

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAMELA LEIRIA BAGGIO

**TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (SMED) UMA APLICAÇÃO EM
INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

PAMELA LEIRIA BAGGIO

**TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (SMED) UMA APLICAÇÃO EM
INDÚSTRIA METALMECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de pós-graduação como requisito parcial à obtenção do título de Especialista na Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof. Marcelo Gonçalves Trentin

PATO BRANCO

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (SMED) UMA APLICAÇÃO EM INDÚSTRIA METALMECÂNICA

por

PAMELA LEIRIA BAGGIO

Esta monografia de Especialização em Engenharia de Produção foi apresentada em 25 de outubro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Produção. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Marcelo Gonçalves Trentin
Prof. Orientador

Prof. Dr. Gilson Adamczuk Oliveira
Membro Titular

Prof. Dr. José Donizetti de Lima
Membro Titular

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

RESUMO

BAGGIO, Pamela Leiria. **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA (SMED) UMA APLICAÇÃO EM INDÚSTRIA METALMECÂNICA**, 29 folhas. Monografia de Especialização em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco. 2019.

A partir do reconhecimento de tarefas que podem ser transformadas em *setup* externo busca-se o aumento da disponibilidade de máquina com a aplicação de troca rápida de ferramentas. Em indústria metalmeccânica, a redução dos desperdícios durante o tempo de troca de matrizes é impactante para todo o processo produtivo. Neste estudo de caso, foi analisada uma empresa com grande *mix* de produção e número limitado de equipamento. A metodologia utilizada foi análise na situação atual com identificação das tarefas a serem convertidas, e simplificação de atividades internas. Com a aplicação deste método, é possível reduzir o tempo de *setup* e identificar os pontos de melhoria, onde devem ser direcionados os estudos de otimização do processo. Foi possível reduzir 39,7% do tempo de configuração do equipamento com a conversão das atividades de *setup* interno em externo, e com aplicação de melhorias em algumas atividades internas estimado em 43,3 % do tempo inicial.

Palavra-chave: Troca rápida de ferramentas, configuração, metalmeccânica

ABSTRACT

BAGGIO, Pamela Leiria. **THE USE OF SINGLE MINUTE EXCHANGE DIE(SMED) IN A METALWORKING INDUSTRY**. 29 pages. Graduate studies in Manufacturing Engineering final project. Technological University of Parana. Pato Branco. 2019.

From the recognition of tasks that can be transformed into external setup, it is sought to increase equipment availability with the Single Minute Exchange if Die (SMED) application. In the metal-mechanic industry, the time reduction of matrix change is impacting the entire production process. In this case study, a company with a large production mix and limited number of equipment had been analyzed. The methodology used was analysis of the current situation, identifying each tasks could be converted, and simplifying of internal setups. By applying this method, it is possible to reduce the setup time and identify the points of improvement where the process optimization studies should be directed. It was possible to reduce 39.7% of the equipment configuration time by converting the internal to external setup activities, and if it was applied the proposed improvements, could achieve the reduction to 43.3 % of the initial time.

Keywords: Single Minute Exchange Die, setup, metalworking

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	OBJETIVO GERAL	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
3	METODOLOGIA	13
4	DESENVOLVIMENTO	14
4.1	SITUAÇÃO ATUAL	15
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS	20
5.1	ESTÁGIO PRELIMINAR	20
5.2	ESTÁGIO 1	21
5.3	ESTÁGIO 2	23
5.4	ESTÁGIO 3	24
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento do processo produtivo provém da necessidade de respostas rápidas e de atendimento das demandas de mercado. A velocidade, considerada como vantagem competitiva entre as empresas, é cada vez mais acelerada e leva as organizações a atender estes propósitos em conjunto com uma aplicação de eficaz gestão dos recursos produtivos. Nesse sentido, o aprimoramento torna-se um processo contínuo em que as empresas estão constantemente desenvolvendo-se para maximizar o valor agregado em seus produtos e minimizando os custos de produção. As técnicas de *Lean Manufacturing* (LM) são sugeridas por diversos autores para otimizar processos produtivos podendo ser aplicadas a qualquer tipo de empresa (SHINGO, 2002; SUGAI, MCINTOSH, NOVASKI, 2007).

Embora a literatura apresente vasta gama de pesquisas em outras técnicas do LM, a técnica Troca Rápida de Ferramentas (TRF) desenvolvida para redução do tempo de preparação de equipamentos destaca-se em muitos estudos na literatura. Dentre estes, Satolo e Calarge (2008) evidenciaram a agilidade no apresto dos equipamentos como importante passo para sobressair-se apresentando em seu estudo da aplicação deste método em seis empresas conceituadas. A aplicação deste artifício implicou no aumento da velocidade para atendimento de demanda de produção, resultando na otimização dos processos. Mattana e Pasa (2012) apresentaram 52% de redução de tempo médio de *setup* com aplicação de TRF em um centro de usinagem. A aplicação da técnica resultou em mudanças significativas na preparação e limpeza do dispositivo, medições da mesa e alinhamento. Ainda, houve padronização das ferramentas, instalação de guias e meios de controle visual.

Com o intuito de maximizar o valor dos produtos e minimizar os desperdícios, a aplicação das técnicas de LM proporcionam melhorias as empresas em relação ao processo quanto de equipamentos, gerenciamento de equipe e distribuição de responsabilidades. Dentre os benefícios dessas aplicações em empresas, podem-se citar o aumento de produtividade e flexibilidade do *mix* de produção, assim como a redução do tamanho de lotes de produção e *lead time* e melhoria qualidade dos produtos. A utilização do TRF pode ser potencializada quando combinada à outras metodologias, como por exemplo a redução de estoque e de materiais em processo, desde que analisadas por estudo de tempos e movimento específicos para cada organização (SHINGO, 2002; MATTANA, PASA ,2012).

