

Aplicação do OEE na identificação de perdas e na melhoria da produtividade industrial

Application of OEE to loss identification and industrial productivity improvement

Hugo Leonardo Guilhernandes Cardozo

Centro Universitário Augusto Motta
hugogcardozo@gmail.com

Patrícia Guimarães Monteiro de Freitas

Centro Universitário Augusto Motta
patricia-gmf@hotmail.com

RESUMO

O Overall Equipment Effectiveness (OEE) é amplamente utilizado para avaliar o desempenho dos ativos produtivos, mas as diferenças nos critérios de cálculo e a análise isolada do indicador global podem limitar sua interpretação gerencial. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo analisar a aplicação do OEE na identificação de perdas e no apoio à melhoria da produtividade industrial. Para isso, foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa, exploratória e descritiva, contemplando 13 publicações do período de 1998 a 2024, organizadas por meio de uma matriz de extração e síntese temática. Ressalta-se que o levantamento não apresenta o registro completo das bases consultadas e dos filtros utilizados. Os resultados indicam que o OEE oferece informações mais relevantes quando seus componentes são examinados separadamente e relacionados às causas das perdas produtivas, enquanto as diferenças metodológicas dificultam a comparação entre resultados. Observou-se também que a integração do indicador às práticas de melhoria contínua e às tecnologias digitais amplia seu potencial de uso na gestão industrial. Conclui-se que o OEE constitui uma ferramenta de diagnóstico e apoio à tomada de decisão, cuja eficácia depende da confiabilidade dos dados, da padronização dos critérios de cálculo e da análise dos resultados de acordo com o contexto operacional.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total (TPM). Eficiência operacional. Melhoria contínua. Indústria 4.0. Indicadores de desempenho.

ABSTRACT

Overall Equipment Effectiveness (OEE) is widely used to assess the performance of production assets; however, differences in calculation criteria and the isolated interpretation of the overall indicator may limit its managerial usefulness. In this context, this study aims to analyze the application of OEE in identifying production losses and supporting improvements in industrial productivity. To this end, an integrative literature review with a qualitative, exploratory, and descriptive approach was conducted, covering 13 publications published between 1998 and 2024, which were organized using an extraction matrix and thematic synthesis. It should be noted that the review does not provide a complete record of the databases consulted or the filters applied during the search process. The findings indicate that OEE provides more meaningful

* Recebido em 18 de novembro de 2025, aprovado em 15 de dezembro de 2025, publicado em 30 de dezembro de 2025.

insights when its components are examined separately and linked to the underlying causes of production losses, whereas methodological differences hinder comparisons across studies. The integration of OEE with continuous improvement practices and digital technologies was also found to enhance its potential as a tool for industrial management. It is concluded that OEE serves as a diagnostic and decision-support tool whose effectiveness depends on data reliability, standardized calculation criteria, and the contextualized interpretation of results in light of operational conditions.

Keywords: Total Productive Maintenance (TPM); Operational Efficiency; Continuous Improvement; Industry 4.0; Performance Indicators.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade industrial depende da capacidade de produzir com regularidade, qualidade e uso racional dos recursos. Falhas, pequenas interrupções, operação abaixo da velocidade prevista e produção de itens não conformes reduzem a capacidade que os equipamentos efetivamente aproveitam. Ljungberg (1998) observa que a análise estruturada das perdas dos equipamentos fornece informação para direcionar ações de manutenção e melhoria, e Jonsson e Lesshammar (1999) sustentam que indicadores de desempenho devem apoiar decisões e processos de melhoria contínua, além de registrar resultados passados.

A Eficiência Global de Equipamentos, conhecida pela sigla OEE (Overall Equipment Effectiveness), consolidou-se como um dos indicadores mais utilizados para avaliar a efetividade de ativos produtivos. Ao combinar disponibilidade, desempenho e qualidade, permite observar ao mesmo tempo as perdas de tempo de operação, de velocidade produtiva e de conformidade dos itens. Dal et al. (2000) apresentam o OEE como medida de melhoria operacional quando integrado à rotina gerencial, e Muchiri e Pintelon (2008) indicam que seu valor está na identificação das categorias de perda e das oportunidades de intervenção.

A fórmula do OEE é simples, mas sua aplicação exige critérios consistentes de coleta, classificação e interpretação dos dados. A literatura registra diferenças entre a formulação teórica e o uso industrial do indicador (Muchiri & Pintelon, 2008), ambiguidades entre a ISO 22400 e a formulação clássica associada à Manutenção Produtiva Total (Schiraldi & Varisco, 2020) e resultados distintos conforme a forma de cálculo adotada (Gamberini et al., 2017). Ao mesmo tempo, há relatos de perdas reveladas e de ganhos de produtividade (Cheah et al., 2020; Zubair et al., 2021) e propostas de extensão a novos sistemas produtivos (Hung et al., 2022). Falta, portanto, compreender em que condições o OEE contribui para a melhoria da produtividade e quais limitações devem ser consideradas em sua implementação, sobretudo quanto à padronização, à qualidade dos dados, à leitura isolada do percentual global e à associação com métodos de investigação das causas das perdas.

