



**APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL EM CONJUNTO A
IMPLEMENTAÇÃO DO TRABALHO PADRONIZADO/LEAN MANUFACTURING
PARA A MAXIMIZAÇÃO DE LUCRO EM UMA LINHA DE MONTAGEM DE
ASSENTOS AUTOMOTIVOS – UNIDADE PERNAMBUCO**

***APPLICATION OF OPERATIONAL RESEARCH TOGETHER WITH THE
IMPLEMENTATION OF STANDARDIZED WORK/LEAN MANUFACTURING TO
MAXIMIZE PROFIT IN AN AUTOMOTIVE SEAT ASSEMBLY LINE –
PERNAMBUCO UNIT***

*Gustavo Sá Brasileiro¹
Paulo Félix de Araújo²*

RESUMO

O cenário atual de alta competitividade tem exigido das empresas, indústrias e grandes corporações a busca por alternativas para aumentar cada vez mais o lucro em seus negócios, com foco na eficiência e minimizações de custos de seus processos operacionais. A fim de obter os melhores resultados, com a maximização dos lucros e com a agregação de valor, diminuição ou eliminação dos desperdícios operacionais, as organizações passam a utilizar cada vez mais os conceitos da Pesquisa Operacional e Lean Manufacturing como alternativas para sustentar e ampliar os resultados e objetivos estabelecidos. O presente artigo trata-se de um estudo de caso, cujo objetivo foi aplicar os conceitos do modelo matemático da Pesquisa Operacional e a ferramenta do Trabalho Padronizado, através da metodologia do Lean Manufacturing, de forma a melhorar os resultados de uma linha de montagem de assentos automotivos. Com este estudo, foi possível entender os principais problemas da organização, estabelecer a melhor condição de programação para o processo, e melhorar as atividades padronizadas, resultando em maximização dos lucros, reduções das atividades de não valor agregado, reduções dos desperdícios operacionais e melhora significativa da eficiência de mão de obra.

¹ Graduando de Bacharelado em Engenharia de Produção da Faculdade Estácio de Sá. E-mail: brasileiro.gustavo@gmail.com

² Professor Orientador Específico do TCC da Faculdade Estácio João Pessoa. E-mail: paulo.felix@estacio.br

Palavras-chave: Eficiência; Maximização dos lucros; Pesquisa Operacional; Lean Manufacturing; Trabalho Padronizado.

ABSTRACT

The current scenario of high competitiveness has required companies, industries and large corporations to search for alternatives to increasingly increase profit in their businesses, with a focus on efficiency and cost minimization of their operational processes. In order to obtain the best results, with the maximization of profits and with the addition of value, reduction or elimination of operational waste, organizations are increasingly using the concepts of Operational Research and Lean Manufacturing as alternatives to sustain and expand their established results and objectives. This article is a case study, whose objective was to apply the concepts of the mathematical model of Operational Research and the Standardized Work tool, through the Lean Manufacturing methodology, in order to improve the results of an assembly line of automotive seats. With this study, it was possible to understand the main problems of the organization, establish the best programming condition for the process, and improve the standardized activities, resulting in maximizing profits, reductions in non-value added activities, reductions in operational waste and significant improvement labor efficiency.

Keywords: Efficiency; Profit maximization; Operational Research; Lean Manufacturing; Standardized work.

INTRODUÇÃO

O ambiente atual de alta competitividade tem exigido de grandes empresas, não só no Brasil, mas em todo o mundo, a busca por alternativas para aumentar cada vez mais o lucro em seus negócios, com foco na eficiência em todas as suas operações. Diante de constantes mudanças econômicas e estratégicas, cada vez mais as organizações e seus profissionais são exigidos a maior flexibilidade, identificações de oportunidades de negócios, melhorias de processos de negociação e produção, buscando ações inovadoras e também a sustentabilidade da condição de base, não somente para a sobrevivência, mas também para sua expansão no mundo globalizado.

Analisando o setor automotivo no Brasil, foi registrado um crescimento com a produção de veículos em 2,3%, e com as vendas em 8,6% relacionadas ao ano anterior, sendo este o melhor resultado desde 2014. Buscando acompanhar este

cenário favorável de crescente ascensão do mercado automotivo brasileiro, as indústrias procuram cada vez mais implementar em seus processos a base da Pesquisa Operacional e o Lean Manufacturing como alternativas sólidas para a maximização dos lucros e otimizações dos processos, através de ferramentas quantitativas e qualitativas, que auxiliam nas melhores tomadas de decisões e potencialização dos resultados de forma sustentável e eficiente (ANFAVEA, 2019).

