

Capítulo 41

FLUXO CONTÍNUO IMPLEMENTADO NA CÉLULA EM UMA EMPRESA AEROESPACIAL

Matheus Marcelino Lescura
Bruna Laura Freire da Silva Pinto
Nathalia Gonçalves Tavares
Paulo França Barbosa Neto
Lucio Garcia Veraldo Junior

FLUXO CONTÍNUO IMPLEMENTADO NA CÉLULA EM UMA EMPRESA AEROESPACIAL

Matheus Marcelino Lescura
Bruna Laura Freire da Silva Pinto
Nathalia Gonçalves Tavares
Paulo França Barbosa Neto
Lucio Garcia Veraldo Junior

Resumo

A pesquisa teve como objetivo avaliar as melhorias em uma empresa aeroespacial após a implementação do fluxo contínuo, no município de Guaratinguetá no Vale do Paraíba. Com a nova demanda tecnológica, a produtividade é um dos fatores de maior impacto no desempenho de uma empresa, pois influencia diretamente nos custos dos produtos e no dimensionamento adequado da fábrica relacionado à produção, pessoas e tempos de máquinas paradas. Na usinagem especificamente, há muitas variáveis de processo que dificultam o trabalho de melhoria no índice de produtividade. O fluxo contínuo tem como objetivo a eliminação de desperdícios e acima de tudo reduzir os custos operacionais. O objetivo geral da pesquisa foi alcançado com a implementação do fluxo contínuo na linha de usinagem e ajustagem, por meio de ferramentas como o Mapeamento de Fluxo de Valor, Folha de Estudo de Processo (FEP) e diagrama de espaguete, que auxiliaram na visualização dos problemas e nas tomadas de decisões. Com a implementação os resultados foram alcançados dentro do estudo, na análise das FEPs foi possível evidenciar um percentual de 46% de otimização do processo completo, assim como a diminuição percebida no lead time que reduziu de 89h para 48h. Com relação ao movimento humano, houve uma redução de 84%, evidenciando assim a otimização do processo.

Palavras-chave: fluxo contínuo, implementação, *lead time*, otimização e setups.

1. Introdução

Há um constante interesse das indústrias na redução de custos, pois a grande concorrência no

mercado impacta em uma minimização nos preços dos produtos, conseqüentemente, reduz a margem de lucros. Deste modo, se desperta a necessidade de desenvolver cada vez mais os recursos, melhorar os processos, integrar os critérios de custos, pessoas e qualidade, através de diversos métodos, dentre eles a filosofia *Lean Manufacturing (LM)*. Entre os princípios bases do *Lean* é em relação à implantação do fluxo contínuo na produção, para fluir os processos sem interrupções (SALTON; KALNIN, 2016).

O termo *Lean Manufacturing* é um nome que define o Sistema Toyota de Produção (STP), fundamentado numa abordagem sistemática para identificar e eliminar o desperdício que causam prejuízo e diminuição dos lucros da empresa. Esse sistema é conhecido também de produção enxuta (OLIVEIRA; VIEIRA; SOUZA, 2017).

Os princípios do *Lean* foram seguidos por muitas organizações nos últimos anos devido ao aumento da dura concorrência no mercado. Esses princípios se concentram em melhorar a eficiência das operações, eliminando e reduzindo os resíduos. Diferentes técnicas e métodos foram aplicados para se tornarem enxutos. Um deles é o *Value Stream Mapping (VSM)*, que pode ser facilmente aplicado em uma variedade de indústrias (Yazışılan Yazar, 2016).

Também, o fluxo contínuo é um dos princípios do *LM*, uma mentalidade enxuta que visa tornar as empresas capazes de responder de forma efetiva as necessidades dos clientes e produzir apenas o que é solicitado e ao menor custo (SALTON; KALMIM, 2016).

Deste modo, o problema que norteou a realização deste artigo foi identificar quais melhorias podem ser evidenciadas dentro da implementação do fluxo contínuo em uma empresa aeroespacial. Assim, o estudo tem como objetivo avaliar as melhorias após a implementação do fluxo contínuo. Em consequência disso, será possível mapear o estado atual e futuro da empresa e analisar as suas perspectivas futuras, podendo estabelecer melhores estratégias para demonstrar sua competitividade no mercado.

2. *Lean manufacturing*

O Sistema *LM* ou produção enxuta nasceu no final dos anos 80 através da empresa *Toyota Motor Company*, considerada uma metodologia de gestão de identificação e eliminação dos desperdícios na produção (OLIVEIRA; VIEIRA; SOUZA, 2017).

Conforme Siregar (2018), a redução de desperdícios destina-se a todas as atividades realizadas no chão de fábrica é uma atividade que tem atividade de valor agregado, visa melhorar a competitividade através da produção processo de forma eficaz e o uso eficiente de

recursos.