As indústrias de processamento, como as de alimentos, bebidas e vestuário apresentam mais dificuldades relacionadas à configuração de equipamentos do que manufaturas de montagem como eletrodomésticos, celulares ou carros. Em geral, os equipamentos utilizados nas esferas de processamento têm alto valor e tem dimensões vastas, não podem ser direcionadas à produção de um produto específico. Além disso, nas fábricas no primeiro ramo existe grande variedade de produtos e conseqüentemente variedade de condições de operação e configurações. Por outro lado, as indústrias de montagem têm produtos, ainda que produzidos em lotes, que maior frequência de alterações do maquinário conforme características do produto. Assim, surge técnicas como o TRF onde é necessário reduzir a duração da etapa de ajustes das matrizes das máquinas para otimizar o processo (KING, 2009).

Para a aplicação da metodologia TRF, tem-se como base a análise minuciosa da realização da atividade de configuração entre processos subsequentes de uma mesma máquina em prol da diminuição do tempo. Para a minimização deste período, aplica-se a observação direta de um posto de trabalho e classificação de todas as atividades que são realizadas. É considerada uma das ferramentas mais eficientes para redução de desperdício de processos e conseqüente redução do tempo não produtivo, resultando em elevação da disponibilidade de máquina (SADKA, MOLNAR E FEDORKO, 2017).

1.1 OBJETIVO GERAL

Este estudo tem como objetivo avaliar a aplicabilidade da Troca Rápida de Ferramenta (TRF) em uma indústria metalmeccânica que possui um grande *mix* de produção e número limitado de equipamentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O tempo consumido na modificação de matéria-prima até o produto final é conhecido tempo de atravessamento ou *lead time*. Ao longo do tempo, a interação entre mão de obra e equipamentos resultam no fluxo da produção. O Sistema Toyota de Produção (STP) começou o desenvolvimento da otimização de seus processos produtivos em meados de 1950. Em sua estrutura, é formado pelos pilares do fluxo contínuo (*Just-in-time*) e identificação de anormalidades (Jidoka). Com a difusão rápida, este sistema representou um modelo tão diferenciado de produção que começou a utilizar-se o tempo de produção enxuta ou *Lean Manufacturing* (LM). A combinação do STP e as técnicas de LM visam identificar os desperdícios existentes e trabalhar para eliminá-los (MATTANA, PASA, 2012; OHNO, 1997).

Após 19 anos de trabalho, entre 1950 e 1968, Shingo desenvolveu uma técnica específica para a redução do tempo de configuração de equipamentos, que originalmente levavam horas para terem as matrizes substituídas, e que permitisse alteração do tipo de produto para outro com essa metodologia, aplicável em qualquer fábrica ou máquina. O tempo de *setup* compreende ao período entre a produção do último produto até a produção do primeiro produto conforme padrão do próximo tipo de produto. A técnica foi denominada “Troca de ferramentas em um tempo inferior a dez minutos”, reconhecida internacionalmente pelo inglês *Single Minute Exchange of Die* (SMED) e em português denominada de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) (SHINGO, 2002; SUGAI, MCINTOSH, NOVASKI, 2007).

A criação da metodologia TRF apresentara aspectos teóricos e práticos a serem utilizados para melhorias do processo contrariando técnicas existentes na época. Tendo como base a identificação do conjunto de operações realizadas em uma substituição de matriz de um equipamento, as atividades foram divididas em dois grandes grupos de acordo com a natureza: tarefas realizadas antes da máquina ser desligada, chamadas de *setup* externo; e ações a serem realizadas com a máquina parada, denominadas *setup* interno (SHINGO, 2002; KING, 2009; ABADKA, MOLNAR, FEDORKO, 2017).

Vários autores desenvolveram estudos e melhorias a partir da metodologia desenvolvida por Shingo. A aplicação da técnica TRF em processos de substituição

de matrizes em uma indústria fora precisamente descritas em quatro ideias fundamentais conforme esquema apresentado na Figura 1. A primeira etapa contempla o reconhecimento das tarefas que normalmente são realizadas durante a troca de uma ferramenta. Nesta etapa inicial deve ser identificado as atividades de *setup* externo, como trazer ferramentas necessárias e partes do equipamento, e atividades de *setup* interno, como substituição de peças e alinhamento. Após o reconhecimento das tarefas, deverá ser determinado as tarefas realizadas no *setup* interno que poderiam ser realizadas durante o *setup* externo. Como por exemplo, poderiam ter sido realizadas atividades de pré-montagem de componentes a serem posicionados posteriormente. O objetivo dessa etapa é a padronização das funções e utilização de guias para condições operacionais. Na última etapa, devem ser agilizados todos os aspectos do *setup*. Por exemplo, pode-se agilizar o transporte ou instrumentação dos componentes necessários ou utilizar marcas visuais de modo à reduzir o tempo (SATOLO, CALERGE, 2008).

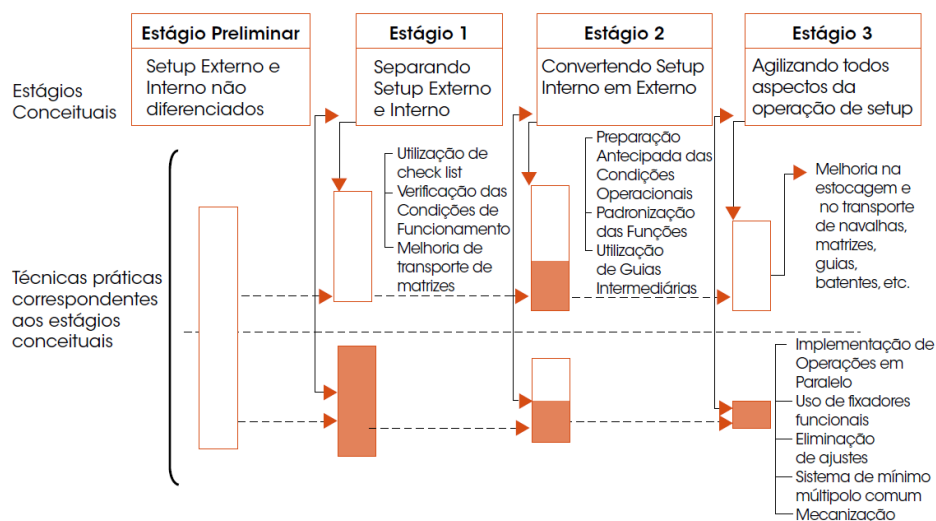


Figura 1 – Apresentação de Metodologia de TRF
Fonte: Adaptado de Satolo e Calarge (2008), pg. 288

