

APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE FLUXO CONTÍNUO E BALANCEAMENTO EM UMA LINHA DE MANUFATURA DE RESERVATÓRIOS DE AR PARA CAMINHÕES

Vanderlei Giovanni Benetti^{1*}, Bruna Tolino Chaves², Fabrício Carlos Schmidt³

^{1,3} Programa de Pós-Graduação em Eng. de Produção e Sistemas, Universidade do Vale Do Rio Dos Sinos - Unisinos, São Leopoldo, Brasil.

*E-mail: guego_benetti@hotmail.com

Recebido em: 17/09/2020

Aceito em: 06/11/2020

DOI: 10.17058/tecnolog.v2i0.15761

RESUMO

A Manufatura Enxuta utilizada como estratégia de produção nas organizações vem ganhando destaque desde a popularização do termo *Lean* a partir do início da década de 90. Neste contexto, este trabalho aborda a aplicação de conceitos de fluxo contínuo e balanceamento em uma linha de produção de reservatórios de ar para caminhões, com o intuito de melhorar a produtividade. A abordagem proposta partiu do Mapeamento do Fluxo de Valor dos produtos, coleta de dados dos processos e análise detalhada das atividades e elementos de trabalho executados pelos operadores durante a fabricação, para a definição de propostas de layout e criação de células de produção com melhores combinações de balanceamento. A aplicação das mudanças possibilitou uma redução na ociosidade de 21% para 15%, gerando uma melhoria de produtividade de 39,4%, a partir redução de 33% na necessidade de total horas trabalhadas.

Palavras-chave: Produção Enxuta. Produtividade. Fluxo Contínuo.

1 Introdução

A Manufatura Enxuta (ME) ou *Lean Manufacturing*, termo dado ao Sistema Toyota de Produção (STP) após a publicação do livro *A Máquina que Mudou o Mundo* em 1990 por Womack, Jones e Roos, vem se popularizando e sendo adotada como uma prática concreta para se alcançar a excelência operacional e com

isto atingir outros patamares em termos de custos, preço e competitividade em um mercado cada vez mais acirrado. Porém a implantação do STP, feita inicialmente pelo princípio dedutivo da tentativa e erro precisou de mais de 20 anos para ser completada na Toyota Motor Company até vir a ser seguida como uma filosofia de trabalho. Novos conceitos foram utilizados e amplamente divulgados como fórmulas passíveis de repetição em

qualquer empresa, como *kanban*, *takt time*, operação padrão, troca rápida de ferramentas, layout celular, multifuncionalidade, nivelamento da produção, manutenção produtiva total (TPM), 5S, entre outros. A adequação deste sistema de produção as demais empresas e as dúvidas quanto à necessidade de adaptações para se extrair os melhores resultados acabaram vindos à tona com o passar dos anos [1].

O desenvolvimento do fluxo contínuo e a criação de células de produção mais eficientes talvez seja a prática mais utilizada quando se fala em implantação da manufatura enxuta, uma vez que esta metodologia possibilita a redução rápida do *lead time* de produção melhorando assim os resultados da empresa.

Neste contexto, a questão central da pesquisa é entender de forma prática em uma indústria do setor metalmeccânico o quanto a aplicação de conceitos de fluxo impacta nos resultados de uma linha de produção em curto prazo, e quais são os fatores que devem ser considerados para o sucesso da implantação da metodologia e sustentabilidade dos resultados.

1.1 O Sistema Toyota de Produção

O Sistema de Produção da Toyota ou a Manufatura Enxuta teve seu surgimento no Japão a partir da necessidade de se reestruturar a forma da empresa produzir após o fim da guerra no ano de 1945 [2].

Standard e Davis [3] salientam que a Toyota, apesar de ser a maior fabricante de automóveis do Japão ao final da Segunda Guerra Mundial, ainda estava muito atrás das montadoras ocidentais em termos de capacidade de produção. Enquanto na Europa e Estados Unidos as empresas automobilísticas possuíam

veículos padronizados possibilitando a produção em massa destes modelos, no Japão havia a necessidade de se fabricar diferentes tipos de automóveis, isto forçou a empresa a desenvolver métodos diferentes que possibilitassem atender a esta realidade e ainda se manter competitiva frente às demais montadoras. Segundo Corrêa e Corrêa [2], a Toyota percebeu que a produtividade na sua fábrica era nove vezes menor do que nas empresas ocidentais e a partir disto perceberam que estavam desperdiçando algo dentro da produção, este foi o impulsionador para o desenvolvimento do STP, posteriormente chamado de Manufatura Enxuta (ME), e possui como objetivo básico a identificação e eliminação de desperdícios. Segundo Womack e Jones [4], Shingo classificou estes desperdícios em sete categorias: superprodução, espera, transporte excessivo, processo desnecessário, estoques, movimentação, produtos defeituosos e o desperdício de criatividade e conhecimento, este oitavo sugerido por Liker em 2004.

