohno, 1988). A palavra japonesa Kanban significa "cartão" ou "sinal visual", representando um mecanismo de comunicação utilizado para autorizar a produção ou movimentação de materiais conforme a demanda real do processo subsequente (Ohno, 1988). Dessa forma, o sistema opera segundo a lógica da produção puxada (pull production), evitando a superprodução e reduzindo os níveis de estoque.

No Kanban tradicional, cartões físicos acompanham os lotes de produção, contendo informações como código do produto, quantidade, localização, fornecedor e destino. Quando um item é consumido, o cartão retorna ao processo anterior autorizando sua reposição. Esse mecanismo simples permite controlar o fluxo produtivo sem necessidade de planejamentos complexos (Monden, 2011). Diversos estudos demonstram que o Kanban contribui para reduzir desperdícios, melhorar o balanceamento da produção, diminuir tempos de espera e aumentar a produtividade. Entretanto, sua utilização apresenta limitações em ambientes caracterizados por elevada variedade de produtos, cadeias produtivas complexas e necessidade de monitoramento em tempo real (LAGE; GODINHO, 2010).

2.3 Indústria 4.0

A Quarta Revolução Industrial representa uma transformação significativa na forma como os sistemas produtivos são planejados, monitorados e controlados. Caracteriza-se pela integração entre tecnologias digitais, automação avançada e conectividade, permitindo o desenvolvimento de fábricas inteligentes (Smart Factories) (MOURA, 2020) (KOLBERG et al., 2015).

Segundo PAPADIMITROPOULOU et al. (2023), a Indústria 4.0 promove a integração entre máquinas, produtos, pessoas e sistemas de informação, possibilitando tomadas de decisão mais rápidas e maior flexibilidade operacional. Nesse contexto, os sistemas produtivos tornam-se capazes de coletar, processar e compartilhar informações em tempo real. A digitalização dos processos produtivos favoreceu a modernização de diversas ferramentas da Lean Manufacturing, incluindo o Sistema Kanban, cuja evolução para o e-Kanban representa uma importante adaptação às exigências da manufatura inteligente.

2.4 E-Kanban

A evolução das tecnologias digitais possibilitou o desenvolvimento do e-Kanban (Electronic Kanban), sistema que substitui os cartões físicos por informações eletrônicas compartilhadas entre equipamentos, operadores e sistemas corporativos. O e-Kanban automatiza o fluxo de informações por meio da integração com sistemas ERP, MES, RFID, sensores inteligentes e plataformas em nuvem, permitindo que as ordens de reposição sejam emitidas automaticamente sempre que determinado nível de estoque é atingido (Powell et al., 2013).

Em comparação ao Kanban tradicional, o e-Kanban oferece maior rastreabilidade dos materiais, atualização em tempo real, redução de erros humanos, maior velocidade de comunicação e integração entre diferentes unidades produtivas (PEKARCIKOVA et al., 2025). Além disso, favorece o monitoramento remoto da produção e possibilita análises preditivas utilizando dados gerados continuamente durante os processos produtivos. Apesar dessas vantagens, a implementação do e-Kanban envolve desafios relacionados aos investimentos em infraestrutura tecnológica, integração entre sistemas, segurança da informação e capacitação dos colaboradores (QING; XUE-TAO; ZHONG, 2011).

2.5 Tecnologias habilitadoras

O funcionamento do e-Kanban depende diretamente das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, responsáveis pela coleta, transmissão e processamento das informações ao longo da cadeia produtiva (AZOUZ; PIERREVAL, 2019). Entre as principais tecnologias destacam-se a Internet das Coisas (IoT), responsável pela comunicação entre dispositivos inteligentes; a Identificação por Radiofrequência (RFID), utilizada para rastreamento automático de materiais; os Sistemas de Execução da Manufatura (MES); os Sistemas Integrados de Gestão Empresarial (ERP); a Computação em Nuvem (Cloud Computing); a Análise de Big Data; a Inteligência Artificial e os Gêmeos Digitais (Digital Twins) (AIT et al., 2023).