De modo semelhante aos estágios apresentados anteriormente, King (2009) apresenta quatro ideias fundamentais do TRF: reconhecer tarefas que podem ser realizadas como externas, rever se algum ajuste interno pode ser convertido em externo, simplificar atividades internas e se possível, realizar as mesmas em paralelo. Quando possível, pode-se otimizar ainda mais o tempo com o uso de dois operadores

para otimizar o processo de configuração do equipamento e reduzir o tempo de *setup*. O autor sugere que após a aplicação da TRF, é essencial reanalisar o conjunto de atividades que compõem a troca de ferramentas e encurtar sua duração para reduzir os desperdícios envolvidos no processo.

Nas literaturas estudadas por Satolo e Calarge (2008), se apresenta a ideia de que existem mais benefícios relacionados a aplicação da TRF além da redução do tempo de preparação das máquinas. Embora variável de acordo com o tipo de produto e indústria se identifica resultados similares com a implantação do TRF, como aumento de produtividade, redução do tamanho dos lotes de produção, maior flexibilidade do *mix* de produção e melhoria na qualidade dos produtos. Ainda, no trabalho apresentado por eles se percebe que as dificuldades encontradas por empresas para implementação desta metodologia se assemelham, como por exemplo resistência a mudanças, falta de interesse dos colaboradores e problemas na identificação de possíveis potenciais de mudanças. O estudo apresentado pelos autores analisou aplicação da metodologia em sete empresas, de diferentes ramos e tamanhos, resultando em redução de tempo de *setup* entre 34% a 56,4%. Apesar dos obstáculos, todas empresas abrandaram os tempos de *setup* com o uso da TRF.

Considera-se que o sistema de produção manufaturada nem sempre acompanha a variabilidade de produtos em desenvolvimento. Algumas das ferramentas de controle do STP, combinado as técnicas de LM, têm resultados não muito satisfatórios em performance de sistemas de produção de um único produto. Desta necessidade, o trabalho desenvolvido por Onyeocha, Khoury e Geraghty (2015) apresentou uma solução viável de resposta rápida para estratégias de controle nestes ambientes de produção empurrada com variabilidade de demanda.

Conceição et al. (2009) desenvolveu a implementação de TRF em ambiente de manufatura de setor de informática. Este estudo foi analisado pela variedade de produtos e instabilidade de suas demandas, aspectos que exigem flexibilidade da empresa, assim como a indústria metalmecânica. A empresa possuía em média 80 *setups* por semana numa mesma máquina, e com uma redução de 12 minutos após aplicação do método, obteve-se 16 horas a mais de disponibilidade para produção semanal. O estudo utilizou uma metodologia para ambientes com demanda diversificada em produtos eletrônicos e informática. Os aspectos relevantes para este setor foram discutidos sob a ótica organizacional, cuja implementação aplicada nos setores de produção de placas e montagem pode ser aplicada para outras empresas

com dificuldade de flexibilização rápida de produção. A falta da padronização de atividades, indefinição de responsabilidades e ausência de lugar apropriado para utensílios são fatores que impactam diretamente no tempo gasto para realizar a troca da ferramenta (CONCEIÇÃO et al., 2009).

Rangel et al. (2012) apresentaram a situação de uma empresa de bebidas que precisava de melhoria de setup da máquina posicionadora de garrafas. Identificada a etapa em que os produtos não eram processados ao mesmo tempo, perceberam que o *setup* da máquina apresentava alto índice de erros e excessivas trocas. Com o uso de técnicas de TRF, foi possível realocar uma tarefa para *setup* externo, regulagem de altura de manípulo e abertura maior para retirada de peças. Com a aplicação, houve redução de 30% no tempo de *setup*.

Em seu trabalho, Mattana e Pasa (2012) apresentaram uma revisão literária a partir de análises críticas do método proposto inicialmente do TRF. De modo semelhante, a separação de *setup* interno e *setup* externo aparece com o ideal de transferência do máximo possível ações internas para externas. Por outro lado, há a inserção da ideia de padronização de apenas parte necessária para a troca de ferramentas combinada com a análise de custo-benefício da aplicação de padronização e o tempo de *setup*. A equipe realizou a aplicação de TRF em etapas: estratégica, operacional e consolidação. As reduções mais significativas foram encontradas na preparação e limpeza do dispositivo e nas medições das peças resultando em redução de 52% de tempo de *setup* médio.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi caracterizada como um estudo de caso em uma empresa do ramo metal-mecânico, onde foi verificada a situação atual da empresa com relação à execução das trocas de ferramentas e apresentação de possíveis soluções de otimização das atividades de *setup*, *mais especificamente* no setor de estamparia. Como pesquisa quantitativa, caracteriza-se pelo objetivo de redução tempo, mas também possui um viés qualitativo envolvendo observações e estudos do processo para organização de estratégias e atividades em sequências lógicas e que minimizem erros de *setup* com implementação do TRF.

