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

Proposta de Protocolo para uma Revisão Sistemática da Literatura sobre Evolução da Gestão da Manutenção sob a Perspectiva do Total Productive Maintenance

Karoline Lino Porto
PPGEP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Joao Luiz Kovaleski
PPGEP – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo: A manutenção industrial deixou de ser vista apenas como uma função de suporte e passou a ser reconhecida como fonte de vantagem competitiva, sobretudo diante da digitalização crescente dos processos produtivos. Nesse cenário, o Total Productive Maintenance (TPM) consolidou-se como uma das estratégias mais difundidas para a gestão da manutenção, enquanto, paralelamente, cresce a literatura sobre modelos de maturidade da manutenção, voltados a descrever a evolução das organizações de estágios reativos para estágios preditivos e digitais. Entretanto, esses dois campos ainda são discutidos de forma relativamente fragmentada, o que limita a compreensão de como as práticas de TPM se relacionam com a progressão entre níveis de maturidade. Diante disso, este artigo apresenta uma proposta de protocolo de revisão sistemática da literatura, estruturada segundo diretrizes adaptadas do PRISMA 2020, com o objetivo de identificar as principais dimensões e práticas associadas à evolução da gestão da manutenção sob a perspectiva do TPM, e analisar sua relação com diferentes níveis de maturidade. Metodologicamente, apresentam-se as bases de dados, os blocos de busca, os critérios de elegibilidade e o período de publicação (2000 a 2026) definidos para a execução formal da revisão em Scopus e Web of Science. Uma busca exploratória em fontes acadêmicas de acesso público foi conduzida para validar a viabilidade do protocolo, compondo um corpus ilustrativo de oito estudos que sugere a convergência da literatura para cinco dimensões recorrentes: pessoas, processos, gestão, tecnologia e melhoria contínua, além de apontar limitações nos modelos de maturidade existentes quanto à indicação de como uma organização avança de um nível para outro. Espera-se que a execução do protocolo permita consolidar um quadro conceitual que integre TPM e maturidade da manutenção, oferecendo uma base para pesquisas futuras e para a prática gerencial.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total; Maturidade da Manutenção; Gestão da Manutenção; Revisão Sistemática da Literatura; PRISMA.

The Evolution of Maintenance Management from the Perspective of Total Productive Maintenance: A Systematic Literature Review Using Adapted PRISMA Guidelines

Abstract: Industrial maintenance is no longer regarded merely as a support function but is increasingly recognized as a source of competitive advantage, particularly amid the growing digitalization of production processes. Within this context, Total Productive Maintenance (TPM) has become one of the most widespread strategies for maintenance management, while, in parallel, the literature on maintenance maturity models has grown, seeking to describe organizational progression from reactive stages toward predictive and digital ones. However, these two fields are still discussed in a relatively fragmented way, limiting the understanding of how TPM practices relate

to progression across maturity levels. This paper presents a proposed protocol for a systematic literature review, structured according to guidelines adapted from PRISMA 2020, aimed at identifying the main dimensions and practices associated with the evolution of maintenance management from the TPM perspective, and analyzing their relationship with different maintenance maturity levels. Methodologically, the paper presents the databases, search blocks, eligibility criteria and publication window (2000-2026) defined for the formal execution of the review in Scopus and Web of Science. An exploratory search in publicly available academic sources was conducted to validate the feasibility of the protocol, composing an illustrative corpus of eight studies that suggests the literature converges on five recurring dimensions: people, processes, management, technology and continuous improvement, and points to limitations in existing maturity models regarding how organizations advance from one level to another. The execution of the protocol is expected to support the consolidation of a conceptual framework that integrates TPM and maintenance maturity, offering a basis for future research and managerial practice.

Keywords: Total Productive Maintenance; Maintenance Maturity; Maintenance Management; Systematic Literature Review; PRISMA.

1. Introdução

Há muitos anos a manutenção industrial exerce um papel central na competitividade das organizações de manufatura. Falhas em equipamentos, paradas não planejadas, quebras reincidentes, perdas de qualidade associadas a máquinas mal mantidas afetam diretamente indicadores como disponibilidade, produtividade e custos operacionais. Por essa razão, a manutenção deixou progressivamente de ser tratada como uma função reativa e de suporte para ser reconhecida como uma atividade estratégica, capaz de gerar vantagem competitiva sustentável quando bem estruturada e integrada à gestão da produção.