Para Rodrigues (2014), o principal objetivo da Pesquisa Operacional é este, o de apresentar aos gestores e todos que tomam decisões, informações das organizações que sejam relevantes, tornando-as mais práticas e eficientes para as decisões necessárias.

Equalizar as constantes necessidades dos clientes e mercados, com as atividades do dia a dia não é uma tarefa fácil. Muitas organizações não conseguem conciliar o que é demandado, com as expectativas de otimizações e melhorias no processo, muitas vezes por simplesmente não seguir as teorias existentes, principalmente no quesito de manufatura enxuta, fazendo que os resultados não sejam alcançados conforme apresentam as literaturas e exemplos mundiais de sucesso.

Portanto, diante da forte competitividade das empresas, o contexto promissor do setor automotivo em crescente número de venda e veículos produzidos, e a importância de novas metodologias e ferramentas para a busca da excelência operacional e maximização do lucro, o propósito deste artigo foi apresentar uma aplicação prática da metodologia, para estudar o seguinte problema de pesquisa: Quais os resultados tangíveis que podem ser obtidos com a interação da Pesquisa Operacional e do Lean Manufacturing, através da aplicação prática da programação linear e trabalho padronizado?

O objetivo geral deste artigo foi aplicar os conceitos do modelo matemático da Pesquisa Operacional e a ferramenta do Trabalho Padronizado, através da metodologia do Lean Manufacturing, de forma a melhorar os resultados de uma linha de montagem de assentos automotivos, aumentando a produtividade, eficiência e retorno financeiro.

Como objetivos específicos o artigo buscou desenvolver modelo matemático, por meio dos conceitos da programação linear e ferramenta do *Solver Microsoft Office Excel*, para visualização da melhor configuração de mix de produção; realizar

levantamento dos principais indicadores de produção da linha de montagem de assentos automotivos; aplicar a ferramenta do trabalho padronizado para sustentar e ampliar os resultados da organização; e evidenciar os resultados alcançados através do comparativo dos indicadores entre o antes e depois da aplicação da Pesquisa Operacional e Lean Manufacturing.

Para Womack & Jones (2003), o Lean Manufacturing é considerado como enxuto já que se refere a uma condição de fazer o máximo com o menor recurso possível, e ao mesmo tempo, atender sempre a expectativa do cliente, oferecendo o que eles de fato desejam. Já Colin (2007) apresenta a Pesquisa Operacional como sendo um conjunto de características que visa o uso de método matemático para resolução de problemas, o desejo constante por otimização e a orientação a aplicações.

Em meio a isso, o presente trabalho mostra-se relevante, não simplesmente pela aplicação isolada de uma das ferramentas do Lean Manufacturing, mas também pela interação com a programação linear da Pesquisa Operacional, como forma de abordar todo o contexto da organização, do entendimento de seus indicadores e problemas, das suas dificuldades e desperdícios, para que através da padronização de seus processos, das melhores hipóteses para maximização de lucros, as soluções sistêmicas possam ser implementadas e os resultados positivos serem alcançados. A proposta de apresentar este modelo com a sequência de implementação do trabalho padronizado e definição de modelo matemático por meio da programação linear também é julgada oportuna, já que ficará a disposição de todo o nível gerencial responsável, como estudo de caso modelo para a aplicabilidade prática em outras áreas da organização.

O interesse do pesquisador em desenvolver tal artigo científico, foi pelo fato de possuir experiência de 13 anos na área de Engenharia Industrial, Produção e Processos, e atuar durante três anos como Engenheiro de Processos SR na organização do qual este estudo de caso foi realizado.

PESQUISA OPERACIONAL

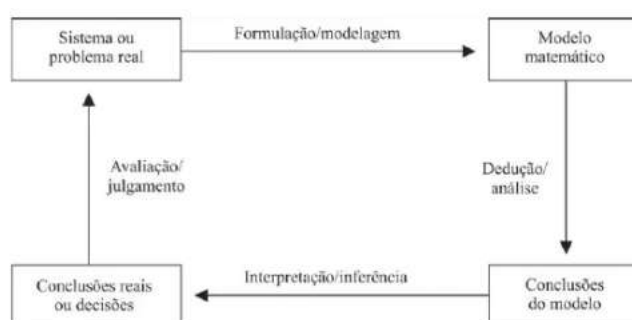
No contexto de altíssima competitividade entre as organizações e a necessidade constante do aperfeiçoamento dos processos produtivos, a Pesquisa

Operacional é apresentada através da literatura como uma alternativa de ferramentas e técnicas para maximizar as receitas ou minimizar os custos em qualquer que seja o setor ou atividade da organização.

