RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

Kaizen na manufatura eletrônica e fotovoltaica e seus efeitos sobre produtividade e custos operacionais

Kaizen in electronics and photovoltaic manufacturing and its effects on productivity and operating costs

Kaizen en electrónica y fabricación fotovoltaica y sus efectos en la productividad y los costes operativos

Felipe Thomaz Souza Perri[1]
Engenheiro Eletricista pela Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS, 2015). MBA em Gestão da Manutenção e Produção pela FACENS (2020). MBA em Gestão Industrial, Logística e Qualidade pela Faculdade Líbano (2026). Cursando MBA Executivo em Gestão Competitiva e Business Intelligence pela Faculdade Líbano. Certificado Six Sigma Green Belt / Lean Green Belt.

RESUMO

A melhoria contínua de base Kaizen é tradicionalmente associada a ganhos incrementais de baixo custo, mas ainda são escassas as evidências quantificadas de sua aplicação em linhas de teste da manufatura eletrônica e em processos de fabricação de módulos fotovoltaicos no Brasil. Este artigo analisa três projetos Kaizen conduzidos entre 2016 e 2021 em uma unidade de manufatura eletrônica sob contrato localizada em Sorocaba, no estado de São Paulo, dois deles em linhas de teste de computadores e um no processo de laminação de módulos fotovoltaicos. Adotou-se o estudo de casos múltiplos de caráter retrospectivo, com o autor na condição de participante, e os dados foram extraídos dos registros de encerramento dos projetos. Os resultados indicam aumentos de produtividade de 58%, 22% e 30%, redução de 92% nos defeitos atribuídos aos parâmetros de receita da laminação e economia anual estimada de aproximadamente US$2,78 milhões no conjunto dos casos. A análise cruzada sugere que os maiores ganhos decorreram da revisão do conteúdo do trabalho e da lógica de teste, e não da aquisição de novos equipamentos, e que a composição multidisciplinar das equipes e o uso disciplinado do ciclo PDCA foram determinantes para os resultados. Discutem-se ainda os fatores associados à sustentação dos ganhos, os efeitos sobre as condições de trabalho e a complementaridade entre o Kaizen e as tecnologias da Indústria 4.0.

Palavras-chave: Kaizen; melhoria contínua; manufatura enxuta; manufatura eletrônica; módulos fotovoltaicos.

ABSTRACT

Kaizen-based continuous improvement is traditionally associated with low-cost incremental gains, yet quantified evidence of its application to electronics manufacturing test lines and to photovoltaic module production in Brazil remains scarce. This article analyzes three Kaizen projects carried out between 2016 and 2021 at an electronics manufacturing services plant located in Sorocaba, São Paulo State, two of them on computer test lines and one in the photovoltaic module lamination process. A retrospective multiple case study design was adopted, with the author acting as a participant, and data were drawn from the projects' closing records. Results show productivity increases of 58%, 22% and 30%, a 92% reduction in defects attributed to lamination recipe parameters, and estimated annual savings of approximately US$ 2.78 million across the cases. The cross-case analysis suggests that the largest gains came from

[1]Engenheiro Eletricista pela Faculdade de Engenharia de Sorocaba (FACENS, 2015). MBA em Gestão da Manutenção e Produção pela FACENS (2020). MBA em Gestão Industrial, Logística e Qualidade pela Faculdade Líbano (2026). Cursando MBA Executivo em Gestão Competitiva e Business Intelligence pela Faculdade Líbano. Certificado Six Sigma Green Belt / Lean Green Belt. Engenheiro registrado no CREA-SP e membro da Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE).

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

redesigning work content and test logic rather than from acquiring new equipment, and that multidisciplinary team composition and the disciplined use of the PDCA cycle were decisive for the results. The article also discusses the factors associated with sustaining the gains, the effects on working conditions, and the complementarity between Kaizen and Industry 4.0 technologies.
Keywords: Kaizen; continuous improvement; lean manufacturing; electronics manufacturing; photovoltaic modules.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de transformação opera hoje sob uma combinação de pressões que raramente se apresentam de forma simultânea, como margens comprimidas, ciclos de vida de produto cada vez mais curtos, exigências crescentes de qualidade e escassez de profissionais qualificados para conduzir a operação e a manutenção. Nesse ambiente, a busca por produtividade costuma ser associada à aquisição de equipamentos mais modernos ou à automação extensiva, decisões que exigem capital e prazo de maturação. A tradição da melhoria contínua oferece um caminho complementar e menos dispendioso. Desde que Imai (1986) apresentou o Kaizen ao público ocidental como a chave do sucesso competitivo japonês, consolidou-se a ideia de que o acúmulo disciplinado de pequenas mudanças, conduzidas pelas próprias equipes, pode produzir efeitos econômicos comparáveis aos de investimentos de grande porte. Bhuiyan e Baghel (2005) mostram que essa premissa atravessa praticamente todas as abordagens de melhoria contínua surgidas ao longo do século XX, dos sistemas de sugestões à combinação entre manufatura enxuta e Seis Sigma.

Apesar da extensa literatura sobre o tema, persistem lacunas relevantes. Os estudos empíricos mais robustos sobre eventos Kaizen, como os de Farris et al. (2009), Van Aken et al. (2010) e Glover et al. (2011), concentram-se em organizações norte-americanas e privilegiam a análise dos fatores críticos de sucesso e dos resultados sobre as pessoas, com menor ênfase na quantificação financeira de projetos específicos. No Brasil, Godinho Filho e Fernandes (2004) propuseram uma classificação dos trabalhos sobre manufatura enxuta e apontaram perspectivas para pesquisas futuras, e Tortorella e Fettermann (2018) investigaram a relação entre práticas enxutas e Indústria 4.0 em empresas brasileiras. Ainda assim, são pouco frequentes os relatos que documentam, com números de produtividade, qualidade e economia, a aplicação do Kaizen em linhas de teste de manufatura eletrônica sob contrato e na fabricação de módulos fotovoltaicos, dois segmentos de elevada intensidade tecnológica e de crescente relevância para a economia nacional.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

