

Sinergia entre Lean Manufacturing e Gestão do Conhecimento: Estratégias para a Eliminação de Desperdícios e Aumento da Produtividade

Synergy between Lean Manufacturing and Knowledge Management: Strategies for Waste Elimination and Productivity Increase

Alan da Silva Terto Lino¹
Luis Augusto Maia Braggio²
Osmar Candido Marinho Filho³
Luis Soares Teixeira⁴
Marcel de Carvalho⁵

RESUMO

De acordo com pesquisas internacionais, a produtividade do trabalhador brasileiro é de apenas 24,5% em comparação com a de um trabalhador norte-americano. Isso significa que são necessários quatro brasileiros para alcançar os mesmos resultados de uma única pessoa nos Estados Unidos. A produtividade, definida como a relação entre resultado e esforço, pode ser significativamente melhorada na indústria automotiva por meio do Balanceamento de Produção. No entanto, muitas empresas ainda utilizam essa técnica apenas de forma corretiva, para redistribuir atividades entre postos de trabalho e ajustar processos em resposta a variações na demanda. Este estudo de caso demonstra como uma empresa do ramo automobilístico adotou um modelo de balanceamento diferenciado, utilizando técnicas de Lean Manufacturing e um estudo de microelementos focado na eliminação de desperdícios. Além disso, a integração da Gestão do Conhecimento foi essencial para garantir que as práticas e inovações fossem amplamente disseminadas e incorporadas por toda a organização, promovendo uma cultura de melhoria contínua. A empresa alcançou um aumento de 23,3% na produtividade nos últimos 10 anos e aumentou em 10,7% a taxa de agregação de valor em suas linhas de montagem, usinagem, abastecimento interno e centro de distribuição. A Gestão do Conhecimento desempenhou um papel fundamental na captura e disseminação de conhecimentos críticos, permitindo a replicação de práticas bem-sucedidas e a rápida adaptação a mudanças. Além disso, a técnica permitiu uma redução na densidade da mão de obra em 20,1% e um ganho expressivo de liberação de mão de obra de 311 FTE's (Full-Time Equivalentes).

PALAVRAS-CHAVE: Lean Manufacturing, Gestão do Conhecimento, Eliminação de Desperdícios, Aumento de Produtividade.

ABSTRACT

According to international research, the productivity of Brazilian workers is only 24.5% compared to that of American workers. This means that it takes four Brazilians to achieve the same results as one person in the United States. Productivity, defined as the ratio between output and effort, can be significantly improved in the automotive industry through Production Balancing. However, many companies still use this technique only as a corrective measure, redistributing activities between workstations and adjusting processes in response to demand variations. This case study demonstrates how an automotive company adopted a differentiated balancing model using Lean Manufacturing techniques and a microelement study focused on waste elimination. Additionally, the integration of

¹ Pós-graduado em Gerenciamento de Projetos – Práticas do PMI. SENAC – Brasil. alan.lino@mwm.com.br

² Mestre em Gestão de Projetos. Universidade Estadual de Campinas – Brasil. luis.braggio@mwm.com.br

³ Pós-graduado em Indústria 4.0. Faculdade Senai – São Bernado – Brasil. osmar.marinho@mwm.com.br

⁴ Pós-graduação em Gerenciamento de Projetos. Fundação Getúlio Vargas – Brasil. luis.teixeira@mwm.com.br

⁵ Engenheiro de Produção. Universidade Estácio de Sá – Brasil. marcel.carvalho@mwm.com.br

Knowledge Management was essential to ensure that practices and innovations were widely disseminated and incorporated throughout the organization, fostering a culture of continuous improvement. The company achieved a 23.3% increase in productivity over the past 10 years and a 10.7% increase in value-added rates in its assembly lines, machining, internal supply, and distribution center. Knowledge Management played a fundamental role in capturing and disseminating critical knowledge, enabling the replication of successful practices and quick adaptation to changes. Furthermore, the technique allowed for a 20.1% reduction in labor density and a significant labor release gain of 311 FTEs (Full-Time Equivalents).

KEYWORDS: *Lean Manufacturing, Knowledge Management, Waste Elimination, Productivity Increase.*

1 INTRODUÇÃO

A consolidação do fluxo contínuo é o principal objetivo de qualquer iniciativa Lean, buscando que os produtos fluam sem obstáculos e com o mínimo de desperdícios. No entanto, processos desarticulados muitas vezes tentam compensar ineficiências com operadores adicionais e acúmulo de peças. A aplicação dos princípios Lean, especialmente a análise de microelementos, é essencial para eliminar desperdícios e aumentar a produtividade.

Uma multinacional do setor automotivo utiliza a análise de microelementos e balanceamento Lean como referência em seus processos produtivos. Essas ferramentas são promovidas em Workshops Lean, permitindo reduções reais de desperdícios e promovendo melhorias contínuas. A Gestão do Conhecimento é crucial nesse contexto, facilitando a captação, distribuição e aplicação eficiente do conhecimento para manter e ampliar as melhorias implementadas. Os Workshops Lean, realizados por equipes multifuncionais, garantem o desenvolvimento dos colaboradores e ganhos mensuráveis. Essa abordagem colaborativa, aliada à Gestão do Conhecimento, promove uma cultura organizacional de melhoria contínua, aumentando a produtividade e a eficiência dos processos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lean Manufacturing

Lean Manufacturing, também conhecido como Sistema Toyota de Produção, é uma abordagem sistemática desenvolvida pela Toyota no Japão após a Segunda Guerra Mundial para eliminar desperdícios em sistemas de manufatura. O conceito central do Lean Manufacturing é maximizar o valor para o cliente utilizando menos recursos ao eliminar atividades que não agregam valor ao produto final. Womack e Jones (1996) definem Lean Manufacturing como uma filosofia de gestão que busca aumentar a eficiência e a produtividade por meio da melhoria contínua e da eliminação de desperdícios.

Uma ferramenta essencial no Lean Manufacturing é a análise de microelementos, que detalha as atividades de produção em pequenos elementos de trabalho. Esta técnica permite identificar e eliminar desperdícios com maior precisão, otimizando significativamente o processo produtivo. Barnes (1977) e Silva e Coimbra (1980) destacam a importância da cronoanálise detalhada para observar trechos mais curtos das operações, identificando desperdícios e anomalias que poderiam passar despercebidos em análises mais amplas.