Para Hillier (2010), a Pesquisa Operacional, através de suas ferramentas de otimização, permite que a empresa desenvolva o seu próprio modelo matemático para entendimento de seus processos e o que gera mais lucro, em qualquer que seja a área, podendo ir desde a programação de produção até a colocação do produto no mercado. Para isso, deve-se seguir as fases de definição do problema e coleta de dados, formulação do modelo matemático para representar o problema, desenvolver o procedimento computacional a fim de derivar as soluções para o problema a partir do modelo, testar o modelo e ajustá-lo conforme necessidade, preparar a aplicação contínua do modelo e, por fim, implementá-lo em processo.

Para Arenales et al. (2007), a Pesquisa Operacional trata dos problemas de decisão e faz uso dos modelos matemáticos que procuram representar o problema real. Desta forma, conforme apresenta a figura 1, estas etapas seguidas corretamente é que irão auxiliar as tomadas de decisões das organizações para a maximização dos lucros e minimizações dos custos.

Figura 1: Processo de modelagem.



Fonte: Arenales (2007, p. 57).

Programação Linear

Considerada como uma das técnicas mais difundidas da Pesquisa Operacional, segundo Rodrigues (2014), a programação linear consiste em uma

técnica que pressupõe a relação linear entre as características do problema, buscando a melhor solução para a sua solução, em meio a todas as alternativas viáveis.

Para Martins (2011), a programação linear tem como principal objetivo encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares, sendo de grande aplicabilidade e simplicidade para a maximização do lucro ou minimização dos custos operacionais de uma organização.

Para a solução de um problema, por meio da programação linear, é preciso modelá-lo e identificar as variáveis de decisão, a função objetivo e as restrições. Nas variáveis de decisão temos todas as opções em um devido problema, sendo elas a dúvidas a serem tratadas para a solução do problema. Na função objetivo, temos a fórmula matemática desenvolvida que quantifica a solução deste problema. Nas restrições temos os limites físicos existentes sobre a solução deste problema. Desta forma, com a utilização destes 3 elementos principais, torna-se possível a solução de problemas por meio da programação linear.

Microsoft Solver Excel

Para a resolução de problemas de programação linear, temos no Microsoft Solver Excel, uma das ferramentas mais utilizadas em todo o mundo. Este programa permite vários tipos de simulações em uma planilha, apresentando a melhor solução, após a construção do modelo matemático com as variáveis de decisão, função objetivo e restrições, para a tomada de decisão que represente a maximização do lucro ou minimização dos custos operacionais.

Para Andrade (2002), o Solver calcula a melhor solução do problema, fazendo a análise com sensibilidade aos objetivos da organização.

LEAN MANUFACTURING

Em sistemas de produção sujeitos a desperdícios, a análise e melhora nos processos são de fundamental importância para o desenvolvimento e fortalecimento de uma organização, fazendo com que todas as metas estabelecidas em seus

indicadores de desempenho sejam superadas, conquistando a excelência operacional em seus processos e serviços. Para isso, é fundamental a utilização de uma metodologia adequada na definição das ineficiências de processos, bem como nas soluções de melhorias.

O Lean Manufacturing, também conhecido mundialmente como produção enxuta, tem como principal objetivo, segundo Womack e Jones (2004), identificar e eliminar os desperdícios, tendo como ponto de partida a agregação de valor. Este valor sendo determinado pelo cliente final, onde todas as suas necessidades devem ser atendidas pelas organizações, no menor prazo possível, no mais alto padrão de qualidade e no mais baixo custo.

Para a implementação do Lean Manufacturing torna-se necessário conhecer as demandas e desejos dos clientes, para que possam ser utilizadas as ferramentas adequadas em cada situação, sendo uma aplicação sustentável ao longo prazo, através da transformação na maneira de atuar, pensar e estruturar os processos, fluindo de forma mais eficiente, sem interrupções e sob demanda, mitigando os desperdícios e melhorando continuamente o sistema de produção. Uma atividade que não atenda as expectativas do cliente é considerada pelo Lean Manufacturing uma atividade que não agrega valor ao produto, representando apenas desperdícios.

Trabalho Padronizado

Para o atendimento da melhoria contínua, conforme apresenta o Sistema Toyota de Produção, a maneira mais indicada para alcançar a consistência no desempenho é o estabelecimento de processos, atividades e procedimentos padronizados.

