

Análise do abastecimento interno em body shop automotivo: avaliação do processo milk-run por meio do Lean Yamazumi

Igor Santos Moura (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO)
igormoura36@gmail.com

Anna Beatriz Pires Prado Teixeira (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE
JANEIRO) anna.teixeira@discentes.fat.uerj.br

Davidson de Almeida Santos (UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO)
prof.davidson.santos@gmail.com

Resumo

Este estudo analisa o abastecimento interno de uma linha final do *body shop* em uma indústria automobilística, com foco no sistema *milk-run*, responsável por suprir componentes das células de montagem. O objetivo é observar o processo logístico por meio do uso da ferramenta *lean Yamazumi*, reduzir variabilidades e minimizar esforços e movimentações desnecessárias. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem quali-quantitativa, utilizou entrevistas, observações e levantamento do consumo de peças para mapear o fluxo atual. Os resultados revelaram discrepâncias entre o abastecimento previsto e o real, resultando em padrões informais de trabalho que dependem fortemente da percepção dos operadores. O Yamazumi evidenciou variações significativas nos intervalos de reabastecimento e permitiu identificar componentes críticos no processo. Verificou-se que o consumo e o tamanho das embalagens influenciam diretamente a frequência logística, alterando de forma relevante a carga de trabalho do *milk-run* e constatou que fatores externos, como paradas de máquina, mascaram ineficiências e que a ausência de definição clara de fluxos de circulação aumenta riscos operacionais. O estudo se destaca pela aplicação do Yamazumi à logística interna, ampliando seu uso tradicional e oferecendo uma abordagem estruturada para aprimorar o abastecimento via *milk-run*.

Palavras-Chaves: *lean manufacturing, yamazumi, logística interna, milk-run.*

1. Introdução

A montagem de carrocerias automotivas geralmente ocorre por meio de sistemas de múltiplas etapas, planejados com alto nível de automação e voltados para grande volume de produção, nos quais centenas de componentes individuais são integrados em uma única estrutura (Schützenberger *et al.* 2024; Hansen *et al.* 2018). O processo de fabricação é organizado em diferentes níveis, constituídos por sequências de células de produção classificadas em linhas principais, secundárias e partes móveis. As partes pré-fabricadas são direcionadas para a linha final, responsável pela junção de conjuntos e subconjuntos, resultando na formação da carroceria bruta do veículo (Kiefer, 2007).

Devido às restrições de espaço na borda de linha e ao crescente foco no equilíbrio entre a redução de estoques e o aumento das frequências de entrega, o fornecimento de componentes por meio de processos just-in-sequence vem apresentando crescimento (Dörnhöfer, 2016). Nesse contexto, a disponibilidade pontual de peças nas células de soldagem é essencial para garantir alta utilização da capacidade de fabricação. A ineficiência da logística interna pode provocar diversos tipos de desperdício, bem como atividades que aumentam custos sem agregar valor ao processo, como tempo de espera, movimentação e transporte desnecessários (Casadinho, 2022).

Dentre as atividades inerentes à logística interna, destaca-se o *milk-run*, que consiste em um comboio logístico conduzido por um operador, contendo os insumos necessários para a confecção de veículos automotivos (Casadinho, 2022). Sua função é abastecer a produção, transportando os componentes do armazém até as linhas de fabricação. No entanto, a falta de estrutura logística e de planejamento adequado no abastecimento pode ocasionar interrupções na manufatura, comprometendo a eficiência do processo produtivo (Casadinho, 2022).

A relevância deste estudo se fundamenta na contribuição para a análise do processo de abastecimento interno, mitigando o risco de falhas que podem resultar em atrasos produtivos, custos adicionais e desperdícios. Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo verificar o processo de abastecimento logístico da linha final de uma *body shop*, utilizando a ferramenta *lean* Yamazumi aplicada ao processo de *milk-run* (comboio logístico), visando assim a identificação de melhoria relacionadas ao fornecimento de suplementos, reduzindo esforços e movimentações desnecessárias dos operadores.