Diante disso, o objetivo deste artigo é analisar três projetos Kaizen conduzidos entre 2016 e 2021 em uma unidade de manufatura eletrônica sob contrato instalada em Sorocaba, no estado de São Paulo, identificando a natureza das intervenções realizadas, as ferramentas empregadas, os resultados obtidos e os fatores que contribuíram para esses resultados. O texto está organizado em nove seções. Após esta introdução, a segunda seção descreve o percurso metodológico. As seções três a cinco discutem os fundamentos conceituais do Kaizen, sua inserção no sistema da manufatura enxuta e do Seis Sigma e as ferramentas analíticas mais pertinentes à realidade das linhas de teste. As seções seis e sete apresentam os casos estudados, a oitava realiza a análise cruzada dos resultados e discute sua sustentação, e a nona reúne as conclusões, as limitações e as sugestões para estudos futuros.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada quanto à finalidade, exploratória e descritiva quanto aos objetivos e de abordagem combinada, uma vez que articula a interpretação qualitativa das intervenções com a análise de indicadores quantitativos de desempenho. O delineamento adotado foi o estudo de casos múltiplos, recomendado por Yin (2018) quando o pesquisador busca compreender fenômenos contemporâneos em seu contexto real, sobre os quais tem pouco ou nenhum controle experimental, e quando as fronteiras entre fenômeno e contexto não são claramente definidas. Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) acrescentam que a pesquisa baseada em casos é particularmente adequada à gestão de operações por permitir o exame de práticas em sua complexidade organizacional, sem a necessidade de reduzir o objeto a variáveis isoladas, o que corresponde à natureza dos projetos de melhoria contínua aqui analisados.

O contexto empírico é uma unidade fabril de uma empresa multinacional de manufatura eletrônica sob contrato, segmento conhecido internacionalmente como Electronics Manufacturing Services, que no período estudado atendia, entre outros clientes, um fabricante global de computadores pessoais e um fabricante de módulos fotovoltaicos. Entre 2016 e 2021, o autor participou de onze projetos Kaizen nessa unidade, voltados à redução de refugo, ao aumento de rendimento, à redução de defeitos em laminadores e à redução de paradas de equipamentos. Para este estudo foram selecionados três projetos, segundo dois critérios cumulativos, a existência de resultados financeiros registrados no encerramento e a atuação do autor como líder ou colíder da equipe. A seleção seguiu a lógica de replicação literal descrita

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

por Yin (2018), na qual casos semelhantes são escolhidos para verificar se padrões observados em um deles se repetem nos demais.

As fontes de evidência foram os registros de encerramento dos projetos, os indicadores de produtividade, rendimento e defeitos acompanhados pelas equipes, os procedimentos operacionais elaborados durante as intervenções e a documentação técnica dos equipamentos envolvidos. Como o autor participou diretamente das iniciativas, a pesquisa guarda proximidade com a pesquisa-ação em gestão de operações discutida por Coughlan e Coghlan (2002), que destacam tanto o valor do conhecimento prévio do pesquisador sobre o sistema estudado quanto o risco de vieses de interpretação decorrentes desse envolvimento. Para mitigar esse risco, a análise restringiu-se aos dados formalmente consolidados ao final de cada projeto, sem acréscimo de estimativas posteriores, e as interpretações foram confrontadas com a literatura sempre que possível, de modo a separar o que os registros demonstram do que a experiência do autor sugere.

A análise foi conduzida em duas etapas. Na primeira, cada caso foi descrito individualmente segundo cinco categorias analíticas, o problema que motivou o projeto, a natureza da intervenção, as ferramentas utilizadas, os resultados registrados e os mecanismos adotados para sustentar os ganhos. Na segunda, os casos foram comparados entre si, procedimento que Yin (2018) denomina síntese cruzada, a fim de identificar regularidades e diferenças. Duas limitações devem ser explicitadas desde já. Os valores de economia correspondem a estimativas anualizadas registradas no encerramento dos projetos, segundo critérios internos da organização, e não foram objeto de auditoria independente. Além disso, o indicador de produtividade seguiu a definição interna adotada em cada linha, o que impede a comparação direta entre os percentuais. Em respeito à confidencialidade, a empresa e seus clientes não são identificados nominalmente.

3 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS DO KAIZEN E DA MELHORIA CONTÍNUA

O termo kaizen, que em japonês designa melhoria gradual e contínua, ganhou circulação no Ocidente a partir da obra de Imai (1986), que o apresentou como o princípio unificador das práticas de gestão responsáveis pela ascensão competitiva da indústria japonesa no pós-guerra. Para o autor, o Kaizen distingue-se da inovação por depender menos de grandes investimentos em tecnologia e mais do envolvimento sistemático das pessoas na identificação e na eliminação de problemas do cotidiano. Essa distinção não implica oposição entre as duas abordagens. Imai

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

(1986) argumenta que a inovação produz saltos de desempenho que tendem a se deteriorar quando não são acompanhados de esforço permanente de manutenção e aperfeiçoamento dos novos padrões, e é justamente esse esforço que o Kaizen organiza. A melhoria contínua, portanto, não substitui o investimento, mas cria as condições para que ele produza o retorno esperado e para que o novo patamar de desempenho não se perca com o tempo.

Em trabalho posterior, Imai (1997) desloca a ênfase para o gemba, termo que designa o local onde o valor é efetivamente criado, como a linha de produção ou a estação de teste. O argumento central é que os problemas operacionais devem ser compreendidos onde ocorrem, a partir da observação direta, e que as soluções de menor custo costumam emergir de quem executa o trabalho. O autor associa essa perspectiva a três atividades básicas, a padronização, a organização do ambiente de trabalho por meio do 5S e a eliminação sistemática de desperdícios. A padronização ocupa aqui papel singular, pois funciona como linha de base a partir da qual toda melhoria é medida e, uma vez validada, incorporada. Sem um padrão estável não há como distinguir uma melhoria real de uma flutuação aleatória do processo, o que torna a disciplina de medição um componente indissociável da própria filosofia Kaizen e não um acessório metodológico.

A literatura acadêmica passou a tratar a melhoria contínua não apenas como conjunto de técnicas, mas como capacidade organizacional que se desenvolve ao longo do tempo. Bessant, Caffyn e Gallagher (2001) propuseram um modelo evolutivo com cinco níveis de maturidade, que vai do interesse inicial e esporádico pela melhoria até a condição de organização capaz de aprender de forma sistemática a partir de suas próprias experiências. Para esses autores, o avanço entre níveis depende da consolidação de rotinas comportamentais específicas, como a habilidade de vincular as melhorias locais às metas estratégicas da empresa e a capacidade de compartilhar o aprendizado entre áreas. A principal contribuição do modelo está em mostrar que resultados expressivos isolados não equivalem a uma cultura de melhoria, e que a repetição de projetos bem-sucedidos exige estruturas de apoio que ultrapassam o escopo de cada iniciativa individual.