A empresa trabalha na fabricação e usinagem de moldes e matrizes, composta pelos setores de ferramentaria e estamparia com início de atividades no ano de 2002. Atualmente possui um *mix* de aproximadamente 180 produtos, que contemplam 200 operações. A equipe é formada por 50 funcionários que atuam em conjunto com equipes de apoio como garantia de qualidade, programação de produção, projetistas, controladoria e recursos humanos.

A empresa não atua com contato direto com o consumidor final, mas sim como fornecedora para empresas montadoras, cinco empresas fixas, e fornece produtos das mais variadas complexidades, desde arruelas à componentes de fogão e geladeira, por meio de prensas excêntricas e hidráulicas com ferramentas de fabricação própria ou de empresas clientes. Os principais produtos da empresa são direcionados a indústria de eletrodomésticos desde peças estruturais do produto até elementos de acabamento como portas, tampas, laterais, e base para queimadores em fornos e fogões.

O trabalho foi desenvolvido por meio das etapas: visita em campo, análise da situação atual, identificação das tarefas de *setup*, estudo de aplicação da técnica e apresentação de propostas. Utilizou-se de pesquisa de campo com visitas à empresa, a qual proporcionou maior conhecimento sobre o processo. A análise se dará no *setup* de uma prensa hidráulica, ponto de início do processo produtivo da empresa para vários produtos, localizada em uma estamparia de pequeno porte no estado do Paraná.

A partir da visita *in loco* e análise de vídeos, realizados com o consentimento da empresa, foi possível identificar o procedimento com todas as tarefas envolvidas

em na troca de ferramentas na prensa hidráulica em questão. A análise e identificação das tarefas procedeu-se a partir da identificação de um *setup* considerado típico pela empresa. O estudo para aplicação da metodologia TRF no local aconteceu entre julho e agosto de 2019. Fora analisado uma troca de ferramenta considerado como típico pela empresa.

4 DESENVOLVIMENTO

A empresa avaliada se encontra no setor industrial de processamento metal-mecânico. Para verificações sobre o tema e levantamento de dados, foram realizadas visitas *in loco* na empresa e processo. Houve troca de informação com o responsável pela produção e o operador encarregado do equipamento.

Com a troca de informações com o supervisor da estamparia, foi possível compreender o funcionamento do fluxo das peças e materiais que passam pelo setor, as atividades, e também dificuldades, para realização das trocas de ferramentas ao final de produção de um lote de peças. Como a empresa de pequeno porte, pelo número de funcionários de acordo com referência do IBGE (2016), o supervisor de produção também é responsável pela programação da produção e define as ordens de serviços para cada operador e equipamento.

A empresa analisada realiza dois tipos de atividades: (i) processamento e produção de peças para terceiros, e (ii) serviço de mão de obra de produção em conjunto com a utilização das máquinas própria para produzir peças para terceiros. Na segunda atividade, o fornecimento de mão de obra e máquinas, ocorre a produção de peças que são processadas com ferramentas e matéria prima fornecidos por empresas clientes. Deste modo, o setor de estamparia atua a partir de ordens de serviço e realiza a produção das peças encomendas e utilizando as ferramentas que pertencem às empresas clientes. Como a quantidade de clientes fixos é igual a cinco, a estrutura da empresa permite que as ferramentas destes clientes sejam armazenadas temporariamente no setor de estamparia, enquanto a sua utilização se fizer necessária e pedidos de peças sejam atendidos.

A empresa possui um setor específico de confecção de ferramentas com serviços de produção, adaptação e manutenção das mesmas. Para isso conta com todo maquinário e mão de obra capacitada para construir ferramenta a partir de peças

modelo enviadas clientes. Como indústria de processos e prestadora de serviços, a empresa atua a partir de demanda puxada e não trabalha com estoque de peças acabadas ou com vendas diretas para um consumidor final. Todos os lotes produzidos, das mais diferentes peças, são encaminhados para os clientes diariamente.

A empresa possui 1 prensa hidráulica, 17 excêntricas e 1 excêntrica progressiva para realização dos processos de estampagem. Dentre as máquinas da estamparia, a hidráulica se destaca pela capacidade e precisão cujos parâmetros são superiores as demais existentes no local. Além disso, esta máquina permite a utilização de duas ferramentas simultaneamente e operações que incluem dobramento, embutimento e repuxo. A prensa hidráulica possui capacidade máxima de avanço de 400 toneladas e de retorno igual a 130 toneladas.

De acordo a necessidade de estampagem combinada, independente da ferramenta utilizada para a produção da peça, a primeira operação precisa ser realizada nesta prensa em 97 dos 182 produtos existentes no portfólio da empresa. Dentre eles, 28 produtos são produzidos exclusivamente nesta prensa por suas características e sistema de controle com precisão milimétrica para produção das peças. Este equipamento é considerado como gargalo no setor pelo tempo de operação e *setup*.

4.1 SITUAÇÃO ATUAL

Uma troca de ferramenta considerada típica na prensa analisada tem duração aproximada de 30 minutos. A quantidade de *setups* realizados varia de acordo com o volume de produção da empresa, mas ocorre ao menos duas trocas diárias cuja frequência semanal é considerada igual a 15 vezes. A prensa hidráulica, analisada neste trabalho, não permite alteração em sua posição dentro do *layout* da fábrica. A sequência atual de atividades pela empresa para executar o *setup* segue o fluxograma apresentado na Figura 2.