A questão central que orienta o estudo é: como o gráfico Yamazumi pode apoiar a identificação dos impactos decorrentes das falhas de padronização do sistema kanban e das

divergências entre o layout planejado e a prática operacional no processo de abastecimento de uma linha de montagem?

Ao longo deste trabalho, será apresentada uma análise detalhada do processo atual de *milk-run* da fábrica, identificando gargalos e oportunidades de melhoria. Em seguida, serão discutidos os fundamentos teóricos da filosofia *lean* e sua ferramenta Yamazumi aplicada à logística interna.

Por fim, serão apresentadas as conclusões e recomendações para a continuidade da otimização do sistema logístico interno

2. Referencial Teórico

Nesta seção, serão apresentados os fundamentos teóricos sobre filosofia *lean*, *kaizen*, *kanban*, *just in time*, *Yamazumi*, *milk-Run* e logística de abastecimento interno.

2.1 Lean manufacturing

A metodologia *lean* foi desenvolvida na década de 1950 a partir do Sistema Toyota de Produção, idealizado por Taiichi Ohno, sendo reconhecida por sua versatilidade, colaboração no ambiente de trabalho e análise dos fluxos produtivos (Dossou *et al.* 2022). Com o objetivo de reduzir desperdícios e aumentar a competitividade, as empresas passaram a adotar ferramentas e princípios *lean* em seus processos produtivos (Reza *et al.* 2025; Ferrazzi *et al.* 2025).

Tendo como um dos pilares do *lean* Manufacturing, o Kaizen é uma filosofia de gestão que busca minimizar desperdícios, otimizar a eficiência e aprimorar a qualidade por meio da participação ativa dos colaboradores (Reza *et al.* 2025). Já o Kanban consiste em um sistema de gestão visual da produção e do fluxo de trabalho, utilizado para controlar a produção e os estoques com base na demanda real, evitando excesso de materiais e gargalos (Reza *et al.* 2025). No contexto logístico, o Kaizen desempenha um papel crucial como facilitador do Kanban, contribuindo para a melhoria do fluxo de materiais, o aumento da produtividade, a redução de desperdícios e a otimização das operações logísticas (Reza *et al.* 2025).

Outro componente central é o Just in Time, um sistema de produção puxada que busca produzir e entregar produtos exatamente no momento em que são necessários, evitando estoques excessivos e desperdícios (Abdulgouti, 2015). O Just in Time funciona em sinergia com o Kanban, que controla o fluxo de materiais, e com o Kaizen, que promove a melhoria contínua dos processos, garantindo que a produção seja cada vez mais eficiente e alinhada à

demanda real do cliente (Dossou *et al.* 2022). Entre seus principais benefícios estão a redução de estoques e custos associados, o aumento da eficiência e produtividade, a redução do tempo de ciclo de produção e a maior flexibilidade operacional (Reza *et al.* 2025).

O Yamazumi é uma ferramenta visual da filosofia *lean* utilizada principalmente na manufatura (Sly, 2018). Configurado como um gráfico de barras empilhadas, representa visualmente as atividades executadas por cada operador ou estação, designando a cada tarefa um bloco do qual a altura é proporcional ao seu tempo de execução (Sly, 2018). Essa representação permite fazer uma varredura no tempo total de ciclo de cada operador, facilitando a comparação entre distintos postos de trabalho (Sly, 2018). Os blocos podem ser categorizados por cores para ressaltar características importantes, como valor agregado, atividades desnecessárias e zonas específicas do produto onde o trabalho é realizado (Sly, 2018).

Dessa forma, a integração do Kaizen, Kanban, Just in Time e Yamazumi constitui uma abordagem estratégica para a otimização de processos industriais, permitindo às organizações eliminar desperdícios, melhorar a eficiência e assegurar a competitividade no cenário produtivo (Ferrazzi *et al.* 2025).

2.2 *Milk-Run* e abastecimento interno

O sistema *milk-Run* tem origem na tradição norte-americana de distribuição de leite, no qual os leiteiros percorriam rotas previamente planejadas, entregando garrafas cheias e coletando as vazias (Wu *al.*, 2018). Esse modelo logístico baseia-se no princípio de reabastecimento puxado, ou seja, apenas os itens efetivamente consumidos são reabastecidos (Wu *al.*, 2018).