Bhuiyan e Baghel (2005) reconstituem a trajetória histórica das abordagens de melhoria contínua, desde os sistemas de sugestões do início do século XX até a combinação contemporânea entre manufatura enxuta e Seis Sigma. Os autores observam que as diferentes metodologias compartilham a premissa de que pequenas mudanças incrementais, quando acumuladas e sustentadas, produzem efeitos relevantes sobre qualidade, custo e prazo, mas diferem quanto ao grau de formalização estatística e à forma de envolvimento dos

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

trabalhadores. Essa leitura histórica é útil porque desfaz a ideia de que o Kaizen seria uma técnica isolada ou culturalmente intransferível. Trata-se, antes, de uma família de práticas que convergem para um mesmo princípio de gestão, o de que o desempenho de um sistema produtivo pode ser continuamente elevado pela investigação disciplinada de suas perdas e pela incorporação do aprendizado ao padrão de trabalho.

O núcleo metodológico dessa investigação é o ciclo de planejar, executar, verificar e agir, conhecido pela sigla PDCA. Moen e Norman (2010) mostram que o ciclo tem origem no modelo de especificação, produção e inspeção formulado por Shewhart, foi reapresentado por Deming a engenheiros japoneses em 1950 e, a partir daí, recebeu diferentes formalizações, inclusive a versão PDSA, na qual a etapa de verificação é substituída pelo estudo dos resultados. Deming (1986) sustentava que a melhoria do sistema é responsabilidade da gestão e que a maior parte dos problemas de qualidade decorre do próprio sistema, e não da conduta individual dos operadores. A implicação prática para o Kaizen é direta. Um projeto de melhoria que não explicita a hipótese a ser testada, não mede seu efeito e não incorpora o aprendizado ao padrão de trabalho reproduz a forma do ciclo sem cumprir a sua função.

4 O KAIZEN NO SISTEMA DA MANUFATURA ENXUTA E DO SEIS SIGMA

A difusão internacional do Kaizen está estreitamente ligada à do Sistema Toyota de Produção. Ohno (1988) descreve esse sistema como um esforço permanente de redução do intervalo entre o pedido do cliente e o recebimento do pagamento, obtido pela eliminação de tudo o que não agrega valor. O autor classificou as perdas em sete categorias, a superprodução, a espera, o transporte, o processamento desnecessário, o estoque, a movimentação desnecessária e a produção de itens defeituosos, e atribuiu à superprodução especial gravidade por ocultar as demais. Para Ohno (1988), os pilares do just-in-time e da autonomação não seriam suficientes sem a participação dos trabalhadores na identificação contínua dessas perdas. É nesse ponto que o Kaizen deixa de ser um programa paralelo e passa a integrar a própria lógica de funcionamento do sistema, como mecanismo de ajuste permanente entre o padrão vigente e as condições reais da operação.

O termo produção enxuta foi criado por Krafcik (1988), ao comparar o desempenho de montadoras de automóveis de diferentes regiões do mundo, e ganhou projeção com o estudo do International Motor Vehicle Program relatado por Womack, Jones e Roos (1990). Holweg (2007), ao reconstituir a genealogia do conceito, mostra que ele resultou de um processo de

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

abstração progressiva, no qual práticas desenvolvidas em um contexto específico foram traduzidas em princípios considerados transferíveis para outros setores. Womack e Jones (1996) sintetizaram esses princípios em cinco etapas: a especificação do valor, a identificação do fluxo de valor, a criação de fluxo contínuo, a produção puxada e a busca da perfeição. A última delas corresponde, na prática, ao Kaizen, entendido como o mecanismo que impede o sistema de se acomodar em um novo patamar de desempenho e que mantém aberta a agenda de eliminação de perdas mesmo depois de alcançadas as metas iniciais.

Do ponto de vista empírico, Shah e Ward (2003) demonstraram que as práticas enxutas tendem a ser adotadas em quatro conjuntos inter-relacionados, voltados à produção just-in-time, à gestão da qualidade total, à manutenção produtiva total e à gestão de recursos humanos, e que o efeito sobre o desempenho operacional é maior quando esses conjuntos são implementados de forma combinada. O estudo também indicou que o porte da planta e outras variáveis de contexto influenciam a probabilidade de adoção. Spear e Bowen (1999) oferecem uma explicação de natureza epistemológica para o êxito do sistema Toyota, segundo a qual cada atividade, conexão e fluxo é desenhado como uma hipótese testável, de modo que qualquer desvio é rapidamente percebido e tratado segundo o método científico. Essa leitura aproxima o Kaizen de um procedimento experimental incorporado à rotina, e não de um evento esporádico de mobilização das equipes.

O Seis Sigma, por sua vez, introduziu na melhoria contínua uma camada mais formal de tratamento estatístico da variação. Schroeder et al. (2008) definem a abordagem como uma estrutura organizada paralelamente à hierarquia funcional, apoiada em especialistas de melhoria, em um método estruturado de solução de problemas e em métricas de desempenho, com o objetivo de reduzir a variação dos processos. Linderman et al. (2003) examinaram o Seis Sigma à luz da teoria do estabelecimento de metas e argumentaram que a combinação de metas específicas e desafiadoras com um método explícito de investigação favorece o desempenho das equipes de melhoria. As duas contribuições ajudam a compreender por que, em muitas organizações, o Kaizen e o Seis Sigma convivem sem conflito. O primeiro mobiliza o conhecimento tácito do chão de fábrica, enquanto o segundo oferece rigor analítico para os problemas cuja causa não é visível à observação direta.