Nesse cenário, o Total Productive Maintenance (TPM) consolidou-se como uma das metodologias mais aplicadas para a gestão da manutenção. Desenvolvido no Japão entre as décadas de 1950 e 1970, e posteriormente formalizado pelo Japan Institute of Plant Maintenance, o TPM evoluiu da manutenção preventiva ao incorporar princípios da manufatura enxuta e da filosofia Kaizen, envolvendo operadores, técnicos e gestores em um esforço conjunto para maximizar a eficiência global dos equipamentos (NAKAJIMA, 1988). Sua estrutura consolidada em oito pilares: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhoria específica, manutenção da qualidade, controle inicial, educação e treinamento, segurança/saúde/meio ambiente e TPM administrativo, fez do método uma referência amplamente estudada, como evidenciam revisões clássicas da literatura (AHUJA; KHAMBA, 2008).

Em linha com a consolidação do TPM, observa-se o crescimento de uma literatura específica sobre modelos de maturidade da manutenção. De forma estruturada, esses modelos buscam descrever, a trajetória evolutiva das organizações desde práticas reativas até estágios avançados de manutenção preditiva, prescritiva e digital, oferecendo parâmetros para que empresas identifiquem seu estágio atual e planejem sua evolução (ERRANDONEA et al., 2022; TORTORA et al., 2022). Mais recentemente, à medida que tecnologias digitais associadas à Indústria 4.0 e à Indústria 5.0 passam a integrar as rotinas de manutenção, surgem propostas que relacionam diretamente maturidade, digitalização e TPM, a exemplo de frameworks que avaliam conjuntamente dimensões humanas, digitais e ambientais dentro dos pilares do TPM (LUCANTONI et al., 2026a; MOUHIB et al., 2025; BUKOWSKI; WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, 2025).

Apesar desse volume crescente de publicações, TPM e maturidade da manutenção ainda tendem a ser tratados como campos relativamente separados: de um lado, estudos sobre TPM concentram-se em práticas de implementação, barreiras e fatores críticos de sucesso; de outro, estudos sobre maturidade propõem escalas de evolução que nem sempre explicitam qual o papel específico das práticas de TPM na passagem de um nível para

outro. Some-se a isso o fato de que a literatura sobre o tema utiliza terminologias distintas e nem sempre convergentes: maintenance management, maintenance planning, maintenance maturity, maintenance strategy, TPM, smart maintenance, digital maintenance, predictive Maintenance, entre outros, o que dificulta uma visão integrada do fenômeno.

Diante desse cenário, este artigo parte da seguinte questão de pesquisa: *quais dimensões e práticas caracterizam a evolução da gestão da manutenção sob a perspectiva do Total Productive Maintenance, e como essas dimensões se relacionam com diferentes níveis de maturidade da manutenção?*

O objetivo geral do protocolo aqui proposto é identificar, por meio da execução de uma revisão sistemática da literatura, as principais dimensões e práticas associadas à evolução da gestão da manutenção sob a perspectiva do TPM, analisando sua relação com diferentes níveis de maturidade da manutenção. De forma específica, pretende-se: (i) mapear como a literatura caracteriza a evolução da gestão da manutenção; (ii) identificar as dimensões e práticas de TPM associadas a essa evolução; e (iii) discutir de que forma essas dimensões se relacionam com os níveis de maturidade propostos na literatura.

Metodologicamente, este artigo apresenta um protocolo de revisão sistemática da literatura, estruturado segundo diretrizes adaptadas do PRISMA 2020 (PAGE et al., 2021), cuja viabilidade foi testada por meio de uma busca exploratória prévia em bases acadêmicas de acesso público, utilizada para validar o desenho da pesquisa e as estratégias de busca antes da execução formal em bases indexadas.

Este artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta o método adotado, incluindo o protocolo de busca, as bases consultadas, os critérios de elegibilidade e o procedimento de extração de dados. A seção 3 traz o referencial teórico sobre TPM, modelos de maturidade da manutenção e a relação entre manutenção e transformação digital. A seção 4 apresenta os resultados preliminares obtidos a partir do corpus exploratório, incluindo a classificação dos estudos identificados e a discussão das dimensões emergentes. Por fim, a seção 5 traz as conclusões do estudo, suas contribuições, limitações e sugestões para trabalhos futuros.