Os sistemas *milk-Run* são caracterizados como métodos cíclicos de movimentação de materiais baseados em rotas pré definidas, comumente utilizados para garantir entregas frequentes e regulares (Bozer *et al.* 2013). Essas entregas são realizadas sob demanda, partindo de um centro logístico central com destino a diversos pontos de abastecimento localizados junto às linhas de produção (Bozer *et al.* 2013). O tamanho dos lotes é determinado previamente e pode ser ajustado por meio de cartões *Kanban* (Bozer *et al.* 2013).

Os sistemas de *milk-Run* internos tiveram sua adoção inicial no setor automotivo, onde trens industriais ou carrinhos de transporte movimentavam peças do estoque para as estações de trabalho, seguindo rotas e cronogramas previamente definidos (Droste *et al.* 2012). Nesse contexto, essa abordagem viabiliza o transporte de maiores volumes de componentes por meio

de sistemas de movimentação, permitindo o abastecimento simultâneo de múltiplas células produtivas (Droste *et al.* 2012). Consequentemente, o método contribui para a otimização do transporte logístico interno, aumentando a eficiência operacional e reduzindo custos (Droste *et al.* 2012).

Além disso, o fornecimento rítmico característico desse sistema favorece a redução dos estoques em processo, ao eliminar a necessidade de manter estoques de borda de linha destinados a mitigar oscilações de demanda de curto prazo na produção (Setiawan *et al.* 2022). Outro benefício relevante é a maior precisão na entrega de materiais, sobretudo quando integrado a estratégias just-in-time (Schulte *et al.* 2012). A disponibilidade exata dos componentes necessários em cada estação contribui para maximizar a eficiência de sistemas de produção baseados em fluxo contínuo (Schulte *et al.* 2012).

A seção a seguir apresenta, de maneira aprofundada, a metodologia que orientou o desenvolvimento deste estudo.

3. Metodologia

A metodologia foi estruturada da seguinte forma: delineamento de pesquisa, cenários e participantes, coleta de dados e considerações éticas e limitações.

3.1 Delineamento da pesquisa

O presente estudo foi desenvolvido por meio de uma abordagem quali-quantitativa, utilizando entrevistas, observações, documentos e discursos como fontes de dados. Corresponde a uma pesquisa de natureza aplicada, pois busca identificar soluções práticas para um problema real relacionado ao abastecimento logístico, empregando o Yamazumi na elaboração de um plano de distribuição interna de materiais, com o objetivo de aperfeiçoar o fornecimento interno por meio do sistema *milk-Run*. Dessa forma, os resultados obtidos possuem aplicabilidade direta na gestão logística, permitindo intervenções concretas no ambiente estudado.

3.2 Cenário e participantes

O estudo concentra-se nas rotinas de planejamento e execução do abastecimento da linha final do *body shop* de uma indústria automobilística, etapa em que são integradas as partes móveis previamente soldadas em células anteriores e realizada a fixação dos demais componentes da carroceria.

A linha é composta por oito postos de trabalho, cada um operado por responsáveis pelos lados esquerdo e direito da carroceria. O abastecimento dos postos dedicados à fixação das partes móveis é realizado por empilhadeiras, enquanto os demais componentes são supridos por meio do sistema *milk-run*.

A norma interna de abastecimento estabelece a condição “mais 1”, na qual a logística deve garantir a disponibilidade de uma caixa fechada de peças adicional à utilizada na operação, assegurando estoque mínimo na borda de linha e reduzindo riscos de parada produtiva.

3.3 Coleta de dados

Neste estudo, o sistema *milk-run* é definido como a variável independente, pois representa o fator cuja implementação e funcionamento serão analisados. Já o desempenho da linha, especialmente no que se refere ao abastecimento interno de materiais, constitui a variável dependente, uma vez que seus resultados serão observados para compreender o impacto provocado pela adoção desse sistema.

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados aos operadores logísticos, aos operadores da linha de montagem estudada e aos responsáveis pela definição do posicionamento da “rua”, local onde ocorre a movimentação das empilhadeiras e do sistema *milk-run*, além de observações conduzidas pelo pesquisador.