Segundo Kishida, Silva e Guerra (2005), o trabalho padronizado pode ser definido pela clareza, escolha e utilização sistemática de um método padrão, que garanta o melhor desempenho. Não pode ser visto de forma isolada, mas sim ponto de partida para a melhoria contínua, direcionada a atividades executadas de forma padronizada, sempre na mesma sequência, método, tempo e com o menor nível de desperdício.

Para Liker & Meier (2007), apesar de o trabalho padronizado ser considerado uma base para o kaizen, ele não precisa ser considerado como a primeira ferramenta a ser implementada pelo Lean Manufacturing, já que existem alguns pré-requisitos antes da implementação da padronização. Assim sendo, os autores apresentam estes pré-requisitos da seguinte maneira:

1. A tarefa deve ser passível de repetição;
2. A linha e o equipamento devem ser confiáveis e o tempo de parada deve ser mínimo;
3. As divergências de qualidade devem ser mínimas, e os produtos devem ter defeitos reduzidos, sendo coerentes com os principais parâmetros.

O trabalho padronizado, conforme apresenta o Sistema Toyota de Produção, consiste em uma especificação detalhada para as ações e processos internos de uma organização, de forma a produzir sempre com o mínimo de perdas, no tempo adequado à demanda do cliente e com os mais baixos níveis de estoque. Assim sendo, para sustentar esta ideia, Denis (2008), apresenta três elementos fundamentais, que são:

1. Takt Time
2. Sequência do trabalho (Operações padrão)
3. Estoque padrão de processo.

Como formulários padrões a serem utilizados para definir o trabalho padronizado, com o objetivo de analisar e definir um processo e identificação de pontos de melhoria, Dennis (2008) apresenta três modelos, sendo:

1. Quadro de capacidade de produção
2. Tabela de combinação de trabalho padronizado
3. Diagrama padronizado

METODOLOGIA

O presente artigo classifica-se em sua natureza como pesquisa aplicada, já que foi realizado um estudo prático sobre a implementação da Pesquisa Operacional e Trabalho Padronizado em uma linha de montagem de assentos de uma indústria automotiva. No procedimento da pesquisa, enquadra-se como estudo de caso, pois analisa a linha de montagem como objeto de estudo para aplicação da Pesquisa

Operacional, com a abordagem de avaliar a melhor configuração de produção para maximização do lucro, e do Lean Manufacturing, com a abordagem de sustentar e ampliar estes resultados.

De acordo com os objetivos específicos, foi desenvolvido um modelo matemático, com o auxílio da ferramenta do *Solver Microsoft Office Excel*, para visualização da melhor configuração de mix de produção e, em seguida, realizado um levantamento dos principais indicadores da organização para a aplicação da ferramenta do trabalho padronizado, a fim de apresentar os resultados alcançados com a interação destes dois modelos teóricos.

A BR Corporation, cujo nome fictício representa a empresa objeto desse estudo, é líder do mercado de assentos (bancos) e sistemas elétricos (chicotes) da indústria automotiva, sendo modelo de qualidade para seus clientes e fonte geradora de produtos inovadores e de alta tecnologia.

A unidade de Pernambuco da BR Corporation está localizada na cidade de Goiana, produzindo aproximadamente 1.000 kits de assentos por dia, em 3 turnos de produção. Em seu parque industrial, possui atividades que vão desde o processo de enfiar e corte de tecidos e couros, passando por células de costuras e injeções de espumas, até a montagem final do produto e envio ao cliente.

Esta unidade é responsável pela maior complexidade de produção de todas as demais unidades da BR Corporation, produzindo os mais variados tipos de bancos automotivos em uma única linha de montagem. Esta capacidade de produzir ao mesmo tempo uma variedade significativa de mix de produtos faz com que o processo desta organização seja um exemplo para as demais empresas do grupo.

Para a formulação do problema, definiu-se trabalhar com o mix de produção dos produtos da BR Corporation, considerando a linha de montagem de assentos como área de aplicação. Hoje, o mix de produção, composto por 3 produtos, sendo PA, PB e PC respectivamente, é uma dos principais limitantes da linha de montagem, já que como a linha é compartilhada e há particularidades para cada tipo de produto, qualquer programação que não considera a média mínima aceitável, poderá gerar gargalos de produção, impacto pela não entrega do produto ao cliente, além de desperdícios no processo. Na linha de montagem, através do *takt time* definido, são considerados no máximo 49 bancos por hora, somada a produção dos 3 produtos.