Este estudo delimita-se à aplicação do OEE em ambientes industriais, com ênfase na identificação de perdas, no apoio à melhoria da produtividade e na evolução das formas de medição. O recorte abrange estudos científicos sobre aplicação prática, limitações metodológicas, extensões do indicador e integração com práticas de melhoria e digitalização, sem avaliar uma empresa ou setor específico. A pergunta de pesquisa é: de que maneira a aplicação do OEE contribui para a identificação de perdas e para a melhoria da produtividade

em ambientes industriais, considerando seus benefícios, limitações metodológicas e adaptações recentes?

O objetivo geral é analisar, com base na literatura científica, de que maneira o OEE é aplicado para identificar perdas e apoiar a melhoria da produtividade industrial. Os objetivos específicos são: identificar os principais usos do indicador em contextos industriais; analisar os tipos de perdas e problemas operacionais evidenciados pelos estudos; comparar benefícios e limitações relatados nas aplicações; e discutir tendências recentes de adaptação do OEE a novos sistemas produtivos e ambientes digitais.

A justificativa científica está na permanência do OEE como tema de gestão da produção e na coexistência de diferentes abordagens de cálculo e aplicação, que pedem análise crítica e atualização conceitual (Ng Corrales et al., 2020). Na perspectiva prática, a sistematização das evidências pode orientar profissionais de Engenharia de Produção no uso mais consistente do indicador, com intervenções baseadas nas causas das perdas e não em leituras simplificadas. A melhor utilização da capacidade instalada pode, ainda, contribuir para reduzir desperdícios e melhorar a competitividade das operações (Jonsson & Lesshammar, 1999; Aziz et al., 2024), possibilidade que este estudo não testa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTRUTURA E CÁLCULO DO OEE

Em sua formulação convencional, $OEE = disponibilidade \times desempenho \times qualidade$. A disponibilidade relaciona o tempo efetivo de operação ao tempo planejado; o desempenho compara a produção efetiva com a capacidade esperada no período; e a qualidade expressa a proporção de itens conformes. As três parcelas devem estar na mesma escala, em razões ou em percentuais convertidos em razões, antes da multiplicação, e o cálculo requer definições explícitas de tempo planejado, ciclo de referência e produto conforme (Muchiri & Pintelon, 2008). Como a estrutura é multiplicativa, perdas em qualquer parcela reduzem o resultado global, e a decomposição indica onde a capacidade está sendo consumida. Ljungberg (1998) relaciona essa decomposição às atividades de manutenção, e Dal et al. (2000) discutem o uso do OEE em rotinas de melhoria operacional.

2.2 PADRONIZAÇÃO E COMPARABILIDADE

Muchiri e Pintelon (2008), em revisão da literatura e discussão de aplicações, identificaram diferenças entre a formulação teórica e o uso industrial do indicador. Schiraldi e Varisco (2020) mostraram que até definições da ISO 22400 podem gerar ambiguidades diante da formulação clássica da Manutenção Produtiva Total. Gamberini et al. (2017), ao comparar formas de cálculo em uma célula de manufatura, verificaram que escolhas metodológicas alteram os resultados e dificultam a interpretação gerencial. Becker et al. (2015) acrescentam que ambientes de alta variedade e baixo volume impõem dificuldades específicas, porque

tempos de ciclo, produtos e condições operacionais variam com frequência. Resultados calculados por metodologias distintas podem, assim, não ser diretamente comparáveis, e a utilidade do indicador depende do ajuste entre o método de medição e as características do processo.

2.3 EXTENSÕES DO OEE A NOVOS CONTEXTOS

A literatura recente adapta o OEE a novas configurações produtivas. Ng Corrales et al. (2020), em revisão sistemática com 186 artigos incluídos, observaram crescimento do interesse científico e expansão das aplicações para além da manufatura tradicional. Hung et al. (2022) propõem o conceito de Value-Added OEE para incorporar perdas escondidas no próprio ciclo, e Basak et al. (2022) demonstram que o indicador pode ser adaptado à manufatura aditiva. Aziz et al. (2024) integraram OEE e Visual Stream Mapping na manufatura de vestuário e mostraram que a combinação de métrica e mapeamento do fluxo pode apoiar melhorias operacionais.

2.4 DIGITALIZAÇÃO E COLETA DE DADOS

A transformação digital amplia as possibilidades de coleta e análise do indicador. Silva et al. (2026), em revisão sistemática de 81 estudos extraídos de Scopus e Web of Science, descrevem a evolução do OEE de um indicador básico da Manutenção Produtiva Total para um sistema digital em tempo real, com avanço da integração com práticas lean-ágeis, manutenção preditiva e conceitos da Indústria 4.0, e apontam lacunas por setor, na adaptação à produção em lotes e na ligação com decisões financeiras.