A Figura 1 demonstra o modelo do STP como uma estrutura, tendo como propósitos principais a melhoria da qualidade, segurança e moral de seus colaboradores, e a redução de custos e *lead time*. O fluxo contínuo e demais conceitos aplicados ao pilar Just-in-Time representam apenas uma parte desta estrutura que para funcionar adequadamente precisam das demais, isto denota a importância de diferenciar a implantação de ferramentas isoladas da produção enxuta, com um sistema robusto que envolve vários aspectos da manufatura [5].



Figura 1 – Casa do Sistema Toyota de Produção [5].

Segundo o Ferro [6] a produção enxuta também pode ser definida como “um sistema de negócios para organizar e gerenciar o desenvolvimento de produtos, operações, fornecedores e relações com o cliente. A produção *lean*, em comparação com a produção em massa, requer menos esforço humano, menos espaço, menos capital e menos tempo para fabricar produtos com menos defeitos de acordo com as especificações precisas dos desejos dos clientes”.

1.2 Mapeamento de fluxo de valor

Após a publicação do modelo Toyota e, principalmente, após a sua expansão como *Lean Manufacturing*, as organizações passaram a tentar implantar e repetir o mesmo sucesso obtido, para isto a maioria das organizações utiliza-se em um primeiro momento de ferramentas para facilitar o desenvolvimento do seu próprio sistema de produção, a ferramenta inicial a ser utilizada é o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV).

Segundo Werkema [7] o Mapeamento de Fluxo de Valor é uma ferramenta que documenta e apresenta visualmente a sequência e a dinâmica das informações, materiais e atividades que

compõem o fluxo de valor de uma empresa. O mapeamento significa seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e de forma cuidadosa desenhar uma representação visual de cada processo nos fluxos de materiais e de informações para então, identificar a existência dos desperdícios, analisar causas e propor um mapa do estado futuro melhorado [8].

Segundo Rother e Shook [8] para se elaborar o mapa de fluxo de valor é fundamental a definição de algumas métricas *lean* exemplificadas abaixo:

- Tempo de ciclo: a frequência com que uma peça ou produto é realmente completada em um processo, cronometrada como observado. Também o tempo que o operador leva para percorrer todos os seus elementos de trabalho antes de repeti-los;
- Tempo de agregação de valor: tempo dos elementos de trabalho que efetivamente transformem o produto de uma maneira que o cliente esteja disposto a pagar;
- Lead time*: o tempo que uma peça leva para se mover ao longo de todo um processo ou um fluxo de valor, do início ao fim. Também pode ser chamado de tempo de atravessamento.

O ponto inicial ao Mapeamento de Fluxo de Valor é a classificação dos produtos em famílias de similaridade; este agrupamento de diversos produtos serve para simplificar a realidade e possibilitar a avaliação das etapas. O mapeamento é uma ferramenta que além de identificar o fluxo de valor pode determinar em que ponto o *kaizen* de fluxo ou de processo é apropriado, sempre tendo como premissa a redução do *lead time* para a fabricação de forma mais rápida e eficiente [6].

1.3 Fluxo Contínuo e o Balanceamento da Produção

A criação do fluxo contínuo é o objetivo principal da produção enxuta, e tem como premissa a redução do *lead time* de fabricação. O ponto inicial para a identificação da possibilidade de implementação do fluxo contínuo é o mapa de fluxo de valor do estado atual. O projeto do fluxo tem início com a análise da demanda de pedidos do cliente e definição do ritmo de produção da célula [8].

O ritmo de produção é definido pelo tempo *takt*, que é a velocidade na qual os clientes solicitam os produtos acabados, é determinado pela divisão do tempo total disponível de produção por turno, pela necessidade do cliente. A Equação 1 indica o cálculo do takt time.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo de trabalho disponível por turno}}{\text{Demanda do cliente por turno}} \quad (1)$$

Após a definição do ritmo, estudo detalhado dos elementos de trabalho de cada atividade realizada pelos operadores o próximo passo é a visualização do balanceamento destas atividades. A ferramenta utilizada para isto pode ser o gráfico de balanceamento do operador (GBO), que ilustra a distribuição de trabalho entre os operadores em relação do tempo *takt* da célula [9].

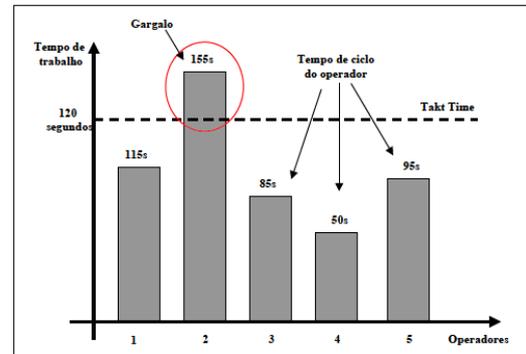


Figura 3 – GBO – Gráfico de balanceamento do operador [9].