Segundo Biasoli *et al.* (2016) os desperdícios são a causa primordial de um produto estar na lista de peças ou serviços que geram prejuízos:

- a) Espera: caracterizada pelo fato de esperar algo ocorrer para que seja possível realizar outros processamentos, transportes ou inspeções (DILL; PASQUALINI, 2017);
- b) Super Produção: é o ato de produzir mais do que a demanda, empresas que não possuem uma visão detalhada do pedido do cliente produzem mais peças resultando em custos que não deveriam existir e perda de produto (BIASOLI *et al.*, 2016; FILHO; MARTINS; HERRERA, 2017);
- c) Transporte Desnecessário: transporte de materiais por longas distâncias sem necessidade ou falta de fluxo logístico (BIASOLI *et al.*, 2016);
- d) Excesso de Operações: planejamento incorreto de etapas, que resultam em retrabalho, isto é excesso de operações, muito comum gerando custos não previstos ao produto (BIASOLI *et al.*, 2016);
- e) Excesso de Movimentos: manuseio excessivo da peça, tomando grande tempo dos processos (BIASOLI *et al.*, 2016);
- f) Criatividade Inaproveitada: quando não há incentivo para o colaborador, o mesmo deixa de sugerir oportunidades de melhoria e seu rendimento reduz fazendo com que produza menos ou com menor qualidade (BIASOLI *et al.*, 2016);
- g) Estoque: excesso de matéria prima ou produtos semiacabados ou acabados, gerando altos custos de inventário (BIASOLI *et al.*, 2016; DILL; PASQUALINI, 2017);
- h) Defeitos/Retrabalho: produção ou realização de uma atividade sem qualidade pode resultar em desperdícios como, por exemplo, sucatear uma série de produtos por defeito de produção, entre outros (BIASOLI *et al.*, 2016).

De acordo com Aniceto, Siqueira e Nunes (2016) o pensamento do *LM* é direcionado pela eliminação dos desperdícios assim como os aspectos da metodologia, como a estabilidade, onde é importante um nivelamento do processo, evitando gargalos e reduzindo o lead time, assegurando que os colaboradores sigam uma mesma linha de raciocínio.

Segundo Yazışılan Yazar (2016), com o intuito de reduzir o desperdício, a produção enxuta usa muitas ferramentas diferentes, como fluxo de peça única, gerenciamento visual, fabricação por célula, gerenciamento de estoque, *Poka yoke*, trabalho padronizado, *5S* e *Value*

Stream Mapping (VSM).

Deste modo, dentro das diversas ferramentas e metodologias do *Lean Manufacturing*, cabe ressaltar algumas das ferramentas que auxiliam no fluxo contínuo de uma indústria, tais como:

a) O *Just in time* é o primeiro pilar do sistema Toyota de produção, foi idealizado por Kiichiro Toyoda o fundador da Toyota, que a partir das peças prontas observou que as mesmas ficavam estocadas até que fosse importante para a próxima operação ou venda, podendo ser facilmente danificadas e inutilizadas, criando assim o *Just in time* que significa “Produzir e transportar” o que é necessário e na quantidade correta (BIASOLI *et al.*, 2016);

b) O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta de mapeamento de processo que serve para identificar o fluxo de material e informações sobre o processo de produção da matéria-prima ao produto acabado (Siregar, 2018).

Assim como as ferramentas e metodologias do *Lean Manufacturing* auxiliam no fluxo contínuo de uma indústria, é relevante abordar alguns conceitos pertinentes ao referido, a fim de que a melhoria seja assegurada de forma eficiente. Deste modo, cabe destacar:

c) O fluxo contínuo é caracterizado pela movimentação ordenada e contínua de peças, com um tempo mínimo de espera entre as etapas e a menor distância de deslocamento de peças e pessoas. A implantação de um fluxo contínuo produtivo precisa de um balanceamento perfeito dos processos durante a célula de fabricação e montagem. A abordagem da Produção Enxuta para o balanceamento dos processos distingue diametralmente da abordagem tradicional. O que realmente leva ao fluxo contínuo é a capacidade de implementação de um fluxo unitário (um a um) de produção, caso em que, no limite, os estoques entre processos sejam completamente (DILL; PASQUALINI, 2017);

d) Originado do alemão, onde *takt* significa compasso, ritmo. *Takt time* (taxa de produção) é a taxa na qual um produto acabado precisa ser concluído (NIELSEN; BOCEWICZ; BANASZAK, 2017).

3. Coleta e análise de dados

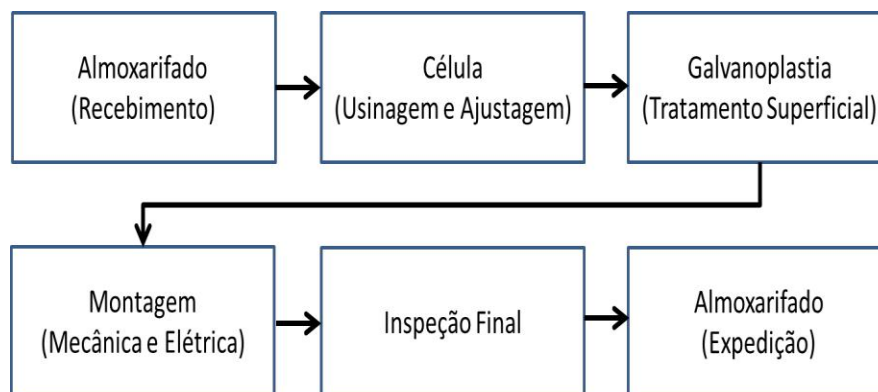
O estudo foi realizado em empresa multinacional, na cidade de Guaratinguetá-SP, no Vale do

Paraíba, atuante no mercado aeronáutico. Para compor o estudo, foi feita uma coleta de dados referente à gestão de melhorias em uma célula por meio do fluxo contínuo. Deste modo, foi elaborado um mapeamento da célula atual da empresa, onde foi abordado os pontos críticos evidenciando a implementação de melhorias com o fluxo contínuo.