A integração entre as abordagens é especialmente relevante na manufatura eletrônica, em que convivem perdas de fluxo, típicas do domínio enxuto, e perdas por variação, típicas do domínio estatístico. Shingo (1989) já advertia que a melhoria de operações individuais pouco altera o desempenho global se o processo não for compreendido como um todo, e consagrou a distinção

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

entre a análise do processo, que acompanha o fluxo do material, e a análise da operação, que acompanha o trabalho das pessoas e das máquinas. Liker (2004) reforça que as tarefas padronizadas constituem a base da melhoria contínua e do envolvimento dos funcionários. No Brasil, a revisão de Godinho Filho e Fernandes (2004) organizou a produção acadêmica sobre manufatura enxuta em categorias e indicou caminhos para pesquisas futuras, agenda à qual o presente estudo procura contribuir ao reunir evidências dos segmentos eletroeletrônico e fotovoltaico.

5 FERRAMENTAS ANALÍTICAS E A LÓGICA DO GARGALO EM LINHAS DE TESTE

O mapeamento do fluxo de valor, proposto por Rother e Shook (1998), tornou-se o ponto de partida mais difundido para projetos de melhoria em linhas de produção. A técnica consiste em representar o estado atual do fluxo de materiais e de informações, identificar as etapas que não agregam valor e desenhar um estado futuro no qual o fluxo seja mais contínuo e orientado pela demanda. Um conceito central desse método é o takt time, obtido pela divisão do tempo disponível de produção pela demanda do cliente no mesmo período. A comparação entre o takt time e o tempo de ciclo de cada estação revela de imediato quais etapas são incompatíveis com a demanda e, portanto, onde os esforços de melhoria devem se concentrar. Em linhas de teste, essa comparação costuma ser reveladora, porque o tempo de teste funcional tende a ser longo e pouco flexível, e porque a alocação de operadores frequentemente acompanha a quantidade de estações e não o conteúdo efetivo de trabalho.

A lógica do gargalo acrescenta uma dimensão sistêmica a essa análise. Goldratt e Cox (1984) popularizaram a ideia de que o desempenho de um sistema produtivo é limitado por sua restrição, de modo que uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida para todo o sistema, enquanto melhorias em recursos não restritivos podem produzir apenas a aparência de progresso. Hopp e Spearman (2008) deram a essa intuição tratamento formal, apoiando-se na lei de Little, demonstrada por Little (1961), segundo a qual o estoque em processo é igual ao produto da taxa de saída pelo tempo de atravessamento. A consequência prática é que o aumento da capacidade no gargalo eleva a taxa de saída do sistema sem aumento proporcional do estoque em processo, ao passo que a liberação indiscriminada de material para uma linha restrita apenas alonga as filas e o tempo de atravessamento, sem qualquer ganho de produção.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

Um diagnóstico conduzido pelo autor em uma linha de montagem de placas eletrônicas ilustra a utilidade dessas ferramentas em conjunto. A linha apresentava capacidade aproximada de 735 placas por dia diante de uma demanda projetada de 1.200 placas por dia, o que significava atender cerca de 61% da necessidade e exigia um aumento de capacidade da ordem de 63% para equilibrar oferta e demanda. O diagnóstico combinou o mapeamento do fluxo de valor, o diagrama de espaguete para visualizar deslocamentos de pessoas e materiais, a comparação entre takt time e tempo de ciclo, os diagramas de Pareto e de Ishikawa, o 5S e o trabalho padronizado. O valor desse exercício não está apenas na identificação do gargalo, mas na demonstração de que a distância entre capacidade e demanda raramente se explica por uma única causa, o que justifica a combinação de ferramentas de fluxo com ferramentas de análise de causas.

Entre as ferramentas de análise de causas, o diagrama de Pareto e o diagrama de causa e efeito ocupam posição central. Juran e Godfrey (1999) consolidaram o princípio de Pareto como critério de priorização, ao mostrar que, na maioria dos processos, um número reduzido de causas responde pela maior parte das perdas, o que permite concentrar recursos onde o retorno é maior. Ishikawa (1985), por sua vez, defendeu que a maior parte dos problemas de qualidade pode ser resolvida com ferramentas estatísticas elementares, desde que aplicadas de forma disciplinada e por pessoas de todos os níveis da organização. O diagrama de causa e efeito, que leva o seu nome, organiza as hipóteses em famílias como método, máquina, material, mão de obra, medição e meio ambiente, e transforma a discussão de um problema complexo em um conjunto de verificações objetivas, o que é particularmente útil quando equipes de diferentes áreas precisam chegar a um diagnóstico comum.

Quando as causas interagem entre si ou quando o risco de falha precisa ser antecipado, ferramentas de maior formalização tornam-se necessárias. A análise de modos e efeitos de falha, descrita por Stamatis (2003), prioriza riscos a partir da combinação entre severidade, ocorrência e detecção, e permite que uma equipe identifique antes da implantação os pontos em que um novo processo ou equipamento pode falhar. O planejamento de experimentos, sistematizado por Montgomery (2013), permite investigar simultaneamente o efeito de diversos fatores e de suas interações sobre uma variável de resposta, com número reduzido de ensaios. Na experiência relatada neste estudo, essas duas ferramentas foram utilizadas na aceitação de uma estação automatizada de parafusamento, situação em que a sequência e os parâmetros de aperto precisavam ser validados antes da liberação para a produção, mostrando que o Kaizen não dispensa o rigor estatístico quando a natureza do problema o exige.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

6 REESTRUTURAÇÃO DE LINHAS DE TESTE NA MANUFATURA ELETRÔNICA

Na manufatura eletrônica sob contrato, as etapas de teste cumprem a função de garantir que cada placa montada, cada equipamento integrado e cada unidade embalada atenda às especificações do cliente antes da expedição. Na unidade estudada, as linhas de computadores incluíam o teste de placas montadas, o teste do equipamento completo e a verificação final na embalagem. O autor atuava na engenharia de testes, com responsabilidade pela análise estatística do desempenho das estações, pela investigação de falhas, pela preparação e configuração de estações em lançamentos de novos produtos e pela interface técnica com os clientes. Essa posição permitia observar que boa parte do tempo de ciclo das estações não correspondia à execução do teste propriamente dito, mas a etapas de preparação, espera e intervenção manual, perdas que Ohno (1988) classificaria como espera e processamento desnecessário e que tendem a passar despercebidas quando a análise se limita ao tempo de máquina.

