

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO INDUSTRIAL**

**VICTOR HUGO ALVES CELESTINO**

**MELHORIA NO PROCESSO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO:  
REGULAGEM DE 1ª PEÇA, SETUP INTERNO E FALHAS DE  
PROGRAMAÇÃO CNC.**

Orientador: Prof. Me. Adolfo Alexandre Vernini

Botucatu-SP  
Novembro -2016

**MELHORIA NO PROCESSO DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO:  
REGULAGEM DE 1ª PEÇA, SETUP INTERNO E FALHAS DE  
PROGRAMAÇÃO CNC.**

**RESUMO**

O presente artigo fala sobre melhorias em uma linha de produção de uma fábrica de usinagem. Tempo de setup é compreendido como o tempo de parada das máquinas, seja na preparação ou troca de ferramentas, o que ocorre durante os vários estágios do processo produtivo. A busca por melhores resultados da capacidade do processo de produção faz com que as empresas busquem a implantação de métodos de trabalho que viabilizem a resolução de problemas restritivos no sistema de produção usado. O trabalho utiliza os preceitos estabelecidos ao Método SMED (*Minute Exchange of Die*), onde foi possível observar de imediato que no cenário atual não havia um padrão de trabalho comum, que consistiu na verificação do processo produtivo, através da elaboração de planilhas para exposição e gráficos para discussão dos resultados. Para análise de cada problema identificado, utilizaram-se as ferramentas da qualidade (Pareto e Ishikawa), sendo que após a identificação dos problemas e suas respectivas causas, obteve-se resultados de redução de 10% no tempo de parada por regulagem, 80% de redução no tempo de setup interno e 14% no tempo de parada por falhas de programas CNC.

**PALAVRAS-CHAVE:** Métodos SMED. Ferramentas da qualidade. Tempo de setup.

## ABSTRACT

This article discusses improvements in a production line of a machining factory. Set-up time is understood as the downtime of the machines, whether in the preparation or exchange of tools, which occurs during the various stages of the production process. The search for better results in the capacity of the production process causes the companies to seek the implementation of working methods that enable the resolution of restrictive problems in the production system used. The work uses the precepts established to the SMED Method (Minute Exchange of Die), where it was possible to observe at once that in the current scenario there was no common working pattern, which consisted in verifying the productive process, through the elaboration of worksheets for exhibition and Charts for discussion of results. The quality tools (Pareto and Ishikawa) were used to analyze each problem, and after the identification of the problems and their respective causes, results were obtained of a 10% reduction in downtime by regulation, 80% Reduction in internal setup time and 14% in downtime due to CNC program failures.

**KEYWORDS:** SMED methods. Quality tools. Setup time.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o perfil de muitos mercados vem mudando rapidamente. Alguns setores da indústria, mais exigentes que os demais, tem como característica grande variedade na demanda exigindo um perfil de empresas capaz de dar resposta rápida a esta variedade para manterem-se competitivas e permanecerem no mercado. A constante necessidade pelo aumento da qualidade e redução de custos nos processos produtivos se torna uma obrigação para empresas que desejam se manter competitivas, visto que o mercado e a concorrência são os fatores que determinam os preços dos produtos finais (CALHADO, 2015).

De acordo com Ohno (2006), Toyoda Kiichiro então presidente da Toyota Motor Company, disse, “Alcancemos os Estados Unidos em três anos. Caso contrário, a indústria automobilística no Japão não sobreviverá.”. Com o pensamento de eliminar os desperdícios que Taiichi Ohno juntamente com Eiji Toyoda e, posteriormente, Shigeo Shingo criaram o Sistema Toyota de Produção.

A fim de ter uma produção sincronizada é necessário ter lotes pequenos e para que isso não reduza a produção é necessário ter uma troca rápida de ferramentas (SHINGO, 2005).

De acordo com Shingo (2005), foi contratado para conduzir uma pesquisa de melhoria da eficiência em uma planta da Toyo Kogyo da Mazda, com o objetivo de reduzir gargalos. Esta pesquisa indicou que existem dois tipos de Setup:

- Setup Interno (SI) - operações de Setup que podem ser realizadas somente quando a máquina estiver parada, como fixação e remoção de matrizes.
- Setup Externo (SE) - operações de Setup que devem ser concluídas enquanto a máquina estiver funcionando, como o transporte de matrizes da estocagem a montagem ou no sentido contrário.