Assim, foi realizada a coleta de dados na célula de usinagem/ajustagem e, conseqüentemente, uma análise dos dados obtidos. Por intermédio da análise da coleta de dados, foi possível planejar e realizar a ação de melhoria.

As células de manufatura possuem dois processos de fabricação: Usinagem em máquinas CNC 5 eixos e Ajustagem de precisão onde utiliza-se microscópios para executar o serviço. Após a conclusão das atividades na célula as peças são enviadas para o setor de galvanoplastia. O fluxo macro dos processos de fabricação da empresa é definido na Ilustração 1.

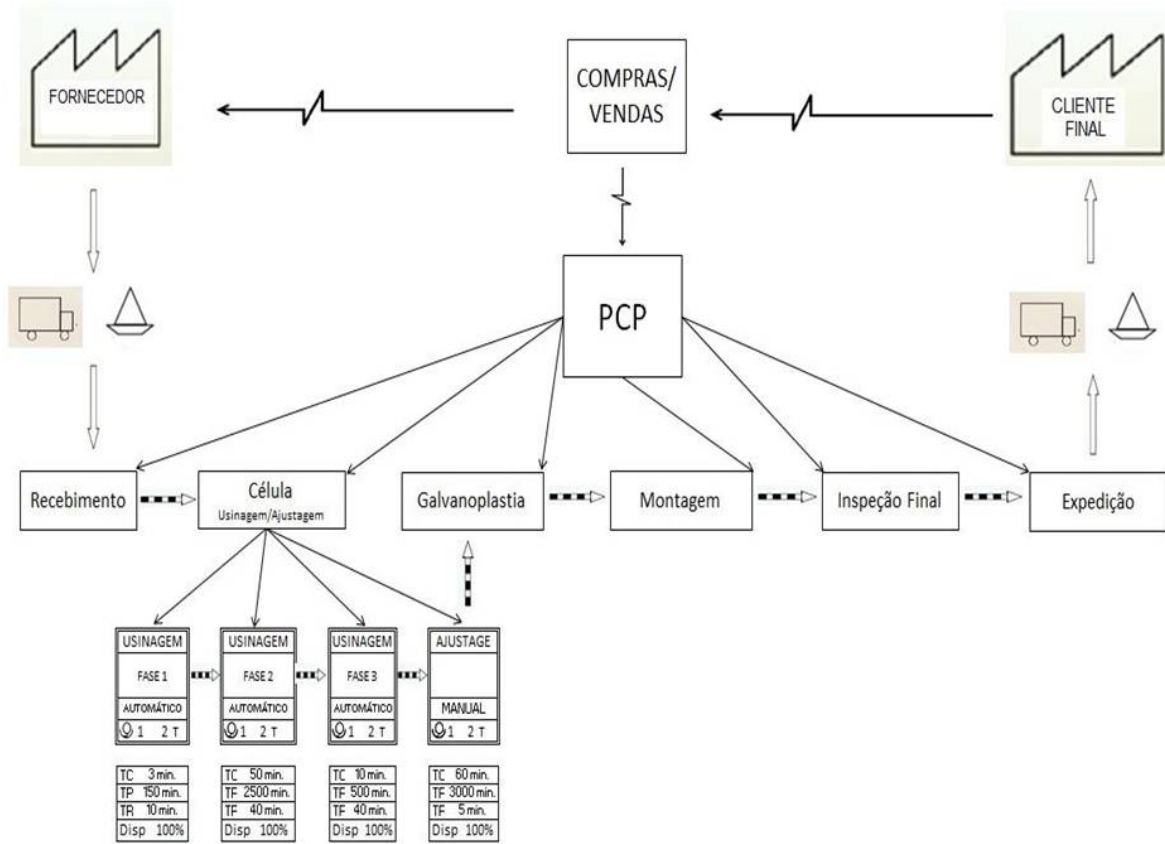
Ilustração 1 - Fluxo macro dos processos de fabricação



Fonte: Autor

Na busca de evidenciar a criticidade no processo da célula de usinagem e ajustagem foi realizado um Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), conforme Ilustração 2, que tem como objetivo a identificação dos pontos críticos, a localização de gargalos na linha de produção e os possíveis estoques desnecessários, ele foi idealizado partir da demanda do cliente final, que provisiona mensalmente em média 400 peças.