2. Método

Para responder à questão de pesquisa proposta, propõe-se a condução de uma revisão sistemática da literatura (RSL), método que permite identificar, selecionar, avaliar criticamente e sintetizar de forma transparente e replicável o conhecimento disponível sobre um determinado tema. O protocolo aqui apresentado foi estruturado com base em diretrizes adaptadas do PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), amplamente utilizado nas ciências sociais aplicadas e na engenharia de produção, que estabelece um checklist com itens mínimos de relato e um fluxograma para documentar a identificação, a triagem, a elegibilidade e a inclusão dos estudos (PAGE et al., 2021).

2.1 Bases de dados e estratégia de busca

Como bases prioritárias para a execução formal da revisão sistemática da literatura, definiram-se Scopus e Web of Science, por sua abrangência multidisciplinar e pelo rigoroso processo de indexação de periódicos. Como bases complementares, foram definidas ScienceDirect e Google Scholar, utilizadas para ampliar a cobertura de literatura relevante e reduzir o risco de exclusão de trabalhos pertinentes. Nesta etapa do estudo, foi conduzida uma busca exploratória em fontes acadêmicas de acesso público, com o objetivo de validar o desenho da pesquisa, testar as estratégias de busca e compor um corpus preliminar e

ilustrativo, previamente à execução da busca formal e mais abrangente nas bases indexadas às quais os autores têm acesso institucional.

A estratégia de busca foi organizada em blocos conceituais, combinados por meio de operadores booleanos, evitando-se a construção de uma única string excessivamente longa. Optou-se, ainda, por não utilizar o termo "PCM" (Planejamento e Controle da Manutenção) como palavra obrigatória de busca, uma vez que a literatura internacional emprega terminologias distintas para tratar de temas correlatos; o PCM foi tratado, portanto, como uma possível dimensão da gestão da manutenção a ser identificada na análise, e não como requisito de busca. Foram definidos três blocos de busca, apresentados no Quadro 1 (Anexo), voltados, respectivamente, à relação entre TPM e gestão/planejamento da manutenção, à relação entre TPM e maturidade da manutenção, e à relação entre TPM e transformação digital.

2.2 Critérios de elegibilidade

Foram definidos critérios de inclusão e de exclusão para orientar a seleção dos estudos. Como critérios de inclusão, consideraram-se:

a) artigos científicos revisados por pares;

b) trabalhos publicados em português, inglês ou espanhol;

c) estudos relacionados à gestão ou à manutenção industrial;

d) trabalhos que abordem o Total Productive Maintenance;

e) trabalhos que abordem maturidade ou evolução da gestão da manutenção;

f) estudos que apresentem dimensões, práticas, modelos ou frameworks relacionados ao tema.

Como critérios de exclusão, foram estabelecidos:

a) artigos sem relação efetiva com a manutenção industrial;

b) estudos exclusivamente voltados à manutenção de software;

c) trabalhos que apenas mencionem o TPM sem utilizá-lo efetivamente no estudo;

d) artigos sem acesso ao texto completo necessário para a análise;

e) duplicatas identificadas entre as bases consultadas;

f) trabalhos de natureza puramente comercial, sem caráter científico.

Quanto ao período de publicação, optou-se por um intervalo amplo, de 2000 a 2026, de modo a não restringir a revisão a trabalhos recentes e evitar a perda de estudos fundamentais para a compreensão do tema. Esse recorte amplo permite, adicionalmente, uma análise temporal da produção científica em três janelas (2000-2010, 2011-2020 e 2021-2026), possibilitando observar como o debate sobre TPM e maturidade da manutenção evoluiu ao longo do tempo, inclusive no que se refere à crescente incorporação de tecnologias digitais.

2.3 Extração e síntese dos dados

Para cada estudo incluído, foi construída uma matriz de extração contendo, entre outras informações, autor(es), ano de publicação, país ou instituição de origem, método de pesquisa utilizado, presença explícita de TPM, presença de discussão sobre maturidade da manutenção, dimensões e práticas identificadas, uso de tecnologias digitais e principais resultados. É importante destacar que as categorias de dimensões (por exemplo, pessoas, processos, gestão, tecnologia e melhoria contínua) não foram definidas a priori pelos autores como premissa da pesquisa, mas emergiram da leitura e da codificação dos estudos incluídos, em consonância com procedimentos indutivos comumente adotados em revisões sistemáticas de natureza qualitativa. Caso a análise do corpus completo revele um

número distinto de dimensões ou de níveis de maturidade daqueles apresentados de forma preliminar neste artigo, o modelo conceitual proposto será revisado.