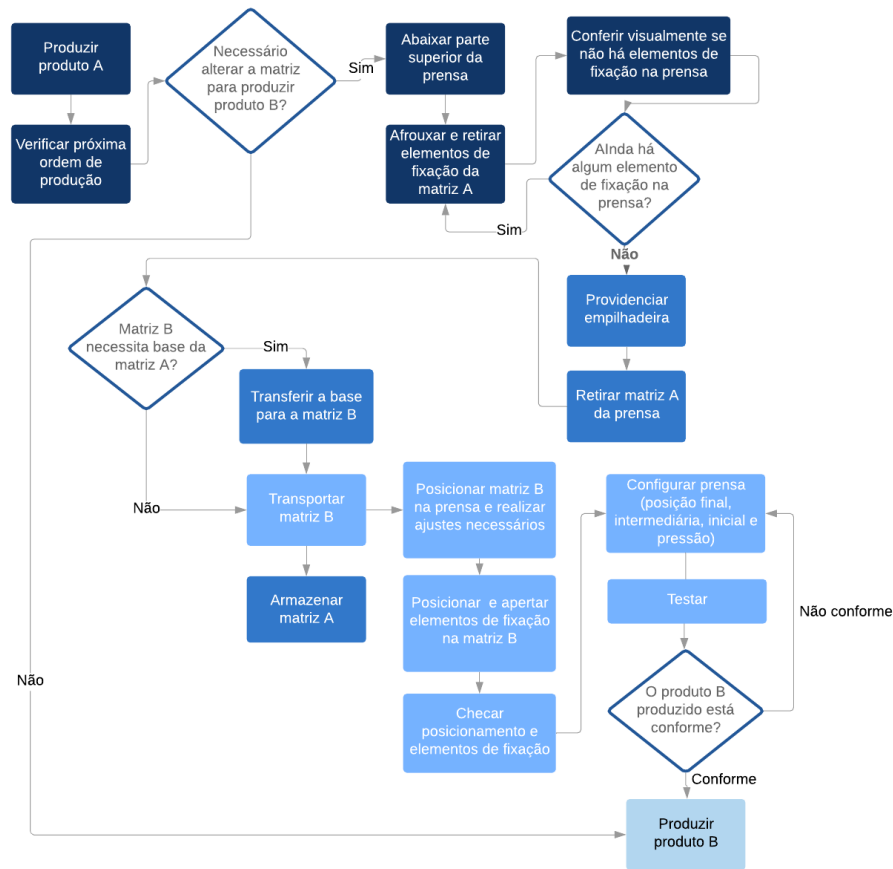


Figura 2 - Fluxograma das atividades de troca de ferramentas para prensa hidráulica
Fonte: Autoria própria, 2019.

As atividades de *setup* iniciam-se a partir do momento em que se conclui a produção de um tipo de produto, e se faz necessário alterar a ferramenta que estava sendo utilizada na prensa para iniciar a produção de um novo produto. Primeiramente, é necessário abaixar o martelo, de modo a reduzir a zona de prensagem e enclausurar o par de ferramentas. Com a aproximação, se permite que sejam retirados os elementos de fixação da parte superior da matriz e os da mesa de prensagem. As chaves a serem utilizadas pelos operadores no processo de desmontagem ficam posicionadas em armário ao lado da prensa. Após retirar os calços, estes são levados novamente ao armário, sem nenhum tipo de seleção ou ordenação. Após conferir visualmente se todos os elementos de fixação foram retirados se pode retirar a ferramenta da prensa. Caso alguma presilha não seja removida, se utiliza a empilhadeira para danificar a matriz e a prensa. Se eleva o martelo para permitir esta operação assim como permitir a aproximação da empilhadeira. Atualmente, a empresa utiliza presilhas de fixação do tipo *laxas* (peças fabricadas em ferro para

suportar pressão e carga) para retenção das matrizes à prensa, elementos destacados na Figura 3 . Para desmontagem e conferência o operador precisa se deslocar ao redor da máquina, para alcançar realizar desmontagem e conferência conforme indicado pelas setas azuis na Figura 4.



Figura 3 – Presilhas de fixação da matriz à mesa da prensa
Fonte: Autoria própria, 2019.

Após a retirada das presilhas de fixação é necessário retirar a matriz A (referente ao produto que vinha sendo produzido), e transportá-la até o armário em que são armazenadas. O operador pode dirigir a empilhadeira, caso seja habilitado ou solicitar que um operador de empilhadeira realize a atividade. Existe apenas uma empilhadeira na empresa, que é utilizada para todos os setores. Por este motivo, o operador espera a empilhadeira estar disponível ou disponibilidade de auxílio. Com a empilhadeira, desloca-se até a prensa acompanhado de outro operador para auxiliar no posicionamento dos garfos para remover corretamente sem danificar a matriz ou a prensa. O *layout* do setor de estampagem permite o deslocamento entre as máquinas no espaço demarcado por questões de segurança dos colaboradores conforme apresentado na Figura 4. As linhas vermelhas indicam o deslocamento da empilhadeira e as linhas azuis o realizado pelo operador. O fluxo de produção é demonstrado pelas linhas magenta, indicando o deslocamento do produto entre a prensa em análise, e as demais prensas do setor. Em alguns produtos, todas as

etapas ocorrem na prensa e as linhas verdes indicam que o produto finalizado deve ser transportado para a expedição (que não aparece na planta).

