

DESAFIOS PARA A REDUÇÃO DO NVA (NON-VALUE-ADDED) NA MONTAGEM GERAL PARA A INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Carlos Augusto Palermo Puertas

Alexandre Formigoni

Cláudio Rodrigo Torres

Resumo

Apresenta-se neste artigo a análise de situações onde objetiva-se a redução do NVA em certos processos industriais. Também apresenta-se os conceitos necessários para o entendimento da importância da redução do NVA.

1. Introdução

A indústria automotiva é um dos setores mais dinâmicos e competitivos da economia global, enfrentando constantes pressões para aumentar a eficiência e reduzir custos. Nesse contexto, a redução do Não Valor Agregado (NVA) se torna uma estratégia crucial para melhorar a competitividade e a sustentabilidade das operações. O NVA refere-se a todas as atividades que não agregam valor ao produto, mas que consomem recursos, tempo e esforço. A identificação e eliminação dessas atividades são fundamentais para otimizar processos e aumentar a eficiência operacional (Womack & Jones, 2003).

A abordagem Lean Manufacturing, que se popularizou nas últimas décadas, enfatiza a eliminação do NVA como um dos seus princípios centrais. Segundo Ohno (1988), o objetivo do Lean é maximizar o valor para o cliente, minimizando desperdícios. Na linha de produção automotiva, isso implica em revisar continuamente os processos, desde a concepção do produto até a entrega final, buscando identificar e eliminar atividades que não contribuem diretamente para a criação de valor. A literatura aponta que a aplicação de técnicas Lean pode resultar em melhorias significativas na eficiência, qualidade e tempo de entrega (Shah & Ward, 2003).

Entretanto, a implementação de práticas para a redução do NVA não é isenta de desafios. A resistência à mudança, a falta de treinamento adequado e a cultura organizacional são fatores que podem dificultar a adoção de novas práticas (Bhasin, 2012). Além disso, a complexidade das operações na indústria automotiva, que envolve múltiplos fornecedores e uma cadeia de suprimentos extensa, torna a identificação e eliminação do NVA uma tarefa desafiadora (Hines et al., 2004). A literatura sugere que, para superar esses desafios, é fundamental o envolvimento de todos os níveis da organização e a promoção de uma cultura de melhoria contínua (Liker, 2004).

A digitalização e a Indústria 4.0 também emergem como oportunidades significativas para a redução do NVA na linha de produção automotiva. Tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial oferecem novas maneiras de monitorar e otimizar processos, permitindo uma análise mais precisa das atividades que não agregam valor (Kagermann et al., 2013). A integração dessas tecnologias pode facilitar a identificação de gargalos e desperdícios, promovendo uma abordagem mais proativa na gestão do NVA.

Além disso, a sustentabilidade e a responsabilidade social corporativa estão se tornando cada vez mais relevantes na indústria automotiva. A pressão por práticas mais sustentáveis não apenas exige a redução do NVA, mas também a consideração do impacto ambiental das operações. A literatura aponta que a adoção de práticas sustentáveis pode, paradoxalmente, levar à redução do NVA, uma vez que muitas iniciativas de sustentabilidade também visam a eficiência operacional (Geissdoerfer et al., 2018).

1.1 Objetivo

Apresenta-se neste artigo oportunidades e desafios na redução do NVA na linha de produção automotiva, com base em uma revisão da literatura científica. A análise estrutura-se em torno de três eixos principais: a aplicação de práticas Lean, a digitalização e a sustentabilidade. Por meio dessa abordagem, busca-se contribuir para o entendimento das dinâmicas que envolvem a redução do NVA e oferecer insights práticos para a indústria automotiva.