3. Referencial Teórico

3.1 Total Productive Maintenance

O TPM parte do pressuposto de que a manutenção não deve ser responsabilidade exclusiva de uma equipe especializada, mas de toda a organização, com destaque para o envolvimento direto dos operadores no cuidado diário dos equipamentos. Sua estrutura tradicional é organizada em oito pilares: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhoria específica (kaizen), manutenção da qualidade, controle inicial de novos equipamentos, educação e treinamento, segurança, saúde e meio ambiente e TPM administrativo, apoiados sobre uma base de organização e padronização do ambiente de trabalho (5S) e mensurados, principalmente, por meio do indicador de Eficiência Global dos Equipamentos (OEE).

A revisão clássica conduzida por Ahuja e Khamba (2008) sistematizou a produção científica sobre o tema, identificando como temas centrais as técnicas de manutenção, a estrutura conceitual do TPM, o OEE, as práticas de implementação, as barreiras enfrentadas pelas organizações e os fatores críticos de sucesso. Os autores destacam que a implementação bem-sucedida do TPM está associada não apenas a aspectos técnicos, mas sobretudo a fatores organizacionais, como comprometimento da alta liderança, cultura de melhoria contínua e capacitação das equipes aspectos que, como será discutido adiante, também aparecem como dimensões relevantes nos modelos de maturidade da manutenção.

3.2 Modelos de maturidade da manutenção

Modelos de maturidade constituem um conjunto de características, atributos ou indicadores que representam a progressão de uma organização em determinada disciplina, permitindo identificar o estágio atual e orientar sua evolução para estágios mais avançados. No campo da manutenção, diferentes propostas buscam capturar essa trajetória. Errandonea et al. (2022) apresentam o Maintenance Maturity Model (M3), estruturado em três áreas de atuação e quatro níveis de maturidade, com o objetivo de orientar de forma gradual a evolução das estratégias de manutenção em direção à manutenção prescritiva, evidenciando que a adoção de estratégias mais avançadas não deve ocorrer de forma abrupta, mas por meio de uma trajetória incremental.

Em direção semelhante, Tortora, Di Pasquale e Iannone (2022) propõem o M3AIN4SME, modelo de maturidade voltado especificamente à gestão da informação na manutenção de pequenas e médias empresas. Os autores apontam uma limitação relevante presente em boa parte dos modelos de maturidade disponíveis na literatura: embora permitam avaliar o nível de maturidade em que uma organização se encontra, muitos desses modelos não indicam de forma clara quais ações ou práticas específicas permitem avançar de um nível para o seguinte, tampouco estabelecem relações explícitas entre processos e critérios de avaliação. Essa lacuna reforça a relevância de investigar, especificamente, qual o papel das práticas de TPM na transição entre níveis de maturidade e não apenas na caracterização estática de cada nível.