Essas tecnologias permitem que o e-Kanban realize monitoramento contínuo dos estoques, reposição automática de materiais, rastreabilidade completa dos produtos e integração entre fornecedores, produção e logística. Como consequência, tornam-se possíveis decisões mais rápidas, redução de desperdícios, maior precisão no planejamento da produção e aumento da eficiência operacional (AIT et al., 2023). Dessa forma, o e-Kanban representa uma evolução natural do Sistema Kanban tradicional, incorporando os princípios da Lean Manufacturing às capacidades tecnológicas proporcionadas pela Indústria 4.0 e estabelecendo uma base para os sistemas inteligentes de produção (HOUTI; EL ABBADI; ABOUABDELLAH, 2017).

3. Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), desenvolvida com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar as evidências científicas

sobre o Kanban tradicional e o e-Kanban. Para garantir maior rigor metodológico, transparência e reprodutibilidade do processo de seleção dos estudos, foi adotado o protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), conforme as diretrizes atualizadas por Page et al. (2021).

A condução da revisão ocorreu de forma estruturada, contemplando as etapas de definição da estratégia de busca, identificação das bases de dados, estabelecimento dos critérios de inclusão e exclusão, seleção dos estudos, extração dos dados e síntese dos resultados. A utilização do protocolo PRISMA contribui para reduzir vieses durante o processo de seleção dos artigos, além de proporcionar maior confiabilidade aos resultados obtidos. Inicialmente, foram definidas as diretrizes da pesquisa, apresentadas na Tabela 1. A estratégia de busca foi elaborada a partir de palavras-chave relacionadas ao tema central do estudo, contemplando o eixo principal e-Kanban e seus principais sinônimos encontrados na literatura. Considerando que a maior parte das publicações científicas é disponibilizada em língua inglesa, as buscas foram realizadas utilizando termos nesse idioma, ampliando o alcance da pesquisa e possibilitando a recuperação de estudos internacionais relevantes.

Devido à diversidade de termos utilizados para se referir ao e-Kanban, foi empregados operadores booleanos para estruturar a estratégia de busca. O operador OR foi utilizado para agrupar palavras com significados equivalentes ou semelhantes. Essa combinação permitiu ampliar a abrangência da busca sem comprometer sua especificidade, aumentando a probabilidade de identificar estudos relevantes para responder ao objetivo da pesquisa.

Tabela 1 - Protocolo de Pesquisa

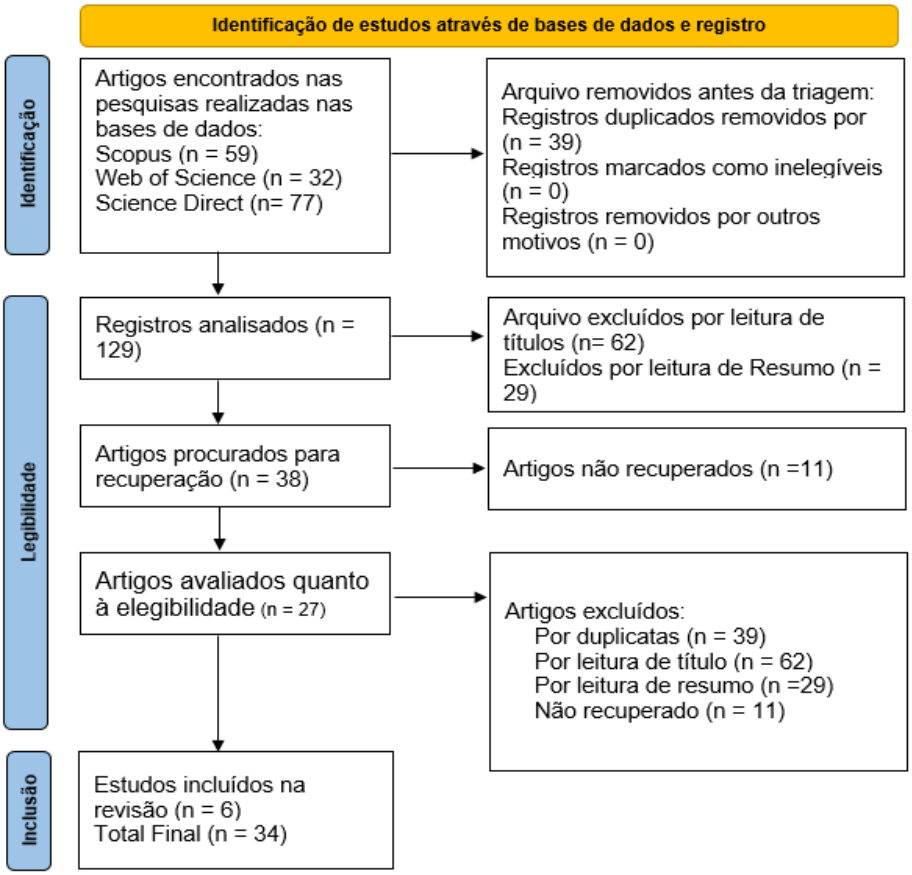
Direcionamentos	Protocolo
Termos de Busca (Título, Resumo e Palavras-Chaves)	"E Kanban" OR "kanban online"
Estratégia de Busca	OR entre os termos do mesmo Grupo
Base de Dados	ScienceDirect, Scopus e Web of Science
Tipos de Publicação	Artigos e Artigos de conferências
Idioma	Inglês
Período de busca	2010 - 2026