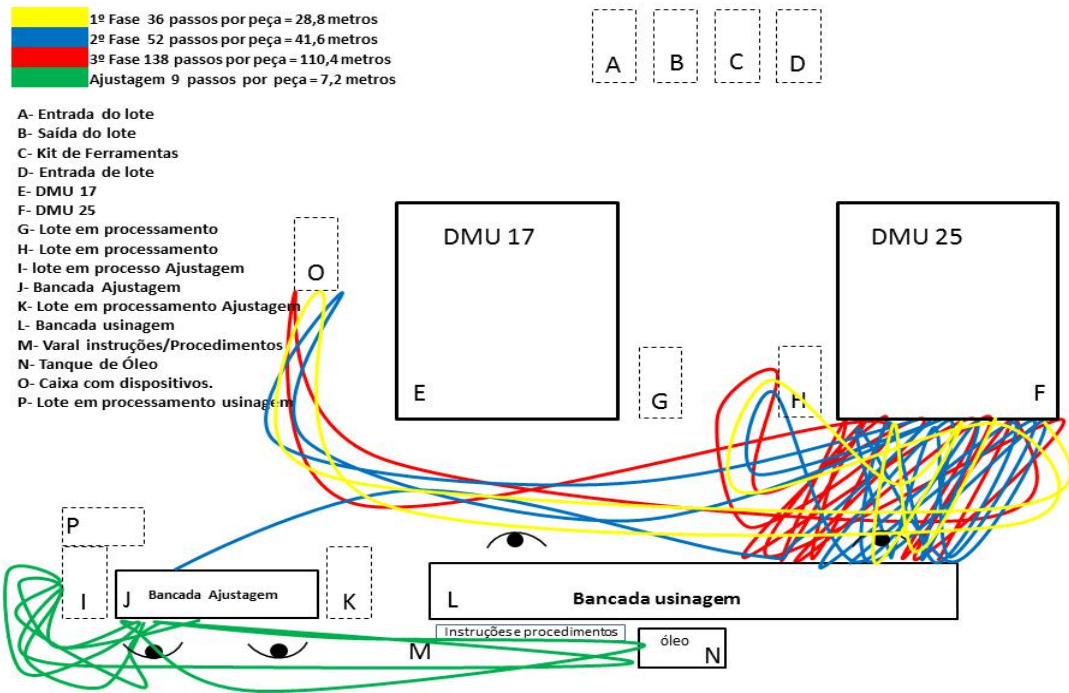
Ilustração 2- Mapeamento de Fluxo de Valor Atual



Fonte: Autor

O Diagrama de espagete foi elaborado buscando evidenciar a quantidade de passos que os colaboradores efetuam durante o processo de usinagem e ajustagem, Ilustração 3. A somatória da distância percorrida pelos colaboradores da um total de 188 metros.

Ilustração 3 - Diagrama de espaguete atual



Como há um alto volume de peças na produção, os operadores acabam se movimentando mais para pegar as peças que ficam mais distante e com esse volume de peças ao mesmo tempo na produção acaba aumentando o *lead time* do produto. E como não há um local definido para cada estoque intermediário, ele acaba obstruindo passagens que são de outra operação.

Para compor a coleta de dados foram analisados os tempos na linha de usinagem e ajustagem, que foi distribuído nas três etapas de usinagem que são utilizadas, a FEP1 mantém um *lead time* de 3 horas e 12 minutos, conforme a Ilustração 4. A FEP2 40 horas e 54 minutos, conforme Ilustração 5. E a FEP3 7 horas 58 minutos, conforme Ilustração 6. Na ajustagem mantém um *lead time* de 37 horas e 8 minutos, conforme Ilustração 7. Deste modo, sendo necessário 107 min. para produzir uma peça, conforme Ilustração 8.

Ilustração 4 - FEP atual da Fase 1

SEQ	ELEMENTO DE TRABALHO	Tempo	Tipo
1	Pegar peças no lote	00:00:57	I
2	Montar peça no dispositivo; Fechar Porta e dar Start	00:00:33	I
3	Espera (Usinagem)	00:01:20	I
4	Retirar a peça do dispositivo	00:00:15	I
5	Colocar peça na bancada	00:00:45	I
12			
13			
14			
Soma dos Tempos:		00:03:50	

LEAD TIME
(Lote – 50 peças)
192 min. = 3h:12min

Fonte: Autor

Ilustração 5 - FEP atual da Fase 2

SEQ	ELEMENTO DE TRABALHO	Tempo	Tipo
1	Pegar peças no lote	00:00:21	I
2	Montar peça no dispositivo (na bancada)	00:00:17	I
3	Fixar dispositivo na maquina; Fechar porta da Maquina.	00:00:19	I
4	Start da usinagem + Início do RIU	00:00:03	I
5	RIU + Espera	00:10:00	I
6	Limpar pç dar start (M0)	00:00:20	I
7	RIU (Término) + Espera	00:05:30	I
8	Limpar pç dar start (M0)	00:00:20	I
9	Espera	00:03:30	I
10	Limpar pç dar start (M0)	00:00:20	I
11	Espera	00:24:30	I
12	Inserir dados de Gravação e dar start (M0)	00:00:10	I
13	Espera	00:01:30	I
14	Tirou a peça do dispositivo	00:01:58	I
Soma dos Tempos:		00:49:08	

LEAD TIME
(Lote – 50 peças)
2454 min. = 40h:54min

Fonte: Autor

Ilustração 6 - FEP atual da fase 3

SEQ	ELEMENTO DE TRABALHO	Tempo	Tipo
1	Troca do dispositivo	00:00:35	I
2	Zeramento 3 fase (dispositivo - Manual)	00:00:59	I
3	Fixando peça no dispositivo + Fechar porta Maquina	00:00:37	I
4	Start - Inicio da usinagem	00:00:01	V
5	Pegando peça para rebarbar para proxima usinagem	00:00:19	I
6	Termino da rebarbação da peças	00:01:10	I
7	Espera	00:04:25	V
8	Troca da Garra (MO)	00:00:53	I
9	Espera	00:00:22	V
10	Desmontagem da peça do dispositivo	00:00:13	I
Soma dos tempos:		00:09:34	

LEAD TIME
(Lote – 50 peças)
478 min. = 7h:58min.