3.3 Manutenção, TPM e transformação digital

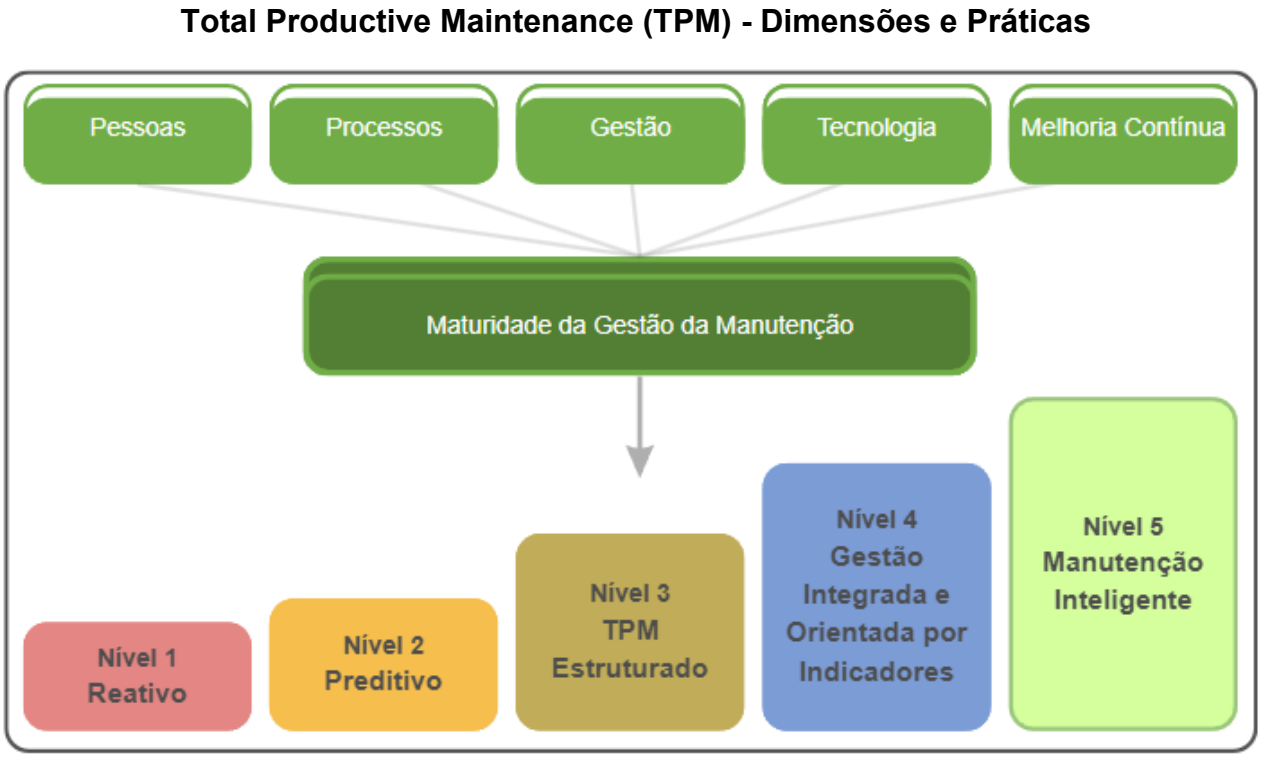
A incorporação de tecnologias digitais, como: sensores, Internet das Coisas, computação em nuvem, analytics e inteligência artificial, tem reconfigurado práticas tradicionais de manutenção, dando origem a discussões sobre manutenção 4.0 e mais recentemente, manutenção 5.0, que agrega às dimensões técnica e digital uma preocupação explícita com a centralidade humana e a sustentabilidade (BUKOWSKI; WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, 2025). No campo específico do TPM, Mouhib et al. (2025) analisam,

por meio de bibliometria e revisão sistemática, como tecnologias associadas à Indústria 4.0 vêm transformando os pilares tradicionais do TPM, identificando como principais desafios a agregação de dados, a escassez de competências digitais nas equipes de manutenção e a resistência organizacional à mudança, além da ausência de um modelo padronizado aplicável a diferentes contextos industriais.

Nessa mesma linha, Lucantoni et al. (2026a) propõem um framework de maturidade denominado TPM 5.0, que avalia conjuntamente o desempenho humano, digital e ambiental (human, digital and green - HDG) em cada um dos oito pilares tradicionais do TPM, permitindo comparações entre empresas de diferentes portes e setores. Em trabalho complementar, Lucantoni, Ciarapica e Bevilacqua (2026b) discutem a transição da manutenção preditiva 4.0 para a manutenção preditiva 5.0, destacando a importância de reincorporar a atuação humana em plataformas de autoaprendizagem aplicadas a linhas de produção automatizadas. Já em estudo anterior, Lucantoni et al. (2025) propõem um framework orientado a dados para apoiar a implementação do TPM, integrando técnicas de mineração de dados à melhoria do OEE.

Em conjunto, esses estudos indicam uma tendência de convergência entre TPM, maturidade da manutenção e transformação digital, ao mesmo tempo em que reforçam a necessidade de investigações que integrem essas perspectivas de forma mais explícita o que constitui a principal motivação teórica deste artigo.