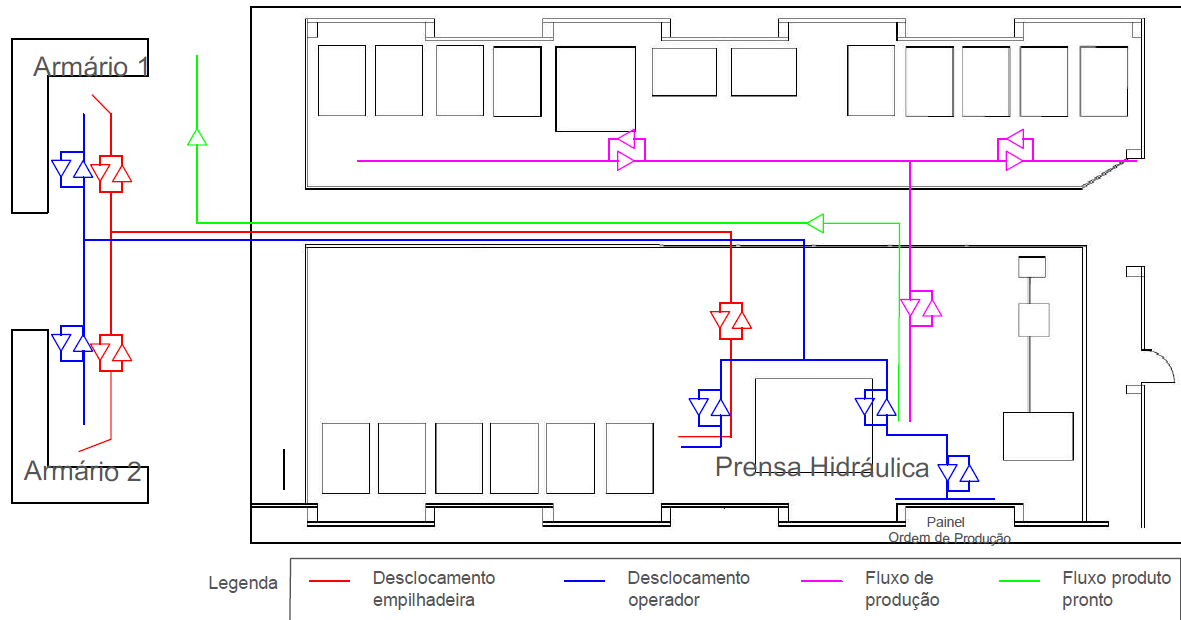


Figura 4 – Fluxo de produção e de troca de ferramenta da prensa hidráulica
Fonte: Autoria própria baseado em *layout* fornecido pela empresa, 2019.

De acordo com a matriz, pode ser utilizado a mesma base da ferramenta, para isso necessária atividade de mudança de base com remoção da base de A para B. De acordo com a organização da empresa, as ordens de produção são dispostas em um mural localizado próximo a prensa. O operador é responsável para buscar a ordem de produção e indicar qual a ferramenta será instalada e realiza esta atividade enquanto aguarda a retirada da matriz, atividade ilustrada na Figura 5. De acordo com a configuração da matriz, pode ser utilizado a mesma base da ferramenta para a matriz A e matriz B. Necessário atividade de mudança de base após armazenamento de A. Logo, o operador irá transportar a matriz B até a prensa.

O posicionamento da matriz na prensa é realizado pela empilhadeira de modo centralizado em ambas direções da mesa a prensa. Desse modo, o modo de posicionamento mais preciso é feito com elevação dos pinos da almofada, ilustrado na Figura 6. Por isso, se eleva a ferramenta para realizar tarefa de ajuste com a utilização de barras de ferro para posicionamento em dois sentidos da na mesa da prensa, conforme indicado pelas Figura 7 e Figura 8. Esta tarefa é essencial para o posicionamento correto da ferramenta na prensa.



Figura 5 - Empilhadeira posicionando a ferramenta
 Fonte: Autoria própria com autorização da empresa, 2019.



Figura 6 - Pinos localizadores da prensa elevados base
 Fonte: Autoria própria com autorização da empresa, 2019.



Figura 7 - Barras de ferro utilizadas para posicionamento de ferramenta lateral
 Fonte: Autoria própria com autorização da empresa, 2019.

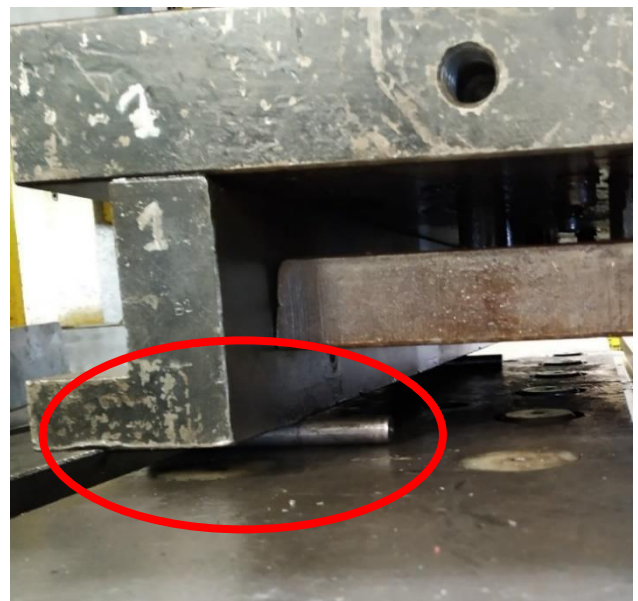


Figura 8 - Barras de ferro utilizadas para posicionamento de ferramenta frontal
 Fonte: Autoria própria com autorização da empresa, 2019.

Com a prensa posicionada e ajusta com auxílios das barras de ferro, o operador busca os elementos de fixação adequados e os aperta para calçar a ferramenta na prensa. Com todos os elementos de fixação necessário instalados, o operador deve checar visualmente. Ajustes necessários na configuração da prensa, relacionados a altura inicial, intermediária e final do martelo, e a pressão também são necessários

quando se instala a matriz. Por conseguinte, o operador faz um teste de produção para verificar produzirá peças em conformidade com os padrões de qualidade da empresa. Caso resultado positivo, o equipamento está apto para iniciar a produção do produto B no volume designado pela ordem de produção. Caso contrário, deverão ser realizados ajustes nas configurações de posição e pressão da prensa e realizar o teste novamente. Com o posicionamento alinhado de acordo com o necessário para a matriz e a prensa, parte-se para o teste de produção. Uma troca de ferramenta só é considerada finalizada quando houver o primeiro produto B conforme padrões de qualidade esperados do produto.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir da observação *in loco* e das filmagens cedidas pela empresa, foi possível verificar e mensurar as atividades de uma troca de ferramentas típica na prensa hidráulica em análise. Os dados foram colhidos por meio de cronômetro, entre os meses de agosto e setembro de 2019, fora mensurado que a duração típica é de 30 minutos e 22 segundos.