Shingo (2005) formulou a ideia de que qualquer Setup poderia ser executado em menos de dez minutos e chamou isso de troca rápida de ferramentas, hoje é conhecido como SMED (*Single Minute Exchange of Die*, que traduzido seria “troca de ferramentas em menos de dez minutos”).

Qualquer atividade que não contribua para o bom funcionamento da operação do setup deve ser identificada e eliminada (CARDOSO; HAYASHI, 2015).

A Análise de Pareto é uma técnica estatística utilizada na tomada de decisão que permite selecionar e priorizar um número pequeno de itens capazes de produzir grande efeito na melhoria dos processos. Ela utiliza o Princípio de Pareto (também conhecido como regra 80/20), tem muitas aplicações no controle de qualidade. É a base para o diagrama de Pareto, uma das principais ferramentas utilizadas no controle de qualidade, baseia-se no princípio de que a maioria das perdas tem poucas causas, ou, como foi dito por Juran “poucas são vitais, a maioria é trivial” (FARIA, 2008).

Sobek e Smalley (2010), definem o relatório A3 como uma ferramenta que busca estabelecer uma estrutura concreta para implementar a gestão PDCA (*PLAN, DO, CHECK E ACTION*), ao mesmo passo que ajuda os autores do relatório a uma compreensão mais profunda do problema, das oportunidades e das novas ideias sobre como atacar o problema. O A3 facilita a coesão e o alinhamento interno da organização em relação ao melhor curso de ação.

O kaizen também pode ser definido como melhoramento contínuo, e, tem por objetivo a promoção de melhoramentos sucessivos e constantes, ou seja, mais e menores passos de melhoramento incremental (SLACK et al., 2002).

No início da década de 80, com o objetivo de enfrentar de forma efetiva a concorrência dos produtos japoneses, que já se sobressaiam em nível mundial, a melhoria contínua se difundiu entre as empresas ocidentais, especialmente no ambiente industrial norte americano (GARVIN, 1992).

Liker (2005), aponta que o kaizen pode ser operacionalizado por meio do ciclo Planejar, Fazer, Verificar, Agir e que este método incentivou diversas indústrias japonesas a adotar uma abordagem sistemática de melhoria contínua, realizada por meio dos kaizens.

Assim o ciclo PDCA é projetado para ser usado como um modelo dinâmico. Ao finalizar um ciclo irá fluir no começo do próximo ciclo, e assim sucessivamente. Seguindo no espírito de melhoria de qualidade contínua, o processo sempre pode ser reanalisado e um novo processo de mudança poderá ser iniciado (BORGES, 2011).

Além disso, Liker (2005) destaca que os esforços de kaizen devem ser realizados por meio de pequenos grupos de indivíduos que trabalham em equipes, com o intuito de discutir problemas específicos, coletar e analisar dados, tomar decisões de forma conjunta, além de documentar e melhorar processos.

O objetivo deste trabalho é demonstrar a aplicação da filosofia Kaizen, explorando as ferramentas da qualidade, visando a resolução de problemas e melhores resultados da capacidade do processo de produção.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi desenvolvido um estudo de caso em uma empresa de usinagem, a fim de detectar os principais problemas que ocorrem com mais frequência, durante o período de maio a setembro de 2016, onde foi utilizado um banco de dados com base no *Microsoft Excel*, com informações pertinentes aos problemas encontrados. Todas as informações foram extraídas do Sistema Integrado de Gestão (SIG).

Através do estudo feito na linha de produção, foram identificados 10 problemas mais frequentes, conforme mostra a Tabela 1.