Fonte: Autoria propria (2026)

Após a definição da estratégia de busca, as consultas foram realizadas nas bases de dados científicas selecionadas ScienceDirect, Scopus e Web of Science . Em seguida, os artigos recuperados foram submetidos às etapas de identificação, remoção de registros duplicados, triagem por título e resumo, avaliação do texto completo e seleção final dos estudos elegíveis, conforme o fluxo recomendado pelo PRISMA. Por fim, os artigos incluídos na revisão foram analisados de forma qualitativa, buscando identificar as principais características do Kanban tradicional e do e-Kanban, suas aplicações, benefícios, limitações, e tecnologias associadas. permitindo uma comparação sistemática entre ambas as abordagens. Conforme mostrado na Figura 1

Sendo assim, o portfólio final deste trabalho é composto por 34 artigos, incluindo artigos de pesquisa, artigos de congressos e artigos de conferências. Essas publicações são consideradas relevantes para o desenvolvimento desta pesquisa, a qual está relacionada monstar a evolução do kanban tradicional cartão fisíco à inteligência E-kanban. Em seguida, uma analise de conteúdo das publicações selecionadas, buscando identificar os beneficios, desafios, tecnologia s associadas e aplicações relacionadas à evolução dos sistemas Kanban para o E-kanban. A Figura 1 apresenta metodologia prisma aplicada.

Figura 1 - Metodologia PRISMA



Fonte: autoria própria (2026)

4. Resultados

4.1 Análise de Conteúdo

O Kanban originou-se na década de 1940 como um subsistema do Sistema Toyota de Produção (TPS), desenvolvido por Taiichi Ohno para controlar níveis de estoque e a produção de componente (SUGIMORI et al., 2007). Ele é definido como um mecanismo de Controle de Fluxo de Materiais (MFC) que garante a produção da quantidade necessária no momento exato (LAGE; GODINHO, 2010). O sistema baseia-se em uma lógica puxada, onde o processo subsequente retira apenas o que é necessário do processo precedente, utilizando cartões físicos (sinais) para autorizar a movimentação ou produção (HOUTI; EL ABBADI; ABOUABDELLAH, 2017). Os quatro componentes fundamentais do conceito original são: uso de dois sinais de comunicação (produção e transporte), produção puxada, controle descentralizado e limite do Work-in-Process (WIP) (AHMAD et al., 2015). Embora eficaz, o sistema manual apresenta limitações em ambientes de demanda instável, grande variedade de itens e longos tempos de setup (PEKARCIKOVA et al., 2025).

A transição para o E-Kanban ocorre com a substituição dos sinais físicos por mensagens eletrônicas, eliminando problemas como a perda ou manipulação incorreta de cartões (PHUMCHUSRI; PANYAVAI, 2015). Esta evolução utiliza tecnologias como códigos de barras e QR codes para automatizar o rastreamento e o disparo de ordens de reabastecimento (ENGINEERING, 2020). Uma característica central desta fase é a integração com sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) e MES (Manufacturing Execution Systems), permitindo que os dados de consumo alimentem diretamente o banco de dados da empresa e facilitem a coordenação com fornecedores distantes (ZHANG et

al., 2015). O sistema funciona como um "painel de comando", oferecendo visibilidade em tempo real do status de cada estação de trabalho e reduzindo significativamente a burocracia e o trabalho administrativo (LUMPUR; MARA, 2020).