A aplicação do Lean Manufacturing traz benefícios além da eficiência e produtividade, incluindo o desenvolvimento de uma cultura organizacional focada na melhoria contínua. As

práticas Lean incentivam a participação ativa dos colaboradores na identificação de problemas e na proposição de soluções inovadoras, criando um ambiente de trabalho mais engajado e colaborativo.

Rother e Harris (2002) enfatizam a importância de envolver todos os níveis da organização no processo de transformação Lean. A implementação bem-sucedida requer um compromisso coletivo para a eliminação de desperdícios e a busca pela perfeição, alcançável apenas através de uma mudança cultural que valorize a aprendizagem contínua e a adaptação. A Associação Empresarial de Portugal (AEP) ressalta que a divisão de processos em microelementos permite uma análise detalhada e repetível dos ciclos de trabalho, e a filmagem dos ciclos de produção garante a precisão da cronoanálise, oferecendo uma visão clara e objetiva das operações em tempo real. A aplicação do Lean Manufacturing, portanto, não só melhora os processos produtivos, mas também fortalece a base de conhecimento da organização, promovendo um ambiente de trabalho mais eficiente e colaborativo.

2.2 Gestão do Conhecimento

A Gestão do Conhecimento (GC) é fundamentada nos estudos realizados ao longo dos anos, analisando sua importância para indivíduos e organizações, tanto no setor privado quanto no público. No âmbito privado, autores renomados como Nonaka e Takeuchi (1997), Choo (2003), Davenport e Prusak (2003), e Stewart (1998) exploram a GC de forma diversificada. Suas ideias são corroboradas por discussões presentes em artigos, dissertações, teses, periódicos e revistas especializadas, que apresentam diferentes definições e formas de desenvolver a GC.

No setor público, Batista (2004) e Terra (2010) discutem a relevância da GC para órgãos e instituições da administração pública, destacando seu papel social. Esses pesquisadores mostram que os conceitos de GC são complementares e dialogam entre si, refletindo a complexidade do tema. A GC, nesse contexto, é vista como essencial para melhorar a eficiência e a eficácia das entidades públicas.

Do Valle (2010) ressalta as perdas significativas que uma organização pode sofrer quando não há uma gestão adequada do conhecimento e das informações. Problemas como esforço duplicado, dificuldade na obtenção de informações, decisões ruins, baixa produtividade e perda de negócios são destacados. Esses problemas sublinham a importância de uma boa GC para garantir a disponibilização e utilização eficaz das informações dentro da organização.

A GC pode ser definida como a capacidade de gerenciar, descobrir, mapear, classificar, captar, distribuir, criar, multiplicar e reter conhecimento de maneira eficiente, posicionando a organização em vantagem competitiva (Drucker, 1999). Chiavenato (2006) a define como um conjunto de processos, estratégias e práticas usados para capturar, armazenar, compartilhar e aplicar o conhecimento eficazmente. Implementar a GC envolve processos principais: identificação e aquisição, organização e armazenamento, compartilhamento, aplicação e avaliação e atualização do conhecimento.

3 METODOLOGIA

3.1 Abordagem Lean

A abordagem Lean, também conhecida como Lean Thinking ou Pensamento Enxuto, é uma filosofia de gestão desenvolvida inicialmente pela Toyota e amplamente adotada em

diversas indústrias. Figura 1 fornece uma visão geral de uma série de metodologias e ferramentas consolidadas que têm suas origens associadas à mentalidade Lean:



Figura 1 - Exemplos de técnicas/conceitos usualmente associados ao Lean.

Fonte: Adaptado pelos autores (2024)

Ao aplicar os princípios Lean, as organizações são capazes de reduzir tempos de ciclo, estoques, movimentações desnecessárias e atividades que não agregam valor, resultando em uma operação mais enxuta, flexível e ágil.

Essa abordagem baseia-se em alguns princípios fundamentais:

Identificar o valor: O valor é definido pelo cliente, e o primeiro passo do Lean é entender quais são suas necessidades e expectativas. Com base nessa compreensão, é possível direcionar os esforços para entregar o máximo valor possível.

Mapear o fluxo de valor: O fluxo de valor representa todas as etapas e atividades envolvidas na criação e entrega do produto ou serviço. Mapear esse fluxo permite visualizar todas as etapas, identificar gargalos, ineficiências e desperdícios ao longo do processo.

Criar fluxo contínuo: O objetivo é otimizar o fluxo de valor, eliminando interrupções, esperas e movimentações desnecessárias. Isso envolve a sincronização das etapas e a redução de tempos de setup, garantindo que o produto ou serviço flua de forma suave e rápida.

Produção puxada: Ao invés de empurrar produtos ou serviços para o próximo estágio, a abordagem Lean busca criar um sistema de produção puxada, no qual a demanda do cliente "puxa" o fluxo de valor. Isso evita o excesso de estoques e ajuda a evitar a produção de itens desnecessários.

Busca pela perfeição: O Lean promove uma mentalidade de melhoria contínua, buscando constantemente a perfeição. Isso significa que os processos são sempre avaliados, ajustados e aprimorados para eliminar desperdícios e entregar cada vez mais valor ao cliente.

Uma abordagem errada do Lean pode resultar em implementações superficiais, focadas apenas no aumento de trabalho para agregar valor de forma isolada, sem considerar a filosofia Lean. Isso leva a melhorias pontuais e de curto prazo, sem transformações sustentáveis. A metodologia Lean é eficaz, mas é crucial substituir atividades sem valor agregado por atividades que agreguem valor. A Figura 2 detalha a metodologia utilizada no estudo, as técnicas aplicadas,

definições conceituais e operacionais das variáveis, e os instrumentos e procedimentos de análise de dados.