5.1 ESTÁGIO PRELIMINAR

Todas as etapas de configuração e troca de ferramenta foram realizadas após a parada da produção do produto anterior a troca, denominado com produto A. A partir de uma ordem de produção definida pelo controle de produção, define-se qual deve ser o próximo produto a ser produzido, denominado como produto B. A matriz utilizada para o produto A foi identificada como “matriz A” e a matriz para a produção de B denominada “matriz B”. A identificação das tarefas faz parte do estágio preliminar apresentado na metodologia apresentada por Satolo e Calarge (2008), em que não há diferenciação entre atividades externas e internas. Ainda, a relação das tarefas seguem o fluxograma apresentadas no fluxograma da Figura 2, todas estas estão relacionadas na Tabela 1 com respectivas durações.

Tabela 1- Relação das tarefas setup de ferramenta em prensa hidráulica e sua duração

	Descrição da tarefa	Duração atividade (minutos:segundos)
1	Buscar ordem de produção - produto B	0:38
2	Abaixar parte superior prensa	0:18
3	Afrouxar e retirar elementos de fixação superior	1:43
4	Afrouxar e retirar elementos de fixação inferior	2:15
5	Conferir visualmente se não há elementos de fixação na prensa	0:58
6	Elevar parte superior prensa	0:38
7	Providenciar empilhadeira	1:24
8	Posicionar os garfos da empilhadeira corretamente	0:35
9	Remover a matriz A da prensa	0:38
10	Transportar matriz A para armário	1:03
11	Mudar base da matriz A para matriz B	1:10
12	Posicionar matriz B na empilhadeira	0:28
13	Transportar matriz produto B para prensa	0:37
14	Posicionar matriz B na prensa	0:53
15	Elevar parte superior prensa	0:11
16	Elevar mesa da prensa	0:09
17	Utilizar barras de ferro para posicionamento de ferramentas	1:33
18	Conferir visualmente posição ferramenta	0:26
19	Configurar setups da prensa (altura, pressão)	1:46
20	Posicionar e apertar elementos de fixação inferior	1:19
21	Abaixar prensa e posicionar elemento de fixação superior	3:58
22	Checar de posição ferramentas	0:28
23	Configurar visualmente altura posição base da prensa	1:01
24	Teste de produção produto B (não conforme)	0:37
25	Ajustes necessários	2:24
26	Testar produto B (conforme)	3:12
	Tempo total	30:22

Fonte: A autoria própria, 2019

Todas as atividades foram realizadas com a máquina parada, totalizando 30 minutos e 22 segundos entre a última peça produzida do produto A até a produção da primeira peça, dentro dos padrões de qualidade, do produto B.

5.2 ESTÁGIO 1

Foram seguidas as etapas apresentadas na Figura 1 na qual se refere que após o estágio preliminar se inicia o Estágio 1. Este estágio é definido pela separação do *setup* externo e interno que se desenvolve com a identificação de atividades que podem ou não ser realizadas antes da máquina parar. Entre as que pertencem ao *setup* externo estão o transporte de matrizes, as condições de funcionamento do equipamento e conferência de itens relacionadas a troca. Por outro lado, tarefas que

não podem ser executadas enquanto ainda houver produção se mantem como *setup* interno.

As tarefas que envolviam deslocamento de material e de pessoas para realização da configuração da máquina foram separadas como *setup* externo. Entre elas, o tempo despendido para a empilhadeira transportar a ferramenta desde a prensa até o armário do outro lado do setor, cuja duração pode ser reduzida consideravelmente se a mesma pudesse ser posicionada temporariamente próxima à prensa. De modo semelhante, o tempo de deslocamento do colaborador até o painel para buscar a ordem de produção e posterior identificação da ferramenta necessária são tarefas que podem ser executadas com a máquina em produção por outro colaborador.

A configuração do equipamento envolve a definição das posições em que a prensa irá trabalhar a cada ciclo. Os valores são definidos para cada ferramenta, e geralmente não careceram de ajustes diferenciados em cada troca. Dentre as atividades identificadas como possíveis de serem executadas antes da máquina parar as adequações necessárias para configurações foram as atividades com maior duração. A somatória de todas as atividades que foram identificadas do *setup* externo são apresentadas na Tabela 2 correspondendo a 39,7% do tempo total de configuração da prensa.

Tabela 2 - Atividades *setup* externo da prensa

	Descrição da tarefa	Duração atividade (minutos:segundos)
1	Buscar ordem de produção - produto B	0:38
7	Providenciar empilhadeira	1:24
10	Transportar matriz A para armário	1:03
11	Mudar base da matriz A para matriz B	1:10
12	Posicionar matriz B na empilhadeira	0:28
13	Transportar matriz produto B para prensa	0:37
16	Utilizar barras de ferro para posicionamento de ferramentas	1:33
18	Configurar setups da prensa (altura, pressão)	1:46
22	Configurar visualmente altura posição base da prensa	1:01
24	Ajustes necessários	2:24
Tempo total		12:04

Fonte: Autoria própria, 2019

As atividades que precisam ser executadas somente após máquina parar foram identificadas como *setup* interno e apresentadas na Tabela 3 cuja duração total correspondeu a 60,3% da inicial. A movimentação da prensa (base e parte superior) para retirada da ferramenta e remoção/ancoragem dos elementos de fixação são tarefas que devem ser realizadas após a parada de produção. Além destas, tem-se o

tempo de testes necessário para garantir que o produto B estará dentro dos padrões de qualidade estabelecidos pela empresa também está incluso no tempo de *setup* interno.