Após identificação dos problemas, foi realizado um projeto de melhoria contínua com base na metodologia do PDCA. Foi realizada uma quantificação dos problemas, a fim de priorizar e facilitar a identificação das possíveis causas e melhorias a serem realizadas, análises para identificar possíveis causas mostrando resultados em gráficos de Pareto e de Causa e Efeito, foi feito levantamento das causas geradoras dos problemas, elaborado planos de ação e relatório A3 para auxílio na execução das melhorias propostas, feito um plano de controle para verificação e acompanhamento das atividades a serem implementadas, e por fim, a padronização das atividades implementadas que tiveram a meta atingida, ou seja, que deram certo as melhorias propostas.

Identificados os problemas mais frequentes conforme mostra a Tabela 1, notamos que os problemas de regulagem de 1ª peça, setup interno e problemas na programação correspondiam a 72% de todo o tempo de máquina parada.

Estes problemas estão diretamente relacionados ao tempo que se perde em preparação e montagem de ferramentas, em montagem de dispositivos, em regulagem de calços e verificação de programas.

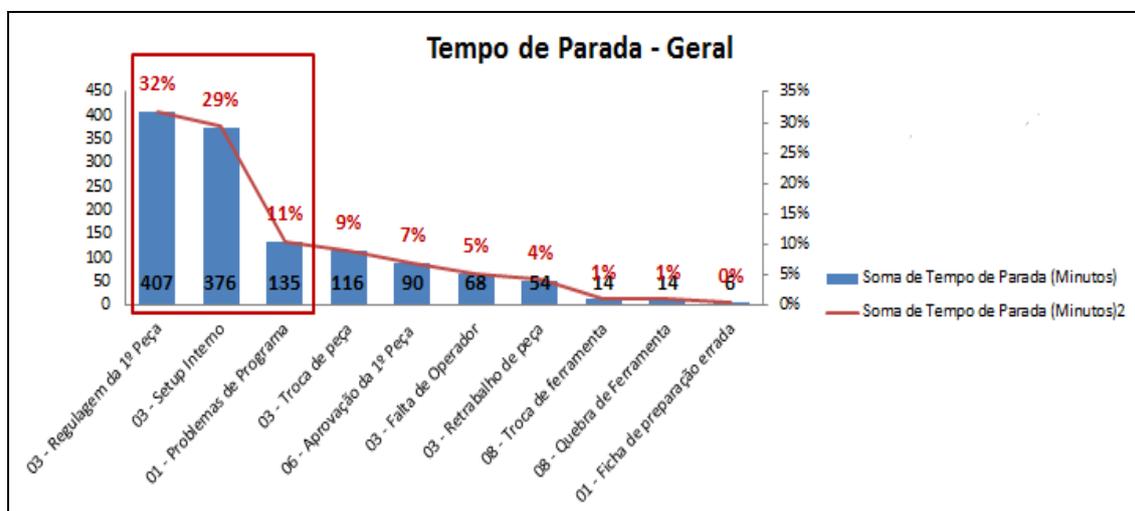
Os dados da Tabela 1 foram levantados através de um estudo entre maio a setembro de 2016 correspondentes a 40 horas (2400 minutos) consecutivas de cronometragem, em três turnos operantes, e em uma única máquina, onde a mesma era o principal gargalo da linha de produção e tinha o maior número de problemas ao sistema de manufatura. Para a realização desse estudo, foi colocado para usinagem um item que também era o principal problema para o sistema de manufatura.

Tabela 1 - Relação dos problemas em uma linha de produção

Rótulos de linha	Soma de tempo de parada (minutos)	Soma de tempo de parada (%)
Regulagem de 1ª peça	407	32
Setup interno	376	29
Problemas de programas	135	11
Troca de peça	116	9
Aprovação da 1ª peça	90	7
Falta de operador	68	5
Retrabalho da peça	54	4
Troca de ferramenta	14	1
Quebra de ferramenta	14	1
Ficha de preparação errada	6	0
<b>Total geral</b>	<b>1280</b>	<b>100</b>

Depois de relacionados os problemas, foi elaborado um diagrama de Pareto conforme Figura 1, para ordenar as frequências, permitindo priorizar os problemas mais graves.