1.2 Justificativa

A escolha da temática "Desafios para a redução e eliminação do NVA na montagem geral para a indústria automotiva" surgiu da necessidade urgente e contínua da indústria automotiva de aprimorar sua eficiência operacional, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos. A indústria automotiva, devido à sua alta competitividade e à demanda por inovação, exige um estudo aprofundado das suas operações para garantir que as empresas consigam não apenas sobreviver, mas também prosperar em um ambiente cada vez mais globalizado e com consumidores exigentes (WOMACK & JONES, 1996).

A redução do NVA, ou atividades que não agregam valor ao produto final, é um dos maiores desafios que a indústria enfrenta, especialmente na fase de montagem geral. A montagem, sendo a última etapa da produção, é fundamental para garantir que os veículos estejam prontos para o mercado de maneira eficiente e sem comprometer a qualidade. Entretanto, ao longo dessa fase, inúmeras atividades que não geram valor direto ao produto final persistem, o que prejudica a competitividade das empresas e a sustentabilidade de seus processos (OHNO, 1988). Assim, a escolha desse tema para a pesquisa é motivada pela necessidade de entender de forma mais detalhada as barreiras à eliminação do NVA na montagem, e, conseqüentemente, contribuir para a evolução das práticas produtivas no setor automotivo.

1.3 A relevância da redução do NVA (Non Value Added) na indústria automotiva

O conceito de NVA está profundamente enraizado na filosofia do Lean Manufacturing, que busca minimizar desperdícios e maximizar o valor entregue ao cliente (LIKER, 2004). A adoção de princípios Lean tem sido uma estratégia comum em diversas indústrias, especialmente na automotiva, para otimizar a produção. A indústria automotiva, sendo uma das mais avançadas em termos de processos produtivos, enfrenta constantemente desafios para garantir que suas linhas de montagem sejam ágeis e eficientes, evitando atividades que não agregam valor. De acordo com Womack e Jones (1996), a montagem de veículos é uma área altamente suscetível a desperdícios, o que a torna um ponto de grande interesse para estudos sobre a eliminação do NVA.

É sabido que a indústria automotiva tem sido uma das pioneiras na implementação de estratégias de eliminação de desperdícios, mas o processo de redução do NVA, especialmente na montagem, é longe de ser simples. A literatura indica que, apesar dos avanços significativos em automação e digitalização, muitas empresas ainda enfrentam dificuldades em eliminar atividades que não agregam valor, devido à complexidade dos processos, à resistência cultural e às limitações tecnológicas (BORTOLOTTI et al., 2015). Dessa forma, estudar as barreiras para a redução do NVA na montagem de veículos é essencial, pois pode resultar em insights valiosos sobre como a indústria pode melhorar seus processos e tornar suas operações mais sustentáveis e eficientes.

1.4 O impacto econômico da eliminação do NVA

O impacto da redução do NVA não é apenas operacional, mas também econômico. De acordo com um estudo de Kato e Tanaka (2013), a eliminação de desperdícios, incluindo o NVA, é um fator fundamental para reduzir custos na produção de veículos. Como a montagem de automóveis é uma das etapas mais dispendiosas no processo de fabricação, qualquer melhoria nesse sentido pode resultar em economias substanciais para as empresas. O custo de produção elevado, aliado à pressão para reduzir o tempo de entrega e aumentar a qualidade, faz com que a eliminação do NVA se torne uma questão estratégica para a indústria automotiva.

A análise de Shah e Ward (2007) sobre a adoção de sistemas Lean destaca que, ao eliminar o NVA, as empresas conseguem reduzir o tempo de ciclo de produção, melhorar a utilização dos recursos e, por fim, aumentar sua competitividade no mercado global. Além disso, a redução de atividades desnecessárias permite que as empresas concentrem seus esforços em melhorar o valor que é agregado ao produto, o que impacta diretamente na percepção dos consumidores e na qualidade do produto. Dessa forma, a relevância econômica da pesquisa sobre a redução do NVA é indiscutível, uma vez que pode gerar resultados financeiros significativos para as empresas.

