

REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE GRUPOS DE FERRAMENTAS

REDUCTION OF SETUP TIME THROUGH APPLICATION OF TOOLING ANALYSIS

Rodrigo Franco Lima¹

Gilson Eduardo Tarrento²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo propor e demonstrar a aplicação da Tecnologia de Grupos de Ferramentas adaptada ao ambiente fabril de uma empresa de usinagem, onde a fabricação predominante é de pequenos lotes de peças e grande variedade de geometrias diferentes. As análises serão baseadas na metodologia da Teoria de Grupos para padronização do sistema produtivo, gerando família de peças que possibilita a fabricação em máquinas padronizadas. Com o auxílio das ferramentas Lean, como o SMED, foi possível o estudo mais aprofundado dos tempos produtivos, potencializando o aumento do tempo de disponibilidade de máquina durante seu período de atividade.

Palavras-chave: *Setup*. Lean. SMED. Análise de Grupos de Ferramentas.

ABSTRACT

This study aimed to propose and demonstrate the application of Tooling Analysis adapted to factory environment of a machining company, where the manufacturing is predominantly of small batches and large variety of diferents geometry parts. Analysis are based in the Group Analysis theory to standardization the manufacturing system, generating family parts which enables the manufacturing in standardized machines. Based on Lean tools as SMED, it was possible the deep study productive times, potencializing the increase of machine time availability in its activity period.

Key words: *Setup*. Lean. SMED. Análise de Grupos de Ferramentas.

¹ Graduando do Curso de Produção Industrial – FATEC Botucatu. Av. José Ítalo Bacchi, S/N - Jd. Aeroporto. CEP: 18606-851 - Botucatu-SP. E-mail: fpierre@fatecbt.edu.br

² Docente da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. FATEC BT

1 INTRODUÇÃO

A extrema disputa empresarial no mercado, com as empresas concorrendo livres de fronteiras geográficas, traz grandes desafios no âmbito da produtividade dos processos internos em todas as empresas e, ainda, de acordo com Sipper e Bulfin (1997, citado GODINHO, 2004), no ambiente competitivo atual “o consumidor está buscando maior variedade, menor custo e altíssimos padrões de qualidade”.

Segundo Stalk e Hout (1993), os concorrentes baseados no tempo são mais produtivos. Quando se reduz pela metade (ou até mais) o consumo de tempo num sistema de transferência de valor, os custos caem substancialmente.

Considerando que, nas empresas de usinagem, o cenário não é diferente, a relevância deste trabalho consiste no estudo da redução do tempo de máquina parada através da atuação para minimizar a operação de *setup* de ferramentas de corte, resultando em aumento do tempo de disponibilidade da máquina, que será aproveitado na transformação do produto, aumentando sua produtividade. A metodologia adotada para o estudo da otimização foi realizada através da aplicação da filosofia Lean, identificando e eliminando desperdícios, utilização da ferramenta SMED (Single Minute Exchange of Die) para a estudo das operações internas e externas e, por fim, de acordo com Burbidge (1996), a aplicação do conceito de família ou grupos de ferramentas através da análise de ferramentas (TA – Tooling Analysis), podem ser adaptados ao cenário da empresa, comprovando que diversos conceitos teóricos e métodos científicos podem trazer muitos benefícios e excelentes resultados.

Desta forma, este trabalho teve como objetivo a redução do tempo de *setup* através da utilização de ferramentas Lean, como o SMED, onde foi analisado e trabalhado os tempos de *setup* internos e externos, e o conceito de análise de ferramentas, em que as ferramentas utilizadas são padronizadas e otimizadas, proporcionando um aumento no tempo de disponibilidade de máquina durante seu período em atividade.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo das atividades de *setup* e padronização das ferramentas de corte, foram utilizados recursos de uma empresa de usinagem localizada no interior do estado de São Paulo, com sistema de fabricação configurado para produção de grande variedade de produtos em pequenos lotes, com pequena quantidade de peça por pedido do cliente sendo que aproximadamente 82% dos lotes fabricados são compostos de 1 a 22 peças, 12% compostos de 23 a 44 peças e apenas 6% acima de 45 peças.

Foram utilizadas ferramentas de corte e cones de fixação das ferramentas alocadas no almoxarifado da empresa, cronômetro (Hanhart/Stratos 2), planilhas em computador para listagem de atividades e tempos coletados durante a execução das atividades na produção, no chão de fábrica.