A viabilidade da aquisição de dados em pequenas operações é discutida em outros domínios. Gonçalves et al. (2025) desenvolveram um controle sequencial de bombas de poço com microcontrolador, sensores de nível e fila FIFO, verificado em simulação e em ensaio de bancada, com latência média de 0,12 s entre o desligamento de uma bomba e o acionamento da seguinte. Os autores consideram a arquitetura modular e de baixo custo funcionalmente viável para pequenos empreendimentos, mas afirmam que sua eficácia hidráulica, energética e econômica depende de validação em campo. O estudo não trata de OEE; sua relação com esta revisão é indireta e consiste em mostrar que arquiteturas de baixo custo são tecnicamente exploráveis e que a verificação funcional não equivale à demonstração de ganho operacional.

A confiabilidade do software que registra paradas, ciclos e itens conformes também afeta a qualidade do dado. Flora et al. (2025) analisaram 796 postagens de desenvolvedores coletadas entre agosto e outubro de 2024 e encontraram sentimento mais positivo em relação ao tratamento de erros como valores explícitos (+0,17) do que em relação ao uso de exceções (-0,08), além de defenderem vantagens dessa abordagem em domínios nos quais a confiabilidade é crítica. O estudo se refere a práticas de programação e não a sistemas de manufatura; a relação com o OEE restringe-se ao fato de que sistemas de registro automático dependem de software e do modo como ele trata falhas. A integração entre sistemas e organizações é tratada, em outro campo, por Braga et al. (2026), que compararam por análise

documental três plataformas digitais brasileiras de apoio ao empreendedorismo e concluíram que elas funcionam como instrumentos de desenvolvimento local sobretudo quando articuladas com políticas públicas, universidades e organizações da sociedade civil. O objeto difere do OEE, e a referência serve apenas para situar a integração institucional entre as condições de uso de plataformas digitais.

3. METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA E REFERENCIAL

Trata-se de pesquisa básica, com potencial de aplicação gerencial, que sistematiza conhecimento publicado sem executar intervenção organizacional nem desenvolver solução operacional própria. É exploratória, descritiva e de abordagem qualitativa, e adota o procedimento de revisão integrativa, que admite a comparação interpretativa de estudos conceituais e empíricos de desenhos distintos (Whittemore & Knafl, 2005). Diferentemente de uma meta-análise de efeitos, essa flexibilidade exige explicitar o tipo de evidência e o limite inferencial de cada publicação. O referencial compreende cinco etapas: identificação do problema, busca da literatura, avaliação dos dados, análise e apresentação da síntese. Neste estudo ele organiza o material disponível, sem afirmar a execução retrospectiva de etapas que não podem ser auditadas.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E LEVANTAMENTO

A pergunta de pesquisa foi desdobrada em quatro eixos de extração: usos operacionais do OEE, perdas identificadas, benefícios e limitações metodológicas, e adaptações recentes. A unidade de análise é a publicação científica, e não a empresa; por isso, resultados numéricos de casos industriais são tratados como achados situados.

O levantamento ocorreu em agosto de 2025, com os descritores "overall equipment effectiveness", "OEE", "manufacturing", "productivity", "performance measurement" e "Industry 4.0". Não foram preservados os nomes das bases consultadas, as expressões com operadores booleanos, os filtros de idioma nem os totais de registros recuperados, duplicados e excluídos. Por essa razão, não se apresenta fluxograma de seleção nem contagem retrospectiva, e o intervalo de 1998 a 2024 descreve as datas das publicações incluídas, e não um filtro temporal definido previamente. O corpus analisado reúne 13 publicações temáticas: 12 compõem a síntese e uma revisão sistemática (Ng Corrales et al., 2020) serve de contextualização. Essa divisão organiza o corpus e não reconstitui uma triagem original.

3.3 CRITÉRIOS, EXTRAÇÃO E ANÁLISE

Foram considerados elegíveis estudos com discussão conceitual relevante, aplicações industriais do OEE, comparações de cálculo, extensões do indicador ou resultados sobre perdas

e produtividade. Foram excluídos materiais comerciais, fontes sem identificação bibliográfica suficiente e textos que apenas citavam o OEE sem utilizá-lo analiticamente. Esses critérios organizam o corpus e não constituem prova de triagem prospectiva reproduzível.

Cada publicação foi registrada em campos comparáveis: identificação bibliográfica, tipo de contribuição (conceitual, revisão ou aplicação), contexto produtivo, finalidade do uso do OEE, achado descrito e ressalva interpretativa. Informações não explicitadas foram registradas como não detalhadas, e não inferidas. Os trabalhos foram distribuídos em quatro categorias: (a) identificação e priorização de perdas; (b) padronização e limitações de cálculo; (c) melhoria estruturada da produtividade; e (d) novos contextos produtivos e digitais.