2. Non-Value-Added

2.1 O conceito de NVA e sua relevância na montagem automotiva

O conceito de NVA é amplamente discutido na literatura, sendo descrito como qualquer atividade que consome recursos, como tempo e mão de obra, sem gerar valor agregado ao produto final (Ohno, 1988). No contexto da indústria automotiva, a montagem geral, que abrange a integração dos diversos módulos do veículo (chassi, motor, sistemas elétricos, etc.), é um dos pontos críticos para a identificação e eliminação do NVA.

A importância de reduzir NVA nesse estágio específico é evidenciada por diversos estudos que apontam que a montagem representa uma das fases com maior consumo de tempo e recursos no processo de produção automotiva (Womack & Jones, 1996). Portanto, qualquer estratégia que vise otimizar essa etapa tem um impacto direto na competitividade e lucratividade da empresa.

2.2 Identificação e Cálculo do NVA na Montagem Geral da Indústria Automotiva

A identificação e quantificação das atividades que não agregam valor (NVA) na montagem geral da indústria automotiva são etapas essenciais para a melhoria da eficiência produtiva e a redução de desperdícios. A abordagem para essa análise é baseada em princípios da manufatura enxuta (lean manufacturing), na aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) e na utilização de ferramentas estatísticas para medição e monitoramento de processos (ROTHER; SHOOK, 1999; HOLWEG, 2007).

2.2.1 Identificação das Atividades NVA

A categorização das atividades produtivas em agregadoras de valor (VA) e não agregadoras de valor (NVA) é um passo essencial na otimização dos processos. As atividades NVA são aquelas que consomem recursos sem impactar diretamente na percepção de valor do cliente final (SHAH; WARD, 2007). Entre essas atividades, destacam-se:

- Movimentos desnecessários de operadores e materiais;
- Esperas e filas em processos produtivos;
- Inspeções excessivas e retrabalho;
- Estoques intermediários elevados;

- Transporte interno ineficiente (MONTGOMERY, 2012).

A aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) é um dos métodos mais utilizados para visualizar o fluxo de materiais e informações na linha de montagem. Essa ferramenta permite identificar as atividades NVA ao longo do processo, quantificando o tempo perdido e propondo soluções para sua eliminação ou redução (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

2.2.2 Cálculo do NVA

A quantificação do NVA é fundamental para entender o impacto dessas atividades no desempenho produtivo. A métrica mais utilizada é o percentual de tempo NVA em relação ao tempo total de produção, conforme a equação:

Uma fórmula geral para o cálculo do Valor Adicionado (VA) pode ser expressa como:

$$VA=VP-CI$$

Onde:

- VA é o Valor Adicionado,
- VP é o Valor da Produção,
- CI são os Custos Intermediários (insumos).

Para o cálculo específico do NVA, você precisaria considerar o valor adicionado em um período específico, ajustando a fórmula para refletir as mudanças ou incrementos no valor adicionado ao longo do tempo.

O tempo de ciclo é obtido pela soma do tempo VA e do tempo NVA. A aplicação de estudos de tempos e movimentos é essencial para coletar dados precisos sobre as atividades realizadas na linha de montagem (MAYNARD, 1948; NIEBEL; FREIVALDS, 2013).

A análise estatística também é amplamente utilizada para identificar padrões de desperdício. O Controle Estatístico de Processos (CEP) auxilia na identificação de variabilidades e gargalos, permitindo a tomada de decisões baseada em dados (MONTGOMERY, 2012; ANTONY, 2006).

2.3 Desafios para a redução do NVA na montagem automotiva

2.3.1 Complexidade dos processos e variabilidade dos produtos

A principal dificuldade na eliminação do NVA na montagem geral está relacionada à alta complexidade dos processos de montagem e à variabilidade dos produtos. A indústria automotiva opera com uma ampla gama de modelos e variantes de veículos, o que torna o processo de montagem altamente flexível, mas ao mesmo tempo propenso a ineficiências.