Figura 1 - Quadro conceitual preliminar: dimensões do TPM e trajetória de maturidade da manutenção



Fonte: Elaborado pelos autores (2026)

4. Aplicação Exploratória do Protocolo

A busca exploratória conduzida em fontes acadêmicas de acesso público resultou em um corpus preliminar e ilustrativo, composto por oito estudos diretamente relacionados à questão de pesquisa, utilizados para testar o protocolo de extração de dados e validar o desenho metodológico da revisão sistemática da literatura. Esse corpus não substitui a busca formal a ser executada em Scopus e Web of Science, mas evidencia a viabilidade e

a pertinência da estratégia de busca proposta. A Tabela 1 apresenta a classificação inicial desses estudos.

Tabela 1 - Classificação preliminar do corpus exploratório

Autor(es) e Ano	País/Origem	Método	TPM	Maturidade	Dimensões Identificadas	Tecnologia
Ahuja; Khamba (2008)	Índia	Revisão sistemática	✓	—	Técnicas de manutenção, estrutura do TPM, OEE, barreiras, fatores críticos de sucesso	—
Errandonea et al. (2022)	Espanha	Proposição de modelo	—	✓	Ativo, estado do ativo e manutenção (3 áreas, 4 níveis)	Manutenção prescritiva
Tortora et al. (2022)	Itália	Proposição de modelo	—	✓	Gestão da informação e bases de dados de manutenção	CMMS / gestão da informação
Mouhib et al. (2025)	Marrocos/Itália	Bibliometria e revisão sistemática	✓	—	Pilares do TPM, adoção tecnológica, barreiras	IoT, IA, nuvem, sistemas ciberfísicos
Bukowski; Werbińska-Wojciechowska (2025)	Polônia	Revisão sistemática (PRISMA)	—	✓	Resiliência, centralidade humana, sustentabilidade	IA, gêmeos digitais
Lucantoni et al. (2025)	Itália	Estudo aplicado / método orientado a dados	✓	—	OEE, mineração de dados, práticas de TPM	Analytics / mineração de dados
Lucantoni et al. (2026a)	Itália	Proposição de framework	✓	✓	Desempenho humano, digital e ambiental nos 8 pilares do TPM	IA explicável, PLN
Lucantoni; Ciarapica; Bevilacqua (2026b)	Itália	Estudo aplicado / roadmap	✓	✓	Manutenção preditiva, atuação humana no ciclo de decisão	Plataforma de autoaprendizagem

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com base nos estudos analisados

4.1 Dimensões emergentes

A leitura e a codificação dos oito estudos que compõem o corpus exploratório sugerem a convergência para cinco dimensões recorrentes, ainda que nomeadas de formas distintas pelos diferentes autores. Essas dimensões são tratadas, neste protocolo, como categorias provisórias de análise, a serem testadas e refinadas na execução formal da RSL:

a) Pessoas: envolve treinamento, envolvimento das equipes, cultura organizacional e manutenção autônoma, aspectos destacados tanto na literatura clássica sobre TPM (AHUJA; KHAMBA, 2008) quanto nos modelos mais recentes voltados à centralidade humana (LUCANTONI et al., 2026a; LUCANTONI; CIARAPICA; BEVILACQUA, 2026b);

b) Processos: refere-se a planejamento, programação, manutenção preventiva e preditiva, e análise de falhas, presentes de forma explícita nos modelos de maturidade M3 e M3AIN4SME (ERRANDONEA et al., 2022; TORTORA et al., 2022);

c) Gestão: engloba estratégia, indicadores de desempenho (como o OEE), custos e critérios de priorização de ativos, elementos centrais na estrutura conceitual do TPM;

d) Tecnologia: compreende sistemas informatizados de gestão da manutenção (CMMS), sensoriamento, Internet das Coisas, analytics e inteligência artificial, dimensão em franca expansão na literatura mais recente (MOUHIB et al., 2025; BUKOWSKI; WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, 2025);

e) Melhoria contínua: associada a práticas de Kaizen, eliminação de perdas e análise de causa raiz, integradas ao pilar de melhoria específica do TPM.

É importante reiterar que essas dimensões emergiram da análise indutiva do corpus exploratório e não foram estabelecidas previamente pelos autores como categorias fixas; a ampliação do corpus, na etapa formal da RSL, poderá confirmar, refinar ou reconfigurar essas categorias.