Segundo Rother e Shook [8] a possibilidade de fluxo contínuo ocorrerá quando os tempos de ciclo dos operadores estiverem balanceados em relação ao tempo *takt* definido pelo cliente, as alterações no arranjo físico e layout devem ser feitas para possibilitar tal balanceamento, com isto realizado, a redução de ociosidade dos operadores e *lead time* será uma consequência, assim como a redução de outros desperdícios como movimentação, tempos de espera, acúmulos de estoques e peças defeituosas entre os processos devido a gargalos e produção em lotes. O projeto de fluxo e balanceamento parte da informação de referência do número de operadores necessários para o atendimento da demanda do cliente, calculado pela divisão entre a soma do conteúdo total de trabalho pelo tempo *takt*. O número de operadores foi calculado através da Equação 2.

$$\text{Nº de operadores} = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \text{Conteúdo total de trabalho}}{\text{Takt time}} \quad (2)$$

Segundo Slack et al. [10], a decisão mais importante durante o projeto de um arranjo físico e fluxo está relacionada ao balanceamento de linha. O ideal para toda linha de produção seria que as atividades desempenhadas pelos operadores alcançassem o tempo *takt* em sua totalidade, não gerando assim desperdícios de

espera, ociosidade e trancamentos no fluxo de material, porém, esta condição é impossível de ser concretizada na maioria das linhas de diferentes organizações. A eficácia da atividade de balanceamento de linha é medida pelo que se chama de perda de balanceamento, que se refere ao tempo desperdiçado por meio da alocação desigual de trabalho como porcentagem do tempo total investido no processamento de um produto ou serviço.

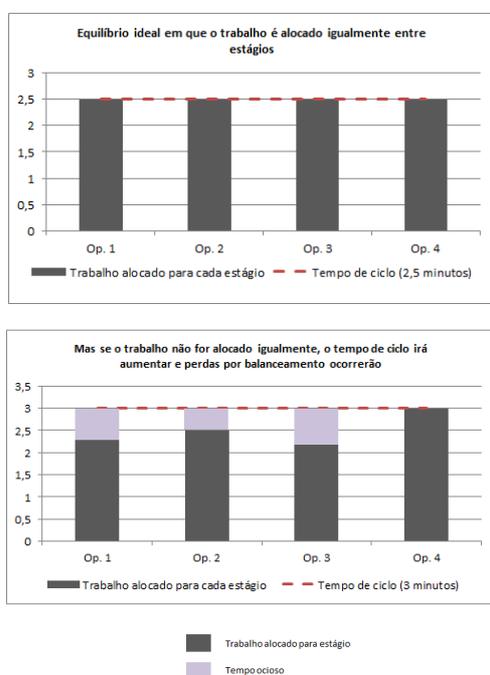


Figura 4 – Perda por balanceamento, adaptado de Slack et al. [10].

Para o cálculo do percentual de perda por balanceamento, divide-se a soma dos tempos ociosos das operações pelo tempo *takt* multiplicado pelo número total de operações, conforme a Equação 3.

$$\% \text{ Perda} = \left(\frac{\text{Tempo takt} \cdot (\text{total de operações}) - \sum_{i=1}^{\infty} \text{Tempos de ciclo}}{\text{Tempo takt} \cdot (\text{total de operações})} \right) * 100 \quad (3)$$

Por fim, deve-se considerar a padronização dos processos, através de sua documentação formal. Trata-se de informações na forma de texto ou gráfica, objetivando esclarecer as relações entre as atividades, pessoas, informações e objetivos em um determinado fluxo de trabalho [11]. O trabalho padrão, para Almeida [12], consiste no estudo do trabalho de um operador para se desenvolver procedimentos baseados no tempo *takt* em que os produtos devem ser produzidos para atender a demanda dos clientes, a sequência exata em que o operador deve realizar suas tarefas para atender ao planejado e na avaliação da quantidade de estoque em processo que se pode ter neste conjunto de atividades.

1.4 Capacidade de Produção, Utilização e Eficiência

Os esforços para se conquistar o fluxo contínuo pleno está além da redução de desperdícios e custos de produção, em alcançar a capacidade de produção prevista para a linha ou célula. A capacidade de produção, conforme definido por Peinado e Graeml [13], é a quantidade máxima de itens produzidos na linha de montagem em um determinado intervalo de tempo; a determinação da capacidade necessita da identificação do tempo da operação gargalo e o período disponível para avaliação.