De acordo com Liker (2004), a diversidade de modelos e configurações exige que as linhas de montagem sejam ajustadas frequentemente, o que pode aumentar o tempo de setup e gerar atividades de NVA, como o ajuste de ferramentas e troca de peças. Além disso, a variabilidade nas especificações dos componentes pode levar a erros, retrabalho e desperdício de tempo, fatores que comprometem a eficiência do processo.

2.3.2 Resistência à mudança e cultura organizacional

Outro desafio significativo é a resistência à mudança dentro das organizações. A indústria automotiva, por ser tradicionalmente baseada em processos complexos e bem estabelecidos, enfrenta dificuldades na implementação de novas práticas voltadas para a redução de NVA. Estudos, como o de Shah & Ward (2007), demonstram que, embora a abordagem Lean seja reconhecida por seus benefícios, a adoção plena de seus princípios enfrenta barreiras culturais e estruturais significativas nas empresas.

O medo de mudanças nos processos, a falta de qualificação dos trabalhadores e a insistência em manter os métodos tradicionais de produção são fatores que contribuem para a persistência de atividades de NVA. Essa resistência à mudança compromete a agilidade necessária para a eliminação de desperdícios e, por conseguinte, o aumento da eficiência.

2.3.3 Falta de integração e comunicação entre as etapas do processo

A montagem de automóveis envolve diversas etapas interdependentes, como a montagem de subcomponentes, integração de sistemas e a finalização do produto. A falta de integração e comunicação eficaz entre as diferentes áreas do processo de produção pode resultar em ineficiências significativas.

O trabalho de Taylor (1999) revela que as falhas na coordenação entre as diferentes equipes de produção, como aquelas responsáveis pela montagem do motor, do sistema elétrico e da parte final do carro, podem resultar em atrasos, retrabalhos e NVA. Além disso, a falta de comunicação eficaz entre as equipes de montagem pode levar a uma utilização inadequada de recursos e a um aumento no tempo de ciclo de produção.

2.3.4 Desafios na automação e digitalização

A automação e a digitalização têm sido apontadas como soluções essenciais para a redução do NVA na indústria automotiva (Bortolotti et al., 2015). No entanto, a implementação dessas tecnologias traz desafios próprios. A automação de processos complexos de montagem exige altos investimentos em tecnologia, infraestrutura e treinamento de pessoal, além de um período de adaptação durante a transição de processos manuais para automáticos.

A literatura, como os estudos de Kato & Tanaka (2013), demonstra que a adoção de tecnologias avançadas, como robôs e sistemas de monitoramento em tempo real, pode reduzir significativamente as atividades de NVA. Contudo, a integração dessas soluções em sistemas já existentes pode ser um processo desafiador. A infraestrutura legada nas linhas de produção de muitas empresas pode ser um obstáculo à implementação eficiente dessas tecnologias.

2.3.5 Gestão da cadeia de suprimentos e qualidade dos fornecedores

A cadeia de suprimentos na indústria automotiva é outro fator crítico para a redução do NVA na montagem geral. A dependência de uma vasta rede de fornecedores e a complexidade na gestão dos componentes recebidos pode resultar em atrasos, falhas de qualidade e desperdícios (Christopher, 2005).

Estudos de Choi et al. (2015) sugerem que a falta de um sistema de gestão eficiente da cadeia de suprimentos pode aumentar o tempo de espera por componentes, interromper a linha de montagem e gerar atividades que não agregam valor. A qualidade inconsistente dos fornecedores também pode exigir retrabalho, o que contribui para a elevação do NVA.