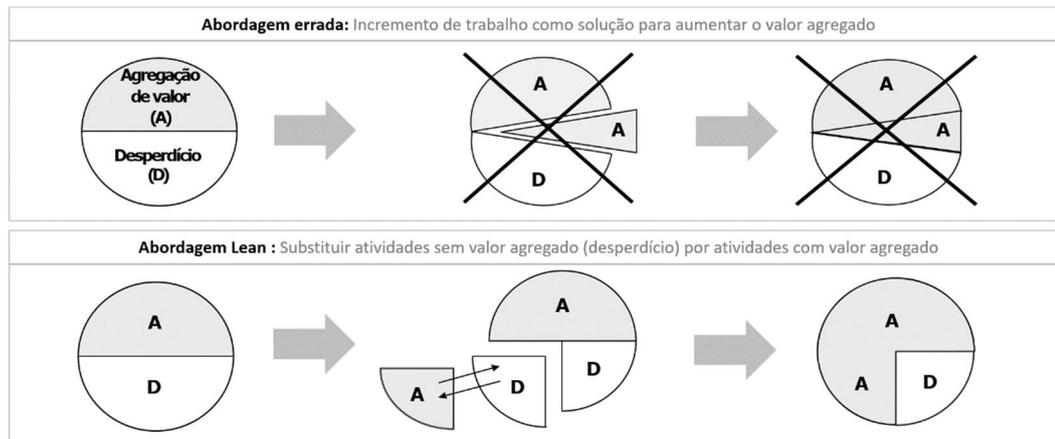


Figura 2 - Abordagem Lean: Aumento da performance através da eliminação de desperdícios.

Fonte: Autores (2024)

A abordagem Lean é amplamente aplicada em diversos setores, incluindo manufatura, serviços, saúde e logística, promovendo uma transformação cultural que valoriza metas de longo prazo e a criação de valor para o cliente. Essa mudança cultural exige tempo, persistência e liderança consistente, envolvendo todos os níveis da organização, promovendo a colaboração e celebrando os sucessos para incentivar a melhoria contínua.

3.2 Gestão do Conhecimento Organizacional

A base conceitual sobre o tema Gestão do Conhecimento se constitui mediante a apreciação dos estudos que vêm sendo realizados ao longo dos anos. Sua importância no contexto atual é analisada em relação ao indivíduo e às organizações, tanto no âmbito privado quanto no público.

Nonaka e Takeuchi (2008) propõem o modelo SECI, descrevendo quatro modos de conversão do conhecimento: Socialização (transferência de conhecimentos tácitos), Externalização (transformação de conhecimento tácito em explícito), Combinação (reunião de diferentes conhecimentos explícitos para criar novos) e Internalização (conversão de conhecimento explícito em tácito), conforme a figura 3. Eles argumentam que a GC é um processo dinâmico e interativo, que valoriza a criação e o compartilhamento do conhecimento, não apenas como um processo técnico, mas também como uma abordagem cultural e organizacional.

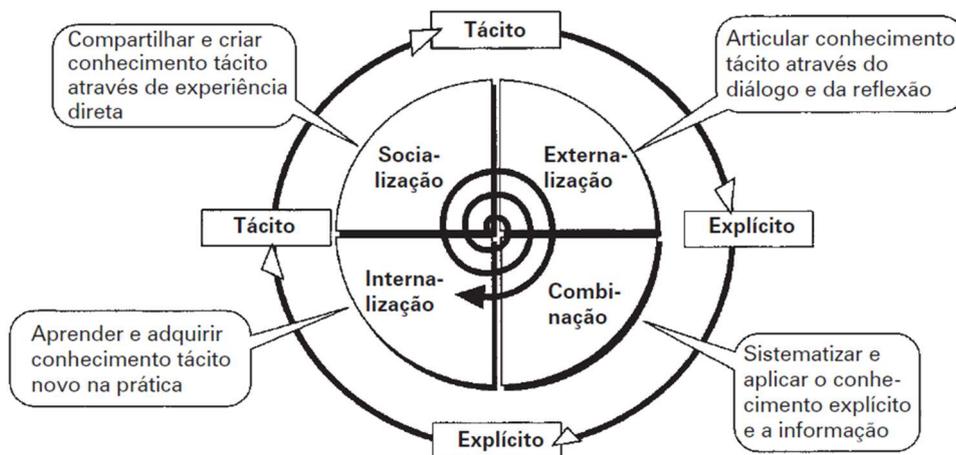


Figura 3 - Processo SECI.

Fonte: Adaptada de Nonaka e Takeuchi, 1995.

3.3 Balanceamento Tradicional versus Balanceamento Lean

O balanceamento tradicional busca distribuir as tarefas de maneira uniforme entre os trabalhadores, garantindo uma carga de trabalho equilibrada. Cada trabalhador é especializado em uma tarefa específica e realiza essa atividade repetidamente, seguindo uma sequência pré-determinada. O objetivo é maximizar a eficiência em cada etapa do processo de produção, garantindo que o tempo necessário para cada tarefa seja minimizado.

Para complementar o balanceamento tradicional, o conceito de Takt time é utilizado. O Takt time é uma métrica que determina o ritmo de produção necessário para atender à demanda do cliente. Ele é calculado dividindo-se o tempo disponível de produção pelo número de unidades a serem produzidas dentro desse período, conforme a Equação 1:

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Demanda do cliente}} \quad (1)$$

Rother e Shook (1998) definem o Takt Time como uma forma de sincronizar a velocidade da produção com as reais necessidades dos clientes. As Figuras 4 apresentam o exemplo de uma linha de montagem com Takt = 125 segundos/peça, cuja distribuição dos conteúdos de trabalho foi redefinida após a realização de um balanceamento:

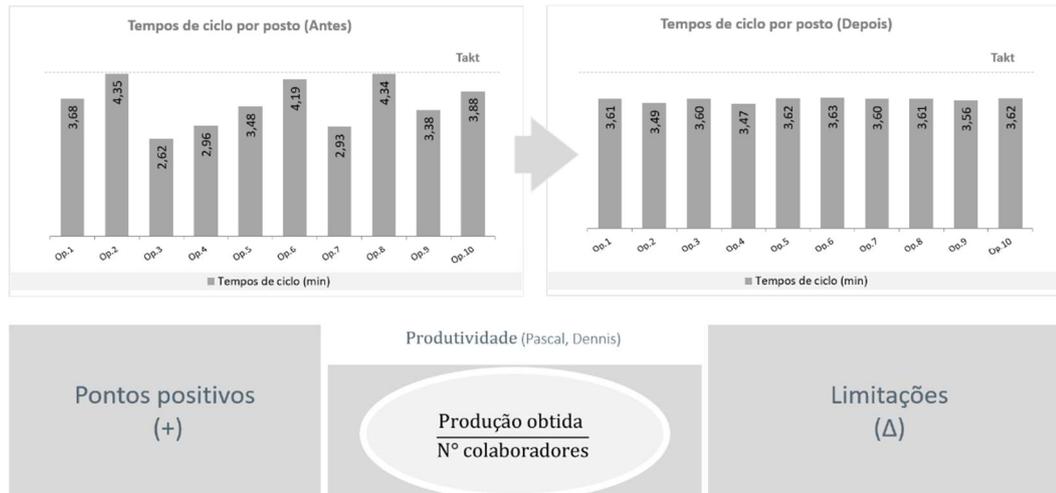


Figura 4 - Balanceamento dos pontos e redistribuição dos conteúdos de trabalho para garantir o atendimento ao Takt previsto.