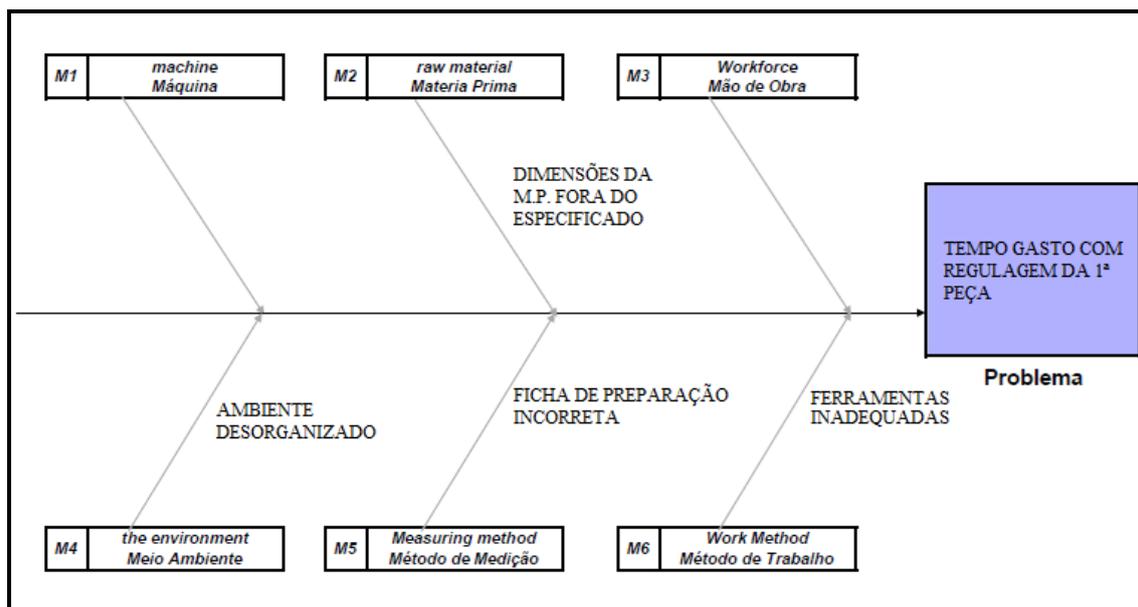
Figura 1 - Diagrama de Pareto dos problemas mais frequentes



Logo após essas análises concluídas, foi utilizada a ferramenta Diagrama de Ishikawa para identificação das possíveis causas dos problemas levantados.

Através das informações da Figura 2, foram identificadas algumas possíveis causas para o problema regulagem da 1ª peça. Os meios máquina (M1) e mão de obra (M3) não tiveram uma possível causa com grau de importância que interferissem no problema.

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa regulagem da 1ª peça



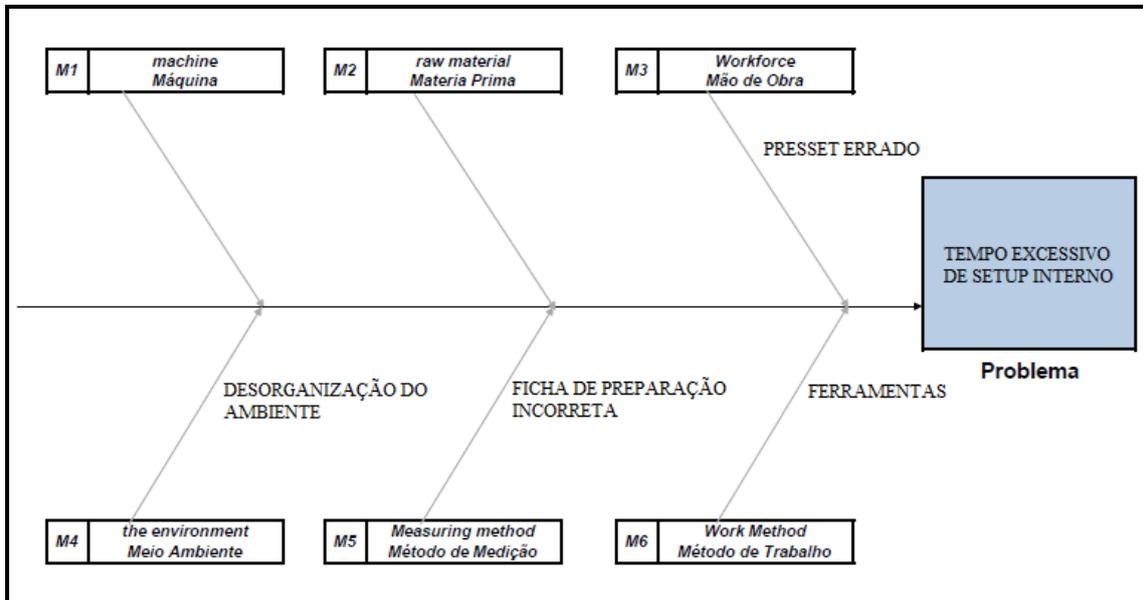
Outro problema que foi estudado é o de Setup interno, que está relacionado ao tempo que se perde em preparação e montagem de ferramentas, em montagem de dispositivos, em regulagem de calços e verificação de programas.