A capacidade pode ser dividida em duas classificações: a capacidade de projeto e capacidade efetiva. A capacidade de projeto se resume em multiplicar o tempo de ciclo da operação gargalo da célula pelo tempo em operação, já a capacidade efetiva desconta do tempo total de operação paradas necessárias como por exemplo troca de ferramentas, execução de manutenções preventivas e problemas de programação, a capacidade restante é denominada de capacidade efetiva da operação [10] (Equação 4).

$$\text{Capacidade de produção} = \frac{\text{Tempo disponível no período}}{\text{Tempo do processo gargalo}} \quad (4)$$

A relação entre o volume de produção real e a capacidade de projeto fornecerá o percentual de utilização da linha de produção (Equação 5).

$$\text{Utilização} = \frac{\text{Volume de produção real}}{\text{Capacidade de projeto}} \quad (5)$$

Já a divisão do volume de produção real pela capacidade efetiva fornecerá a eficiência da operação (Equação 6).

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Volume de produção real}}{\text{Capacidade efetiva}} \quad (6)$$

2 Metodologia de Pesquisa e Método de Trabalho

A metodologia utilizada, baseada em Dennis [14], consiste em avaliar os elementos de trabalho na manufatura, a partir do Mapeamento de Fluxo de Valor, com o objetivo principal de melhorar a produtividade. O estudo e aplicação do método foi realizado em uma Linha de Manufatura de Reservatórios de Ar para Caminhões, em uma empresa metalmecânica, localizada no interior do estado do Rio Grande do Sul.

A metodologia aplicada é baseada em três macro etapas, sendo I) mapeamento de fluxo de valor atual, II) mapeamento de fluxo de valor futuro e III) balanceamento de produção, conforme detalhamento no Quadro 1. Uma vez esclarecidos os elementos padrões, buscou-se um entendimento mais aprofundado do conceito, descrevendo todas as atividades em termos de seu conteúdo, sequência, tempo e resultados esperados.

Quadro 1 – Detalhamento do método utilizado.

Etapas	Saídas	Premissas
Etapa 1	Mapeamento de Fluxo de Valor Atual	Levantamento de dados
		Análise dos elementos de trabalho
		Cálculo de GBO e <i>takt</i> atual
Etapa 2	Mapeamento de Fluxo de Valor Futuro	Análise e levantamento de oportunidades
		Criação do plano de melhorias
		Cálculo de GBO e <i>takt</i> futuro
Etapa 3	Balanceamento da Produção	Instruções de Trabalho Padronizado
		Definição de layout
		Qualificação da Equipe

3 Resultados e discussões

A linha de produção escolhida para o trabalho é responsável pela fabricação de reservatórios de ar para o sistema de freios de caminhões e ônibus. Esta linha de produção possui, ao todo, trinta e três modelos diferentes de produtos, com variações de comprimento, diâmetro e volume. A Figura 5 abaixo representa o produto analisado.

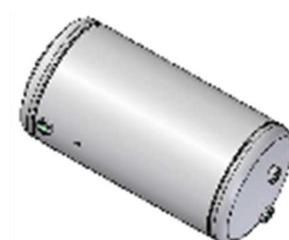


Figura 5 – Reservatório de ar

Na célula objeto do estudo, estão presentes os processos de estampagem da furação do blank do corpo do reservatório, calandragem, solda longitudinal automatizada, robô para soldagem das conexões nas furações do produto, perfiladora para

a conformação do perfil das calotas, embutimento dos componentes e solda circunferencial automatizada.

A atividade inicial do trabalho consistiu na filmagem de todas as operações da linha e análise detalhada dos elementos de

trabalho realizados pelos operadores, ajustes, regulagens e movimentações a cada ciclo de produção. O Quadro a seguir demonstra um exemplo de atividades executadas durante o processo de embutimento com alguns elementos de trabalho.

Quadro 2 – Elementos de trabalho do processo de embutimento.

Item	código	imagem	Pegar calotas na esteira / calha	Levar calotas até o embutimento	Posicionar calotas nas placas	Deslocamento até a esteira buscar corpo	Pegar corpo na esteira / calha	Levar corpo até o embutimento	Posicionar corpo no embutimento	Fechar abraçadeiras do corpo	Embutir peça	Soltar abraçadeiras do corpo
1	12.0003159811.9		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
2	12.0020948173.9		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
3	12.0020948174.7		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
4	12.0020948175.5		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
5	12.0020948176.3		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
6	12.0020415540.0		1,68	2,22	5,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,21	0,00
7	12.0021439421.0		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
8	12.0021187782.2		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
9	12.0021187789.0		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08
10	12.0021187791.1		1,68	2,22	5,72	2,15	1,76	2,12	1,26	4,18	17,21	3,08

Após o levantamento de tempos de ciclo de cada operação da linha, foram levantados também, dados de disponibilidade de produção de cada processo, tempos de setup, quantidade de estoque entre cada etapa e demanda futura de cada modelo de produto.

A liderança da área foi reunida para realização de treinamento sobre os conceitos de manufatura enxuta, Mapeamento de Fluxo de Valor e fluxo contínuo e trabalho padronizado. Durante o treinamento, foram analisadas todas as etapas de fabricação e elaborado o mapa de fluxo de valor correspondente ao estado atual, conforme Figura 6 abaixo.