Fonte: Autores (2024)

O Balanceamento Tradicional visa redistribuir as cargas de trabalho para minimizar interrupções e evitar gargalos, geralmente ajustando operações entre estações de trabalho. No entanto, essa abordagem pode aumentar o tempo ocioso e contribuir para a superprodução, especialmente se o Takt time exceder o tempo de ciclo das estações.

Para superar essas limitações, a análise de microelementos e técnicas do Lean Manufacturing são essenciais. A análise de microelementos examina detalhadamente cada parte do processo, identificando melhorias, gargalos e desperdícios, o que ajuda a otimizar o fluxo contínuo e entender melhor as interações entre os componentes do processo. A Figura 5 mostrará os tempos de ciclo de cada posto de trabalho com análise de microelementos e classificação das atividades, aplicado a um Balanceamento Lean.



Figura 5 - Relação entre tempos de Ciclo e Takt Time em uma linha de montagem tracionada por esteira.

Avaliação de 29 postos de trabalho com nível de detalhamento superior a 4880 microelementos

Fonte: Autores (2024)

A análise de microelementos, combinada com técnicas do Lean Manufacturing, como eliminação de desperdícios, fluxo contínuo e busca pela perfeição, melhora a eficiência e produtividade do fluxo de trabalho. O Lean foca na identificação e eliminação de atividades que não agregam valor, reduzindo o tempo de ciclo e estabelecendo um fluxo contínuo de produção. Isso visa aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto ou serviço, promovendo mudanças para obter resultados mais eficazes e produtivos.

3.4 Filmagem e Coleta de Tempos

Martins & Laugeni (2000) definem que, antes da realização de qualquer atividade de balanceamento, existe a necessidade de um trabalho de cronoanálise para a determinação do tempo de ciclo das operações. O tempo de ciclo expressa a frequência com que uma operação é finalizada em um posto de trabalho. A filmagem e a coleta de tempos são técnicas utilizadas na análise de microelementos e no balanceamento de processos para obter uma compreensão mais precisa e detalhada das atividades realizadas. Essas técnicas permitem capturar informações em tempo real sobre as atividades dos trabalhadores, a duração de cada tarefa e possíveis oportunidades de melhoria.

A filmagem é uma ferramenta visual que envolve a gravação de vídeo das atividades realizadas pelos trabalhadores durante o processo, conforme mostrado na Figura 6. Isso permite uma análise detalhada dos movimentos, ações e interações dos trabalhadores, identificando possíveis ineficiências, movimentos desnecessários ou retrabalho. A filmagem pode fornecer uma visão objetiva do processo e ajudar a identificar gargalos, tempos ociosos ou atividades que podem ser otimizadas.



Figura 6 - Filmagem de tempos de ciclo em um processo produtivo.

Fonte: Autores (2024)

De acordo com Silva e Coimbra (1980), o número de ciclos a serem cronometrados depende do grau de precisão e dos objetivos do estudo. Se as operações cronometradas não possuírem nenhum caráter repetitivo, a coleta de tempos unitários já resultará em valores

aceitáveis. Entretanto, se a operação for repetitiva e possuir muitos elementos de curta duração, uma maior precisão será requerida.

Os estudos práticos realizados pela empresa demonstraram que a filmagem de três ciclos de produção por posto apresentaria resultados representativos para as atividades que a empresa desenvolve. Conforme as recomendações dos autores, este número ideal de ciclos vai variar de empresa para empresa, de acordo com as características de cada processo.

A filmagem para balanceamentos Lean é simples, mas requer cuidados para resultados confiáveis:

- Comunicação e Cortesia: Explique os objetivos da filmagem e obtenha a cooperação da equipe.
- Posicionamento da Câmera: Filmar de diferentes ângulos para capturar movimentos e operações claramente.
- Coleta de Dados: Filmagens devem focar em ciclos individuais e eliminar vídeos com problemas técnicos ou erros do operador.
- Desconsideração de Desperdícios: Excluir atividades como caminhadas e espera, que são consideradas desperdícios.

A filmagem é uma etapa de planejamento que deve refletir o processo real, permitindo um detalhamento preciso e a identificação de oportunidades de melhoria.

3.5 Análise de Microelemento

Para analisar um processo de fabricação, é necessário examinar pequenas atividades dentro de um ciclo de trabalho. Segundo Barnes, cronometrar apenas uma operação não é suficiente; é preciso observar trechos menores para identificar desperdícios e anomalias. Silva e Coimbra recomendam a análise por elementos, que divide o processo em subgrupos menores para dados mais precisos.

Rother e Harris (2002) definem o "elemento de trabalho" como o menor incremento de atividade transferível, como 'pegar e montar uma mangueira'. Balanceamentos tradicionais tendem a usar uma abordagem macro, focando na transferência entre postos.

Determinar o tamanho ideal do elemento pode ser desafiador. A Associação Empresarial de Portugal observa que elementos muito longos podem ocultar melhorias, enquanto elementos muito curtos podem dificultar o registro preciso. Filmagens ajudam a superar essas dificuldades, permitindo uma análise detalhada e repetível dos ciclos de trabalho, como exemplificado na divisão de uma atividade de 152,3 segundos em microelementos na figura 7.



Figura 7 - Detalhamento de uma operação pelo método de microelementos.