4.2 Relação preliminar com níveis de maturidade

A partir da análise conjunta dos estudos sobre TPM e sobre maturidade da manutenção, observa-se uma possível trajetória evolutiva composta por cinco estágios, ilustrada na Figura 1: (1) reativo, caracterizado pela ausência de planejamento e pela atuação apenas diante de falhas; (2) preventivo, com a introdução de planos de manutenção programada; (3) TPM estruturado, com a implementação consolidada dos pilares do TPM e o engajamento de operadores na manutenção autônoma; (4) gestão integrada e orientada por indicadores, com o uso sistemático de indicadores como o OEE para orientar decisões; e (5) manutenção digital ou inteligente, caracterizada pela incorporação de tecnologias preditivas e prescritivas apoiadas em dados. É importante destacar que essa proposta de trajetória é preliminar: caso a literatura, na etapa formal da RSL, evidencie um número distinto de estágios, ou indique que o TPM funciona menos como um estágio específico e mais como uma dimensão transversal presente em múltiplos níveis, o modelo será ajustado de acordo com os achados.

4.3 Discussão

O corpus exploratório reforça, em linhas gerais, a literatura consolidada sobre TPM, que já apontava a importância de fatores organizacionais - e não apenas técnicos - para o sucesso da implementação (AHUJA; KHAMBA, 2008). Ao mesmo tempo, dialoga com a crítica formulada por Tortora et al. (2022) e, de forma correlata, por Errandonea et al. (2022): modelos de maturidade tendem a ser genéricos e a não deixar claro como uma organização avança de um nível para o seguinte. A contribuição pretendida pela execução deste protocolo situa-se exatamente nessa lacuna, ao buscar associar, de forma explícita, dimensões e práticas específicas de TPM às transições entre níveis de maturidade, e não apenas descrever os níveis de forma estática.

Chama a atenção, ainda, a proximidade temática entre os estudos mais recentes sobre TPM 5.0 e manutenção 5.0 (LUCANTONI et al., 2026a; LUCANTONI; CIARAPICA; BEVILACQUA, 2026b; BUKOWSKI; WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, 2025) e a proposta original deste trabalho, o que sugere tratar-se de um campo de pesquisa efetivamente ativo e em consolidação. Por outro lado, a concentração de parte desses estudos em contextos europeus, especialmente italiano e espanhol, reforça a relevância de investigar como esses modelos se aplicam ou precisam ser adaptados a outros contextos industriais, incluindo o contexto brasileiro, ainda pouco representado nesse corpus exploratório.

Em termos metodológicos, cabe destacar que a citação de trechos de trabalhos de outros autores sem a devida referência pode caracterizar plágio, razão pela qual todas as afirmações apresentadas neste artigo foram associadas explicitamente às suas respectivas fontes, conforme as normas da ABNT NBR 6023, sendo de responsabilidade dos autores a originalidade dos dados e das análises apresentadas.

5. Conclusões

Este artigo teve como objetivo apresentar uma proposta de protocolo de revisão sistemática da literatura para identificar as dimensões e práticas que caracterizam a evolução da gestão da manutenção sob a perspectiva do Total Productive Maintenance, bem como sua relação com diferentes níveis de maturidade da manutenção. Para tanto, foi conduzida uma busca

exploratória, estruturada segundo diretrizes adaptadas do PRISMA 2020, que permitiu validar a viabilidade do protocolo de pesquisa e construir um corpus preliminar e ilustrativo de oito estudos.

A pesquisa foi motivada pela constatação de que, embora existam literaturas consolidadas tanto sobre TPM quanto sobre modelos de maturidade da manutenção, esses dois campos ainda são discutidos de forma relativamente fragmentada, sobretudo no que diz respeito ao papel específico das práticas de TPM na progressão entre níveis de maturidade.

Metodologicamente, propôs-se um protocolo de revisão sistemática estruturado segundo o PRISMA 2020, combinando busca em bases prioritárias (Scopus e Web of Science) e complementares (ScienceDirect e Google Scholar), com critérios de elegibilidade explícitos e um período de análise de 2000 a 2026.

Como resultado da aplicação exploratória do protocolo, identificaram-se cinco dimensões recorrentes na literatura: pessoas, processos, gestão, tecnologia e melhoria contínua, além de uma possível trajetória evolutiva de cinco níveis de maturidade, desde a manutenção reativa até a manutenção digital ou inteligente. Essa proposta é preliminar e permanece sujeita a confirmação, refinamento ou reformulação a partir da execução formal do protocolo e da ampliação do corpus de análise.