2.3.6 Treinamento e capacitação da força de trabalho

A capacitação contínua dos trabalhadores é um elemento essencial para a redução de NVA na montagem automotiva. A literatura, incluindo os trabalhos de Eger et al. (2017), destaca que a falta de qualificação adequada dos trabalhadores pode resultar em falhas operacionais, erros e ineficiências. A implementação de sistemas de treinamento eficientes, como programas de formação técnica e o uso de sistemas de gestão de aprendizado, pode ajudar a mitigar essas falhas e, por consequência, reduzir as atividades de NVA.

3. Ferramentas para reduzir as ações de Non-Value-Added no processo

A redução das atividades que não agregam valor (NVA) na montagem geral da indústria automotiva exige uma abordagem metodológica estruturada, baseada em princípios científicos e nas melhores práticas de manufatura. Este estudo fundamenta-se em metodologias amplamente reconhecidas na literatura acadêmica, destacando a aplicação da Manufatura Enxuta, do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), da medição de tempos e movimentos, e do Controle Estatístico de Processos (CEP), entre outras.

3.1. Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing)

A Manufatura Enxuta é um dos métodos mais utilizados para a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua na indústria automotiva (WOMACK; JONES, 1996). Esse sistema, derivado do Toyota Production System (TPS), tem como foco a identificação e a eliminação das atividades que não agregam valor ao produto final. Ferramentas como o Just-in-Time (JIT) e o Kanban são amplamente aplicadas para reduzir estoques desnecessários e otimizar o fluxo de materiais (SHAH; WARD, 2007). Estudos mostram que a implementação de práticas enxutas pode reduzir desperdícios em até 30%, aumentando a eficiência da linha de montagem (HOLWEG, 2007).

3.2. Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping - VSM)

O Mapeamento do Fluxo de Valor é uma técnica essencial para visualizar e analisar o fluxo de materiais e informações no processo produtivo (ROTHER; SHOOK, 1999). Essa abordagem permite identificar atividades que não agregam valor e projetar um estado futuro mais eficiente. Em um estudo realizado por Abdulmalek e Rajgopal (2007), a aplicação do VSM em uma linha de montagem automotiva

resultou em uma redução de 40% no tempo de ciclo, evidenciando sua eficácia na eliminação de desperdícios.

3.3. Medição de Tempos e Movimentos

A análise de tempos e movimentos é uma metodologia amplamente utilizada para otimizar os processos de montagem. Técnicas como o Methods-Time Measurement (MTM) permitem identificar movimentos desnecessários e propor melhorias ergonômicas (MAYNARD, 1948). Segundo Niebel e Freivalds (2013), a correta aplicação do MTM pode reduzir o tempo total de montagem em até 25%, eliminando esforços excessivos e melhorando a produtividade dos operadores.

3.4. Troca Rápida de Ferramentas (Single Minute Exchange of Die - SMED)

A metodologia SMED tem sido amplamente utilizada para reduzir os tempos de setup na montagem automotiva. Desenvolvido por Shingo (1985), o SMED permite converter operações internas em externas, reduzindo significativamente o tempo de preparação das máquinas. Um estudo de Moreira et al. (2018) mostrou que a aplicação do SMED em uma linha de produção resultou na redução de 50% do tempo de troca de ferramentas, aumentando a flexibilidade e a eficiência da manufatura.

3.5. Controle Estatístico de Processos (CEP)

O Controle Estatístico de Processos é uma abordagem baseada no monitoramento contínuo dos processos produtivos por meio de técnicas estatísticas. Segundo Montgomery (2012), o CEP permite a identificação precoce de variações, possibilitando a tomada de ações corretivas antes que os problemas impactem a qualidade final do produto. A aplicação do CEP na indústria automotiva tem se mostrado eficaz na redução de defeitos e na melhoria da eficiência operacional (ANTONY, 2006).

3.6. Kaizen e Melhoria Contínua

O Kaizen, termo japonês para "melhoria contínua", é uma abordagem fundamental para a redução de NVA na montagem geral. Segundo Imai (1986), a implementação do Kaizen envolve todos os níveis da organização e busca a eliminação contínua de

desperdícios. Estudos mostram que eventos Kaizen resultam em melhorias significativas na eficiência dos processos, com reduções de desperdício na ordem de 20 a 40% (LILLRANK; LIUKKO, 2004).