Fonte: Autor

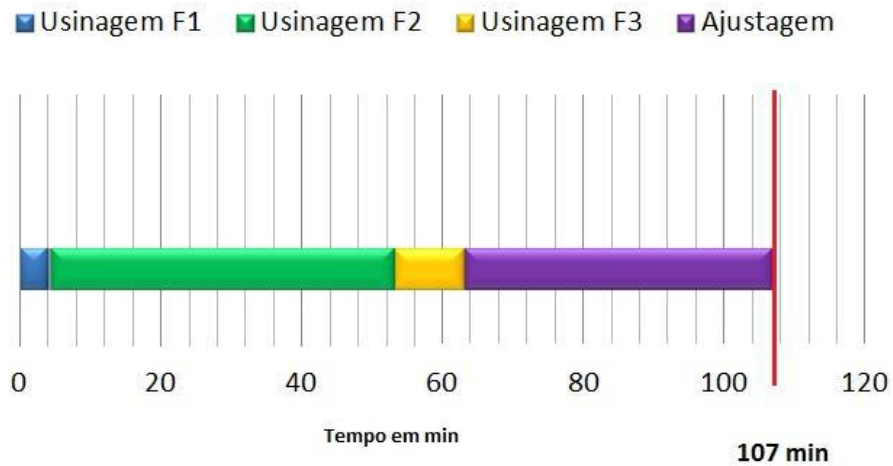
Ilustração 7 - FEP ajustagem

SEQ	ELEMENTO DE TRABALHO	Tempo	Tipo
1	Preencher Relatório de Ajustagem - FLAB7-8010	00:02:49	I
2	Preparar Ferramentas para ajustagem	00:00:34	I
3	Pegar peças do lote para Ajustar 1 (Ferramenta - Contorno)	00:01:43	I
4	Ajustar com Lima Agulha	00:00:06	I
5	Continuar Ajustagem 1 (Ferramenta - Contorno)	00:02:19	V
6	Ajustagem com ferramenta 2 (Acabamento nas roscas)	00:02:13	V
7	Ajustagem com ferramenta 3 (Lima Agulha)	00:01:23	V
8	Ajustagem com ferramenta 4 (Fresa 1)	00:06:12	V
9	Ajustagem com ferramenta 5 (Acabamento na rosca)	00:03:03	V
10	Ajustagem com ferramenta 6 (Polimento)	00:12:11	V
11	Ajustagem com ferramenta 7 (Gume)	00:02:32	V
12	Ajustagem com ferramenta 8 (Scoott)	00:05:16	V
13	Inspeção e colocar peça na caixa	00:04:13	I
Soma dos Tempos:		00:44:34	

LEAD TIME
(Lote – 50 peças)
2228 min. = 37h:08 min.

Fonte: Autor

Produção de uma peça



Fonte: Autor

Consolidando os dados obtidos de *lead times* em relação à usinagem e ajustagem, foram identificados inúmeros pontos críticos no processo. Com a implementação do fluxo contínuo busca-se uma redução de 46%, no *lead time* da célula. O processo de implementação foi desenvolvido em etapas na linha de usinagem e ajustagem:

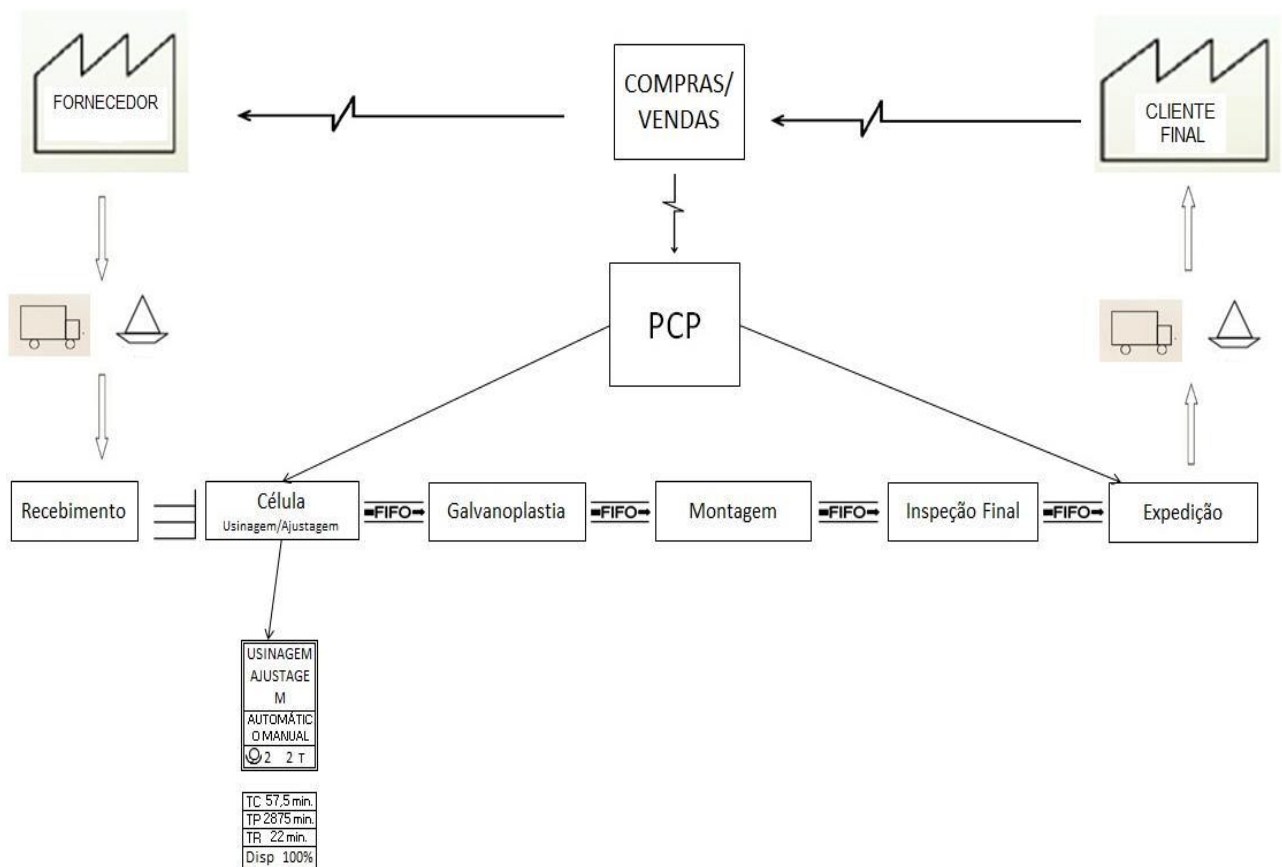
- Unificar Fases 1, 2, 3;
- Unificar programa das Fases 1,2 e 3;
- Atualizar instrução de trabalho;
- Fazer alteração de *layout* e demarcação de piso;
- Solicitar a atualização dos documentos e tornar obsoleto o dispositivo antigo;
- Treinamento dos operadores da célula.

Todas as etapas de implantação do fluxo contínuo foram efetuadas através de planos de ações que foram acompanhadas por todos os envolvidos através de reuniões de *follow-up* semanais. Deste modo, para alcançar o estado futuro de uma forma eficaz e eficiente, foi necessário que processos individuais fossem estabilizados e variações nos processos minimizados.

4. Resultados

O MFV futuro demonstra que as propostas sugeridas pela análise proporcionariam uma melhora do fluxo, diminuiriam o tempo na célula de usinagem e ajustagem, conforme Ilustração 9. Com a unificação dos programas Fase 1,2 e 3, foi reduzido o tempo de usinagem de 63 minutos para 57 minutos, pelo fato de reduzir setup e trocas de ferramentas de usinagem.

Ilustração 9 - MFV futuro



Fonte: Autor

Com a implementação do fluxo contínuo na usinagem e ajustagem esse percentual passou para 48 horas e 16 minutos, o que demonstra um ganho de 46%, na fase completa do processo, Ilustração 10 e 11.

Ilustração 10- FEP futura da usinagem e ajustagem (Fluxo Contínuo)

LEAD TIME
(Lote – 50 peças)
2897 min. = 48h:16 min
(Com tubo cheio)

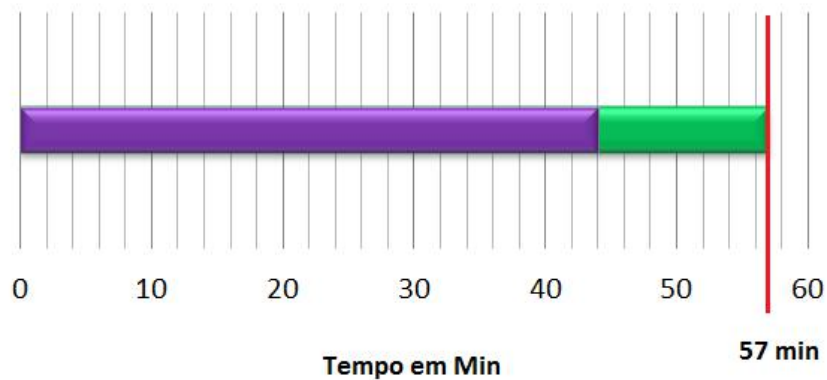
SEQ	ELEMENTO DE TRABALHO	Tempo	Tipo
1	Pegar peças no lote	00:00:40	I
2	Montar peça no dispositivo (na bancada)	00:00:19	I
3	Fixar dispositivo na maquina	00:00:21	I
4	Start da usinagem + Início do RIU	00:00:10	I
5	Espera + RIU	00:11:10	I
6	Limpar peça dar start (M0)	00:00:20	I
7	Espera + RIU (Termino)	00:04:50	I
8	Limpar peça dar start (M0)	00:00:20	I
9	Espera	00:02:25	I
10	Limpar pç dar start (M0)	00:00:25	I
11	Espera	00:24:30	I
12	Inserir dados de Gravação e dar start (M0)	00:00:10	I
13	Espera	00:06:35	I
14	M0 - Troca da garra (terceira fase)	00:01:15	I
15	Espera	00:02:25	I
16	Desmontagem das peças do dispositivo	00:01:10	I
17	Preencher Relatório de Ajustagem FLAB7-8010	00:02:18	I
18	Separar Ferramentas	00:00:44	I
19	Pegar peças do lote para Ajustar 1 (Ferram - Contorn	00:01:23	I
20	Ajustar com Lima Agulha	00:00:09	I
21	Continuar Ajustagem 1 (Ferramenta - Contorno)	00:02:14	V
22	Ajustagem com ferramenta 2 (Acabamento nas rosc	00:02:13	V
23	Ajustagem com ferramenta 3 (Lima Agulha)	00:01:23	V
24	Ajustagem com ferramenta 4 (Fresa)	00:06:12	V
25	Ajustagem com ferramenta 5 (Acabamento na	00:03:23	V
26	Ajustagem com ferramenta 6 (Polimento)	00:12:51	V
27	Ajustagem com ferramenta 7 (Gume)	00:02:32	V
28	Ajustagem com ferramenta 8 (Scoott)	00:05:15	V
29	Inspeção	00:04:13	V
Soma dos tempos		01:41:55	