Na visão da Pesquisa Operacional, através do modelo matemático a ser criado, será avaliado a melhor configuração do mix de produção, não só para orientação de programação de produção, mas também para direcionar qual o melhor cenário para maximização do lucro e minimização dos custos.

Na visão do Lean Manufacturing, com a aplicação da ferramenta do trabalho padronizado, após definição do melhor cenário de mix de produção, temos o objetivo de sustentar e ampliar os ganhos da organização, por meio da eliminação dos desperdícios, dimensionamento de mão de obra e equipamentos, e melhor organização do arranjo físico para melhorar o índice de atividade que agregam valor.

Desta forma, a questão deste trabalho é o de identificar uma solução ótima para os resultados tangíveis com a interação da Pesquisa Operacional e do Lean Manufacturing, através da aplicação prática da programação linear e trabalho padronizado, visando a maximização do lucro da organização e a eliminação dos desperdícios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Contexto e aplicação do modelo matemático da Pesquisa Operacional

A linha de montagem é o processo de maior complexidade da BR Corporation. Alinhar a demanda do cliente, o abastecimento do estoque intermediário e as particularidades e restrições da linha de produção não é uma tarefa fácil.

Atualmente a área de planejamento e controle de produção da BR Corporation utiliza a média de puxada do cliente para manter o estoque intermediário e programar a linha de produção. Este racional, muitas vezes não está alinhado ao desejo da organização de sempre buscar a maximização de lucro e minimização dos custos.

Após vários cenários considerados internamente para alinhar a melhor programação, atendendo os requisitos internos e externos, foi validado através do modelo matemático a ser apresentado abaixo, a melhor configuração do mix de produção para manufatura dos 3 tipos de produtos existentes na BR Corporation. Na tabela 1, temos as informações consideradas na validação do modelo matemático:

Tabela 1: Informações para validação do modelo matemático

	PRODUTO A	PRODUTO B	PRODUTO C
LUCRO	R\$ 1.000	R\$ 1.000	R\$ 1.800
ASSENTOS/HORA	14,00	15,00	20,00
SEG DISP/HORA	1.044	1.101	1.454

Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Com base nestas informações, tivemos como a função objetivo, para maximizar o lucro da empresa, a fórmula abaixo:

$$\text{FO: } 1.000 x_1 + 1.000 x_2 + 1.800 x_3$$

Para as restrições consideradas, temos:

1. O somatório de assentos por hora, para os 3 produtos, não podem ser maiores que 49 assentos / hora:

$$14 x_1 + 15 x_2 + 20 x_3 \leq 49$$

2. Cada produto tem que respeitar, no mix ponderado, o seu tempo máximo de produção por segundo para 1 hora de produção:

$$x_1 \leq 1.044 \text{ seg}$$

$$x_2 \leq 1.101 \text{ seg}$$

$$x_3 \leq 1.454 \text{ seg}$$

Com base nestas informações e por meio da ferramenta *Solver* do *Microsoft Office Excel* foi possível calcular o modelo matemático e validá-lo para a melhor configuração de mix de produção a ser considerado. Na tabela 2 temos a representação do estudo realizado, sendo:

Tabela 2: Cálculo do modelo matemático pelo *Solver*

VARIÁVEL	X1	1				
	X2	1				
	X3	1				
LUCRO 1	R\$ 1.000		PRODUZIR 1 UN PRODUTO A			
LUCRO 2	R\$ 1.000		PRODUZIR 1 UN PRODUTO B			
LUCRO 3	R\$ 1.800		PRODUZIR 1 UN PRODUTO C			
FUNÇÃO OBJETIVO	3800					
RESTRIÇÕES	X1	X2	X3	<=	B	FÓRMULA
ASSENTOS/HR	14	15	20	<=	49	49
PROD A SEG	1			<=	1044	1
PROD B SEG		1		<=	1101	1
PROD C SEG			1	<=	1454	1
SEG	887	936	1236	<=	3600	3059

Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

Diante de todos os cenários e modelos calculados, tivemos no racional apresentado a melhor distribuição de mix de produção, respeitando os requisitos mínimos do cliente e da própria produção da linha de montagem. Neste racional podemos concluir que na linha de montagem devem ser produzidos, na sequência, 1 assento de cada produto. Isto faz com que a linha esteja com 85% de ocupação (segundos necessários / segundos da restrição) e com um lucro de R\$. 3.800 a cada montagem de 3 assentos, sendo 1 de cada produto.