3.7. Ergonomia e Abastecimento Planejado

A ergonomia e o planejamento adequado do abastecimento de peças desempenham um papel fundamental na redução de NVA. A aplicação de metodologias ergonômicas baseadas no NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) pode minimizar as fadigas e melhorar a produtividade dos operadores (KARWOWSKI; MARRAS, 2003). Além disso, um abastecimento planejado, com a adoção de técnicas como o Milk Run, reduz tempos de espera e otimiza o fluxo produtivo (SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2008).

3.8. Indústria 4.0 e Digitalização

A Indústria 4.0 tem introduzido novas ferramentas para a otimização da montagem automotiva. A digitalização dos processos, por meio da Internet das Coisas (IoT) e da Inteligência Artificial (IA), permite um monitoramento em tempo real das atividades produtivas (SCHUH et al., 2017). Estudos indicam que a implementação dessas tecnologias pode aumentar a eficiência produtiva em até 25% (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

3.9. Aplicação Integrada das Metodologias

A combinação das abordagens mencionadas resulta em uma estratégia robusta para a redução de NVA na montagem geral da indústria automotiva. Estudos de caso em fabricantes globais demonstram que a aplicação integrada dessas metodologias pode aumentar a eficiência em até 50%, reduzindo desperdícios e melhorando a qualidade dos produtos finais (PEREIRA; OLIVEIRA; SILVA, 2020).

4. Aplicabilidade e Estudos de Caso

Estudos apontam que a identificação precisa das atividades NVA pode reduzir desperdícios em até 40%, aumentando significativamente a produtividade (HOLWEG, 2007). Empresas que aplicaram o VSM em suas linhas de montagem automotiva obtiveram melhorias expressivas, reduzindo o tempo de ciclo e os custos operacionais (ABDULMALEK; RAJGOPAL, 2007).

A integração de técnicas avançadas da Indústria 4.0, como monitoramento em tempo real via IoT e análise de big data, tem permitido que fabricantes automotivos aprimorem ainda mais a identificação e a eliminação do NVA (SCHUH et al., 2017; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Exemplo 1: Posto de Fixação de Painel de Instrumentos

A fixação do painel de instrumentos no veículo é uma etapa crítica na montagem geral. Estudos indicam que atividades como movimentação excessiva de operadores, busca por ferramentas e ajustes manuais desnecessários são grandes fontes de atividades que não agregam valor (NVA) nesse posto (SHAH; WARD, 2007).

Análise do NVA:

- **Movimentação excessiva do operador:** De acordo com Niebel e Freivalds (2013), a ergonomia inadequada e o layout ineficiente fazem com que o operador tenha que se deslocar repetidamente para buscar ferramentas e componentes, aumentando o tempo de ciclo.
- **Busca por ferramentas e peças:** A ausência de um sistema eficiente de abastecimento faz com que os operadores gastem tempo procurando peças e ferramentas, impactando a produtividade.
- **Ajustes manuais desnecessários:** A falta de precisão na fixação inicial pode exigir retrabalho, aumentando o tempo de montagem e reduzindo a eficiência do processo (HOLWEG, 2007).
- **Possíveis Melhorias:**
- **Aplicação do sistema Just-in-Time (JIT):** A implementação do JIT pode garantir que as ferramentas e peças estejam disponíveis no momento e local exato de uso (WOMACK; JONES, 1996).
- **Melhoria da ergonomia e padronização do trabalho:** O uso de dispositivos ergonômicos e a aplicação da metodologia Methods-Time Measurement (MTM) podem reduzir a fadiga e eliminar movimentos desnecessários (MAYNARD, 1948).