Para a realização das operações, as ferramentas foram fixadas nos cones e seu comprimento dimensionados na própria máquina CNC, onde a ferramenta foi encostada na base do dispositivo de fixação da peça, registrado a altura na memória da máquina pelo seu painel de comando.

As ferramentas foram determinadas durante a programação da peça no software CAM, utilizado pelo departamento de Engenharia de Manufatura, onde a decisão foi feita pelo programador CAM, sem alinhamento prévio. Para a padronização das ferramentas e cones utilizados, os equipamentos necessários foram desenhados e parametrizados dentro do software auxiliar para criação das bibliotecas de ferramentas.

No momento da execução da padronização, foi de fundamental importância a utilização do recurso intelectual da empresa, onde pessoas de vários setores trabalharam em conjunto na busca da melhor configuração do magazine da máquina, aquele que teria a maior abrangência possível com relação ao conjunto de máquinas e famílias de peças determinadas pela empresa.

A metodologia utilizada para o estudo do tempo gasto, tipos de ocorrência e identificação de oportunidades a serem tratadas foi o SMED (Single Minute Exchange of Die) ou conhecido também como TRF (Troca Rápida de Ferramenta), desenvolvido por Shingeo

Shingo (2000) em experiências e análises teóricas e práticas ao longo de 19 anos de trabalho. Foi através de seu trabalho na planta da Mazda da Toyo Kogyo em 1950, onde surgiram os primeiros esforços em separar os tempos de preparação em internos e externos.

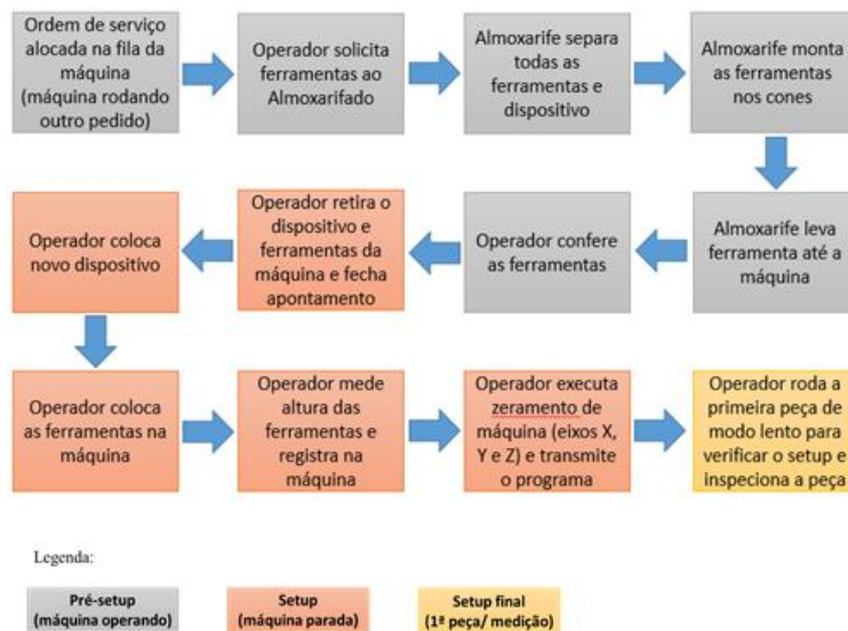
A troca rápida de ferramenta consiste no estudo das atividades de *setup*, ou da preparação da máquina entre as operações a serem executadas ou produtos a serem fabricados.

A utilização da TRF auxilia na redução dos tempos (lead time), possibilitando a empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado. Outra vantagem da TRF é a produção econômica de pequenos lotes de fabricação, o que geralmente exige baixos investimentos no processo produtivo. Ex: Estoques em processo, produtos acabados e matérias-primas (SHINGO, 2000).

O cenário encontrado na empresa é de pequenos lotes de fabricação, viabilizando a aplicação da metodologia adaptada com expectativa de ganhos expressivos no tempo de preparação das máquinas entre a fabricação dos lotes.