Fonte: Autores (2024)

Em um balanceamento convencional, uma atividade de 152,3 segundos seria considerada um único elemento. Com a abordagem de microelementos, essa atividade é dividida em 12 etapas menores, analisando cada movimento do operador. A filmagem dos ciclos de produção garante precisão na cronoanálise e pode ser realizada por qualquer pessoa treinada.

3.6 Taxa de Agregação de Valor

Após definir os microelementos de uma operação, as atividades podem ser estratificadas e classificadas. Em um processo, as atividades que agregam valor e os desperdícios frequentemente coexistem. Separar essas duas categorias é crucial para o balanceamento Lean. Womack & Jones (1996) destacam que as atividades que agregam valor representam uma pequena parte do processo sob a perspectiva do cliente. As ações podem ser classificadas em:

Atividades que agregam valor (AV): Alteram as características do produto e atendem às especificações do cliente, como montagem e usinagem.

Desperdício oculto (DO): Necessárias para o processo, mas não adicionam valor, como buscar ferramentas e caminhar.

Desperdício evidente (DE): Resultam de deficiências do processo e podem ser eliminadas, como tempos de espera e retrabalhos.

A figura 8 mostra que, frequentemente, menos de 30% das atividades agregam valor. Em processos que passaram por balanceamento Lean, essa taxa pode chegar a 60-70%, com desperdício evidente reduzido a cerca de 5% e desperdício oculto variando entre 25% e 35%.

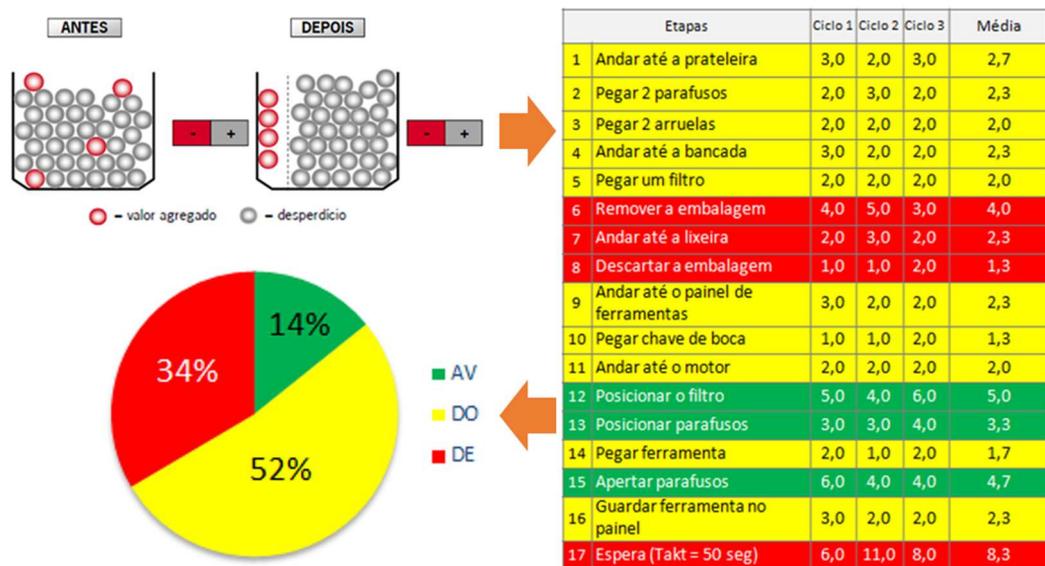


Figura 8 - Classificação dos microelementos utilizando as cores: verde para atividades que agregam valor (AV), amarelo para desperdícios ocultos (DO) e vermelho para desperdícios evidentes (DE) e Percentuais de agregação de valor e desperdícios detectados em processos Benchmarking.

Fonte: Autores (2024)

O levantamento detalhado de informações sobre um processo é crucial para identificar melhorias. Essas informações devem ser a base para trabalhos de melhoria contínua e não devem ficar restritas a arquivos de computador. Nesta empresa automobilística, as análises de microelementos são exibidas visivelmente aos colaboradores, como mostrado na figura 9. Esses materiais são fixados nas paredes de salas dedicadas a workshops Lean. Tornar os resultados da cronoanálise visíveis promove a melhoria contínua e incentiva a formação de equipes focadas na eliminação de desperdícios. Uma prática interessante é que os microelementos são impressos com uma escala de conversão de segundos para milímetros. Quando uma ideia é implementada e um desperdício é eliminado, uma régua pode medir o impacto real no microelemento afetado. Isso facilita a visualização dos dados e envolve diretamente os colaboradores no processo de melhoria contínua, proporcionando uma forma prática e imediata de avaliar os avanços obtidos.

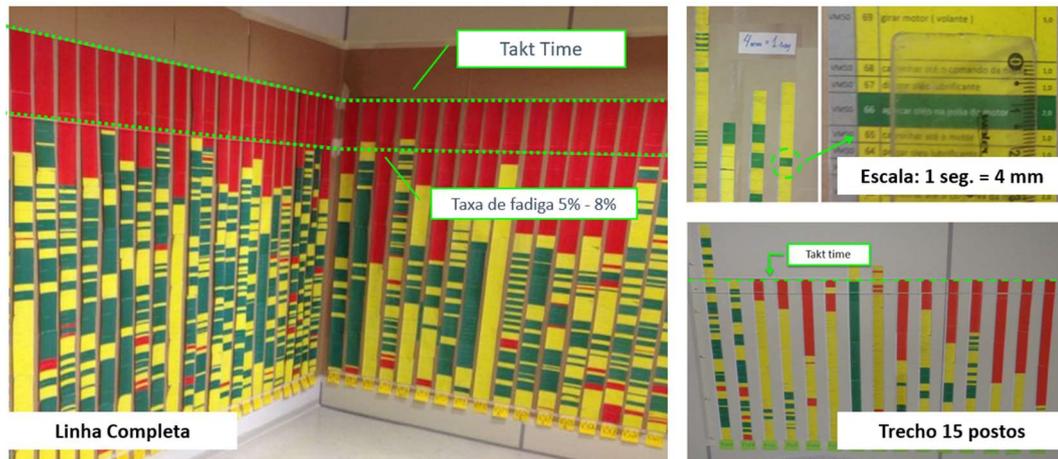


Figura 9 - Análise de microelementos aplicada em uma linha de montagem completa. Nível de detalhamento: 6350 etapas.
 Fonte: Autores (2024)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Workshop Lean

A análise de microelementos é essencial nos Workshops Lean, que ocorrem ao longo de duas semanas com o objetivo de eliminar desperdícios, definir o takt time e balancear as atividades no local de trabalho (GEMBA). A Figura 10 mostra a equipe multifuncional envolvida, incluindo áreas como Logística, Auditoria do Recebimento, Produção, Qualidade, Engenharia de Processos, Serralheria e Excelência Operacional. Durante o workshop, os participantes aprendem técnicas Lean para melhorar a eficiência e reduzir desperdícios, promovendo uma abordagem colaborativa que visa aprimorar continuamente o processo produtivo.