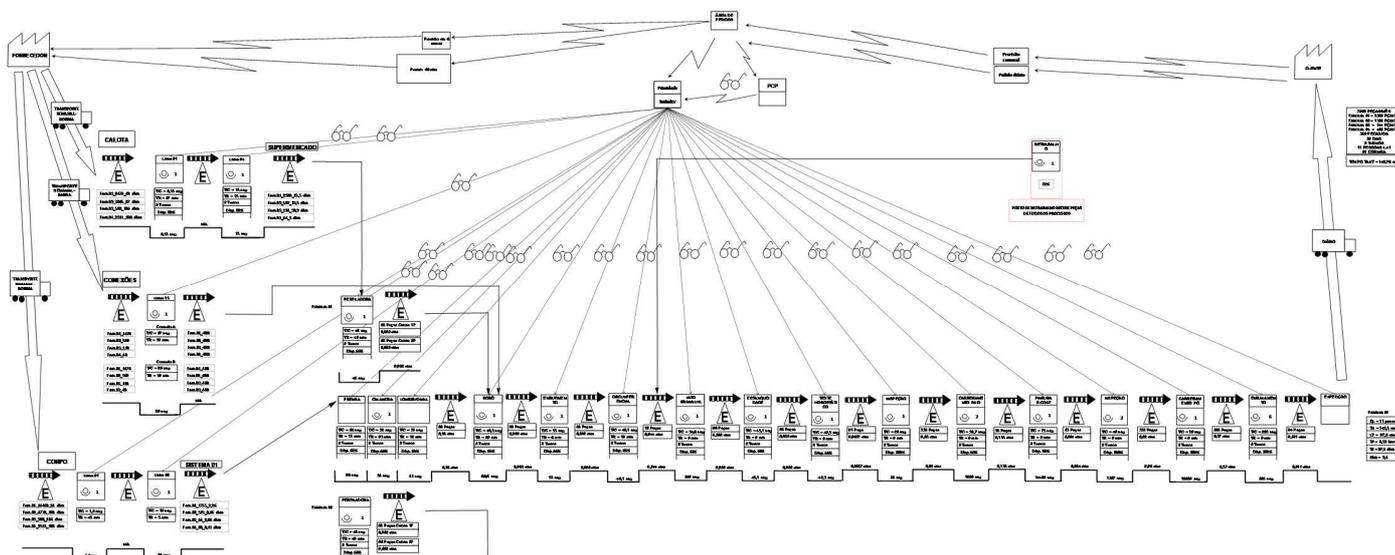


Figura 6 – Mapa de fluxo de valor do estado atual.

A célula inicialmente avaliada foi a correspondente aos processos de conformação e solda mostrada na Figura 7. Acompanhando a produção foi possível observar que a alocação de trabalho aos operadores não era balanceada, a disposição dos operadores em cada posto, as atividades executadas por cada um e o arranjo físico das máquinas favoreciam o desbalanceamento e ociosidade.

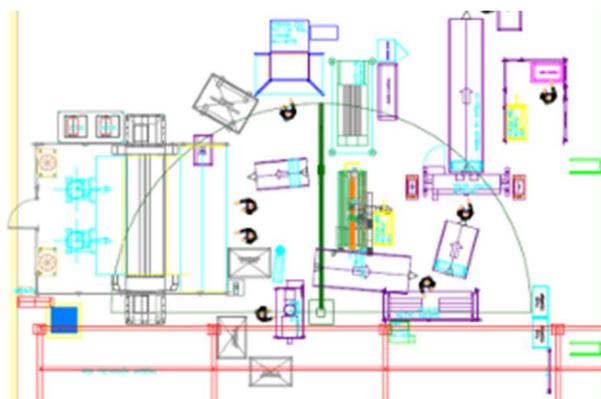


Figura 7 – Layout da célula antes das alterações.

Tendo-se concluído a análise dos elementos de trabalho, elaborou-se o gráfico de balanceamento dos operadores da condição atual para comparação com o tempo *takt*, calculado em função da demanda total de produtos e do tempo disponível para produção em um turno. O GBO da situação atual demonstrou a condição evidenciada na prática, com os tempos de cada operação bastante divergentes e distantes do *takt* solicitado pelos clientes, gerando ociosidade. Utilizando o método sugerido por Slack et al. [10], calculou-se que o padrão de trabalho atual representava uma perda por balanceamento de 21% a cada ciclo de peça.

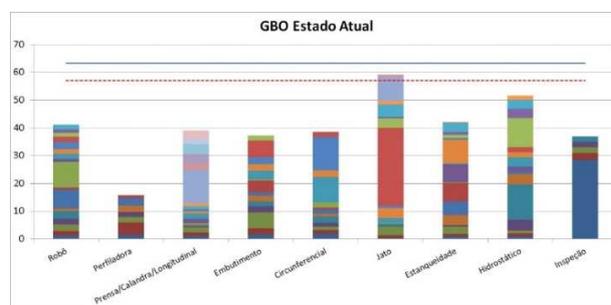


Figura 8 – Gráfico de balanceamento dos operadores – Situação atual.