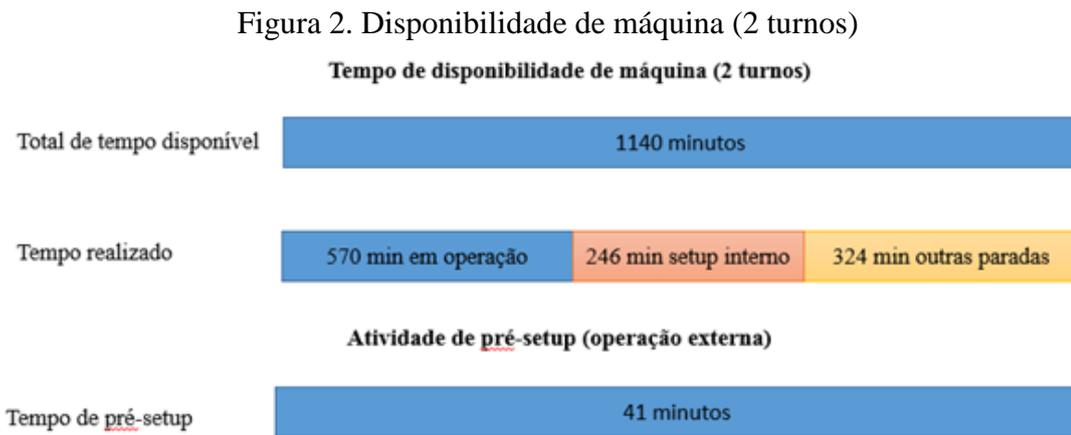
Ao realizar o estudo do processo produtivo em uma máquina como um projeto piloto, foi executado o mapeamento das atividades relacionadas a fabricação de um lote por completo, conforme ilustrado na Figura 1:

Figura 1. Fluxo do processo de *setup* da máquina CNC



O fluxo foi desenhado e o processo de *setup*, que consiste nas atividades desde o final de um lote até a fabricação da primeira peça, conforme o projeto, do outro lote, incluindo a operação de inspeção, foi dividido em grupos de *pré-setup*, *setup* e *setup* final. No *pré-setup*, as atividades são executadas com máquina em operação (operação externa), ocupando grande quantidade do tempo disponível do almoxarife. O almoxarife recebe a solicitação de ferramentas e dispositivos e começa a separar todo material necessário. Ele separa na média de 12 ferramentas por solicitação e 2 dispositivos de fixação de peças. A operação de *setup* é realizada com a máquina parada (operação interna), consumindo o tempo disponível. O operador retira o dispositivo do lote anterior e coloca o dispositivo do lote a ser usinado. Após a fixação do dispositivo, o operador insere as ferramentas no magazine da máquina e executa a medição de todas as ferramentas registrando na máquina CNC. Depois, é executado o zeramento da peça pelo operador, nos eixos X, Y e Z, e transmitido o programa para a máquina. Com a máquina preparada, ele fixa o material a ser usinado e inicia a operação com velocidade menor que a programada e com parada entre as trocas de ferramentas para conferir a operação de *setup* que foi executada, verificando se não possui erros de execução. Ao final, a peça é regulada e inspecionada, encerrando a atividade de *setup* e iniciando o ciclo produtivo. Importante citar que algumas das atividades de *setup* se repetem entre as etapas de fabricação do mesmo lote, onde o programa é trocado e algumas ferramentas podem ser substituídas, já que na situação estudada não há o sincronismo de programação entre as operações de fabricação e poderá, ainda, ser executado novo zeramento de máquina nos eixos X, Y, e Z, onde todas estas atividades são realizadas com máquina parada, depois ocorre a execução do programa (com parada e menor velocidade) e inspeção de peça em fase posterior de fabricação.

No mapeamento das atividades e disponibilidade de máquina, foi verificado ao longo do estudo que, na média, em 2 turnos de trabalho, onde se tem a carga de 1140 minutos de disponibilidade, foram utilizados 570 minutos com máquina em operação, removendo material e agregando valor ao produto, 246 minutos foram consumidos com *setup* interno de máquina, outras paradas de máquinas e intervenções somam 324 minutos e as operações de *pré-setup* realizadas externamente somam 41 minutos, conforme Figura 2:



As atividades foram classificadas (QUADRO 1), conforme o grupo de classificação, o local ou por quem é realizado, a descrição da atividade, o tempo que foi consumido na operação e o tipo de operação (externo ou interno):