Idealmente, uma equipe de workshop deve possuir entre **6 e 12 membros**, com representantes de todas as áreas necessárias para o entendimento do processo em análise, além do time de gestão e também os operadores que trabalham no dia-a-dia

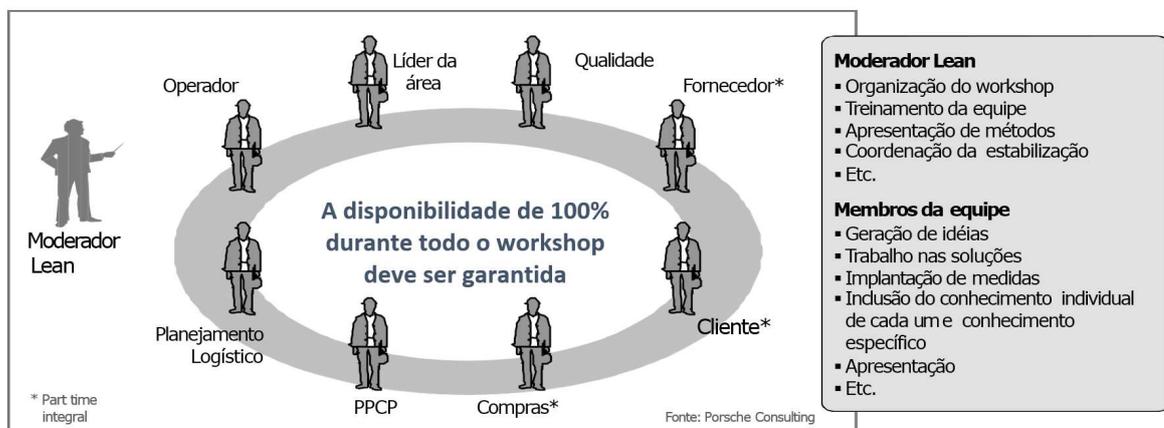


Figura 10 - Treinamento Lean Thinking para as áreas que participaram no Workshop.
 Fonte: Autores (2024)

A figura 11 demonstram exemplos de formulários utilizados nos primeiros estágios de um Workshop Lean e a dupla realizando análise dos desperdícios no GEMBA.

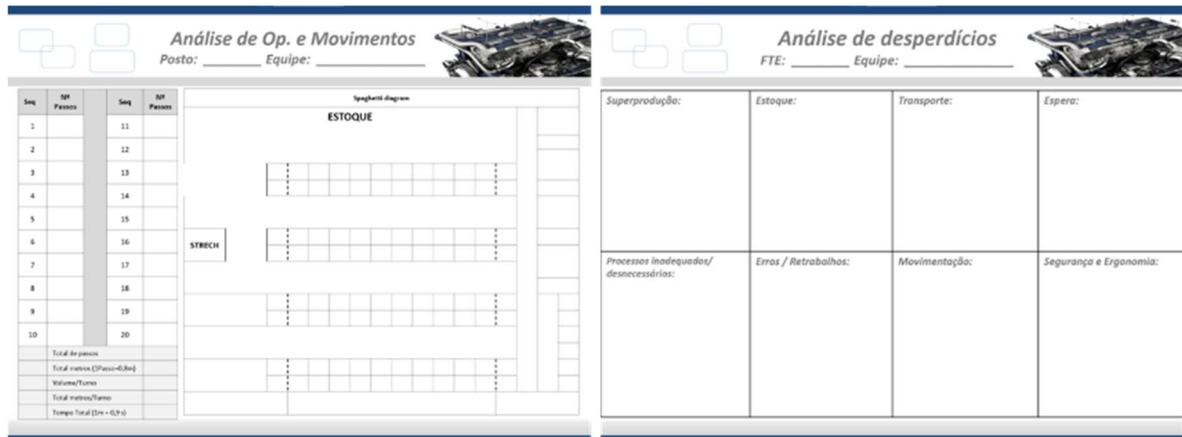


Figura 11 - Gráficos de espaguete e formulários de análise de desperdício preenchidos. Todo o material é disponibilizado na parede, junto aos gráficos de microelementos e Time é dividido em duplas para realizar análise dos 2 formulários por 8 horas no GEMBA.

Fonte: Autores (2024)

No GEMBA, durante um Workshop Lean, o especialista Lean monitora as análises, que duram cerca de 8 horas. As equipes observam e registram todas as ocorrências que afetam negativamente os ciclos de produção. Após a observação, uma reunião na sala de conferência detalha essas observações, permitindo a troca de experiências e a construção de uma visão compartilhada do processo. O especialista Lean documenta tudo na Matriz de Intensidade de Desperdícios, identificando áreas com as maiores oportunidades de melhoria, como mostrado na Figura 12. Após identificar os desperdícios no Workshop Lean, é realizada uma sessão de Brainstorming onde as equipes propõem melhorias. Durante essas sessões, os participantes compartilham sugestões, considerando o impacto positivo e os desafios práticos. As ideias são então classificadas em uma matriz de Impacto x Dificuldade de Execução. Esse processo ajuda a priorizar as ideias mais promissoras para o plano de ação, conforme ilustrado na Figura 12.



Figura 12 - Matriz de intensidade de desperdícios. O uso de setas indica locais onde não há desperdício (↓), há desperdício moderado (→), há desperdício com baixo impacto (↑) ou há desperdício com alto impacto (↑↑) e Brainstorming e Matriz de priorização.