O Kanban 4.0 insere a ferramenta no paradigma da Indústria 4.0, transformando-a em um sistema ciber-físico autônomo (STADNICKA et al., 2020) (PAPADIMITROPOULOU, [s.d.]). O uso de sensores inteligentes de nível de preenchimento e balanças digitais (como o sistema iBin) permite que o estoque seja monitorado automaticamente, eliminando a necessidade de escaneamento manual por parte dos operários (ENGINEERING, 2020). A tecnologia RFID (Identificação por Radiofrequência) e o Bluetooth Low Energy (BLE) são fundamentais para capturar dados de movimentação de materiais sem contato visual, garantindo rastreabilidade total e transparência informativa (ALLA et al., 2021). Esses sistemas são capazes de tomar decisões autônomas de reabastecimento, comunicando-se diretamente com fornecedores ou transportadores automáticos (Milk run dinâmico) (PEKARCIKOVA et al., 2025).

A evolução mais avançada do E-Kanban incorpora algoritmos de Inteligência Artificial, especificamente Redes Neurais Artificiais e Aprendizado por Reforço, para tornar o sistema "auto-otimizável" (AZOUZ; PIERREVAL, 2019). Diferente dos sistemas estáticos, o Kanban inteligente pode ajustar dinamicamente o número de cartões em circulação com base em previsões de demanda e na variabilidade do processo, evitando a "nervosismo" do sistema e interrupções na produção (AZOUZ; PIERREVAL, 2019). Algoritmos genéticos e de mineração de dados são aplicados para encontrar o equilíbrio ideal entre níveis de estoque e satisfação do cliente, permitindo que o sistema aprenda com o comportamento histórico e reaja a flutuações estocásticas em tempo real (AIT et al., 2023).

O E-Kanban expandiu-se para além da manufatura tradicional, integrando-se ao gerenciamento de projetos de construção através do BIM (Building Information Modelling) (BURGO; PEDRO; FERNÁNDEZ, 2024). Em ambientes de construção, cartões digitais são usados para coordenar tarefas entre projetistas e gerenciar o fluxo de materiais no canteiro de obras em tempo real (BURGO; PEDRO; FERNÁNDEZ, 2024).No setor de saúde, sistemas baseados em RFID automatizam o reabastecimento de suprimentos médicos em hospitais, liberando a equipe para o cuidado direto ao paciente (BENDAVID; BOECK; PHILIPPE, 2010). Além disso, a ferramenta é amplamente adaptada na engenharia de software (como o método Scrumban) para visualizar fluxos de trabalho invisíveis e limitar o WIP em projetos ágeis (AHMAD et al., 2015) (AL-BAIK; MILLER, 2014).

A implementação de sistemas E-Kanban resulta em melhorias mensuráveis, como a redução drástica de lead times e dos estoques de segurança em até 30% a 40% (MOURA, 2020). A eliminação de atividades que não agregam valor (Muda), como a contagem manual de cartões e o transporte físico de ordens, aumenta a produtividade global da planta (HOUTI; EL ABBADI; ABOUABDELLAH, 2017). A transparência informativa permite identificar gargalos instantaneamente e melhora a precisão dos dados, reduzindo erros humanos e falhas de comunicação com fornecedores externos (PAPADIMITROPOULOU, [s.d.]). Estudos mostram que a digitalização do fluxo permite um aumento na utilização de máquinas e uma resposta muito mais rápida às mudanças na demanda do cliente (PHUMCHUSRI; PANYAVAI, 2015).(ENGINEERING, 2021)

As principais barreiras para a evolução do Kanban incluem o alto custo inicial de infraestrutura (sensores, etiquetas RFID e redes sem fio), o que pode ser proibitivo para Pequenas e Médias Empresas (PMEs) (ZHANG et al., 2015). Outro desafio crítico é a inflexibilidade de softwares ERP legados, que muitas vezes são sistemas "fechados" e dificultam a integração de novos dados digitais de sinalização (MOURA, 2020). Fatores humanos, como a resistência cultural à mudança e a necessidade de treinamento intensivo para lidar com as novas interfaces digitais, também são citados como obstáculos

significativos (RICKY; KADONO, 2020). Por fim, a complexidade técnica de manter a lógica original de fluxo puxado em ambientes de produção altamente instáveis exige uma disciplina rigorosa na manutenção dos dados do sistema (THAO; CHI; HOP, 2022). A Tabela 02 apresenta resumo dessa analise de conteúdo dos artigos selecionados.