Quadro1. Classificação das atividades (conceito SMED)

Grupo	Local	Descrição	Tempo (min)	Tipo de operação
Pré-setup	Operador	Solicitar ferramentas e dispositivo	1	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Identificar novo pedido e abrir lista de ferramentas	1	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Separar dispositivos (2 em média)	3	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Separar acessórios e parafusos	3	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Separar ferramentas (12 em média)	5	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Montar ferramentas nos cones	15	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Alocar ferramentas e dispositivos no carrinho de movimentação	1	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Levar ferramentas até a máquina	3	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Transferir ferramentas do carrinho para a bancada	2	Externo
Pré-setup	Almoxarife	Transferir ferramentas da bancada para o carrinho (devolução ao almoxarifado)	2	Externo

Pré-setup	Operador	Conferir ferramentas enviadas	5	Externo
Setup	Operador	Retirar peça acabada	5	Interno
Setup	Operador	Fechar apontamento	1	Interno
Setup	Operador	Retirar dispositivo da máquina	5	Interno
Setup	Operador	Fixar dispositivo da nova peça a ser usinada	5	Interno
Setup	Operador	Retirar ferramentas usadas no lote anterior do magazine	3	Interno
Setup	Operador	Alocar novas ferramentas no magazine da máquina	6	Interno
Setup	Operador	Executar a medição das ferramentas registrando os valores na máquina	10	Interno
Setup	Operador	Zeramento dos eixos X, Y e Z	7	Interno
Setup	Operador	Transmitir programa	3	Interno
Setup	Operador	Fixar a peça a ser usinada	5	Interno
Setup final	Operador	Iniciar operação de usinagem (baixa performance)	8	Interno
Setup final	Operador	Paradas entre ferramentas para verificação do setup	3	Interno
Setup final	Operador	Troca de peça	10	Interno
Setup final	Operador	Inspeção da primeira peça	8	Interno

Após a classificação das atividades conforme foi proposto na ferramenta TRF ou SMED, foi executada a análise de ferramental, que é a última subtécnica da Análise de Fluxo de Produção, proposta por BURBIDGE (1996). Ela é usada para analisar as ferramentas empregadas em um grupo, a fim de encontrar famílias de ferramentas e para ajudar no planejamento da transição para o “tempo de *setup* zero” e a racionalização e padronização das ferramentas.

Desta forma, o grupo de máquina fabricava que 48 peças diferentes, que foram pré-

definidas como a família de peças que passariam por este determinado grupo de máquina em seu processo de fabricação. A família de peças foi analisada e classificada conforme os passos que foram citados na Análise do Ferramental, onde restaram 43 peças com as características similares, que possibilita a formação de um grupo de peças que possam ser fabricadas com um conjunto determinado e parão de ferramentas, escolhidos conforme os critérios listados no Quadro 2:

Quadro2. Filtro e classificação das peças

Classificação	
Tipo de material	Alumínio
Forma do material	Laminado e retangular
Tamanho do material	Placas de até 400mm
Tipo de fixação	Dispositivo
Desgaste de ferramentas	Baixo
Ferramentas especiais	Nenhuma

Após a classificação primária, foram descartados do grupo 5 tipos de peças, restando 43 peças na família que será usinada no grupo de máquinas estudado. As 43 peças da família estudada foram distribuídas em uma matriz de análise de utilização de ferramentas, onde foram numeradas de 1 a 43 e as ferramentas que são utilizadas para fabricação de cada peça foram numeradas de #1 a #25, contabilizando cada tipo de ferramenta presentes no processo atual de usinagem dos itens.

Com a matriz, foi possível analisar a quantidade de ferramentas utilizadas para cada peça e, principalmente, quais as ferramentas que eram mais utilizadas no processo produtivo, mostrando a possibilidade do agrupamento das peças para usinagem, a padronização das ferramentas utilizadas e a otimização do uso dos recursos com a substituição de algumas ferramentas devido à similaridade de sua função na usinagem, reduzindo custos desnecessários com grande variedade de ferramentas.

O Quadro 3 mostra a matriz de análise do ferramental utilizado, sendo possível gerar outra matriz (QUADRO 4), mostrando o agrupamento das peças conforme a utilização das

ferramentas e a substituição de ferramentas utilizadas, com a meta de fabricação das peças com apenas 15 ferramentas no grupo da máquina, obtendo uma redução dos recursos utilizados, reduzindo custos e perda de tempo com administração de um número maior de variedades de ferramentas.