Fonte: Autor

Ilustração 11 - Processamento de peças (fluxo contínuo)

Produção de uma Peça

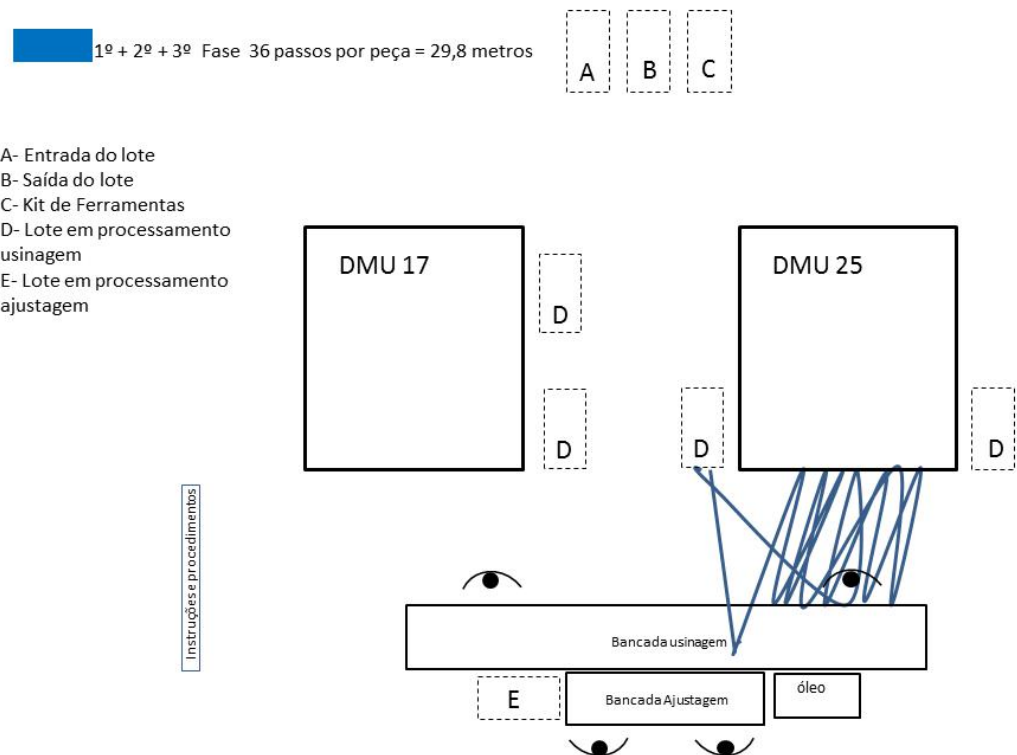
■ Ajustagem ■ Usinagem F1, F2, F2



Fonte: Autor

Com a realocação de pessoas, e a mudança de *layout*, o processo se tornou facilitado e sequencial contínuo, não havendo mais a movimentação desnecessária das peças, conforme Ilustração 12. No sistema de produção anterior o processo era realizado com a usinagem das três fases separadamente e só depois de terminada todas as etapas as peças seguiam para ajustagem, havia uma perda muito grande, tanto em tempo de processamento quanto em movimentação.