O desbalanceamento das operações e a ausência de ritmo de produção aos operadores acabam gerando desperdícios inevitáveis, como, por exemplo, tempo de espera aguardando material das operações anteriores ou, em alguns casos, acumulando estoques desnecessários entre os processos. A Figura 9 mostra um exemplo de acúmulo de estoque intermediário devido às diferenças de tempos entre as atividades.



Figura 9 – Exemplo de acúmulo de estoques entre os processos.

Constatando-se a necessidade de melhorar a produtividade da linha, a iniciativa seguinte foi reavaliar os elementos de cada operação e sugerir mudanças no conteúdo de trabalho dos operadores, com o intuito de balancear o tempo total a cada ciclo entre todos da equipe. O primeiro passo foi calcular o número de operadores necessários conforme sugerido por Rother e Harris [15], o qual mostrou a necessidade de 8 pessoas para atendimento a demanda de vendas; esta informação serviu de base para a redefinição do trabalho padronizado. Esta análise denotou a necessidade de mudanças no layout para possibilitar a redução de movimentações, e a multifuncionalidade dos operadores, executando na condição proposta, mais de um processo a cada ciclo de peça. O balanceamento proposto, conforme Figura 10, não eliminou a perda por ociosidade em função de limitações do arranjo físico, porém o cálculo mostrou perda de 15% a cada ciclo com um total de oito operadores atuando diretamente na

fabricação, contra 21% de perda no estado anterior com 12 pessoas operando.

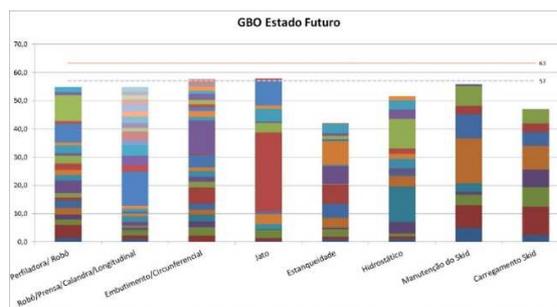


Figura 10 – Gráfico de balanceamento dos operadores – Condição proposta

O arranjo da célula proposto é mostrado na Figura 11, e possibilita verificar a diferente distribuição dos operadores para execução do processo, como, também, a mudança no posicionamento das máquinas para redução de movimentação, facilidade para multifuncionalidade e redução das perdas por balanceamento.

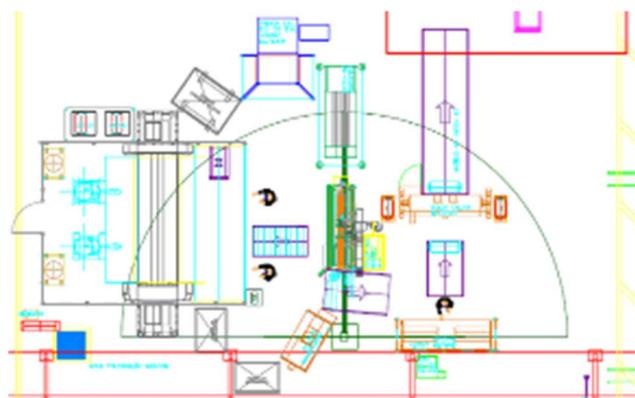


Figura 11 – Layout da célula depois das alterações.

O estabelecimento de um ritmo para produzir levantou a necessidade de estruturar, padronizar, treinar e acompanhar a

execução da sequência correta para cada processo. A Figura 12 mostra exemplos de trabalhos padronizados elaborados para três postos de trabalho, instruindo os operadores na ordem correta de realização de cada atividade para atendimento ao tempo *takt* definido.

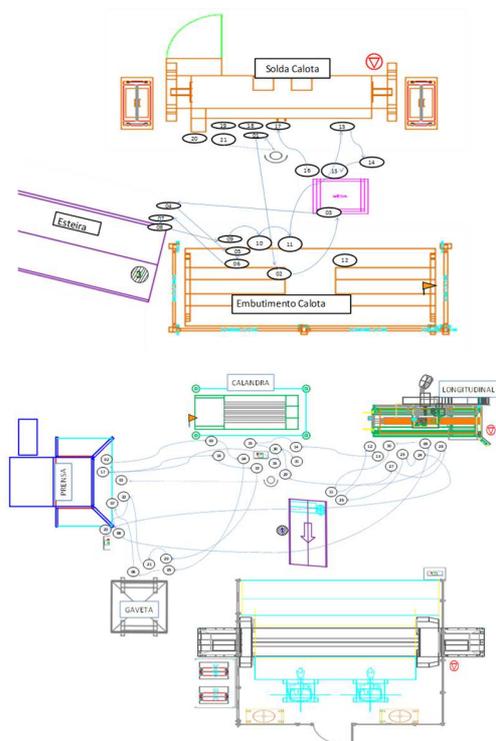


Figura 12 – Exemplo de trabalho padronizado definido para as operações multifuncionais.