Quadro3. Matriz de Análise de Ferramental

Peça	FERRAMENTA																								
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23	#24	#25
1	X	X	X		X				X	X	X				X			X			X	X			
2	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X			X	X							
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
4	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
5			X	X	X	X	X	X	X	X											X		X		
6			X	X		X	X	X					X	X	X	X	X						X	X	
7		X		X		X	X	X	X																
8		X		X				X	X	X															X
9		X		X			X	X	X	X	X	X													
10	X	X		X	X	X	X			X	X	X													
11	X	X	X	X		X	X	X				X	X		X				X	X	X				
12	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X		X					X	X	X			
13	X	X	X	X	X	X	X	X																	
14	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X				X						
15					X				X	X	X	X	X			X	X	X		X			X	X	
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
17	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X	X	X	X								
18			X	X	X	X	X	X	X	X	X														
19		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						X	X			
20			X	X		X	X	X	X			X													
21	X	X	X	X				X				X	X			X		X							
22	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X					X	X						
23	X	X	X	X	X	X			X	X	X				X						X		X		
24	X	X	X	X																X			X	X	
25	X	X	X	X	X	X	X	X																	
26	X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	X	X										X
27	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
28	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X										
29							X	X	X	X											X				
30		X	X		X	X	X	X													X	X			
31		X	X	X	X	X	X	X	X	X				X				X	X						
32		X	X	X		X	X	X															X		
33	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X									X	X		
34	X	X	X	X		X	X					X	X	X	X										
35	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X											
36	X	X	X		X			X																	
37	X		X			X	X		X	X	X				X	X	X	X					X		
38			X	X			X	X		X	X	X	X												
39			X	X	X	X	X	X		X		X		X				X	X						
40	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X			X			X		X					
41	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X							
42	X		X	X		X	X	X	X			X						X							
43	X	X	X	X				X				X	X					X							
Utilização	28	33	37	36	22	29	35	33	26	25	20	26	20	13	16	7	10	7	5	3	7	3	8	4	2

Quadro 4. Matriz com agrupamento de ferramentas

Peça	FERRAMENTA																								
	#3	#4	#7	#2	#8	#5	#1	#9	#12	#10	#5	#11	#13	#15	#14	#17	#23	#16	#18	#21	#19	#24	#20	#22	#25
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X												
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X										
41	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X									
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X							
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X											
27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X							
35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X										
40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X		X									
14	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X							X				
11	X	X	X	X	X	X	X		X				X	X							X	X		X	
25	X	X	X	X	X	X	X				X														
19	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X						X				X
31	X	X	X	X	X	X		X		X	X				X				X		X				
32	X	X	X	X	X	X											X								
28	X	X	X	X	X		X	X	X		X		X	X	X										
17	X	X	X	X	X		X	X		X		X		X	X	X		X							
26	X	X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X										X
33	X	X	X	X		X	X		X		X	X	X	X			X					X			
34	X	X	X	X		X	X		X				X	X	X										
13	X	X	X	X		X	X				X														
42	X	X	X		X	X	X	X	X							X									
20	X	X	X		X	X		X	X																
5	X	X	X		X	X		X		X	X						X				X				
18	X	X	X		X	X		X		X	X														
6	X	X	X		X	X							X	X	X	X	X	X					X		
38	X	X	X		X				X	X		X	X												
39	X	X	X			X			X	X	X				X	X					X				
22	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X							X		X			
21	X	X		X	X		X		X				X						X	X					
43	X	X		X	X		X		X				X				X								
23	X	X		X		X	X		X	X	X	X	X				X				X				
24	X	X		X			X										X						X	X	
2	X			X	X	X	X	X		X	X				X	X				X					
30	X			X	X	X					X										X				X
37	X		X			X	X	X		X		X		X			X	X	X	X					X
36	X			X	X		X				X														
1	X			X			X	X		X	X	X	X	X						X	X				X
7		X	X	X	X	X		X																	
9		X	X	X	X			X	X	X		X													
8		X	X	X	X			X																	X
10		X	X	X		X	X		X	X	X	X													
29				X				X	X	X											X				
15								X	X	X	X	X	X				X	X	X	X			X	X	
Utilização	37	36	35	33	33	29	28	26	26	25	22	20	20	16	13	10	8	7	7	7	5	4	3	3	2