A Tabela 1 detalha os questionamentos levantados durante a pesquisa.

Tabela 1 – Questionário para avaliação do abastecimento da célula de montagem

Nº	Pergunta
1	Com qual frequência é realizado o abastecimento da célula?
2	Qual é a rota de abastecimento adotada?
3	Existe um responsável logístico específico para o abastecimento, ou essa atividade pode ser realizada por qualquer operador?
4	A produção já sofreu interrupções devido à falta de abastecimento?

Fonte: Elaborado pelos autores

Primeiramente, três informações essenciais foram levantadas para cada peça, que foram, quantidade aplicada por ciclo, quantidade de peças por embalagem e frequência de ocorrência do modelo no mix produtivo. Além disso, foi considerado que todas as peças são utilizadas em ambos os lados do veículo, o que exigiu a implementação de um multiplicador para representar o consumo total por ciclo.

Considerando o consumo de 20 tipos de peças utilizadas em uma linha de produção, um turno de 8,3 horas e tempo de ciclo de 120 segundos. A frequência de produção para o modelo específico de veículo foi estimada em 0,35 ciclos por ciclo total, refletindo o percentual de participação desse modelo no mix de produção.

A Tabela 2 consolida as informações obtidas para o abastecimento da linha de soldagem.

Tabela 2 – Consumo de peças e embalagens para o abastecimento

Componente	Utilização por ciclo	Nº de embalagens utilizadas	Frequência de abastecimento por minuto
1	697	7	71
2	174	3	171
3	174	3	171
4	174	3	171
5	174	3	171
6	174	3	171
7	174	3	171
8	1743	2	286
9	1046	2	476
10	872	1	571
11	697	1	714
12	697	1	714
13	697	1	714
14	697	1	714
15	523	1	952
16	349	1	1429
17	349	1	1429
18	349	1	1429
19	349	1	1429
20	174	1	2857

Fonte: Elaborado pelos autores

O gráfico Yamazumi foi elaborado a partir dos dados de consumo e abastecimento dos componentes utilizados na linha de produção. Cada peça foi representada como uma sub-barras empilhada verticalmente, formando a barra total do turno, com cores distintas para identificação individual. O intervalo de abastecimento de cada peça foi representado por uma linha de referência, permitindo comparar o consumo efetivo com a frequência de reposição necessária

Figura 1 - Consumo de peças e intervalo de abastecimento (Yamazumi)


Fonte: Elaborado pelos autores.

Em cada barra do gráfico, a altura representa o período máximo em que a peça pode permanecer sem receber material antes de comprometer o fluxo produtivo.

Todas as etapas foram conduzidas pelos pesquisadores, entre julho e outubro de 2025, que se responsabilizaram pela aplicação dos instrumentos e pelo acompanhamento das atividades no ambiente estudado. Os dados obtidos foram registrados manualmente em formulários e posteriormente armazenados em planilhas digitais.

3.4 Considerações éticas e limitações

A pesquisa seguiu princípios éticos, resguardando que todos os operadores fossem informados sobre os objetivos do estudo, garantindo assim a participação voluntária, conforme as orientações do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Sendo assim ficam assegurados a confidencialidade e o anonimato dos colaboradores da empresa, com a preservação de informações comprometedoras e evitando qualquer exposição organizacional.

4. Resultados

A análise teve início com a verificação da etapa de coleta de dados, o que permitiu definir a metodologia de abastecimento do setor logístico. O abastecimento da linha foco deste estudo é realizado por três operadores logísticos, distribuídos em zonas específicas que podem ser atendidas por duas empilhadeiras ou pelo fluxo *milk-run*. O operador responsável pelo *milk-run* abastece todos os componentes organizados nos kanbans instalados ao longo da borda de linha, atendendo não apenas a linha analisada, mas também as demais áreas do setor.