É possível ver que nos padrões propostos, cada operador executa múltiplos processos a cada ciclo de peça, isto requer maior qualificação dos mesmos em diferentes aspectos técnicos para detecção de eventuais problemas, além da habilidade a ser adquirida com a prática e estudo das instruções de trabalho padronizado.

Para avaliar a evolução do projeto, a equipe responsável pela implantação definiu um critério para medição da produtividade. A premissa definida foi avaliar a relação entre o esforço aplicado e o resultado da produção, para tanto, a métrica foi medir diariamente a soma das horas trabalhadas da equipe e dividir pelo total de peças produzidas, estas transformadas em unidade padrão, para melhor confiabilidade do dado. Conforme o Quadro 3, adotou-se como referência o tempo de ciclo do reservatório de maior demanda, calculou-se um fator de multiplicação para os demais modelos.

Quadro 3 – Fatores de conversão e unidades padrões.

Modelo de reservatório (código)	Tempo de Ciclo (segundos)	Unidade Padrão (UP)
Fator de conversão padrão	63,2	1
12.0003159811.9	65,3	1,03
12.0020948173.9	63,2	1,00
12.0020948174.7	63,2	1,00
12.0020948175.5	63,2	1,00
12.0020948176.3	70,7	1,12
12.0020415540.0	120,0	1,90
12.0021439421.0	63,2	1,00
12.0021187782.2	63,2	1,00
12.0021187789.0	63,2	1,00
12.0021187791.1	63,2	1,00

A partir deste método, definiu-se a Equação 7 para cálculo da produtividade.

$$\text{Produtividade} = \left(\frac{\text{Tempo disponível por turno} * 60 * N^{\circ} \text{ de operadores}}{\sum_{n=1}^{\infty} (N^{\circ} \text{ peças produzidas de cada modelo} * \text{Fator de UP})} \right) \quad (7)$$

O cálculo para medição da produtividade foi utilizado desde o início do projeto, sendo avaliado diariamente pela

liderança e supervisão da área. A Figura 13 abaixo mostra o comportamento do indicador de produtividade mensal. Foi possível identificar a melhoria de produtividade na célula comparando o desempenho entre os anos 2018 e 2019.

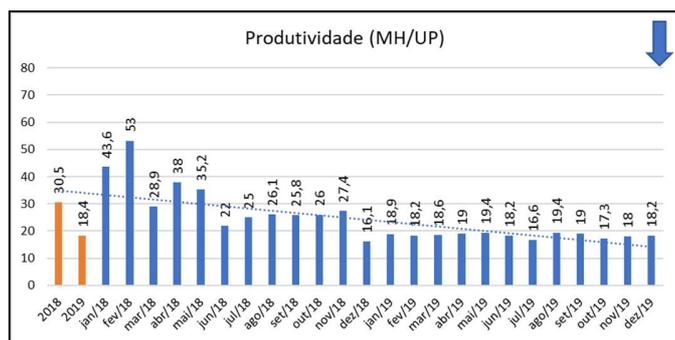


Figura 13 – Indicador de produtividade da linha.

A Figura 14 apresenta o comportamento da média de produção por turno em unidades padrões, desde o início do projeto, um aumento de 39,4%, porém, com períodos de queda em função de paradas.

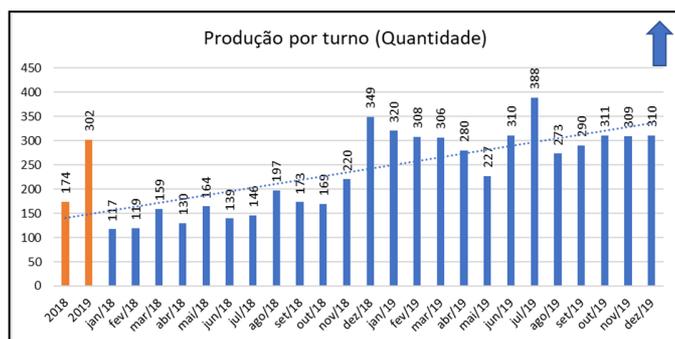


Figura 14 – Média de produção real por turno.

Utilizando a metodologia para cálculo de capacidade, utilização e eficiência proposto por Slack et al. [10], foi possível verificar um aumento da utilização da linha de produção de 32%

para 55%, e evolução da eficiência de 40% para 69% conforme mostrado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 – Comparativo de resultado dos indicadores.