Ferramentas padrão
 Ferramentas compatíveis com as padrões
 Ferramentas exceção

Com a análise na matriz e o agrupamento das ferramentas utilizadas, foi possível determinar as 15 ferramentas padrão que serão utilizadas naquele grupo de máquinas, identificadas em verde na tabela. Em seguida, foi verificado quais ferramentas poderiam ser substituídas por aquelas que já estavam no grupo padrão, sendo que aquelas que haveriam possibilidade foram identificadas em azul e apenas 2 ferramentas ficaram como exceção no grupo, devendo ser montadas sempre quando necessário sua fabricação, afetando apenas 5

peças, que foram identificadas na matriz com a cor vermelha.

Com essa análise, foi possível definir a formação do grupo de ferramentas padrão que deverão ser alocadas permanentemente no grupo de máquinas estudado e, quando for necessário, a usinagem dos cinco itens classificados como exceção, eles estarão identificados e serão programados com o acionamento de montagem apenas da ferramenta que não é dedicada. Outra oportunidade de melhoria observada durante o trabalho foi a utilização de único zeramento nos eixos “X” e “Y”, aumentando os ganhos no *setup* de máquina, já que o zeramento no eixo “Z” já foi eliminado com a padronização do ferramental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com as análises realizadas através das ferramentas e filosofia Lean, foi possível o alcance de alguns resultados altamente significativos para que a empresa seja mais competitiva e arrojada perante o mercado.

Como resultado marginal ao objetivo do trabalho, foi possível a redução de 8 ferramentas com substituição por aquelas que são padrão do grupo, obtendo uma redução de 25 ferramentas para 17 ferramentas, sendo que das 17 ferramentas que serão utilizadas, 15 são padronizadas dentro do grupo, proporcionando uma redução de 32% da variedade de ferramentas, conseqüentemente, um menor custo de compra, estocagem e administração das mesmas.

Outro ganho muito importante, além do objetivo do trabalho, é a redução de horas/homem do almoxarife, onde ele fará apenas a preparação do grupo de ferramentas uma única vez para usinagem de 38 tipos de peças diferentes e preparações adicionais de uma ferramenta dedicada em apenas 5 peças distintas, sendo que, anteriormente, a preparação era executada para cada tipo de peça usinada. A atividade de *pré-setup*, que se baseava praticamente em apenas preparar as ferramentas, consumia em média 41 minutos, que foi reduzido para aproximadamente 9 minutos com a padronização das ferramentas utilizadas na máquina.

Focando no objetivo do trabalho, que é a redução do tempo de *setup* aumentando a

disponibilidade de máquina, obteve-se um ganho, na média, de 51% do tempo de *setup* interno, resultado de uma redução de 246 minutos para 120 minutos apenas em uma máquina estudada em 2 turnos de trabalho. Este ganho representou um aumento na disponibilidade de máquina de aproximadamente 22%, significando 126 minutos a mais de disponibilidade, em apenas uma máquina estudada, que será aproveitada na usinagem de uma quantidade maior de ordens de fabricação, aumentando a capacidade operacional da fábrica, que proporcionará maior competitividade para a empresa, conforme observado na Figura 3.

Na mesma linha de trabalho, Corazza (2016) publicou trabalho similar, porém com máquina de torneamento CNC, ao invés de Centro de Usinagem CNC, obtendo resultados plenamente satisfatórios, com ganho em *setup* de 750%, uma redução de 60 minutos para aproximadamente 8 minutos, porém não contabilizando a troca de peças, fixação de peças para usinagem, apontamentos de ordens de serviços, inspeção e fixação de dispositivos, que são extremamente relevantes para usinagem em centros de usinagem. Para parametrizar as medições, foi removido o tempo de troca de peças e inspeção de primeira peça, porém foi mantido a troca de dispositivo devido a sua importância na tecnologia, onde se obteve resultados comparativos de 50 minutos iniciais para 13 minutos, com ganho de 385%, abaixo se comparado ao torno CNC. Com o comparativo, foi extremamente relevante o fato de observar a grande oportunidade em ganhos de tempo com a padronização do dispositivo e do sistema de troca de peças, que não foram abordados neste trabalho, porém são itens que desequilibraram para um resultado inferior daquele apresentado por Corazza (2016).