A leitura crítica seguiu cinco critérios interpretativos: clareza do contexto produtivo; explicitação da definição de OEE e de seus componentes; natureza da contribuição (aplicação empírica, análise metodológica, proposta conceitual ou revisão secundária); existência de resultado quantitativo verificável; e limites de transferência para outros processos. Não houve pontuação formal de qualidade, avaliação de risco de viés, dupla triagem ou medida de concordância entre avaliadores, e esses procedimentos não são reivindicados.

A síntese foi temática e comparou convergências e divergências quanto a contextos, definições de tempo e velocidade, métodos de coleta e escopo das intervenções. Aplicou-se uma regra de atribuição: ganhos observados são vinculados apenas a estudos com aplicação industrial; argumentos sobre padronização, a trabalhos metodológicos; e tendências de expansão, a propostas conceituais ou revisões. Não se calcularam médias de percentuais de OEE entre setores, porque denominadores, critérios de perda e características produtivas não são necessariamente equivalentes. O resultado de uma planta de semicondutores, por exemplo, não pode ser equiparado ao de uma seção farmacêutica sem equivalência de tempo planejado, velocidade de referência, mix de produtos e critérios de qualidade.

3.4 CONSULTA COMPLEMENTAR E ESTUDOS DE ÁREAS CORRELATAS

Em 19 de outubro de 2025, realizou-se consulta exploratória a páginas públicas de periódicos e repositórios, com combinações de termos referentes a overall equipment effectiveness, produtividade e revisão da literatura, incluindo uma expressão em português restrita ao domínio scielo.br. A consulta localizou estudos usados para atualização e discussão crítica. Como não houve busca em bases com exportação e triagem de registros, não se alega abrangência sistemática.

Sete publicações de áreas correlatas são mobilizadas como referência conceitual contextual, entretanto elas não integram o corpus de síntese, seus resultados são relatados como tais e não constituem evidência sobre o OEE.

3.5 LIMITAÇÕES DO DESENHO E ASPECTOS ÉTICOS

São limitações do desenho a ausência de histórico auditável de seleção, a impossibilidade de verificar a exaustividade das fontes, a diversidade temporal e setorial dos

trabalhos, a falta de análise geográfica sistemática e a inexistência de avaliação formal do risco de viés. Os resultados devem ser lidos como síntese crítica de um portfólio identificado, e não como levantamento exaustivo da produção sobre OEE. Uma versão reproduzível exigiria nova busca com protocolo, bases, expressões, data, filtros e registro das decisões, com deduplicação por DOI, título e autoria. O PRISMA 2020 oferece itens de transparência para relatar identificação e seleção, embora tenha sido desenvolvido para revisões sistemáticas e não substitua o método integrativo (Page et al., 2021).

Por utilizar exclusivamente literatura publicada, a pesquisa não envolveu participantes humanos, questionários, entrevistas, dados pessoais ou informações confidenciais de empresas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 1 apresenta a matriz de extração das 13 publicações do corpus temático. Os achados são discutidos na ordem dos objetivos específicos.

Quadro 1 - Matriz de extração das publicações do corpus temático

Estudo e contexto	Natureza da evidência e finalidade	Achado relatado	Alcance e ressalvas	Eixo
Ljungberg (1998); manufatura/TPM	Medição do OEE; identificar perdas de equipamento	Destaque para pequenas paradas e perdas de desempenho	Contexto específico; comparabilidade limitada	Identificação de perdas
Jonsson e Lesshammar (1999); manufatura	Sistema de medição; apoiar gestão do desempenho	OEE deve integrar decisões de melhoria	Dependência de sistema de medição	Identificação de perdas
Dal et al. (2000); operações industriais	Análise prática; medir melhoria operacional	OEE útil em rotinas de melhoria	Aplicação dependente de contexto	Identificação de perdas
Muchiri e Pintelon (2008); literatura e aplicação industrial	Revisão e discussão; avaliar medição por OEE	Importância das categorias de perda	Diferenças de cálculo e interpretação	Padronização
Becker et al. (2015); alta variedade e baixo volume	Estudo de aplicação; adequar OEE a produção variável	Ciclos e produtos variáveis desafiam o cálculo	Baixa comparabilidade com produção repetitiva	Padronização
Gamberini et al. (2017); célula de manufatura	Comparação de abordagens; examinar metodologias de cálculo	Premissas alteram os resultados	Diferenças entre abordagens	Padronização
Cheah et al. (2020); semicondutores	Aplicação estruturada, 38 semanas; melhorar produtividade	OEE de 73,4% para 76,5%	Resultado vinculado à intervenção local	Melhoria estruturada
Schiraldi e Varisco (2020); normas e literatura	Análise conceitual; comparar ISO e formulações	Identifica ambiguidades metodológicas	Dependência de definições operacionais	Padronização
Ng Corrales et al. (2020); múltiplos setores	Revisão sistemática (referência); mapear aplicações do OEE	Identifica expansão de abordagens	Síntese secundária, sem aplicação própria	Novos contextos