O primeiro caso, aqui denominado Caso A, consistiu na reestruturação da linha de testes de computadores de mesa de um fabricante global, conduzida com a metodologia Kaizen sob liderança do autor. A equipe analisou o processo produtivo, alterou a programação dos testes funcionais para eliminar etapas que exigiam intervenção do operador e automatizou parte das operações manuais. O efeito mais visível foi a mudança na relação entre pessoas e equipamentos, pois um único operador passou a conduzir dois equipamentos de teste, o que reduziu a necessidade de mão de obra na etapa. Os registros de encerramento indicam aumento de 58% na produtividade e economia anual estimada de aproximadamente US$ 1,24 milhão. O resultado é coerente com a distinção de Shingo (1989) entre o trabalho humano e o trabalho da máquina, segundo a qual o operador não deve permanecer ocioso enquanto o equipamento executa um ciclo automático.

O Caso B tratou da linha de testes de notebooks do mesmo cliente, projeto no qual o autor atuou como colíder. O foco recaiu sobre a eliminação de desperdícios e a racionalização da operação, com redução da quantidade de operadores necessários. O aumento de produtividade registrado foi de 22%, e a economia anual estimada alcançou cerca de US$1,1 milhão. A diferença entre os percentuais dos Casos A e B não deve ser lida como indicação de menor eficácia do segundo projeto. Os registros disponíveis não permitem decompor os fatores que explicam essa diferença, mas é plausível que as linhas partissem de condições iniciais distintas quanto ao grau de automação e ao conteúdo de trabalho manual, o que reduziria o espaço de melhoria

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

disponível. Essa cautela é coerente com a advertência de Shah e Ward (2003) de que o contexto de cada planta condiciona os efeitos das práticas enxutas.

Paralelamente aos dois projetos, o autor conduziu o desenvolvimento de estações de teste locais, com o propósito de reduzir custos, aumentar a produtividade, dar agilidade à manutenção interna e externa e reduzir o custo com peças de reposição. As soluções foram concebidas para manter 100% de cobertura de teste das unidades, incluindo registro automático dos resultados e melhorias nos indicadores de qualidade. Em iniciativa relacionada à implantação de controle dos kits de teste, de uma etapa de segunda análise das peças reprovadas e de um procedimento formal de retrabalho, reduziu em 75% o custo de manutenção das peças utilizadas nos testes. Esse resultado ilustra o argumento de Imai (1997) de que as melhorias de menor custo frequentemente decorrem da organização do trabalho e da disciplina de procedimentos, e não da compra de novos recursos, uma vez que a economia foi obtida essencialmente com a revisão de fluxos e responsabilidades.

Um terceiro tipo de intervenção envolveu a automação de uma estação de parafusamento para um fabricante de terminais de pagamento, com o objetivo de melhorar a qualidade do processo, garantir a padronização da sequência de aperto e reduzir custos operacionais. O autor liderou a implementação e participou da aceitação do equipamento com o apoio da análise de modos e efeitos de falha e do planejamento de experimentos, além de acompanhar diariamente a produção até a estabilização da solução. Como os registros desse projeto não contêm resultados financeiros consolidados, ele não integra a análise cruzada, mas é mencionado por evidenciar que o Kaizen na manufatura eletrônica combina intervenções organizacionais com automação seletiva, sempre subordinada à análise prévia do processo. O Quadro 1 sintetiza os três casos selecionados para a análise cruzada, com base nos registros de encerramento de cada projeto.

Quadro 1 - Síntese dos casos selecionados para a análise cruzada

Caso	Processo	Natureza da intervenção	Ferramentas e método	Resultados registrados
A	Teste de computadores de mesa	Revisão da programação dos testes funcionais e automação de etapas manuais. Um operador passa a conduzir dois equipamentos	Kaizen, análise do processo produtivo, automação seletiva	Produtividade +58%. Economia anual estimada de US$ 1,24 milhão
B	Teste de notebooks	Eliminação de desperdícios e racionalização da operação, com redução do número de operadores	Kaizen, análise de perdas	Produtividade +22%. Economia anual estimada de US$ 1,1 milhão

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

Caso	Processo	Natureza da intervenção	Ferramentas e método	Resultados registrados
C	Laminação de módulos fotovoltaicos	Tratamento dos detratores ligados aos parâmetros de receita do laminador por equipe de Produção, Qualidade e Engenharia	Kaizen, ciclo PDCA, análise de dados de defeitos	Rendimento +1%. Defeitos de receita -92%. Produtividade +30%. Economia anual estimada de US$ 437 mil

Fonte: elaborado pelo autor com base nos registros de encerramento dos projetos (2016-2021).

7 KAIZEN NO PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A fabricação de módulos fotovoltaicos envolve a interligação das células, a montagem do conjunto entre o vidro frontal e a camada posterior de proteção, a laminação, a montagem da moldura e da caixa de junção e os testes finais. A laminação é a etapa em que o conjunto é submetido a aquecimento e vácuo para que o material encapsulante envolva as células e garanta a integridade mecânica e elétrica do módulo ao longo de sua vida útil. Os parâmetros de temperatura, tempo e pressão definidos para cada ciclo do equipamento compõem o que a indústria denomina receita do processo. Na unidade estudada, os módulos eram verificados em equipamentos de teste de simulação solar, conhecidos como Flash, que medem a curva característica de corrente e tensão, de isolamento elétrico, conhecidos como HIPOT, e de eletroluminescência, conhecidos pela sigla EL, que permitem identificar microfissuras e outras falhas não visíveis a olho nu.

O autor foi responsável pela implantação, instalação e manutenção desses equipamentos de teste e, após treinamentos técnicos internacionais sobre configuração, calibração e análise de medições, desenvolveu os planos de manutenção preventiva com definição de frequências e itens de verificação relativos à segurança, aos motores, às correias e às calibrações. Esse ponto é relevante para a compreensão do Caso C. Nakajima (1988), ao formular a manutenção produtiva total, mostrou que as perdas por defeitos e retrabalho integram as grandes perdas que reduzem a eficiência global dos equipamentos, ao lado das paradas e das perdas de velocidade. Um equipamento de teste descalibrado não apenas falha em detectar defeitos, como também gera dados enganosos sobre o rendimento do processo. A confiabilidade da medição é, portanto, pré-requisito de qualquer projeto de melhoria baseado em dados.