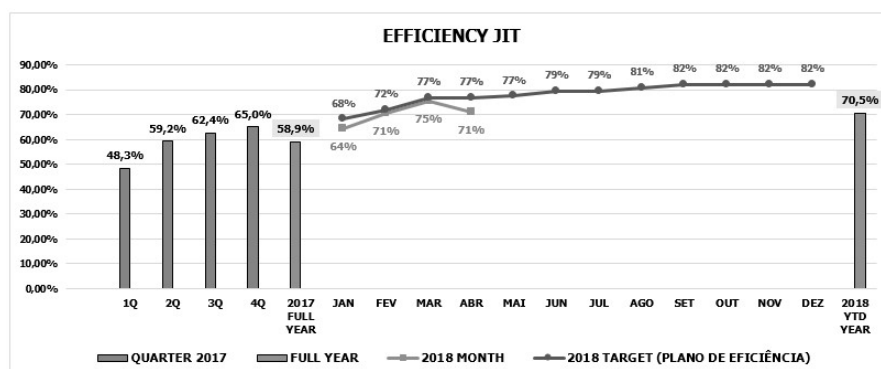
Sabe-se que outras variáveis inseridas no ambiente produtivo como abastecimento de matéria-prima, absentismo de mão de obra, entre outros, podem impactar no sequenciamento dos produtos, mas fica neste modelo matemático a melhor distribuição e sequência de produtos na linha de montagem, visando o aspecto de maximização do lucro e minimização dos custos de produção.

Contexto e aplicação da ferramenta do Trabalho Padronizado

Após a implementação da Pesquisa Operacional, com a avaliação e definição do melhor sequenciamento de produção a ser considerado para o melhor resultado em lucro para a organização, temos através da metodologia do Lean Manufacturing e utilização da ferramenta do trabalho padronizado uma aplicação prática para sustentar e ampliar os resultados apresentados pelo modelo matemático.

Inicialmente, foi realizado o levantamento dos principais indicadores da linha de montagem, onde se observou que a eficiência estava consideravelmente abaixo do que é planejado pela organização.

Gráfico 1: Eficiência da linha de montagem (Antes)

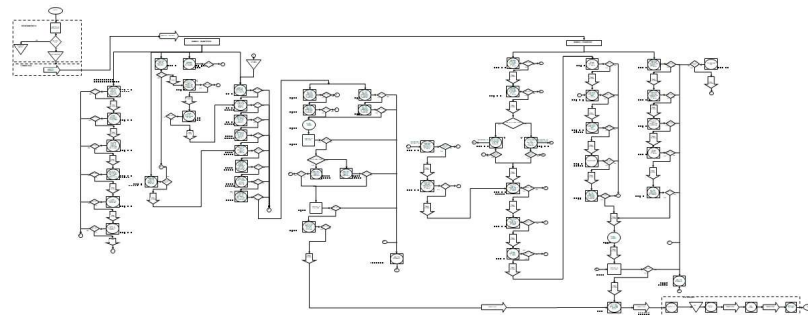


Fonte: Dados da Pesquisa (2020).

No gráfico 1 é possível observar que a eficiência do ano anterior foi de 58,9%, abaixo da meta esperada de 82%, e que também a média do 1º trimestre do ano correspondente estava em 70,5%.

Em seguida, através da análise do diagrama de fluxo e balanceamento operacional, para condição anterior de programação e falta de controle dos mix de produtos, foi observado um desbalanceamento e baixa saturação dos operadores em determinados postos de trabalho. Alguns operadores estavam com saturação de 53% à 66%, impactando diretamente no resultado de eficiência.

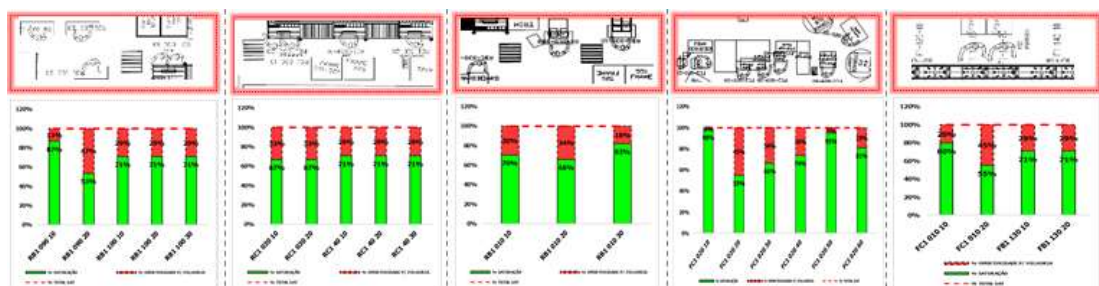
Figura 2: Diagrama de fluxo da linha de montagem.