Tabela 2 - Principais temas, Subtemas e discussões Abordada

Dimensão	Tema	Discussões Abordadas	Referência
Kanban tradicional	Origem e funcionamento	O Kanban original do Sistema Toyota de Produção (TPS) utiliza cartões físicos para controlar o fluxo de materiais e limitar o Work-in-Process (WIP) através de um sistema puxado	(Lage Junior; Godinho Filho, 2010), (Houti et al., 2017), (Ahmad et al., 2018), (Papadimitropoulou et al., 2023), (Liping Zhang et al., 2015), (Fuentes-del-Burgo et al., 2024), (ROMEIRA; MOURA, 2020)
E-kanban	kanban digitalizada	Substituição de cartões físicos por sinais eletrônicos, códigos de barras, QR codes e RFID; utilização de interfaces e sistemas de informação; sincronização e atualização das informações em tempo real; integração com ERP/MES e conexão entre processos, fornecedores e unidades produtivas.	(Buer et al. 2018), (Lage Junior; Godinho Filho, 2010), (Romeira & Moura 2020), (Houti et al. 2017), (Fuentes-del-Burgo et al. 2024), (Shiva Prakash et al. 2020), (Zhang et al. 2021), (Razafuad et al. 2018), (MacKerron et al. 2014)
Aplicações e tecnologias	Identificação digital e rastreabilidade (RFID, BLE, códigos de barras, QR Codes e RTLS)	Utilização de tecnologias de identificação e localização para automatizar a captura, o rastreamento e a atualização das informações de materiais, reduzindo a dependência de registros manuais e ampliando a rastreabilidade.	(Lage Junior; Godinho Filho, 2010), (Pekarcikova et al. 2020), (Liping Zhang et al. 2015), (Papadimitropoulou et al., 2023), (Buer et al. 2018), (Kolberg, Zühlke et al., 2015), (Ahmad et al. 2018), (Al-Baik , Miller et al., 2014), (MacKerron et al. 2014), (Fuentes-del-Burgo et al. 2024), (Stadnicka et al. 2020), (Bendavid et al. 2010), (Zhang et al. 2015), (Shiva Prakash et al. 2020), (Qing, Xue-tao, Zhong et al., 2011), (Kreutz et al. 2021), (Razafuad, Ridwan, Santosa et al., 2018), (Azouz, Pierreval et al., 2019)
	Sistemas de informação (ERP, MES e computação em nuvem)	Integração do e-Kanban com ERP, MES e plataformas em nuvem para compartilhamento de dados, atualização em tempo real e conexão entre produção, planejamento e cadeia de suprimentos.	
	Inteligência Artificial e aprendizado de máquina	Aplicação de redes neurais, aprendizado por reforço e algoritmos de otimização para ajustar dinamicamente os cartões, prever a demanda, otimizar estoques e tornar o sistema mais adaptativo.	
	IoT, sensores inteligentes e sistemas ciberfísicos (CPS)	Utilização de sensores, balanças e recipientes inteligentes para monitoramento automático dos níveis de estoque e geração de sinais de reposição, possibilitando maior autonomia ao sistema Kanban.	
	IA e Aprendizado de Máquina	Implementação de algoritmos de IA e redes neurais para o ajuste dinâmico do número de cartões Kanban com base na variabilidade do processo e previsão de demanda.	