O Caso C teve como objeto a redução de defeitos no processo de laminação, especificamente aqueles atribuídos aos parâmetros de receita do equipamento. O autor atuou como colíder de uma equipe multidisciplinar formada por representantes de Produção, Qualidade e Engenharia

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

de Equipamentos, e o projeto foi conduzido segundo o ciclo PDCA, com a análise dos dados de defeitos, a identificação dos principais detratores, a implementação de contramedidas e a verificação de sua eficácia. A escolha da composição multidisciplinar não foi casual. Os defeitos associados à receita situam-se na interseção entre o comportamento dos materiais, observado pela Qualidade, os ajustes do equipamento, dominados pela Engenharia, e as práticas de operação, conhecidas pela Produção, de modo que nenhuma dessas áreas, isoladamente, dispunha de todas as informações necessárias para um diagnóstico consistente.

Os registros de encerramento indicam aumento de 1% no rendimento do processo, redução de 92% dos defeitos associados à receita da laminação, aumento de 30% na produtividade e economia anual estimada de aproximadamente US$437 mil. O aumento de 1% no rendimento pode parecer modesto quando observado isoladamente, mas adquire outra dimensão em uma linha de alto volume, na qual cada ponto de rendimento corresponde a uma quantidade expressiva de módulos que deixam de ser refugados ou retrabalhados. A magnitude da redução de defeitos, por sua vez, sugere que as causas atuavam de forma concentrada, padrão compatível com o princípio de Pareto discutido por Juran e Godfrey (1999), e que a priorização dos principais detratores foi decisiva para que o esforço da equipe se convertesse em resultado mensurável em prazo relativamente curto.

O Caso C também ilustra a observação de Spear e Bowen (1999) de que a melhoria contínua opera com maior eficácia quando as especificações do processo são tratadas como hipóteses explícitas e verificáveis. A receita do laminador é exatamente esse tipo de especificação, um conjunto de parâmetros que expressa uma hipótese sobre as condições que produzem um módulo íntegro, e que pode ser testada e revista à luz dos dados de defeitos. Van Aken et al. (2010), ao proporem um modelo para o desenho e a gestão de programas de eventos Kaizen, destacam a seleção do problema, a composição da equipe e o acompanhamento posterior ao evento como elementos que condicionam o êxito das iniciativas. No caso analisado, a combinação de um problema bem delimitado, de uma equipe com competências complementares e de um método de verificação explícito parece ter sido o que permitiu transformar o conhecimento disperso entre as áreas em uma solução estável.

8 ANÁLISE CRUZADA DOS RESULTADOS E FATORES DE SUSTENTAÇÃO

A comparação entre os três casos revela regularidades consistentes. Em todos eles, os ganhos decorreram principalmente da revisão do conteúdo do trabalho, da lógica de teste ou dos

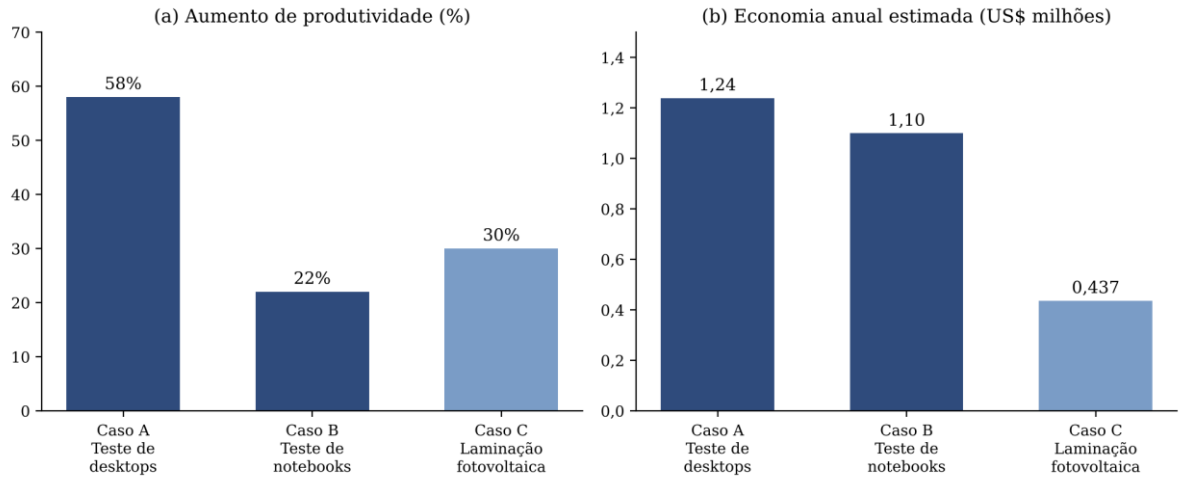
Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

parâmetros de processo, e não da aquisição de novos equipamentos de produção. A automação esteve presente no Caso A, mas como consequência da análise do processo e restrita às etapas em que a intervenção manual não agregava valor. Somados, os três projetos registraram economia anual estimada de aproximadamente US$2,78 milhões, dos quais cerca de 44,7% correspondem ao Caso A, 39,6% ao Caso B e 15,7% ao Caso C. A Figura 1 apresenta os aumentos de produtividade e as economias anuais estimadas de cada caso, permitindo visualizar que a ordem dos casos segundo o ganho percentual de produtividade não coincide com a ordem segundo a economia financeira, o que confirma que os dois indicadores capturam dimensões diferentes do resultado.

Figura 1 - Aumento de produtividade e economia anual estimada nos três casos analisados



Fonte: elaborada pelo autor com base nos registros de encerramento dos projetos (2016-2021).

A não coincidência entre as duas ordenações merece interpretação cuidadosa. O Caso C apresentou ganho de produtividade superior ao do Caso B, mas economia financeira inferior, o que pode ser explicado pela diferença na natureza das perdas tratadas. Nos casos de teste de computadores, a economia esteve fortemente associada à redução da mão de obra alocada às estações, efeito de impacto financeiro direto e recorrente. No caso da laminação, a economia resultou sobretudo na redução de defeitos e do aumento de rendimento, cujo valor depende do custo dos materiais refugados e do volume processado. Como os indicadores de produtividade foram calculados segundo definições internas distintas em cada linha, conforme explicitado na metodologia, a comparação deve permanecer no plano das tendências gerais, sem que os percentuais sejam tratados como medidas equivalentes de desempenho entre os casos.