Entretanto, verificou-se que a disposição das peças definida pelo layout diverge daquela adotada na prática pela logística. Em outras palavras, os componentes previstos na borda de linha teórica não correspondem às informações registradas no sistema. Pelo layout, cada componente deveria ocupar apenas duas embalagens, contudo, a descontinuação de determinados modelos de veículos não foi refletida no sistema, resultando em divergências entre a configuração formal e a real disponibilidade física de espaço. Diante desse cenário, o operador do *milk-run* passou a descumprir a norma de abastecimento, alocando um número de embalagens superior ao permitido, aproveitando o espaço excedente na borda de linha.

Como consequência, a condição de abastecimento prevista pelo layout não representa a realidade da linha de montagem. Essa discrepância tem levado o processo de abastecimento a ocorrer de forma informal, baseado predominantemente na comunicação direta entre operadores, tanto da logística quanto da linha de montagem. Assim, o fluxo de materiais passa a depender da percepção individual dos trabalhadores, o que pode gerar variações no processo, falta de padronização e risco de interrupções no abastecimento.

Esse desalinhamento entre layout, sistema e prática operacional compromete diretamente o funcionamento do kanban. Como o sistema depende da precisão na quantidade de embalagens, na ocupação dos slots e na rotatividade dos cartões, qualquer alteração informal, como aumento do número de embalagens por componente ou utilização indevida do espaço de borda de linha, rompe o ciclo puxado de reposição. Em condições normais, o kanban atuaria como um regulador da produção e do fluxo de materiais, garantindo previsibilidade, nivelamento e reposição conforme demanda real. Porém, quando o operador ajusta o processo de forma empírica, o kanban perde sua função de controle visual, reduzindo sua capacidade de prevenir rupturas ou superabastecimento. A correta instalação do sistema kanban, com parâmetros atualizados e rigor na ocupação dos slots, poderia restabelecer a estabilidade do abastecimento, reduzir a variabilidade dos ciclos de reabastecimento e minimizar a necessidade de comunicação informal entre operadores, fortalecendo o fluxo puxado e aumentando a confiabilidade do processo logístico.

Através da visualização do gráfico Yamazumi, foi possível verificar a contribuição individual de cada componente para o abastecimento durante o turno, evidenciando um comportamento heterogêneo no processo. A análise dos dados da Tabela 1 mostra que componentes como 7 e 14, apesar do alto consumo, exigem menos intervenções de reabastecimento devido à quantidade maior de peças por embalagem, resultando em

intervalos mais longos entre as reposições. Por outro lado, peças de baixo consumo, como as peças 1, 2, 6, 8, 11 e 17, por serem fornecidas em embalagens menores, requerem abastecimentos mais frequentes, mesmo apresentando demanda reduzida. Esses resultados reforçam que o consumo isolado não é um bom medidor da frequência de abastecimento, sendo imprescindível a integração entre consumo, logística e configuração das embalagens.

A observação realizada no ambiente produtivo permitiu identificar que a ausência de controle sobre o sistema formal de abastecimento interno não compromete, de imediato, o funcionamento da linha analisada. Essa condição, entretanto, não está associada à eficiência do processo logístico, mas sim a fatores externos que atuam como uma espécie de “amortecedor” da ineficiência. Entre esses fatores, destacam-se as manutenções não programadas dos equipamentos e a saturação das unidades subsequentes à célula, que reduzem o ritmo produtivo e, conseqüentemente, diminuem a demanda por abastecimento contínuo.

A Figura 2 demonstra a interseção entre as zonas de trabalho dos operadores de empilhadeira e do *milk-run*, indicando pontos críticos de conflito no fluxo operacional.

Figura 2 – Exemplo de disposição dos kanbans ao longo da linha de montagem



Fonte: Elaborado pelos autores

Assim, o não funcionamento pleno da linha máscara temporariamente os impactos que a falta de controle logístico poderia gerar em condições normais de operação. Contudo, a

movimentação não controlada de materiais representa um risco operacional significativo, podendo ocasionar acidentes nas vias internas.

O tráfego simultâneo de empilhadeiras e do sistema *milk-run* ocorre no mesmo sentido de circulação, configuração considerada inadequada sob a perspectiva da segurança industrial. E a ausência de definição clara de fluxos, regras de prioridade e sinalização apropriada aumenta a probabilidade de conflitos de trajeto, colisões e situações de quase-acidente, comprometendo a integridade dos operadores e a confiabilidade do processo logístico.