Estudo e contexto	Natureza da evidência e finalidade	Achado relatado	Alcance e ressalvas	Eixo
Zubair et al. (2021); farmacêutico	Aplicação industrial; diagnosticar produtividade	OEE de 23% e perdas associadas	Estudo localizado	Identificação de perdas
Basak et al. (2022); manufatura aditiva	Adaptação do OEE; medir perdas de produção	Propõe adequação a processos aditivos	Sem generalização para todo processo	Novos contextos
Hung et al. (2022); capacidade produtiva	Proposição conceitual; evidenciar capacidade oculta	Value-Added OEE amplia a análise	Exige definições próprias	Novos contextos
Aziz et al. (2024); vestuário	Aplicação com mapeamento de fluxo; melhorar efetividade	Combinação de OEE e análise de fluxo	Resultado condicionado ao caso	Melhoria estruturada

Fonte: Os autores.

4.1 USOS DO OEE E PERDAS IDENTIFICADAS

O OEE é empregado em contextos industriais distintos como instrumento de diagnóstico, priorização e acompanhamento de melhorias. A contribuição do indicador decorre menos do percentual global do que da decomposição em disponibilidade, desempenho e qualidade, seguida da relação de cada componente com as causas operacionais das perdas. Esse achado responde ao primeiro objetivo específico e converge com Ljungberg (1998), Dal et al. (2000) e Muchiri e Pintelon (2008), que tratam o OEE como apoio à identificação de oportunidades de intervenção, e não apenas como medida final.

Quanto aos tipos de perda, os estudos mostram predominância de indisponibilidade, redução de velocidade, pequenas paradas, falhas, retrabalho e refugo. Ljungberg (1998) já advertia que a atenção exclusiva às grandes paradas pode ocultar perdas de desempenho relevantes. Zubair et al. (2021) registraram OEE de 23% em uma seção de suspensão seca de uma indústria farmacêutica, associado à indisponibilidade prolongada das máquinas e à geração de retrabalho e refugo. Como o indicador é multiplicativo, a perda em qualquer componente reduz a efetividade global, o que permite localizar onde a capacidade está sendo consumida sem gerar produção conforme.

4.2 MELHORIA ESTRUTURADA DA PRODUTIVIDADE

Cheah et al. (2020) aplicaram um *framework* integrado de OEE em uma instalação de semicondutores durante 38 semanas e registraram aumento do OEE de 73,4% para 76,5%, acompanhado de elevação da disponibilidade de 76,5% para 80%. Aziz et al. (2024) combinaram OEE, Visual Stream Mapping e automação da movimentação de materiais na manufatura de vestuário e observaram melhora do indicador. Nos dois casos o OEE direciona a atenção às perdas, e os ganhos dependem das ações de gestão, manutenção e melhoria aplicadas às causas identificadas: a informação do indicador se converte em produtividade por meio de um ciclo de diagnóstico, intervenção e acompanhamento.

Esses resultados também não permitem isolar o efeito do indicador, porque ações de manutenção, gestão do fluxo e reorganização operacional ocorrem em conjunto. O OEE é a medida e o dispositivo de acompanhamento, as intervenções são os mecanismos plausíveis da melhoria, e a associação temporal não demonstra causa e efeito.

4.3 BENEFÍCIOS, LIMITAÇÕES E COMPARABILIDADE

Entre os benefícios relatados estão a síntese do desempenho dos ativos, a priorização de perdas, o acompanhamento longitudinal e a integração entre manutenção, produção e qualidade. Em sentido oposto, Muchiri e Pintelon (2008), Gamberini et al. (2017) e Schiraldi e Varisco (2020) mostram que diferenças na definição de tempos, perdas, velocidades de referência e bases de cálculo podem modificar o resultado. Um valor maior de OEE pode refletir um processo mais eficiente ou apenas critérios de cálculo distintos, de modo que metas e séries históricas só são confiáveis quando as premissas permanecem estáveis, documentadas e compatíveis com o processo.

Becker et al. (2015) reforçam o ponto ao mostrar que mudanças frequentes de produto, tempos de ciclo e condições operacionais dificultam a aplicação direta do OEE tradicional em ambientes de alta variedade e baixo volume. A comparação mais consistente tende a ser longitudinal, no mesmo processo e sob critérios estáveis, ou realizada entre operações efetivamente equivalentes. A principal convergência entre os estudos é a utilidade da decomposição em disponibilidade, desempenho e qualidade; a divergência relevante está no que cada contexto reconhece como tempo produtivo, perda e ciclo de referência. Uma comparação intersetorial sem harmonização pode confundir mudança real de desempenho com diferença de medição, e antes de fixar metas é preciso validar dados, parâmetros e escopo.

4.4 ADAPTAÇÃO A NOVOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Ng Corrales et al. (2020) identificaram crescimento do interesse científico e expansão das aplicações para além da manufatura tradicional. Basak et al. (2022) adaptaram o indicador à manufatura aditiva, e Hung et al. (2022) propuseram o Value-Added OEE para tornar visíveis perdas escondidas em atividades sem valor agregado incorporadas ao ciclo. A evolução do OEE responde à dificuldade da formulação convencional em representar a capacidade, a variabilidade ou a natureza das perdas em certos sistemas. Jafari et al. (2026), em modelo estocástico de OEE para uma frota de mineração, indicam que um único valor do indicador pode ocultar a volatilidade operacional, resultado que reforça a leitura contextual, embora o contexto da mineração exija cautela na transferência para a manufatura.