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Na figura 2 foi possível entender todo o fluxo interno da linha de montagem e visualizar as oportunidades de melhoria, seja na aproximação das atividades para minimizar os deslocamentos, como também na organização do arranjo físico permitindo um melhor fluxo de entrada e saída de material.

Figura 3: Balanceamento Operacional (Antes).



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Na figura 3 foi realizada a análise do balanceamento operacional, e para condição do momento em que foi realizado o estudo, foi verificado que em 5 principais atividades, os operadores estavam com baixa saturação, conforme visualizado pelas barras do gráfico em vermelho, e conseqüentemente impactando diretamente na eficiência da linha de montagem.

Com o entendimento destas informações e ineficiências do processo, foi possível realizar uma análise detalhada de todo o processo, para a implementação do trabalho padronizado, como alternativa a eliminação dos desperdícios e movimentações de valor não agregado, resultando em melhor eficiência para o processo.

A racional utilizado para a sequência de implementação do trabalho padronizado e melhorias em processo, estão listados abaixo, sendo:

1. Quadro de capacidade de produção

Nesta etapa, foi realizado o novo cálculo do takt time da linha de montagem, através da melhor configuração de mix de produção visto no modelo matemático da Pesquisa Operacional.

a) Total de segundos por dia = 74.700 segundos

b) Volume de produção/dia = 1.000 assentos

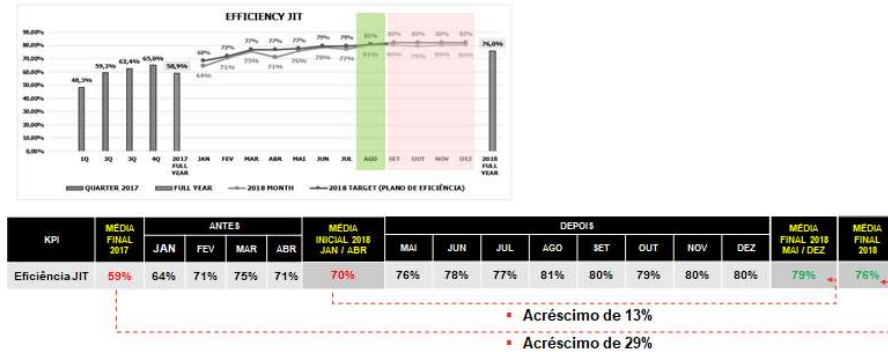
Takt time (a / b) = 74,7 seg.

Nesta condição, sendo produzido 1 produto de cada vez, temos que a cada 74,7 segundos deverá ser produzido 1 assento.

2. Tabela de combinação de trabalho padronizado

Na tabela combinada foi avaliada a combinação de tempo de atividade manual, incluindo o deslocamento e o tempo de processamento do equipamento para cada operador existente na sequência operacional.

Figura 5: Eficiência da linha de montagem (Depois).



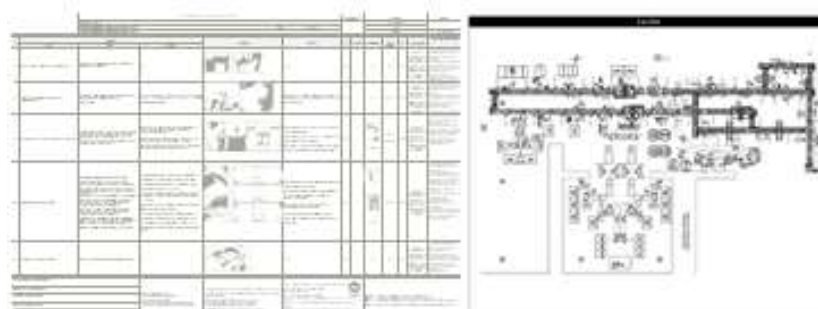
Fonte: Dados da pesquisa (2020)

3. Diagrama padronizado.

Nesta última etapa, foi apresentada a organização o diagrama padronizado de todo o estudo implementado, com o quadro de movimentações dos operadores e a posição de material em relação ao equipamento e processos. Neste documento, tivemos a consolidação dos 3 elementos do trabalho padronizado, ou seja, o takt time, a sequência de trabalho e a quantidade de estoque padrão exigida por atividade, conforme apresenta a figura 6.