Fonte: Autores (2024)

As Figuras 13 e 14 apresentam ideias priorizadas durante diversos Workshops Lean, destacando soluções simples e de fácil implementação. Essas propostas visam eliminar desperdícios ocultos e evidentes, otimizando o balanceamento futuro do processo. O esforço coletivo das equipes gerou soluções práticas que não requerem grandes investimentos ou alterações complexas, focando na melhoria contínua e na eficiência operacional.

MONTAGEM DO SUPORTE ESCRAVO



Figura 13 - Ideia para eliminação de desperdício oculto, Segurança e Ergonomia.

Fonte: Autores (2024)



Figura 14 - Ideia para eliminação de desperdício evidente e redução do desperdício oculto.

Fonte: Autores (2024)

4.2 Resultados Balanceamento Lean

A principal característica do balanceamento Lean é que ele vai além da simples transferência de operações entre postos. O foco está na redução real do conteúdo de trabalho, visando eliminar desperdícios e aumentar a produtividade dos processos. O conteúdo de trabalho refere-se ao tempo total necessário para completar todas as atividades que resultam em um produto final. Com base nos dados das figuras 1 e 2, o conteúdo de trabalho, que

corresponde à soma dos tempos de ciclo das operações cronometradas, permanece inalterado após um balanceamento tradicional, apesar da melhor distribuição dos tempos por operador.

Tabela 1 - Tempos de ciclo de uma linha de montagem tracionada por esteira

Postos	Tempo de Ciclo (antes)	Tempo de Ciclo (depois)
Operador 1	3,68	3,61
Operador 2	4,35	3,49
Operador 3	2,62	3,60
Operador 4	2,96	3,47
Operador 5	3,48	3,62
Operador 6	4,19	3,63
Operador 7	2,93	3,60
Operador 8	4,34	3,61
Operador 9	3,38	3,56
Operador 10	3,88	3,62
Conteúdo de Trabalho Total	35,81	35,81

Fonte: Autores (2024)

Rother & Harris (2002), definem que o número de operadores necessários para a finalização de um processo é determinado de acordo com a equação 2:

$$\text{N}^\circ \text{ operadores} = \frac{\text{Conteúdo total de trabalho}}{\text{Takt Time}} \quad (2)$$

Aplicando esta equação ao exemplo anterior, onde o Takt foi inicialmente definido como 4,40 min/peça, teríamos que:

$$\text{N}^\circ \text{ operadores} = \frac{35,81}{4,40} = 8,14 \quad (3)$$

Obviamente não é possível trabalhar com 0,14 operadores, o que significa que seriam necessários no mínimo 9 pessoas para finalizar a operação descrita, ou seja, um operador a menos do que está sendo utilizado na prática.

Pascal define produtividade a partir da seguinte expressão:

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Produção}}{\text{N}^\circ \text{ Pessoas utilizadas}} \quad (4)$$

Como este processo opera de acordo com o Takt Time, o volume de produção esperado ao término do balanceamento não deve sofrer alterações. Além disso, a diferença de 0,14 observada na equação 3 não significa que o processo está muito distante de possuir dois operadores adicionais. Isto quer dizer que operar esta célula utilizando 10 pessoas pode representar uma baixa produtividade, situação que será mantida mesmo após o balanceamento tradicional que foi realizado. A seguir será demonstrado como este mesmo processo poderia ser avaliado utilizando todos os conceitos de balanceamento Lean descritos neste artigo.

Iniciando pelas etapas 1 a 4:

1. **Filmagem e cronoanálise:** Detalhamento de cada operação ao nível de microelementos.

2. **Classificação dos microelementos:** Após a cronoanálise, definem-se os percentuais de atividades que agregam valor e de desperdícios.
3. **Identificação de melhorias:** Visualiza-se o potencial de melhorias no processo. Recomenda-se a realização de um Workshop Lean para gerar ideias que promovam a redução ou eliminação de desperdícios. Com a cronoanálise feita ao nível de microelementos, os desperdícios identificados podem ser removidos do gráfico, ampliando as possibilidades de balanceamento.
4. **Redistribuição de atividades:** Realiza-se a redistribuição de atividades no balanceamento Lean. A figura 15 mostra a nova distribuição de cargas de trabalho por operador.

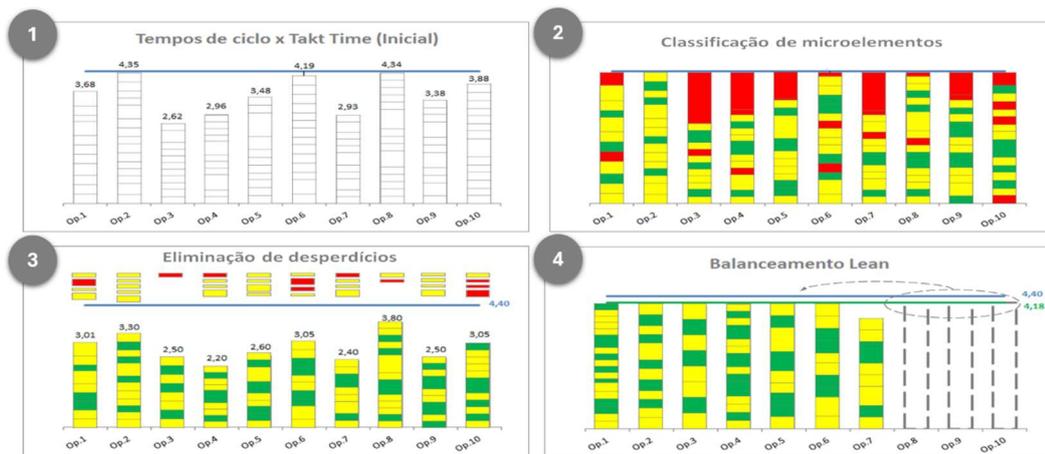


Figura 15 - Ideia para eliminação de desperdício evidente e redução do desperdício oculto.