Em trabalho apresentado por Boehs e Stevan (1999), o ganho global obtido foi de 52,7% no *setup* de máquinas CNC, muito similar aos resultados conquistados com a padronização das ferramentas apresentado neste trabalho, onde os estudos foram em ambientes e máquinas bastantes similares, porém novamente é observado que, no trabalho em comparação, foram realizadas melhorias no sistema de fixação, troca de peças e sistemática de trabalho, o que surge confirmando pontos de melhorias futuras ao trabalho realizado.

Tranchezze (2011) realizou um trabalho de redução de *setup* na indústria automobilística, onde a usinagem é realizada em menor variedade de peças e concentrou-se

em duas máquinas dedicadas obtendo ganhos de 55% para uma delas e 47% para outra. Apesar da baixa variedade de produtos, aqueles estudados por Tranchezze (2011) possuem maior dificuldade em sua movimentação devido ao elevado peso das peças e ferramentais, em que foram aplicadas melhorias ergonômicas. Considerando que o trabalho foi baseado na melhoria das condições das ferramentas, este trabalho apresentado mostrou-se de alta complexidade pelo estudo de diversas ferramentas e grande mix de produtos, o que demonstra a importância do resultado apresentado para a competitividade da empresa. Ambos possuem oportunidades futuras com relação à redução do tempo de *setup*, especialmente voltado à padronização de dispositivos e trocas de peças.

Importante ressaltar que todos os trabalhos comparados utilizaram das ferramentas imbutidas na filosofia Lean, especialmente a eliminação do desperdício e a ferramenta TRF ou SMED, organizando o estudo dos *setup* sem busca de sua eliminação e demonstrando o consenso geral sobre a importância das ferramentas Lean na busca da melhoria contínua e competitividade empresarial.

4 CONCLUSÕES

Mesmo focando em parte das atividades de *setup*, restrito à análise de ferramentas, foi possível uma redução de 51% do tempo dedicado à atividade de *setup*, proporcionando um aumento na disponibilidade da máquina para operação de 22%, aumentando a capacidade efetiva de produção na máquina estudada, dentro do grupo de máquinas a que pertence.

Mesmo com foco na redução do tempo de *setup*, evidenciou-se ganhos em outras atividades, especialmente na compra de ferramentas, administração de seu uso e estoques, além do grande impacto nas atividades de montagem e desmontagem de ferramentas pelo Almojarife (pré-*setup* - operação externa).

Ao decorrer do estudo, foi observado que a redução do tempo de *setup* pode ser atenuado se aplicado melhorias de modo mais abrangente a todas as atividades que compõem o *setup*, especialmente aquelas que tem um impacto maior, como a troca dos dispositivos de fixação das peças e trocas de peças, sendo oportunidade para estudos e aplicações futuras.

Portanto, foi possível comprovar que utilizando a filosofia Lean para eliminação dos desperdícios e ferramentas que trazem conceitos aplicáveis ao cenário industrial, é possível realizar a adaptação para a realidade aplicada e obter ganhos altamente consideráveis, contribuindo para o aumento de produtividade e competitividade das empresas.

REFERÊNCIAS

BOEHS L.; STEVAN M. S. Redução do tempo de preparação de máquinas de usinagem: um estudo de caso de melhoria de produtividade. **In.: XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica** – Águas de Lindóia/SP, 1999.

BURBIDGE, J. L. **Production Flow Analysis for Planning Group Technology**. Clarendon Press. Oxford, 1996.

CORAZZA, E. J. Otimização do tempo de setup no setor de usinagem, em uma empresa de processamento de alumínio de Joinville/ Santa Catarina – Brasil. **In. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção ENEGEP** - João Pessoa/PB, 2016.

GODINHO FILHO, M. Paradigmas **Estratégicos de Gestão da Manufatura: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, 2004.
SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Porto Alegre: Bookman, 2000.

STALK JR., G.; HOUT, T. M. **Competindo contra o tempo**. Tradução Flávio Meurer – Rio de Janeiro: Campus, 1993.

TRANCHEZZI, L. T. **Redução do tempo de setup de máquinas de usinagem em uma indústria automobilística**. Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá/SP, 2011.