- **Automação parcial do processo:** A utilização de parafusadeiras com sensores inteligentes pode reduzir a necessidade de ajustes manuais, minimizando o retrabalho (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBIG, 2013).

Exemplo 2: Posto de Instalação de Bancos

A instalação de bancos nos veículos exige precisão e eficiência para garantir um encaixe adequado e seguro. No entanto, essa etapa frequentemente apresenta desperdícios relacionados ao transporte de componentes, tempo de espera e ajustes desnecessários (PEREIRA; OLIVEIRA; SILVA, 2020).

Análise do NVA:

- **Tempo de espera devido ao abastecimento inadequado:** A falta de sincronização entre a linha de produção e o fornecimento de bancos pode gerar atrasos, impactando o fluxo produtivo.
- **Movimentação excessiva dos operadores:** Estudos indicam que operadores precisam se deslocar para buscar bancos e ferramentas devido a um layout ineficiente, gerando desperdício de tempo e esforço físico (LILLRANK; LIUKKO, 2004).
- **Ajustes e retrabalho:** Pequenos desalinhamentos nos trilhos de fixação podem levar a necessidade de ajustes adicionais, aumentando o tempo de instalação e comprometendo a qualidade final (MONTGOMERY, 2012).
- **Possíveis Melhorias:**
- **Implementação do sistema Milk Run:** Adoção desse sistema para abastecimento contínuo e sincronizado pode reduzir os tempos de espera (SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2008).
- **Uso de dispositivos ergonômicos e guias de posicionamento:** Ferramentas de auxílio à instalação, como braços mecânicos e gabaritos de posicionamento, podem reduzir esforços físicos e melhorar a precisão da fixação (KARWOWSKI; MARRAS, 2003).
- **Aplicação do Controle Estatístico de Processos (CEP):** A análise estatística das medições pode detectar variações no encaixe dos bancos antes que causem retrabalho, garantindo uma instalação eficiente e precisa (ANTONY, 2006).

5. Conclusão

Diante dos desafios enfrentados pela indústria automotiva, a eliminação de atividades que não agregam valor (NVA) surge como um imperativo estratégico para garantir a competitividade e a sustentabilidade das operações. A aplicação de metodologias como Lean Manufacturing, Mapeamento do Fluxo de Valor, SMED, Controle Estatístico de Processos e digitalização, possibilita uma abordagem holística para identificar, medir e mitigar o desperdício ao longo da cadeia produtiva. Além disso, a implementação de ergonomia avançada e abastecimento planejado promove um ambiente de trabalho mais eficiente e seguro, reduzindo impactos ergonômicos adversos e aumentando a produtividade dos operadores.

Os estudos analisados indicam que a sinergia entre essas abordagens pode resultar em melhorias significativas na eficiência operacional, com reduções expressivas nos tempos de ciclo, defeitos e desperdícios. A digitalização e a Indústria 4.0 desempenham um papel essencial na maximização do desempenho produtivo, permitindo tomadas de decisão baseadas em dados em tempo real.

Assim, a integração dessas estratégias torna-se uma necessidade premente para as montadoras que buscam excelência operacional e competitividade no mercado global. O aprofundamento dessas pesquisas e a adaptação contínua das melhores práticas ao contexto específico de cada fábrica serão fundamentais para consolidar a manufatura automotiva do futuro.

Referências

BHASIN, S. **Lean and its applicability to supply chain management: A literature review**. *Production Planning & Control*, v. 23, n. 7, p. 575-588, 2012.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BORMANN, I.; JANSSEN, M. **The Circular Economy – A new sustainability paradigm?** *Journal

BORTOLOTTI, T.; et al. **Automating the automotive assembly process**. *International Journal of Production Research*, v. 53, n. 10, p. 2907-2921, 2015.

CHRISTOPHER, M. ***Logistics and supply chain management: Strategies for reducing cost and improving service***. 3. ed. Harlow: Pearson Education, 2005.