A necessidade de adequar o método ao contexto aparece também em outro campo da gestão. Coelho et al. (2026), em revisão narrativa, relatam críticas à dificuldade do Business Model Canvas de se adaptar a contextos territoriais e a modelos alternativos, e identificam ferramentas como Canvas Social, Flourishing Business Canvas, EcoCanvas e Canvas-TS para negócios locais. O paralelo com o OEE é conceitual: ferramentas padronizadas de gestão exigem adaptação ao contexto em que são aplicadas, e as propostas alternativas nascem dessa limitação. O estudo de Coelho et al. (2026) não produz evidência sobre equipamentos nem sobre produtividade industrial.

4.5 DIGITALIZAÇÃO E USO DA INFORMAÇÃO

A coleta automática de dados, a integração entre equipamentos e sistemas de manufatura e o tratamento analítico podem reduzir erros de registro e encurtar o intervalo entre a ocorrência da perda e sua identificação, tendência descrita por Silva et al. (2026). O material analisado,

porém, não sustenta que a digitalização resolva por si os problemas do indicador: dados coletados automaticamente continuam dependentes de definições corretas de parada, ciclo, produto conforme e tempo planejado (Schiraldi & Varisco, 2020). A tecnologia tende a aumentar a velocidade e a granularidade da medição, e a validade gerencial permanece condicionada à qualidade conceitual e metodológica do indicador. Essa leitura é uma interpretação desta revisão. Os limites declarados por Gonçalves et al. (2025) indicam, além disso, que a viabilidade funcional de uma arquitetura de baixo custo não demonstra seus efeitos operacionais, cuidado igualmente aplicável a soluções de aquisição automática de dados para OEE.

A maior frequência e granularidade dos dados também aumentam a quantidade de informação apresentada a quem decide. Melo et al. (2026) discutem a sobrecarga cognitiva em sistemas de recomendação e propõem o modelo Be-Productive, avaliado por simulação com 1.000 usuários virtuais; os próprios autores indicam a necessidade de estudos longitudinais com usuários reais. Os estudos de OEE do corpus não avaliam como a apresentação de dados em tempo real afeta a atenção dos decisores, e a questão é registrada aqui como lacuna de pesquisa, sem relação demonstrada.

O proveito de uma ferramenta de informação depende também de quem a utiliza. Franco et al. (2023) apresentam o aplicativo AgriVisa, voltado à orientação de agricultores familiares sobre normas sanitárias, e relatam que 93,8% dos 51 respondentes de Manhumirim (MG) consideraram as informações úteis e 87,5% não tiveram dificuldade de uso, medidas obtidas por questionário e portanto de percepção. Os autores associam as dificuldades de comercialização a baixa escolaridade, pouca capacitação e falta de assessoria técnica. O contexto é distinto da indústria, e o estudo sugere uma hipótese a investigar em OEE: o aproveitamento de um sistema de informação depende da capacitação de quem o usa, aspecto que a matriz de extração desta revisão não cobre.

4.6 IMPLICAÇÕES SOCIOAMBIENTAIS

Kaya et al. (2026), em revisão sistemática sobre a integração entre OEE e sustentabilidade, discutem fragmentação conceitual, ênfase ambiental e *trade-offs*, o que não autoriza afirmar que elevar o OEE melhore indicadores ambientais ou sociais. Em perspectiva mais ampla, Cavalcanti et al. (2026), em pesquisa bibliográfica e documental apoiada na ética ambiental de Peter Singer, defendem que a justiça ambiental seja o pilar de projetos de sustentabilidade e observam a persistência da lógica do lucro sobre a vida mesmo após marcos como a Agenda 2030. O trabalho não trata de indicadores industriais. Sua relevância aqui é indicar que ganhos no uso da capacidade instalada, mencionados na justificativa deste estudo como possibilidade, não substituem a avaliação dos impactos sociais e ambientais da produção, que a matriz de extração também não cobre.

4.7 FORÇA DAS EVIDÊNCIAS E SÍNTESE

A força das evidências é desigual. Cheah et al. (2020) e Zubair et al. (2021) fornecem observações situadas em instalações industriais; Hung et al. (2022) discutem uma ampliação conceitual; Ng Corrales et al. (2020) e Silva et al. (2026) apresentam sínteses secundárias; e Gamberini et al. (2017) e Schiraldi e Varisco (2020) comparam métodos sem necessariamente demonstrar ganhos operacionais. Resultados numéricos de um caso não demonstram que o

mesmo ganho ocorrerá em outros setores, e propostas conceituais não são intervenções comprovadas. O corpus reúne publicações de períodos e setores diversos, sem estratificação geográfica sistemática, de modo que não se pode inferir representatividade regional nem efeito médio do OEE. O Quadro 2 sintetiza as categorias analíticas e sua relação com os objetivos.