A questão da sustentação dos ganhos é central na literatura. Bateman (2005) mostra que os resultados de programas de melhoria de processos frequentemente se deterioram após o

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

encerramento formal das iniciativas, e identifica a existência de ações de acompanhamento e a incorporação das mudanças às rotinas da área como condições para que os ganhos se mantenham ou continuem evoluindo. Glover et al. (2011), ao estudarem eventos Kaizen em diversas organizações, chegaram a conclusão semelhante quanto aos resultados sobre as pessoas, cuja permanência depende da institucionalização das mudanças no ambiente de trabalho. Nos casos analisados, os mecanismos de sustentação incluíram a elaboração de procedimentos, o treinamento das equipes, o controle formal dos kits de teste e os planos de manutenção preventiva dos equipamentos de medição, elementos que correspondem às práticas que esses autores associam à durabilidade dos resultados.

Os efeitos das melhorias sobre as pessoas exigem igual atenção. Farris et al. (2009) mostraram que os resultados dos eventos Kaizen sobre as atitudes e as competências dos participantes estão associados a fatores como a clareza das metas, a autonomia da equipe e o apoio da gestão. Netland (2016), em estudo sobre fatores críticos de sucesso na implantação da produção enxuta, aponta o comprometimento da liderança e a capacitação das pessoas entre os elementos mais relevantes, e discute em que medida as contingências de cada planta alteram essa importância relativa. Saurin e Ferreira (2008), por sua vez, propuseram diretrizes para avaliar os impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho, alertando que ganhos de produtividade obtidos com a redução de operadores podem vir acompanhados de intensificação do trabalho. Os registros dos casos estudados não incluíram avaliações ergonômicas formais, o que constitui uma limitação a ser considerada em estudos futuros.

Por fim, os casos permitem discutir a relação entre o Kaizen e a Indústria 4.0. Buer, Strandhagen e Chan (2018), ao mapearem a literatura sobre o tema, identificaram que a manufatura enxuta e as tecnologias digitais tendem a ser tratadas como complementares, e propuseram uma agenda de pesquisa para examinar essa relação. Tortorella e Fettermann (2018) encontraram, em empresas brasileiras, associação positiva entre a adoção de práticas enxutas e a implantação de tecnologias da Indústria 4.0. A experiência relatada é compatível com esses achados. O registro automático dos resultados nas estações de teste locais e a análise estatística do desempenho das estações representam formas iniciais de captura e uso sistemático de dados, que só produziram valor porque estavam inseridas em processos previamente estabelecidos e padronizados. A digitalização de um processo instável tende a apenas tornar mais visível a sua instabilidade.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

RCMOS – Revista Científica Multidisciplinar O Saber.
ISSN: 2675-9128. São Paulo-SP.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

CONCLUSÃO

Este artigo analisou três projetos Kaizen conduzidos entre 2016 e 2021 em uma unidade de manufatura eletrônica sob contrato, dois em linhas de teste de computadores e um no processo de laminação de módulos fotovoltaicos. Os resultados registrados incluem aumentos de produtividade de 58%, 22% e 30%, redução de 92% nos defeitos associados à receita da laminação, aumento de 1% no rendimento desse processo e economia anual estimada de aproximadamente US$ 2,78 milhões no conjunto dos casos, o que confirma o potencial econômico da melhoria contínua em segmentos de elevada intensidade tecnológica.

A principal constatação do estudo é que os ganhos mais expressivos não dependeram da aquisição de novos equipamentos de produção, mas da revisão do conteúdo do trabalho, da lógica de teste e dos parâmetros de processo. Esse achado converge com a proposição clássica de Imai (1986) e com a crítica de Shingo (1989) à melhoria de operações isoladas, e reforça que a análise do processo deve preceder qualquer decisão de investimento, sob pena de automatizar perdas em vez de eliminá-las. A automação, quando ocorreu, foi seletiva e subordinada a essa análise, e não o ponto de partida das intervenções.

A segunda constatação refere-se à importância da composição das equipes e do método. Nos três casos, a participação de profissionais de diferentes áreas e o uso disciplinado do ciclo PDCA permitiram reunir conhecimentos dispersos e testar hipóteses de forma objetiva. O Caso C, em particular, mostra que problemas situados na interseção entre materiais, equipamentos e práticas de operação dificilmente seriam resolvidos por uma única área, por mais competente que ela fosse. A composição da equipe, nesse sentido, deve ser definida pela natureza do problema, e não pela estrutura organizacional vigente.

A terceira constatação diz respeito à medição. A confiabilidade dos equipamentos de teste, assegurada por planos de manutenção preventiva e por calibrações periódicas, mostrou-se condição prévia para que os dados de rendimento e de defeitos pudessem orientar decisões. Esse aspecto, muitas vezes tratado como questão puramente técnica, revela-se um componente de gestão, pois a qualidade das decisões de melhoria nunca é superior à qualidade das medições que as sustentam. Programas de melhoria contínua deveriam, por isso, incluir a gestão dos sistemas de medição entre os seus primeiros objetos de atenção.

Quanto à sustentação dos resultados, os casos indicam que procedimentos formais, treinamento das equipes, controle de materiais de teste e manutenção preventiva funcionaram como mecanismos de institucionalização das mudanças, em linha com o que Bateman (2005) e Glover

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

et al. (2011) associam à durabilidade dos ganhos. O estudo não dispõe, contudo, de séries históricas posteriores ao encerramento dos projetos que permitam confirmar a permanência dos resultados no longo prazo. Essa lacuna reforça a necessidade de que as organizações mantenham o acompanhamento dos indicadores por períodos superiores ao ciclo formal de cada projeto.

Algumas limitações devem ser reconhecidas. Trata-se de estudo retrospectivo, conduzido por pesquisador que participou das intervenções, o que exige cautela na interpretação dos dados apesar das medidas adotadas para reduzir vieses. As economias correspondem a estimativas internas não auditadas, os indicadores de produtividade seguiram definições distintas em cada linha e não houve avaliação formal dos efeitos sobre as condições de trabalho, o que restringe a generalização dos resultados. Os achados devem ser entendidos, portanto, como generalizações analíticas, no sentido proposto por Yin (2018), e não como estimativas estatísticas válidas para o setor.