Como contribuição, o artigo oferece um protocolo de pesquisa estruturado e um quadro conceitual preliminar que integra TPM e maturidade da manutenção, útil tanto para orientar a execução da revisão sistemática pelos próprios autores quanto para pesquisadores interessados em replicar ou adaptar o protocolo, e para gestores que buscam parâmetros iniciais para diagnosticar a evolução da função manutenção em suas organizações.

Como principal limitação, destaca-se o fato de que os resultados apresentados derivam de um corpus exploratório e ilustrativo, obtido por meio de fontes de acesso público, e não da execução completa do protocolo formal de busca nas bases Scopus e Web of Science. Dessa forma, as dimensões e a trajetória de maturidade aqui propostas devem ser interpretadas como preliminares.

Como continuidade natural deste protocolo, propõe-se a execução da busca formal e ampliada nas bases indexadas definidas, seguida da realização de estudos de caso em organizações brasileiras que permitam validar empiricamente, ou refinar, o quadro conceitual preliminar aqui apresentado.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-DS) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa de mestrado, Código de Financiamento 888887.315481/2026-00.

Referências

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 25, n. 7, p. 709-756, 2008.

BUKOWSKI, L.; WERBIŃSKA-WOJCIECHOWSKA, S. Towards Maintenance 5.0: resilience-based maintenance in AI-driven sustainable and human-centric industrial systems. *Sensors*, v. 25, n. 16, artigo 5100, 2025.

ERRANDONEA, U.; BELTRÁN, S.; ARRIZABALAGA, S. A maturity model proposal for industrial maintenance and its application to the railway sector. *Applied Sciences*, v. 12, n. 16, artigo 8229, 2022.

LUCANTONI, L.; ANTOMARIONI, S.; CIARAPICA, F. E.; BEVILACQUA, M. A data-driven framework for supporting the total productive maintenance strategy. *Expert Systems with Applications*, v. 268, artigo 126283, 2025.

LUCANTONI, L.; ANTOMARIONI, S.; CIARAPICA, F. E.; BEVILACQUA, M. Benchmarking human, digital and green performance: a novel adaptive Total Productive Maintenance 5.0 maturity framework. *Benchmarking: An International Journal*, 2026a.

LUCANTONI, L.; CIARAPICA, F. E.; BEVILACQUA, M. From predictive maintenance 4.0 to 5.0: bringing humans back into the loop with a self-learning platform and implementation roadmap on automated production lines. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 32, n. 5, p. 58-75, 2026b.

MOUHIB, Z.; GALLAB, M.; MERZOUK, S.; SOULHI, A.; DI NARDO, M. Total Productive Maintenance and Industry 4.0: a literature-based path toward a proposed standardized framework. *Applied System Innovation*, v. 8, n. 4, artigo 98, 2025.

NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM: total productive maintenance.* Cambridge: Productivity Press, 1988.

PAGE, M. J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021.

TORTORA, A. M. R.; DI PASQUALE, V.; IANNONE, R. A maintenance maturity model for assessing information management practices for small and medium enterprises (M3AIN4SME). *Applied Sciences*, v. 12, n. 18, artigo 9282, 2022.

Anexo - Protocolo de Busca

O Quadro 1 detalha os três blocos de busca utilizados na estratégia exploratória e a serem replicados na execução formal da RSL nas bases Scopus e Web of Science.

Quadro 1 - Blocos de busca

Busca principal: ("Total Productive Maintenance" OR TPM) AND ("maintenance management" OR "maintenance planning" OR "maintenance control") AND ("maturity" OR "maturity model" OR "maturity level" OR evolution)

Busca complementar: ("Total Productive Maintenance" OR TPM) AND ("maintenance maturity" OR "maintenance maturity model")

Busca sobre transformação digital: ("Total Productive Maintenance" OR TPM) AND ("smart maintenance" OR "digital maintenance" OR "Industry 4.0") AND ("maturity" OR "evolution")

O terceiro bloco de busca é considerado especialmente relevante por seu potencial de revelar como o TPM vem sendo relacionado à transformação digital na literatura recente.