Conforme mostra a Figura 3, foi identificado que dos 6M's que poderiam ser levantadas causas, dois deles não tem interferências com relação ao tempo de setup, no caso, a matéria-prima e máquina. No entanto, no M3 (mão-de-obra) identificou-se que o preset feito manualmente pelo operador poderia ser uma possível causa do desperdício de tempo de setup. No M4 (meio ambiente), foi visto que a estrutura, o ambiente de trabalho não dava condições de melhoria no setup. Já no M5 (método de medição), a forma de medir ou conferir se o operador estava fazendo de modo correto, identificou-se que na ficha de preparação de máquinas não tinha um modo padrão, às vezes faltavam informações, às vezes continham informações duplicadas, nem sempre estava correta. E finalmente no M6 (método de trabalho), das possíveis causas relacionadas, foi identificado que também não tinha um padrão de ferramentas definidas, uma vez que fossem usinadas as peças, era utilizado um tipo de ferramenta, outra vez que fossem

usinadas era utilizado outro tipo, a falta de padronização das ferramentas não colaborava para que se pudesse reduzir o tempo de setup.

Na Figura 3 estão representadas algumas das possíveis causas relacionadas ao problema Setup Interno.

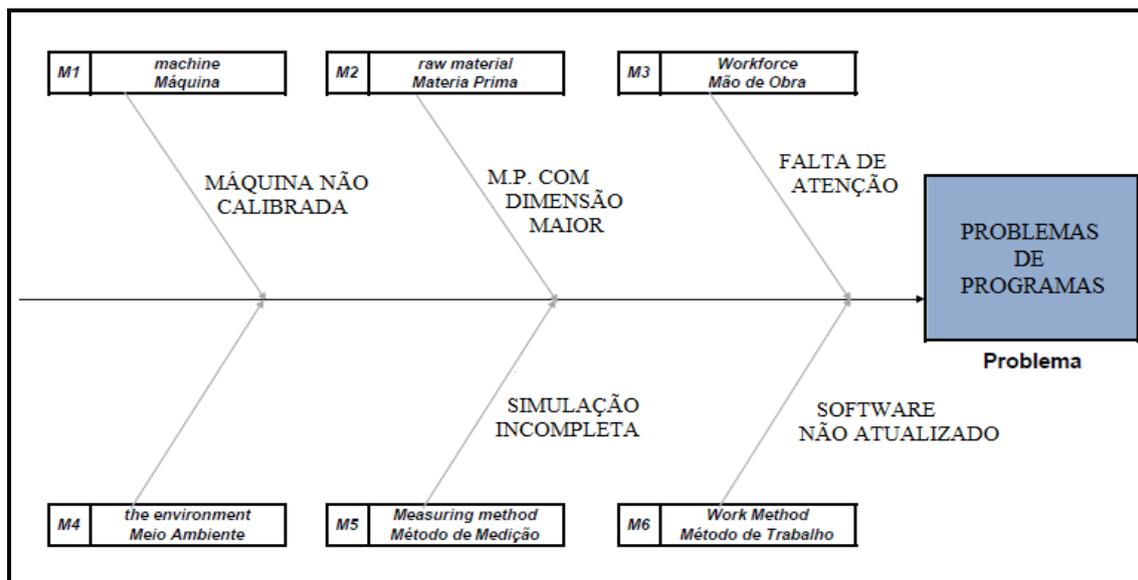
Figura 3 – Diagrama de Ishikawa Setup Interno



O último problema estudado foi o de problemas de programas, trata-se de erros ou paradas de máquinas por programação, relacionados desde uma ferramenta do software utilizada de forma incorreta até aos códigos de programação.