CHOI, T. Y.; et al. ***The impact of supply chain coordination and complexity on assembly line performance in automotive manufacturing***. International Journal of Production Economics, v. 163, p. 105-115, 2015.

EGER, E.; et al. ***Training programs for workforce development in automotive industry: Challenges and opportunities***. Journal of Manufacturing Science and Engineering, v. 139, n. 4, p. 1-8, 2017.

KATO, S.; TANAKA, M. ***The application of lean production techniques in the automotive industry***. Journal of Operations Management, v. 31, n. 5, p. 88-98, 2013.

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

OHNO, T. ***Toyota production system: Beyond large-scale production***. Portland: Productivity Press, 1988.

SHAD, D.; WARD, P. ***Lean manufacturing: A review of its application in the automotive industry***. International Journal of Operations and Production Management, v. 27, n. 10, p. 1035-1057, 2007.

TAYLOR, F. W. ***The principles of scientific management***. New York: Harper & Row, 1999.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ***Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation***. New York: Free Press, 1996.

BORTOLOTTI, T.; et al. ***Automating the automotive assembly process***. International Journal of Production Research, v. 53, n. 10, p. 2907-2921, 2015.

CHRISTOPHER, M. ***Logistics and supply chain management: Strategies for reducing cost and improving service***. 3. ed. Harlow: Pearson Education, 2005.

CHOI, T. Y.; et al. ***The impact of supply chain coordination and complexity on assembly line performance in automotive manufacturing.*** International Journal of Production Economics, v. 163, p. 105-115, 2015.

EGER, E.; et al. ***Training programs for workforce development in automotive industry: Challenges and opportunities.*** Journal of Manufacturing Science and Engineering, v. 139, n. 4, p. 1-8, 2017.

KATO, S.; TANAKA, M. ***The application of lean production techniques in the automotive industry.*** Journal of Operations Management, v. 31, n. 5, p. 88-98, 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. ***Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation.*** New York: Free Press, 1996.

ANTONY, J. ***Six sigma for service processes.*** Business Process Management Journal, v. 12, n. 2, p. 234-248, 2006.

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

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. ***Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0.*** Frankfurt: Plattform Industrie 4.0, 2013.

KARWOWSKI, W.; MARRAS, W. S. ***Occupational ergonomics: principles of work design.*** Boca Raton: CRC Press, 2003.

LILLRANK, P.; LIUKKO, M. ***Standard, routine and non-routine processes in health care.*** International Journal of Health Care Quality Assurance, v. 17, n. 1, p. 39-46, 2004.

MAYNARD, H. B. ***Industrial engineering handbook.*** New York: McGraw-Hill, 1948.

MONTGOMERY, D. C. ***Statistical quality control: a modern introduction.*** New York: John Wiley & Sons, 2012.

NIEBEL, B. W.; FREIVALDS, A. ***Methods, standards, and work design.*** New York: McGraw-Hill, 2013.

PEREIRA, M. M.; OLIVEIRA, J. A.; SILVA, R. C. **Melhoria da eficiência em linhas de montagem automotiva.** *Revista Produção Online*, v. 20, n. 3, p. 456-472, 2020.

SHAH, R.; WARD, P. T. **Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance.** *Journal of Operations Management*, v. 25, n. 2, p. 785-805, 2007.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. **Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies, and case studies.** New York: McGraw-Hill, 2008.

ABDULMALEK, F. A.; RAJGOPAL, J. **Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study.** *International Journal of Production Economics*, v. 107, n. 1, p. 223-236, 2007.

IMAI, M. **Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success.** New York: McGraw-Hill, 1986.

MOREIRA, D. A. et al. **Aplicação do SMED para redução do tempo de setup em uma indústria automotiva.** *Gestão & Produção*, v. 25, n. 4, p. 789-803, 2018.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: Value stream mapping to create value and eliminate muda.** Lean Enterprise Institute, 1999.