Indicadores	Antes	Depois	Melhoria
	(2018)	(2019)	
Produtividade (MH/UP)	30,52	18,49	39,4%
Produção/turno (UP's)	174	302	73,5%
Horas trabalhadas/mês	2962	1978	33,2%
Utilização	32%	55%	71,8%
Eficiência	40%	69%	72,5%

A metodologia aplicada, incluindo o balanceamento e redefinição do layout da área, implicou em uma série de ações de adaptação para possibilitar a sua implementação, por exemplo, a própria adequação do layout, automação para *start* da máquina com um único toque (para eliminar a necessidade do operador se manter fixo à máquina), aproximação e redução de calhas para dificultar o acúmulo de estoques intermediários, facilitando assim o balanceamento entre toda a equipe operacional. A Figura 15 demonstra um exemplo deste tipo de ação, onde foi projetada uma mesa giratória com espaço para apenas uma peça de estoque entre processo, quando na situação anterior a mesa de tamanho maior possibilitava o acúmulo de até quinze peças.



Figura 15 – Situação futura de uma das células.

4 Conclusões

A utilização de ferramentas da manufatura enxuta cada vez mais se populariza entre diferentes setores da indústria, com esta aplicação empresas melhoram seus processos, reduzem custos e atendem aos clientes com maior produtividade e eficiência. Este estudo avaliou um impacto positivo nos resultados da linha de produção a partir da implantação de conceitos de fluxo contínuo e balanceamento, tendo expressiva melhoria na produtividade.

Foi possível observar, durante o desenvolvimento do trabalho, alguns fatores críticos para eficácia e sustentabilidade da metodologia, como por exemplo, a necessidade de sólido conhecimento em métodos de análise de causa e solução de problemas pela liderança, para combater as instabilidades que, agora, geram impacto tão significativo ao fluxo contínuo. Outro ponto de fundamental importância é o entendimento dos benefícios do trabalho padronizado para os resultados da célula pela liderança, e o acompanhamento da sua execução diariamente através de auditorias. A instabilidade de mão de obra com o não cumprimento dos padrões estabelecidos comprometem os

resultados da implantação do fluxo contínuo ao ponto da sua eficácia ter sido questionada pelos membros da equipe.

APPLICATION OF CONCEPTS OF CONTINUOUS FLOW AND BALANCING IN A MANUFACTURING LINE OF TRUCK AIR TANKS

ABSTRACT: Lean Manufacturing used as a production strategy in organizations has been gaining prominence since the popularization of the term Lean since the early 1990s. In this context, this work addresses the application of concepts of continuous flow and balancing in a production line of truck air tanks, in order to improve productivity. The proposed approach was based on the product Value Stream Mapping, data collection of processes and detailed analysis of activities and work elements performed by operators during manufacturing, for the definition of layout proposals and creation of production cells with better combinations of balancing. The application of the changes made it possible to reduce idle capacity from 21% to 15%, generating an improvement in productivity of 39.4%, with a 33% reduction in the need for total hours worked.

Keywords: Lean Manufacturing. Productivity. Continuous Flow.

Referências

- [1] LIKER, Jeffrey, MEIER, David. O Modelo Toyota: Manual de Aplicação. São Paulo, Bookman, 2007.
- [2] CORRÊA, H. L., CORRÊA, C. A. Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços – Uma Abordagem Estratégica. Atlas, 2004.
- [3] STANDARD, Charles, DAVIS, Dale. Running Today's Factory. Hanser Gardner Publication, 1999.

[4] WOMACK, James, JONES, Daniel. A Máquina que Mudou o Mundo. 5ª Ed, Rio de Janeiro, Campus, 2004.

[5] LIKER, Jeffrey. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. São Paulo, Bookman, 2005.

[6] FERRO, José Roberto. A Essência da Ferramenta “Mapeamento de Fluxo de Valor”. Lean Institute Brasil, 2006.

[7] WERKEMA, C. Lean Seis Sigma: Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing. 2ª Ed, Rio de Janeiro, Campus, 2012.

[8] ROTHER, Mike, SHOOK, John. Aprendendo a Enxergar. Lean Institute Brasil. São Paulo, 2012.

[9] CALADO, Robisom Damasceno. Aplicação de Conceitos da Manufatura Enxuta no Processo de Injeção e Tampografia de Peças Plásticas. Dissertação de Mestrado. Campinas, 2006.

[10] SLACK, Nigel, CHAMBERS, Stuart, JOHNSTON, Robert. Administração da Produção, 3ª Ed, São Paulo, Atlas, 2009.

[11] UNGAN, M. C. Standardization through process documentation. Business Process Management Journal, v. 12, n. 2, p. 135-148, 2006.

[12] ALMEIDA, J.A.R. de. Uma visão geral da mentalidade enxuta, conceitos e ferramentas. São Carlos: 2006.

[13] PEINADO, J., GRAEML, A. R. Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços. Curitiba, Unicamp, 2007.

[14] DENNIS, Pascal. Produção Lean simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo. 2ª Ed, Porto Alegre: Bookman, 2008.

[15] ROTHER, Mike, HARRIS, Rick. Criando Fluxo Contínuo. Lean Institute Brasil, São Paulo, 2008.