	Integração em Ambientes Complexos	Expansão do e-Kanban para além da manufatura, com aplicações na construção civil, saúde e engenharia de software. Na construção, integra-se a ferramentas como BIM e LPS para gerenciamento de projetos e materiais; na saúde, utiliza RFID para automatizar o reabastecimento de suprimentos; e na engenharia de software, apoia o gerenciamento de fluxos de trabalho, gargalos e controle do WIP.	
Benefícios	Rastreabilidade, Transparência e Visibilidade em Tempo Real	Através do uso de tecnologias como etiquetas de rádio (RFID), sensores de nível e códigos de barras, o sistema atualiza o status de forma instantânea, transparente e visivel	(Trebuna et al. 2023), (Pekarcikova et al. 2025), (MacKerron et al. 2014), (Papadimitropoulou et al. 2023), Kreutz et al. (2021, Shiva Prakash et al. 2020), (Houti et al. 2017), (Liping Zhang et al. 2015), (LAGE JUNIOR; GODINHO FILHO, 2010)
	Redução de Estoque (WIP e Estoque de Segurança)	A velocidade de transmissão do sinal digital permite que as empresas operem de maneira muito mais enxuta, mantendo menos estoque parado no chão de fábrica e nos supermercados.	
	Redução de Lead Times	Melhoria drástica na pontualidade e nos tempos de ciclo: Algumas simulações e dados empíricos mostram reduções de até 38,99% nos lead times de produção	
	Aumento da Eficiência Produtiva e Redução de Desperdícios (Muda)	A sincronização digital evita que máquinas fiquem ociosas aguardando materiais, impulsionando a eficiência global dos ativos. A simulação e modelagem digital (como Tecnomatix Plant Simulation) permite prever gargalos e testar cenários de balanceamento de linha antes da implementação física.	
	Integração de Fornecedores externos	A integração via portais web ou nuvem permite que os fornecedores visualizem as demandas em tempo real	
Desafios	Barreiras de Implementação	Dificuldades relacionadas a softwares proprietários "fechados", altos custos de infraestrutura para PMEs e a complexidade de manter a lógica original em fluxos produtivos instáveis	(Lage Junior; Godinho Filho, 2010) (Ahmad et al. 2018), (Al-Baik, Miller et al., 2014), (Bendavid et al., 2010), (ROMEIRA; MOURA, 2020), (Papadimitropoulou et al., 2023), (Houti et al., 2017), (Trebuna et al. 2023), (Pekarcikova et al. 2025)

Fonte: autoria Propria (2026)

5. Conclusão

Este estudo realizou uma Revisão Sistemática da Literatura com o objetivo de analisar a evolução do Kanban tradicional para o e-Kanban, identificando suas principais aplicações,

benefícios, desafios e as tecnologias associadas à sua implementação nos ambientes produtivos modernos. Para alcançar esse objetivo, foram utilizados o Método PRISMA e o software voyant-Tools para identificar e analisar os trabalhos relevante. A análise qualitativa foi realizada a partir dos 34 artigos elegíveis que compõem o portfólio final. A análise da evolução do Kanban para o e-Kanban revela que não estamos diante de uma mera troca de suporte físico por digital, mas sim de uma revolução na visibilidade e na autonomia operacional. O Kanban tradicional, embora tenha sido o alicerce da eficiência Toyota, encontrou seu teto na complexidade da manufatura moderna, onde a distância geográfica entre fornecedores e a volatilidade da demanda tornam os cartões físicos obsoletos e propensos a erros (LAGE; GODINHO, 2010).

O estudo destaca que o futuro da ferramenta reside na auto-otimização. A incorporação de tecnologias da Indústria 4.0 como sensores IoT, RFID e Inteligência Artificial deu origem ao "Smart Kanban". Estes sistemas deixaram de ser passivos (dependendo do escaneamento manual) para se tornarem sistemas ciber-físicos autônomos, capazes de "sentir" o nível de estoque e ajustar dinamicamente o número de cartões em circulação através de algoritmos de aprendizado de máquina (AIT et al., 2023). Isso reduz o "nervosismo" da produção e otimiza o capital de giro de forma proativa.

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação do E-kanban não está isenta de obstáculos. O alto investimento inicial em infraestrutura tecnológica e a resistência cultural à mudança surgem como as principais barreiras, especialmente para PMEs (AZOUZ; PIERREVAL, 2019). Além disso, a rigidez de sistemas ERP legados muitas vezes impede a integração fluida dos dados, ressaltando que a tecnologia deve ser acompanhada por uma revisão profunda dos processos e por uma capacitação contínua das pessoas (LAGE; GODINHO, 2010). Em suma, o e-Kanban consolidou-se como o "sistema nervoso" da fábrica inteligente. Enquanto o Kanban manual ensinou as empresas a serem enxutas, o e-Kanban as ensina a serem ágeis e preditivas.

Referências

AHMAD, M. O. et al. Kanban in Industrial Engineering and Software Engineering : A systematic literature review. n. c, p. 234–241, 2015.