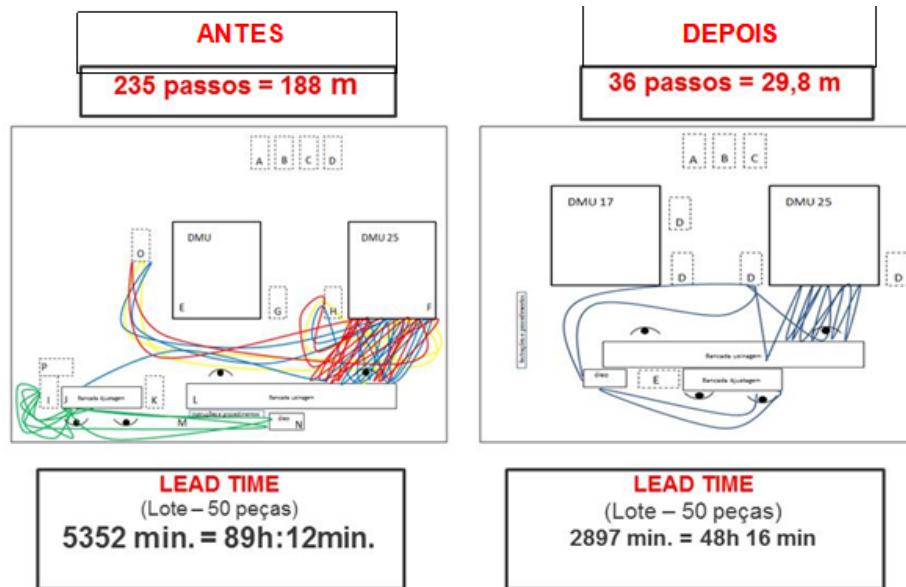
Ilustração 12 - Digrama de espaguete futuro (Fluxo contínuo)



Fonte: Autor

Com o fluxo contínuo, os colaboradores por não precisarem mais fazer os Setups, teve a movimentação reduzida. Conforme ilustração 13, o lead time diminui pela metade e a movimentação dentro da célula reduziu 84%.

Ilustração 13 - Comparativo do lead time atual e futuro



Fonte: Autor

Na célula de usinagem e ajustagem foi proposto como melhoria contínua a implementação do Trabalho Padrão como forma de sustentar as ações implementadas por meio do fluxo contínuo. É um documento que padroniza quais operações devem ser realizadas durante o processo, como e quando essas operações devem ser realizadas, assim como a representação visual das mesmas.

5. Considerações finais

A produtividade é um dos fatores de maior impacto no desempenho de uma empresa, pois influencia diretamente nos custos dos produtos e no dimensionamento adequado da fábrica relacionado à produção, pessoas e tempos de máquinas paradas. Na usinagem especificamente, há muitas variáveis de processo que dificultam o trabalho de melhora no índice de produtividade.

O processo de criação de fluxo contínuo é uma forma eficaz para melhorar o desempenho produtivo, eliminar os desperdícios e acima de tudo reduzir os custos operacionais.

O motivo para implementação do fluxo contínuo, foi uma estratégia para atender as demandas futuras e com vista à melhoria da competitividade da empresa no mercado. A maior

dificuldade foi unificar as 3 fases em um só dispositivo, pelo fato do tamanho do dispositivo, mas para isso foi modificado o projeto e fixações e conseguimos unificar.

Deste modo, foi criado um fluxo contínuo na linha de usinagem e ajustagem. Para alcançá-lo foi utilizado algumas ferramentas importantes como o mapeamento de fluxo de valor, FEP e diagrama de espaguete, para auxiliar na visualização dos problemas e nas tomadas de decisões.

Com a implementação, os resultados propostos dentro do estudo foram alcançados. Na análise das FEPs foi possível evidenciar um percentual de 46% de otimização do processo completo, assim como a diminuição percebida no lead time que reduziu de 89h e 12min. para 48h e 16min. Com relação ao movimento humano houve uma redução de 84%, mostrando a otimização do processo.

REFERÊNCIAS

ANICETO, G. S.; SIQUEIRA, C. M.; NUNES, D. L. A importância do sistema *Toyota* de produção para o desenvolvimento de empresas de seguimentos diversos. XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 2016.

BIASOLI, R. C. *et al.* A importância do trabalho padronizado, sua utilização e resultados. XIV Internacional *Conference of Engineering and Technology Education*, Salvador, 2016.

DILL, A. O; PASQUALINI, F. *Lean Manufacturing*: um estudo de caso na empresa *Kepler Weber Industrial S. A.* Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul, Panambi, 2017.

FILHO, E. D.; MARTINS, N. O.; HERRERA, V. É. Análise do Sistema Toyota em uma indústria de embalagens plásticas da região de Marília-SP. *Revista Gestão Industrial*, v. 13, n. 1, p. 1-23, 2017.

NIELSEN, Izabela; BOCEWICZ, Grzegorz; BANASZAK, Zbigniew. Multimodal processes prototyping subject to grid-like network and fuzzy operation time constraints. Department Of Computer Science And Management, Koszalin University Of Technology, Sniadeckich, Poland, 2018.

OLIVEIRA, P. R. F.; VIEIRA, C. S.; SOUZA, C. J. A. A implantação do *Lean Manufacturing* numa oficina de manutenção de equipamentos de mineração. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção, 2017.

SALTON, G. A.; KALNIN, J. L. Estudo para implantação de fluxo contínuo no processo de montagem de chassi numa indústria de semirreboques. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, João Pessoa, 2016.

SIREGAR, Ikhsan. Lean manufacturing analysis to reduce waste on production process of fan products. Department Of Industrial Engineering, Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia, 2018.

YAZAR, Yazışılan. Value stream mapping and simulation for lean manufacturing: A case study in furniture industry. Department Of Industrial Engineering, Engineering Faculty, Pamukkale University, Denizli, Turkey, 2016.