Nas informações da Figura 4, identificamos algumas possíveis causas para os problemas de programas. O item meio ambiente (M1) não teve uma possível causa com grau de importância que interferisse em erros de programação.

Figura 4 - Diagrama de Ishikawa dos problemas de programas



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível demonstrar de forma detalhada que a empresa se apresentava em um cenário negativo no mercado. A empresa buscava por um aumento de produtividade sem a necessidade de investimentos.

De maio de 2016, quando começaram as verificações e estudos até setembro de 2016, ocorreram mudanças reais na empresa com relação à regulagem de 1ª peça, ao setup interno e aos problemas de programas.

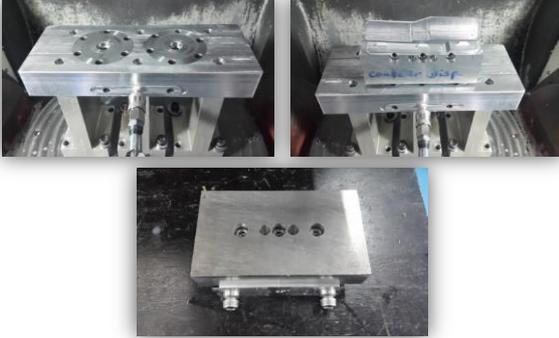
Realizado as análises, obtivemos como resultado a implantação das soluções propostas que estão representadas nas Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 - Ações para regulação da 1ª peça

Descrição do problema				Ganho			
32% do tempo de parada regulação 1ª peça				Redução de 10% do tempo de setup			
ANTES				DEPOIS			
FICHA DE PREPARAÇÃO				FICHA DE PREPARAÇÃO			
PN: 505-12204-005	CLIENTE: EMBREAR (BOT)	MAT. PRIMA: ALUMINIO	OP: 020	DISPOSITIVO O.: (DISP 020) 505-12204-005	REV. DO DISP.: VER NO ROTEIRO	MP 31 REV. 5	FOLHA 11
MUQ: VORTEX 5 EIXOS	DATA:	CHAPA:	COMANDO:	HORA PREVISTA P. USO:	LABORAD. N.º 715	REV. 3	
FERRAMENTAS				FERRAMENTAS			
T	DESCRIÇÃO	DIAM.	CODIGO	C.F.F.S.	A.C.	OBSERVAÇÕES	
01	BROCA	14,0	---	30,0	---	T-BRAC	
02	BROCA	2,0	---	30,0	---	CENTRO	
03	BROCA	8,2	---	30,0	---	HELICOIDAL	
04	ALTA PROFUNDIDADE	30,0	---	30,0	---	ALTA PROFUNDIDADE	
05	ALTA PROFUNDIDADE	25,0	---	30,0	---	ALTA PROFUNDIDADE	
06	ALTA PROFUNDIDADE	12,0	12-125	30,0	25,0	ALTA PROFUNDIDADE	
07	PARAFUSO	18,0	12-125 M3	30,0	25,0	COM BARRIL	
08	PARAFUSO	12,0	12-125	30,0	25,0	COM BARRIL	
09	PARAFUSO	12,0	12-125	30,0	25,0	COM BARRIL	
10	BROCA	11,7	---	30,0	---	HELICOIDAL	
11	ALARGADOR	12,0	---	30,0	---	HELICOIDAL	
ACERROS: ITENS UTILIZADOS PARA MONTAGEM DA PEÇA E DO DISPOSITIVO NO D.C.				ACERROS: ITENS UTILIZADOS PARA MONTAGEM DA PEÇA E DO DISPOSITIVO NO D.C.			
QTD	DESCRIÇÃO	OBSERVAÇÕES					
02	PARAFUSOS M3x40mm	---					
04	CHAPA DE APERTO - M30mm x M30mm x ARBUELA PARA M3	---					
USAR O DISPOSITIVO, ACERROS E FERRAMENTAS ANTES DE REALIZAR O CORTADO DISTINTAMENTE VÃO CONFORMAR, SEGUIR O P.A. REFERENCIAL   VERSÃO: 020-770				USAR O DISPOSITIVO, ACERROS E FERRAMENTAS ANTES DE REALIZAR O CORTADO DISTINTAMENTE VÃO CONFORMAR, SEGUIR O P.A. REFERENCIAL   VERSÃO: 020-770			
Situação anterior				Ações implementadas			
- Falta padronização da ficha de preparação e das ferramentas utilizadas				- Elaborado um grupo de ferramentas facilitando a seleção de ferramentas para o operador e almoxarifado			