Quadro 2 - Síntese das categorias analíticas

Categoria	Evidências	Interpretação crítica	Objetivo relacionado
Identificação de perdas	Ljungberg (1998); Jonsson e Lesshammar (1999); Dal et al. (2000); Zubair et al. (2021)	A decomposição evidencia indisponibilidade, velocidade e qualidade; o percentual isolado é limitado.	Usos do OEE e perdas operacionais
Padronização e limitações	Muchiri e Pintelon (2008); Becker et al. (2015); Gamberini et al. (2017); Schiraldi e Varisco (2020)	Premissas distintas alteram o resultado e reduzem a comparabilidade.	Benefícios e limitações
Melhoria estruturada	Cheah et al. (2020); Aziz et al. (2024)	O OEE orienta prioridades, e a melhoria decorre das intervenções sobre as causas.	Apoio à produtividade
Novos contextos	Ng Corrales et al. (2020); Hung et al. (2022); Basak et al. (2022)	Adaptações ampliam a utilidade quando a formulação clássica não representa todo o sistema.	Tendências e adaptações

Fonte: Os autores.

Considerados em conjunto, os resultados respondem ao problema de pesquisa: o OEE contribui para identificar perdas e melhorar a produtividade quando funciona como instrumento analítico inserido em um processo de gestão, transformando disponibilidade, desempenho e qualidade em sinais que orientam a investigação das causas e a priorização de ações. O percentual global não constitui diagnóstico suficiente, não existe valor de referência universal e a melhoria do OEE não equivale automaticamente à melhoria do sistema produtivo. A contribuição desta síntese está em indicar sob quais condições o indicador fornece informação útil: dados confiáveis, decomposição dos componentes, diagnóstico das causas, ação gerencial verificável e estabilidade dos critérios de medição ao longo do tempo.

5. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo foi analisar como o OEE é aplicado para identificar perdas e apoiar a melhoria da produtividade industrial. A literatura examinada indica que o indicador permite identificar perdas de disponibilidade, desempenho e qualidade quando interpretado por componentes e associado à investigação de suas causas, e que pode apoiar a melhoria da produtividade quando seus resultados orientam intervenções verificáveis. A resposta ao problema de pesquisa é, portanto, condicional.

Quanto aos objetivos específicos, os estudos documentam usos de diagnóstico e priorização; perdas associadas a falhas, pequenas paradas, redução de velocidade, retrabalho e refugo; benefícios de acompanhamento e de integração entre áreas, limitados por diferenças de definição e de cálculo; e adaptações a ambientes de alta variedade, à manufatura aditiva, à mineração e à digitalização. As extensões do indicador aparecem, em sua maioria, como propostas e revisões, e não como intervenções comprovadas.

A contribuição teórica e gerencial está na comparação crítica entre aplicações empíricas, discussões metodológicas e adaptações do indicador, que fornece critérios para uma leitura contextualizada do OEE e alerta para comparações entre operações com premissas distintas. O OEE não deve ser lido como percentual autossuficiente nem como parâmetro universal de excelência: sua confiabilidade depende da consistência das definições, da qualidade dos dados, da estabilidade das regras de cálculo e da análise dos três componentes. A digitalização pode tornar a medição mais tempestiva e detalhada, sem dispensar critérios conceituais e a análise das causas por pessoas.

A pesquisa não realizou aplicação empírica própria e reúne estudos heterogêneos. Além disso, não há registro de bases, estratégias completas, idiomas, duplicatas e quantitativos de triagem, o que restringe a reprodutibilidade do levantamento e a generalização dos achados; a consulta complementar de 2026 não teve caráter sistemático. Pesquisas futuras podem documentar protocolos completos de busca, comparar longitudinalmente intervenções antes e depois da adoção do OEE em contextos industriais específicos, registrar explicitamente as regras de cálculo, considerar indicadores complementares de fluxo e produtividade e investigar a integração entre OEE, coleta automática de dados, capacitação dos usuários e apresentação da informação a quem decide.