AHMAD, M. O. et al. Kanban in Software Engineering : A Systematic Mapping Study. p. 96–113, 2018.

AIT, A. et al. ScienceDirect Deploying a self-learning AI methodology to trigger battery-powered stock- level sensors of an eKanban system. **Procedia CIRP**, v. 120, p. 207–212, 2023.

AL-BAIK, O.; MILLER, J. The kanban approach , between agility and leanness : a systematic review. 2014.

ALLA, A. A. et al. ScienceDirect Autonomous , low-cost sensor module for fill level measurement for a self-learning module fill measurement sensor module for for fill level level measurement for for a electronic Kanban system Autonomous , low-cost sensor module for fill level measurement for a electronic Kanban system electronic Kanban system. **IFAC PapersOnLine**, v. 54, n. 1, p. 623–628, 2021.

ANDERSON, D. J. Kanban An Alternative Path to Agility Presenter The Meaning of Agile. n. March, 2014.

ARANGO, R. M.; LEDESMA, K. L.; LEGUIA, J. M. **Proposal to increase efficiency in the weaving area of a Textile SME using SMED 4.0, E-Kanban and TPM (Pillar VI)**. Congreso Internacional de Innovacion y Tendencias en Ingenieria, CONIITI. **Anais**...Faculty of Engineering, Peruvian University of Applied Sciences, Lima, Peru: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2025. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/105033961091?origin=resultslist>

AZOUZ, N.; PIERREVAL, H. Adaptive smart card-based pull control systems in context-aware manufacturing systems: Training a neural network through multi-objective simulation optimization. **Applied Soft Computing**, v. 75, p. 46–57, 2019.
BENDAVID, Y.; BOECK, H.; PHILIPPE, R. Redesigning the replenishment process of medical supplies in hospitals with RFID. **Business Process Management Journal**, v. 16, n. 6, p. 991–1013, 2010a.
BENDAVID, Y.; BOECK, H.; PHILIPPE, R. Redesigning the replenishment process of medical supplies in hospitals with RFID. **BUSINESS PROCESS MANAGEMENT JOURNAL**, v. 16, n. 6, p. 991–1013, 2010b.
BUER, S. et al. ScienceDirect Process Improvement Cycle : The Process Improvement Cycle : The Process Improvement Cycle : The Process Improvement Cycle : Using Digitalization for Continuous Improvement The Process Improvement Cycle : Using Digitalization for Continuous Improvement Using Digitalization for Continuous Improvement The Data-Driven Process Improvement Cycle : Using Digitalization for Continuous Improvement Using Digitalization for Continuous Improvement Using Digitalization for Continuous Improvement. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 1035–1040, [s.d.].
BURGO, J. F.-; PEDRO, J.; FERNÁNDEZ, R. Kanban Applied to Construction : A Literature Review. p. 43–57, 2024.
ENGINEERING, D. MATERIAL FLOW OPTIMIZATION THROUGH E-KANBAN SYSTEM SIMULATION. v. 19, p. 243–254, 2020.
ENGINEERING, D. SIMULATION TESTING OF THE E-KANBAN TO INCREASE THE EFFICIENCY OF LOGISTICS PROCESSES. v. 20, p. 134–145, 2021.
ENGINEERING, D. ONLINE E-KANBAN SYSTEM IMPLEMENTATION IN A MANUFACTURING COMPANY. v. 22, p. 5–16, 2023.
HOUTI, M.; EL ABBADI, L.; ABOUABDELLAH, A. **E-kanban the new generation of traditional kanban system, and the impact of its implementation in the enterprise**. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. **Anais**...Systems Engineering Laboratory, National School of Applied Sciences, Kenitra Ibn Tofail University Kenitra, Morocco: IEOM Society, 2017. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/85019006544?origin=resultslist>
JIANG, P.; FU, Y.; ZHENG, M. **Tracking and visualizing RFID-driven material flows for multistage machining processes**. Proceedings - 2010 International Conference on Manufacturing Automation, ICMA 2010. **Anais**...State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, Shaanxi 710049, China: 2010. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/79951837406?origin=resultslist>
KOLBERG, D. et al. ScienceDirect Lean Automation enabled by Industry Lean Automation Automation enabled enabled by by Industry. 2015.
KRISHNAIYER, K. et al. ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Cloud Kanban Framework for Service Operations Management Costing models for capacity optimization in Industry 4 . 0 : Trade-off Cloud Kanban Framework for Service Operations Management. **Procedia Manufacturing**, v. 17, p. 531–538, 2018.
LAGE JUNIOR, M.; GODINHO FILHO, M. Variations of the kanban system: Literature review and classification. **International Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13–21, 2010.
LAGE, M.; GODINHO, M. Int . J . Production Economics Variations of the kanban system : Literature review and classification. **Intern. Journal of Production Economics**, v. 125, n. 1, p. 13–21, 2010.
LI-FANG, W.; YU-CHUN, W. Planning and Application Research on JIT Logistics Information System for Auto Parts. **World Automation Congress 2012**, p. 1–4, 2008.
LUMPUR, K.; MARA, U. T. E-Kanban Hybrid Model for Malaysian Automotive Component Suppliers with IoT Solution. p. 728–738, 2020.