5. Conclusão

Este artigo teve como objetivo analisar o processo logístico por meio da aplicação da ferramenta *lean* Yamazumi no setor automobilístico do estado do Rio de Janeiro, com foco na avaliação do abastecimento de células produtivas realizado pelo transporte *milk-run*. A partir do levantamento de dados obtidos por meio de um questionário, juntamente com as informações coletadas sobre o ciclo de reposição, a quantidade de peças por embalagem e a frequência de ocorrência dos modelos no mix produtivo, foi possível elaborar o gráfico Yamazumi. Os resultados indicaram que o processo apresenta características heterogêneas, com alguns componentes exigindo maior frequência de abastecimento, contudo o sistema demonstrou estabilidade, necessitando apenas de pequenos ajustes em determinados componentes.

Ferramentas do *lean*, como o Yamazumi, fornecem uma visão mais ampla da logística interna ao aplicar soluções simples, econômicas e eficientes para melhorar o processo, gerando ganhos diretos e indiretos para a empresa (Amaral *et al.* 2022).

A partir da elaboração do gráfico Yamazumi com a comparação dos dados de consumo e abastecimento dos componentes utilizados na linha de produção. Cada peça foi representada como uma barra, com cores distintas para identificação individual. O intervalo de abastecimento de cada peça foi representado por uma linha de referência, permitindo comparar o consumo com a frequência de reposição necessária para suprir a demanda.

Após as análises realizadas, constatou-se que o gráfico Yamazumi é uma ferramenta eficaz de coordenação e aprimoramento de produtividade nas estações de montagem, permitindo visualizar desequilíbrios e identificar oportunidades de redução de tempo e esforço (Sabadka *et al.* 2017). Sua aplicação mostrou-se especialmente relevante diante da questão

central do estudo, ao evidenciar o layout planejado e a prática operacional no processo de abastecimento da linha de montagem (Sabadka *et al.* 2017).

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a implementação da análise levantada acompanhada por um monitoramento sistemático dos indicadores de controle desempenho para assim garantir o melhor abastecimento interno e comunicação com o setor de logística. Posteriormente seria relevante, implementar de forma integrada a simulação computacional, para compreender todo o processo produtivo e suas restrições. Utilizando isoladamente o gráfico Yamazumi para análise de células específicas que apresentam discrepância (Torres *et al.* 2014).

Essa linha de análise expande o escopo da pesquisa, possibilitando visões mais completas e consistentes sobre o abastecimento interno e o uso do Yamazumi na logística, fortalecendo tanto a aplicação prática nas operações industriais quanto o desenvolvimento científico.

REFERÊNCIAS

ABDULMOUTI, Hassan. The role of Kaizen (continuous improvement) in improving companies' performance: A case study. In: 2015 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRIAL ENGINEERING AND OPERATIONS MANAGEMENT (IEOM). 2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM). Dubai: IEEE, mar. 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7093768/>>. Acesso em: 8 dez. 2025.

ADEODU, Adefemi *et al.* Development of an improvement framework for warehouse processes using lean six sigma (DMAIC) approach. A case of third party logistics (3PL) services. Heliyon, v. 9, n. 4, p. e14915, abr. 2023.

AMARAL, Vitória P.; FERREIRA, Ana C.; RAMOS, Bruna. Internal Logistics Process Improvement using PDCA: A Case Study in the Automotive Sector. Business Systems Research Journal, v. 13, n. 3, p. 100–115, 1 out. 2022.

BOZER, Yavuz A.; CIEMNOCZOŁOWSKI, David D. Performance evaluation of small-batch container delivery systems used in lean manufacturing – Part 1: system stability and distribution of container starts. International Journal of Production Research, v. 51, n. 2, p. 555–567, 15 jan. 2013.

DEPARTMENT OF PRODUCTION AND MANUFACTURE ENGINEERING, ASTRA POLYTECHNIC, BEKASI, INDONESIA *et al.* Reduce Transportation Costs Using the Milk-run System and Dynamo Stages in the Vehicle Manufacturing Industry. Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, v. 5, n. 2, p. 17–27, 15 ago. 2022.