Do ponto de vista gerencial, os resultados sugerem que organizações industriais podem obter ganhos expressivos ao investir na capacitação de suas próprias equipes em métodos de melhoria contínua, em vez de recorrer a soluções pontuais e externas para cada problema. A formação de profissionais capazes de enxergar perdas, medir com rigor e conduzir experimentos disciplinados constitui um ativo que se acumula ao longo do tempo e que tende a ser mais duradouro do que os ganhos de qualquer projeto isolado. Essa perspectiva desloca o foco da melhoria contínua do projeto para a formação de pessoas, o que tende a ampliar o alcance e a longevidade de seus efeitos.

Como sugestões para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos longitudinais que acompanhem a evolução dos indicadores após o encerramento dos projetos, a adoção de definições padronizadas de produtividade que permitam comparações entre linhas e empresas, a inclusão de avaliações ergonômicas e de percepção dos trabalhadores e a investigação da interação entre o Kaizen e as tecnologias digitais em plantas brasileiras dos segmentos eletroeletrônico e fotovoltaico, campo ainda pouco explorado pela literatura nacional.

REFERÊNCIAS

BATEMAN, Nicola. Sustainability: the elusive element of process improvement. **International Journal of Operations & Production Management**, Bingley, v. 25, n. 3, p. 261-276, 2005.

BESSANT, John; CAFFYN, Sarah; GALLAGHER, Maeve. An evolutionary model of continuous improvement behaviour. **Technovation**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 67-77, 2001.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

BHUIYAN, Nadia; BAGHEL, Amit. An overview of continuous improvement: from the past to the present. **Management Decision**, Bingley, v. 43, n. 5, p. 761-771, 2005.

BUER, Sven-Vegard; STRANDHAGEN, Jan Ola; CHAN, Felix T. S. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. **International Journal of Production Research**, London, v. 56, n. 8, p. 2924-2940, 2018.

COUGHLAN, Paul; COGHLAN, David. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, Bingley, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DEMING, W. Edwards. **Out of the crisis**. Cambridge: MIT Center for Advanced Engineering Study, 1986.

FARRIS, Jennifer A.; VAN AKEN, Eileen M.; DOOLEN, Toni L.; WORLEY, June. Critical success factors for human resource outcomes in Kaizen events: an empirical study. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 117, n. 1, p. 42-65, 2009.

GLOVER, Wiljeana J.; FARRIS, Jennifer A.; VAN AKEN, Eileen M.; DOOLEN, Toni L. Critical success factors for the sustainability of Kaizen event human resource outcomes: an empirical study. **International Journal of Production Economics**, Amsterdam, v. 132, n. 2, p. 197-213, 2011.

GODINHO FILHO, Moacir; FERNANDES, Flavio Cesar Faria. Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.

GOLDRATT, Eliyahu M.; COX, Jeff. **The goal**: a process of ongoing improvement. Croton-on-Hudson: North River Press, 1984.

HOLWEG, Matthias. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 25, n. 2, p. 420-437, 2007.

HOPP, Wallace J.; SPEARMAN, Mark L. **Factory physics**. 3. ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2008.

IMAI, Masaaki. **Kaizen**: the key to Japan's competitive success. New York: Random House, 1986.

IMAI, Masaaki. **Gemba kaizen**: a commonsense, low-cost approach to management. New York: McGraw-Hill, 1997.

ISHIKAWA, Kaoru. **What is total quality control?** The Japanese way. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1985.

JURAN, Joseph M.; GODFREY, A. Blanton (ed.). **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

KRAFCIK, John F. Triumph of the lean production system. **Sloan Management Review**, Cambridge, v. 30, n. 1, p. 41-52, 1988.

LIKER, Jeffrey K. **The Toyota way**: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2004.

LINDERMAN, Kevin; SCHROEDER, Roger G.; ZAHEER, Srilata; CHOO, Adrian S. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 193-203, 2003.

LITTLE, John D. C. A proof for the queuing formula: $L = \lambda W$. **Operations Research**, Baltimore, v. 9, n. 3, p. 383-387, 1961.

MOEN, Ronald D.; NORMAN, Clifford L. Circling back: clearing up myths about the Deming cycle and seeing how it keeps evolving. **Quality Progress**, Milwaukee, v. 43, n. 11, p. 22-28, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. **Design and analysis of experiments**. 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

Ano VII, v.1 2026 | submissão: 09/02/2026 | aceito: 15/02/2026 | publicação: 20/02/2026

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to TPM**: total productive maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.
NETLAND, Torbjørn H. Critical success factors for implementing lean production: the effect of contingencies. **International Journal of Production Research**, London, v. 54, n. 8, p. 2433-2448, 2016.
OHNO, Taiichi. **Toyota production system**: beyond large-scale production. Cambridge: Productivity Press, 1988.
ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Learning to see**: value stream mapping to add value and eliminate muda. Brookline: Lean Enterprise Institute, 1998.
SAURIN, Tarcisio Abreu; FERREIRA, Cléber Fabricio. Diretrizes para avaliação dos impactos da produção enxuta sobre as condições de trabalho. **Produção**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 508-522, 2008.
SCHROEDER, Roger G.; LINDERMAN, Kevin; LIEDTKE, Charles; CHOO, Adrian S. Six Sigma: definition and underlying theory. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p. 536-554, 2008.
SHAH, Rachna; WARD, Peter T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 129-149, 2003.
SHINGO, Shigeo. **A study of the Toyota production system from an industrial engineering viewpoint**. Cambridge: Productivity Press, 1989.
SPEAR, Steven; BOWEN, H. Kent. Decoding the DNA of the Toyota production system. **Harvard Business Review**, Boston, v. 77, n. 5, p. 96-106, 1999.
STAMATIS, D. H. **Failure mode and effect analysis**: FMEA from theory to execution. 2. ed. Milwaukee: ASQ Quality Press, 2003.
TORTORELLA, Guilherme Luz; FETTERMANN, Diego. Implementation of Industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, London, v. 56, n. 8, p. 2975-2987, 2018.
VAN AKEN, Eileen M.; FARRIS, Jennifer A.; GLOVER, Wiljeana J.; LETENS, Geert. A framework for designing, managing, and improving Kaizen event programs. **International Journal of Productivity and Performance Management**, Bingley, v. 59, n. 7, p. 641-667, 2010.
VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, Bingley, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.
WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.
WOMACK, James P.; JONES, Daniel T.; ROOS, Daniel. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990.
YIN, Robert K. **Case study research and applications**: design and methods. 6. ed. Thousand Oaks: SAGE, 2018.

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença CreativeCommons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.