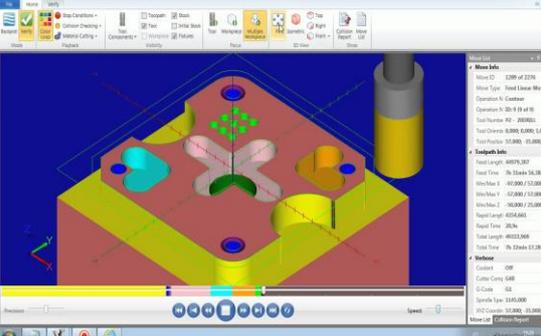
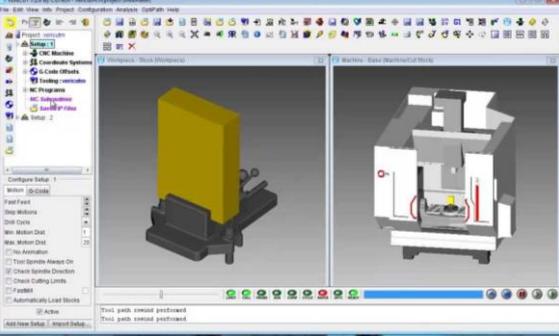
Conforme demonstrado na Figura 5, para a falta de padronização da ficha de preparação e da seleção das ferramentas utilizadas, foi elaborado um grupo de ferramentas que facilita a identificação e montagem de ferramentas. Nesse grupo, as ferramentas terão algumas características em comum, como por exemplo, a altura de corte de todas elas será 40 mm e a dimensão para fora do suporte (cone) será de 60 mm. As que forem inclusas nesse grupo serão identificadas pela cor verde na ficha de preparação. Para a inclusão de ferramentas, é feito um levantamento anterior por um grupo de líderes da engenharia de manufatura e almoxarifado, que identificam as ferramentas por algumas características como parâmetros de corte, precisão e custo benefício.

Figura 6 - Ações para Setup interno

<b>Descrição do problema</b> 29% do tempo de parada setup interno	<b>Ganho</b> Redução de 80% do tempo de setup
<p style="text-align: center;"><b>ANTES</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DEPOIS</b></p> 
<b>Situação anterior</b> - Usinagem com fixação em morsas	<b>Ações implementadas</b> - Adquirido sistema VERO, com fixação pneumática agilizando e facilitando a montagem

A Figura 6 representa a ação para o elevado tempo de setup interno, onde foi adquirido dois modelos do sistema VERO de fixação. Esse método de fixação demora em média apenas 3 segundos, pois enquanto um esta com a peça sendo usinada, o outro já pode ir sendo preparado para entrar em usinagem, assim não há tempo perdido para remover a peça usinada e inserir outra na máquina. Esse método requer também algumas padronizações, como altura de dispositivos, distância entre furos e diâmetros dos furos de fixação na mesa, facilitando aos operadores a interpretação correta da ficha de preparação do item.