MOURA, A. AIS Electronic Library (AISeL) Applicability of an e-Kanban system according to the Industry 4 . 0 paradigm : an applied practical study. 2020.
PAPADIMITROPOULOU, C. Digitally Enhancing Kanban Lean Practice in Support of Just-in-Time Reconfigurable Supply : A Case Study. p. 1–15, [s.d.].
PEKARCIKOVA, M. et al. E-Kanban Application and Value Stream Mapping in the Optimisation of Logistics Processes. **Management and Production Engineering Review**, v. 16, n. 1, 2025.
PHUMCHUSRI, N.; PANYAVAI, T. Electronic kanban system for rubber seals production. **Engineering Journal**, v. 19, n. 1, p. 38–49, 2015.
QING, J.; XUE-TAO, P.; ZHONG, Z. On Solving JIT Production Problems for Small Batch Orders Based on E-Kanban Visualization. **2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation**, v. 2, p. 757–761, 2011.
RAZAFUAD, R. et al. **Development of e-Kanban Application Using Stock Needs Rule Prioritizing Policy to Reduce 0-Pick for Pharmaceutical Warehousing**. **2018 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICOICT)**Telkom Univ, Sch Ind Engn, Bandung, Indonesia, 2018.
RICKY, C.; KADONO, Y. **A Case Study of E-Kanban Implementation in Indonesian Automotive Manufacture**. 2020 8th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2020. **Anais**...Graduate School of Technology Management, Ritsumeikan University, Osaka, Japan: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/85098720863?origin=resultslist>
ROMEIRA, B.; MOURA, A. **Applicability of an e-kanban system according to the industry 4.0 paradigm: An applied practical study**. Atas da Conferencia da Associacao Portuguesa de Sistemas de Informacao. **Anais**...University of Aveiro, Portugal: Associacao Portuguesa de Sistemas de Informacao, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/85096570364?origin=resultslist>
STADNICKA, D. et al. **Symbiotic cyber-physical Kanban 4.0: an Approach for SMEs**. **2020 25TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMERGING TECHNOLOGIES AND FACTORY AUTOMATION (ETFA)**Rzeszow Univ Technol, Fac Mech Engn & Aeronaut, Rzeszow, Poland, 2020.
STUDY, C. No Title. v. 44, n. 0, 2010.
SUGIMORI, Y. et al. THE INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. v. 7543, 2007.
THAO, V. G.; CHI, H. T. K.; HOP, N. V. **Combining Blockchain with an E-Kanban System for Pull Leveling of an Assembly Line**. (H. H.M. et al., Eds.)Proceedings - International Conference on Knowledge and Systems Engineering, KSE. **Anais**...School of Iem Hcmiu, VNU-HCM, Ho Chi Minh City, Viet Nam: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. Disponível em: <https://www.scopus.com/pages/publications/85146201654?origin=resultslist>
ZHANG, L. P. et al. **The Study and Development of E-kanban Management in MES for Hardware Plastics Production Workshop**. (J. Liu, Y. Wang, H. Xu, Eds.)**PROCEEDINGS OF THE 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT SYSTEMS RESEARCH AND MECHATRONICS ENGINEERING**Guangdong Inst Automat, Guangzhou, Guangdong, Peoples R China, 2015.