Estas informações são as condições básicas para os líderes de produção seguirem com a melhor configuração de manufatura, seja na distribuição dos operadores por posto de trabalho, como também o ritmo a ser considerado e o estoque mínimo para alcançar a meta estabelecida, garantindo atividades de agregação de valor de forma padronizada, sem desperdícios e com o máximo de eficiência.

Figura 6: Diagrama padronizado (modelo padrão da organização).



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo, através de seu desenvolvimento teórico e aplicação prática, foi apresentar os resultados tangíveis com a aplicação e interação da Pesquisa Operacional e a metodologia do Lean Manufacturing através da ferramenta do Trabalho Padronizado, seguindo por base quatro objetivos específicos que resultaram nas seguintes constatações:

Em relação ao primeiro objetivo específico, no qual foi desenvolvido um modelo matemático, por meio dos conceitos da programação linear e ferramenta do *Solver Microsoft Office Excel*, foi possível validar e visualizar a melhor configuração do mix de produção para o cenário de produção de uma linha de montagem de assentos automotivos, sendo estes o melhor direcionador para a maximização dos lucros e minimização dos custos da operação. Nesta base, foi definido que a produção sequenciada e alternada de 1 produto por vez, respectivamente produto A, B e C, é a melhor configuração de mix para os resultados da organização.

Em relação ao segundo objetivo específico, onde após a aplicação do modelo matemático foi possível identificar o melhor mix de produção, foi realizado um levantamento dos principais indicadores da organização, para entender as oportunidades e potenciais ainda existentes para sustentar e ampliar os resultados inicialmente confirmados pela Pesquisa Operacional. Nesta análise, foi verificado que a eficiência era o principal indicador de produção, com média de 58,9% comparado ao ano anterior, para uma meta de 82%.

Em relação ao terceiro objetivo específico, foi aplicada a ferramenta do trabalho padronizado, seguindo a sequência teórica definida pela metodologia, com a análise e melhorias dos quadros de capacidade de produção, tabela de combinação de trabalho padronizado e diagrama padronizado. Estes foram os 3 elementos considerados para a implementação estruturada da ferramenta, sustentando as iniciativas para melhorar o desbalanceamento da linha, redistribuição de atividades e aumento da saturação dos operadores, garantindo o melhor fluxo, eliminando os desperdícios e aumentando a eficiência.

Em relação ao quarto objetivo específico, foi possível evidenciar os resultados alcançados através do comparativo dos indicadores entre o antes e depois da aplicação da Pesquisa Operacional e Lean Manufacturing. Na visão da Pesquisa

Operacional foi possível validar a melhor tomada de decisão, garantindo um lucro de R\$3.800 a cada 3 assentos produzidos, sendo 1 produto de cada vez. Na visão do Lean Manufacturing e Trabalho Padronizado, foi possível aumentar a eficiência em 29%, mantendo picos de resultado dentro do mês de 81% na média. Estes resultados jamais foram vistos em 5 anos de atividade desta unidade da BR Corporation.

Portanto, com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que a interação e aplicação da Pesquisa Operacional e Lean Manufacturing é de significativa importância para a maximização dos lucros e minimizações dos custos da organização, alcançando resultados tangíveis em suas aplicações.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. DE. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. 3. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2000, 2002.

ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horácio. **Pesquisa Operacional para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

COLIN, Emerson C. **Pesquisa Operacional, 170 aplicações em estratégia, finanças, logísticas, produção, marketing e vendas**. São Paulo: LTC, 2007.

DENNIS, Pascal. **Produção Lean Simplificada: Um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. Tradução: Rosalia Angelita Neumann Garcia – Porto Alegre: Bookman, 2008

HILLIER, Frederick S **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH Bookman, 2010.

KISHIDA, Marino; SILVA, Adriano Henrique; GUERRA, Ezequiel. **Benefícios da Implementação do Trabalho Padronizado na ThyssenKrupp**. 2005. Disponível em <<http://www.lean.org.br>>. Acesso em 11 mar. 2020

LIKER, Jeffrey K; MEIER, David P. **O Modelo Toyota: Manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução a Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró Reitoria de Graduação, 2011.

ROGRIGUES, Luis Henrique; AHLERT, Fabiano; LACERDA, Daniel Pacheco; CAMARGO, Luis Felipe Riehs; LIMA, Pedro Nascimento. **Pesquisa Operacional – Programação Linear Passo a Passo**. Rio Grande do Sul: Unisinos, 2014.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas Lean Thinking: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**. 5. ed. Campus, Rio de Janeiro, 2003.