Figura 7 - Ações para problemas de programas

<b>Descrição do problema</b> 11% do tempo de parada por problemas de programas	<b>Ganho</b> Redução de 14% dos problemas
<p style="text-align: center;"><b>ANTES</b></p> 	<p style="text-align: center;"><b>DEPOIS</b></p> 
<b>Situação anterior</b> - Utilização do simulador MasterCam, com comparação superficial da usinagem	<b>Ações implementadas</b> - Software Vericut, um simulador mais realístico e completo, com máquinas e ferramentas

Na Figura 7, o índice elevado de problemas de programas CNC teve como ação, a aquisição de um software chamado Vericut. Esse software permite reduzir drasticamente a chance de erros, colisões potenciais ou áreas de ineficiência, e

possibilita aos programadores CNC corrigir os erros antes do programa ser carregado na máquina, evitando assim uma possível parada por erros de programas cnc. Também tem uma simulação realística 3D da máquina CNC, exatamente como a máquina se comporta no chão de fábrica.

Após a implantação das ações, foi identificado que através das melhorias realizadas como elaboração de grupo de ferramentas, aquisição do sistema Vero e do software Vericut, não só os três primeiros problemas foram melhorados, mas sim todos os outros da lista tiveram alterações. Além disso, foram criados outros grupos de ferramentas para outras operações de usinagem, o que melhorou ainda mais o problema de regulagem de 1ª peça.

O sistema Vero foi aplicado em novas máquinas, reduzindo o tempo de setup interno, e agilizando também a troca de peças.

Com o simulador Vericut foi possível identificar outros problemas que não foram identificados na primeira análise. Alguns erros que aconteciam com geração de códigos inexistentes agora são identificados já na simulação.

Levando-se em conta o que foi observado, nota-se a importância das ferramentas da qualidade como material de apoio para identificação dos problemas a serem atacados. Depois de implantadas as ações e mudanças propostas no Kaizen dentro dos problemas identificados observou-se uma redução de 10% do tempo de regulagem de 1ª peça, 80% do tempo de setup interno e 14% dos problemas de programas, quando comparado ao cenário anterior.

#### **4. CONCLUSÃO**

Foi possível observar que primeiramente o foco do projeto era atacar os 3 principais problemas identificados, sendo que representavam 72% do tempo total de paradas, porém com a aplicação das ações e padronização das atividades houve uma abrangência aos demais problemas, reduzindo então ainda mais o tempo de parada dentro do processo de usinagem.

Dentro do processo de usinagem, como em qualquer outro processo melhorado, existem ainda inúmeras oportunidades de melhoria, se tornando um hábito contínuo, fazendo com que o projeto Kaizen se torne sustentável.

Assim, é possível concluir que a filosofia Kaizen é extremamente eficiente e podem-se obter resultados ainda mais satisfatórios quando bem executadas as

ferramentas necessárias, trazendo assim resultados satisfatórios como o apresentado no trabalho em questão.

## 5. REFERÊNCIAS

BORGES, F. A. B. **Ciclo PDCA**. 2011. Disponível em:

<<http://pt.slideshare.net/borgim/apresentacao-pdca>>. Acesso em: 12 out. 2016.

CALHADO, P. M. **Implantação do Método de Troca Rápida de Ferramentas no Setor de Usinagem em uma Indústria de Autopeças**. 2015. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_226\\_28261.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_226_28261.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2016.

CARDOSO, R. T.; HAYASHI, A. P. **Empresa do setor de cosméticos alcança a melhoria no processo através da redução do setup com uso da abordagem de Shingo (SMED)**. 2015. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_207\\_231\\_27432.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_207_231_27432.pdf)>. Acesso em: 16 out. 2016.

FARIA, C. **Diagrama de Pareto**. InfoEscola, 2008. Disponível em:

<[http://www.infoescola.com/administracao\\_/diagrama-de-pareto](http://www.infoescola.com/administracao_/diagrama-de-pareto)> Acesso em: 16 out. 2016.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro, Qualimark, 1992.

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Shumacher – Porto Alegre: Artes Médicas. Editora Bookman, 2006.

SOBEK II, D.K.; SMALLEY, A. **Entendendo o pensamento A3: um componente crítico do PDCA da Toyota**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Trad. Eduardo Schaan – 2ª Ed. – Porto Alegre: Artes Médicas. Editora Bookman, 2005.

SLACK, N.; CHAMBLERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2ªed. São Paulo: Atlas, 2002.