REFERÊNCIAS

- Aziz, A., Talapatra, S., & Belal, H. M. (2024). Improving equipment effectiveness through visual stream mapping: Some exploratory research findings in the ready-made garment (RMG) sector. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 25, 303-324. <https://doi.org/10.1007/s40171-024-00386-z>
- Basak, S., Baumer, M., Holweg, M., Hague, R., & Tuck, C. (2022). Reducing production losses in additive manufacturing using overall equipment effectiveness. *Additive Manufacturing*, 56, Article 102904. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102904>
- Becker, J. M. J., Borst, J., & Van der Veen, A. (2015). Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments. *CIRP Annals*, 64(1), 419-422. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.126>
- Braga, R. O. do C., Storino, A. L. B., & Avelar, K. E. S. (2026). Plataformas digitais para inovação social: Uma análise comparativa para o desenvolvimento de um ecossistema digital de apoio ao empreendedorismo sustentável. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 7(7), Article e778659. <https://doi.org/10.47820/recima21.v7i7.8659>
- Cavalcanti, M. A. de P., Brandão, M. R. de M., Miranda, M. G. de, & Friede, R. (2026). Ética ambiental e desenvolvimento sustentável: Perspectivas a partir das periferias. *Revista da Seção Judiciária do Rio de Janeiro - Auditorium*, 30(64), 502-512. <https://doi.org/10.30749/2177-8337.v30n64p502-512>
- Cheah, C. K., Prakash, J., & Ong, K. S. (2020). An integrated OEE framework for structured productivity improvement in a semiconductor manufacturing facility. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(5), 1081-1105. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-04-2019-0176>

- Coelho, L. H. A., Dusek, P. M., Storino, A. L. B., & Avelar, K. E. S. (2026). Desenvolvimento de negócios locais com o Business Model Canvas: Desafios, críticas e propostas alternativas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 10(4), 2341-2361. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4.25268
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement: A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488-1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>
- Flora, J. M. R., Santos, R. M. dos, Conceição, T. S. da, Ferreira, V. M. da S., Boente, A. N. P., & Carvalho, M. G. P. de. (2025). Value-based errors improve software reliability. *Revista Políticas Públicas & Cidades*, 14(8), Article e2788. <https://doi.org/10.23900/2359-1552v14n8-76-2025>
- Franco, G. N. de O., Dusek, P. M., & Avelar, K. E. S. (2023). Uso da tecnologia para a melhoria da informação e orientação do produtor da agricultura familiar. *Revista Valore*, 8, Article e-8045. <https://doi.org/10.22408/reva8020231001e-8045>
- Gamberini, R., Galloni, L., Lolli, F., & Rimini, B. (2017). On the analysis of effectiveness in a manufacturing cell: A critical implementation of existing approaches. *Procedia Manufacturing*, 11, 1882-1891. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.328>
- Gonçalves, D. A., Neves, A. C. M., Garrido, M. A. D., Barboza, D. V., & Castro, T. R. de. (2025). Automação de baixo custo para gestão eficiente de sistemas de bombeamento: Desenvolvimento e validação de um controle sequencial. *Revista da Micro e Pequena Empresa*, 19(2), 79-93. <https://doi.org/10.6034/rmpe.v19i2.2179>
- Hung, Y.-H., Li, L. Y. O., & Cheng, T. C. E. (2022). Uncovering hidden capacity in overall equipment effectiveness management. *International Journal of Production Economics*, 248, Article 108494. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108494>
- Jafari, A. J., et al. (2026). Quantifying operational uncertainties in mining machinery fleet productivity using a stochastic overall equipment effectiveness (OEE) analysis. *Resources Policy*, 114, Article 105874. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2026.105874>
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems: The role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, 19(1), 55-78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Kaya, M., Santos, J., & Tanco, M. (2026). Challenges in integrating sustainability into overall equipment effectiveness (OEE): A trade-off-based roadmap. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-026-18926-5>
- Ljungberg, Ö. (1998). Measurement of overall equipment effectiveness as a basis for TPM activities. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(5), 495-507. <https://doi.org/10.1108/01443579810206334>
- Melo, F. S. dos S. de, Palopoli, F. F., Santos, R. M. dos, Mello, S. T. A. de, Carlos, A. S., Ferreira, V. M. da S., Boente, A. N. P., Carvalho, M. G. P. de, D'Durand, T. M. L., & Costa, C. B. de J. da. (2026). Arquitetura algorítmica para atenção sustentável: O modelo BE-Productive como resposta à sobrecarga cognitiva no capitalismo de vigilância. *Revista Tópicos*, 4(34), 1-21. <https://doi.org/10.70773/revistatopicos/781363235>
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): Literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517-3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>

- Ng Corrales, L. del C., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. *Applied Sciences*, 10(18), Article 6469. <https://doi.org/10.3390/app10186469>
- Page, M. J., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Schiraldi, M. M., & Varisco, M. (2020). Overall equipment effectiveness: Consistency of ISO standard with literature. *Computers & Industrial Engineering*, 145, Article 106518. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106518>
- Silva, G. J. de M., Moore, S., & McDermott, O. (2026). A systematic literature review of OEE research: Trends in performance metrics and digital integration in manufacturing. *The TQM Journal*. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2025-0218>
- Whittemore, R., & Knafl, K. (2005). The integrative review: Updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, 52(5), 546-553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x>
- Zubair, M., Maqsood, S., Habib, T., Jan, Q. M. U., Nadir, U., Waseem, M., Yaseen, Q. M., & Guo, J. (2021). Manufacturing productivity analysis by applying overall equipment effectiveness metric in a pharmaceutical industry. *Cogent Engineering*, 8(1), Article 1953681. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1953681>