Fonte: Autores (2024)

O tempo de espera existente entre o término de cada operação e o Takt Time foi classificado como desperdício evidente. Rother & Harris sugerem que nem todo este tempo de espera seja eliminado durante um balanceamento de linha, devendo o percentual de utilização de cada operador permanecer numa faixa de ocupação máxima de 90% a 95% do Takt. Esta concessão é importante para compensar pequenos desvios durante a realização dos ciclos e, principalmente, pequenos atrasos associados à fadiga do operador. Conhecido o potencial de melhorias existente no processo, a realização de um Workshop Lean é recomendada para a geração de ideias que promovam a redução e/ou eliminação de desperdícios. Como a cronoanálise foi feita ao nível de microelementos, após a implementação dessas ideias os desperdícios associados podem ser retirados do gráfico e desta maneira as possibilidades de balanceamento são ampliadas.

$$\text{N}^\circ \text{ operadores} = \frac{28,41}{4,18} = 6,80 \quad (5)$$

Na figura 15 na etapa 4 observa-se que a carga de trabalho de todos os operadores, exceto um, foi completamente preenchida até o limite de 95% do Takt Time. Os 5% de espera que foram atribuídos à fadiga estão embutidos na taxa de desperdício evidente que permaneceu no processo, porém de maneira planejada e controlada. Os outros 3% de desperdício evidente representam o tempo ocioso que ainda não pôde ser eliminado. Este tempo foi concentrado em um único operador (posto 7), de modo a tornar visível as oportunidades de melhoria que ainda

existem para trabalhos futuros. Distribuir esta ociosidade entre todos os operadores não seria uma boa opção pois embutiria permanentemente a espera no processo, voltando a criar um potencial de superprodução uma vez todos os postos ficariam apenas parcialmente carregados.

Com a finalização do novo balanceamento, os resultados da tabela 4 são consolidados como reflexo da abordagem Lean:

Tabela 2 - Comparativo entre indicadores e resultados após melhorias implementadas

Parâmetro	Antes	Depois	Ganho
Produção diária (Takt = 4,40)	100	100	-
% Valor agregado	27%	42%	+15,0%
Conteúdo de trabalho (min)	35,81	28,41	-20,7%
Número de operadores por turno	10	7	-30,0 %
Densidade de mão de obra (Operadores/posto)	1,00	0,70	-30,0%
Produtividade (Produção / operador)	10,00	14,28	+42,8 %

Fonte: Autores (2024)

Pascal (2008) destaca que os operadores que deixam o processo devido ao balanceamento Lean não devem ser desligados da empresa após a conclusão dos trabalhos, pois isso poderia associar as iniciativas de melhoria contínua a demissões, gerando insegurança. Em vez disso, essas pessoas são frequentemente realocadas para outros departamentos ou compensam a necessidade de novas contratações devido ao turnover natural. Cogan (2012) também enfatiza que, para eliminar a insegurança e estimular o desenvolvimento desse tipo de trabalho, a gerência sênior frequentemente sinaliza segurança de emprego. Muitas vezes, os operadores liberados são integrados à equipe de melhoria contínua da empresa, criando uma impressão positiva de desenvolvimento pessoal estimulado pelos resultados dos trabalhos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

Quando realizada de maneira adequada e consistente, a expansão de práticas Lean promove a eliminação de desperdícios e garante aumento expressivo nos percentuais de agregação de valor e de produtividade de uma empresa. Além dos resultados quantitativos, as iniciativas associadas ao Balanceamento Lean contribuem para o desenvolvimento dos colaboradores, que passam a enxergar os processos sob a ótica do cliente e desenvolvem um forte senso de análises críticas que estimula o desenvolvimento de soluções inovadoras.

A integração de práticas de Gestão do Conhecimento fortalece ainda mais o impacto do Lean, ao facilitar a captura e disseminação das melhores práticas e lições aprendidas durante a implementação. Isso assegura que o conhecimento gerado seja compartilhado amplamente, promovendo uma cultura organizacional de aprendizagem contínua e inovação.

O impacto direto sobre a densidade de mão de obra permite que pessoas de diferentes departamentos sejam realocadas para áreas estratégicas da companhia. Este resultado também viabiliza a introdução de novas pessoas à equipe de melhoria contínua da empresa, gerando uma visão positiva sobre a realização dos trabalhos e garantindo a sustentabilidade do sistema a partir da manutenção de um plano estruturado de novos projetos a serem realizados no curto,

médio e longo prazo. A incorporação de uma abordagem estruturada de Gestão do Conhecimento assegura que a organização continue evoluindo, utilizando o conhecimento acumulado de forma eficaz para alcançar seus objetivos estratégicos.

6 REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M.; **Estudo de Tempos e Movimentos: projeto e medida do trabalho.** Tradução da 6ª ed. Americana. Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota; revisão técnica Miguel de Simoni e Ricardo S. da Fonseca. 6. Ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BATISTA, F. F. **O governo que aprende: Gestão do conhecimento em organizações do executivo federal**, 2004. Brasília: IPEA.
- CHIAVENATO, I. **Princípios da administração: O essencial em teoria geral da administração.** Elsevier, 2006.
- Choo, C. W.. **A organização do conhecimento: Como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões.** São Paulo: SENAC, 2003.
- COGAN, S. **Gestão pelos números certos.** Porto Alegre Bookman, 2012.
- Davenport, T.H. & Prusak, L. **Conhecimento empresarial: Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual.** Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- DRUCKER, P. (1999). **Desafios gerenciais para o século XXI.** Pioneira. Figueiredo, V. G. C. (2020). **A aprendizagem através das práticas escolar, simulada e profissional** [Tese de doutorado]. Universidade Federal de Minas Gerais.
- MARTINS, P. G., LAUGENI, F. P. **Administração da Produção.** São Paulo: Saraiva 2000.
- NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **Criação de conhecimento na empresa: Como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação.** Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- NONAKA, I.,; TAKEUCHI, H.. **Gestão do conhecimento.** Bookman, 2008.
- PASCAL, D. **Produção Lean Simplificada.** Porto Alegre: Bookman, 2008.
- ROTHER, M; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 1998.
- ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando o Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002.
- SILVA, A. V., COIMBRA, R. R. C. **Manual de Tempos e Métodos.** São Paulo: Hemus, 1980.
- VALLE, B. Como sua empresa retém conhecimentos críticos? Disponível em: <http://www.terraforum.com.br/blog/default.aspx>.

WOMACK, J. P.; JONES D. T. A **Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Tradução de Ana Beatriz Rodrigues e Priscila Martins Celeste. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.