DÖRNHÖFER, Martin; SCHRÖDER, Falk; GÜNTNER, Willibald A. Logistics performance measurement system for the automotive industry. Logistics Research, v. 9, n. 1, p. 11, dez. 2016.

DOS SANTOS, Victor Hugo Oliveira; OLIVEIRA, Marcelo Albuquerque De; VERONEZE, Gabriela De Mattos. Supply Chain System Model of Components for Assembly Lines Based on Kanban and Milk Run Methodologies. European Journal of Engineering and Technology Research, v. 6, n. 6, p. 139–144, 27 out. 2021.

DROSTE, M.; DEUSE, J. A planning approach for in-plant milk-run processes to optimize material provision in assembly systems. In: TIWARI, M. K.; JAIN, S.; BHATIA, A. S. (Org.). Enabling Manufacturing Competitiveness and Economic Sustainability. Berlin; Heidelberg: Springer, 2012. p. 604-610.

FERRAZZI, Matteo *et al.* Unlocking synergies in lean manufacturing for enhanced environmental performance: a cross-sector investigation through fuzzy DEMATEL. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, v. 15, p. 100219, jun. 2025.

HANSEN, Jan Ole; KAMPKER, Achim; TRIEBES, Johannes. Approaches for flexibility in the future automobile body shop: results of a comprehensive cross-industry study. *Procedia CIRP*, v. 72, p. 995–1002, 2018.

KIERFER, J. Mechatronikorientierte Planung automatisierter Fertigungszellen im Bereich Karosserierohbau. Dissertation. In: Bley, H.; Weber, C., editors. *Schriftreihe Produktionstechnik*, Band 43. Saarbrücken: Universität des Saarlandes; 2007.

MEI, Huang *et al.* The Modeling of Milk-run Vehicle Routing Problem Based on Improved C-W Algorithm that Joined Time Window. *Transportation Research Procedia*, v. 25, p. 716–728, 2017.

PAUL-ERIC, Dossou *et al.* How to use lean manufacturing for improving a Healthcare logistics performance. *Procedia Manufacturing*, v. 51, p. 1657–1664, 2020. POSSALE, Sergio; CALLEFI, Jéssica Syrio. Implementação e continuidade do Ciclo PDCA: Um estudo de caso no setor metal mecânico. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 15, n. 3, p. 155, 1 set. 2020.

REZA, José Roberto Díaz *et al.* Achieving strategic goals by continuous improvement and lean manufacturing implementation: A structural equation model -system dynamics approach. *Sustainable Futures*, v. 9, p. 100551, jun. 2025.

SABADKA, Dušan *et al.* Optimization of Production Processes Using the Yamazumi Method. **Advances in Science and Technology Research Journal**, v. 11, n. 4, p. 175–182, 5 dez. 2017.

SCHULTE, Christof. *Logistik*. [S.l.]: Vahlen, 2012.

SCHÜTZENBERGER, Julian; REINIGER, Claus-Dieter; MANNS, Martin. Applicability of control systems for predicting adjustments of body shop fixtures. *Procedia CIRP*, v. 126, p. 1023–1028, 2024.

SLY, David. Integrating 3D Product Models with Assembly Line Balancing Via Process Consumption. *Procedia Manufacturing*, v. 17, p. 183–189, 2018.

TORRES, C. da Silva. Sistemática para balanceamento de célula de manufatura. *Produto & Produção*, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ProdutoProducao/article/download/52204/32221/213432>. Acesso em: 02 dez. 2025.

WANG, Jin *et al.* Reduction of postoperative cerebral edema and depression by evidence-based nursing with PDCA cycle in patients with brain tumor after surgery. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, v. 16, n. 3, p. 100600, set. 2023.

WU, Q. *et al.* A robust hybrid heuristic algorithm to solve multi-plant milk-run pickup problem with uncertain demand in automobile parts industry. *Advances in Production Engineering & Management*, v. 13, n. 2, p. 169–178, 15 jun. 2018.