Tabela 3 - Atividades *setup* interno da prensa

	Descrição da tarefa	Duração atividade (minutos:segundos)
2	Abaixar parte superior prensa	0:15
3	Afrouxar e retirar elementos de fixação superior	1:43
4	Afrouxar e retirar elementos de fixação inferior	2:15
5	Conferir visualmente se não há elementos de fixação na prensa	0:58
6	Elevar parte superior prensa	0:38
8	Posicionar os garfos da empilhadeira corretamente	0:35
9	Remover a matriz A	1:11
12	Posicionar ferramenta na prensa hidráulica	0:51
13	Elevar parte superior prensa	0:10
14	Elevar mesa da prensa	0:09
16	Conferir visualmente posição ferramenta	0:09
18	Posicionar e apertar elementos de fixação inferior	1:18
19	Abaixar prensa e posicionar elemento de fixação superior	3:58
20	Checar de posição ferramentas	0:22
22	Teste de produção produto B (não conforme)	0:34
24	Testar produto B (conforme)	3:12
	Tempo total	18:18

Fonte: Autoria própria, 2019

5.3 ESTÁGIO 2

A realização do Estágio 2 utiliza a separação das atividades identificadas no Estágio 1 e, deve resultar na apresentação das possíveis conversões de atividades que poderiam ser realizadas antes da máquina parar em *setup* interno. Busca-se neste estágio a otimização da execução das atividades com antecipação das condições operacionais. Todas as atividades eram realizadas após a parada da produção do produto A, resultando em *setup* interno cuja duração foi de 30 minutos e 22 segundos. Com a proposta para separação das tarefas *setup* externo e interno, a diminuição do tempo de *setup* interno típico será de 39,7% com relação ao atual. Considerando que realizasse 15 trocas semanais no equipamento, o impacto na produção é de acréscimo semanal de 181 minutos de disponibilidade de máquina.

Em prol da conversão das configurações da prensa para atividade externa, como ajustes de altura e pressão, se sugere que esta tarefa seja realizada durante o posicionamento da ferramenta, com uso do conhecimento prévio pelo operador da prensa. Os parâmetros de configuração podem ser catalogados, organizados e

alinhados de modo que estabeleçam padrões de configuração para cada matriz. Assim, os colaboradores que trabalham neste equipamento devem ser treinados para seguir os padrões. Caso haja alteração em alguma ferramenta, ou a empresa passe a produzir um novo produto, será necessário definir o novo padrão, e incluí-lo nos padrões e treinar os operadores envolvidos na atividade.

Combinado ao padrão de configurações da prensa, propõe-se uma padronização dos componentes a serem utilizados para fixação da ferramenta a prensa. A partir da identificação de materiais específicos para cada matriz, é possível manejar somente aqueles que constituam o necessário. Desta forma, as ferramentas como chaves, elementos de fixação e parafusos já estariam disponíveis próximos a prensa. Para isto, se sugere o posicionamento de mesa ou suporte para os elementos afim de reduzir o tempo de movimentação do operador.

5.4 ESTÁGIO 3

O último estágio da aplicação da TRF ao *setup* da prensa hidráulica se caracteriza pela implementação eliminação de ajustes, mecanização, realização de operações em paralelo e melhorias no transporte e deslocamento. Com este objetivo, foi possível identificar algumas oportunidades.

Com a padronização dos elementos de fixação estabelecida, é possível reduzir o tempo necessário ao posicionamento caso a tarefa seja realizada simultaneamente em ambos lados da prensa. Sugere-se que para esta tarefa, seja direcionado um operador extra para eliminar o deslocamento antes necessário ao redor da prensa.

De modo semelhante à um eficiente posicionamento da ferramenta na prensa, deve se otimizar as etapas de remoção e instalação dos elementos de fixação e de forma padronizada. Ainda, estas tarefas podem ser uniformizadas com uso de marcações na prensa e uso de cores para demarcação da posição da ferramenta precisa para posicionamento com a empilhadeira. Com o uso de padronização dos materiais utilizados como chaves, lexas e parafusos, Alexandrino (2016) obteve redução de tempo de 42% em atividade semelhante. Pela dificuldade das tarefas relacionadas a ancoragem da ferramenta, estima-se que é possível reduzir o tempo necessário para elas em aproximadamente 42%, conforme aplicação de TRF realizada por Alexandrino (2016) utilizando parafusos e ferramentas padronizadas.

Esta estimativa considera a redução do tempo das tarefas relacionadas 3, 4, 5 e 20 e mantendo a duração de todas as demais atividades. Neste caso, se mantém o tempo de *setup* externo e se reduz o tempo de *setup* interno. As durações das atividades de *setup* interno passaram de 60,3 % para 52,1 % do tempo do *setup* no estágio 3 da aplicação da técnica, cuja duração corresponde a 43,3 % do tempo de *setup* típico inicial. Com esta redução, mais da metade do tempo direcionado a alteração de matrizes poderia ser realizada com a máquina parada sem indisponibilidade para a produção.

Atualmente, se utiliza uma marcação numérica como pode ser observado nas Figura 7 e Figura 8. Esta marcação auxilia no posicionamento da base que deve estar acoplada a cada ferramenta. Porém, a marcação não é clara nem indica para quais pode ser utilizada ou não. Neste contexto, se indica a padronização de identificação destas, e conseqüentemente em seu armazenamento para facilitar a localização e transporte das matrizes. A ordem de produção apresenta o produto e a matriz, assim como os parâmetros que devem ser respeitados. A partir dela se identifica antecipadamente a necessidade de mudança da base. A organização das matrizes no armário combinada a programação de produção elimina a necessidade de uma mesma base para ferramentas a serem utilizadas em sequência, otimizando o tempo de *setup* externo.

Com o posicionamento da matriz no armário previamente identificado é possível direcionar a empilhadeira de maneira mais eficiente. O armário encontrasse em lado oposto à prensa no setor de estamperia. Combinando as propostas de melhoria apresentadas, relacionadas ao deslocamento da empilhadeira para transporte de matrizes (A e B), o tempo de deslocamento de colaborador para buscar a ordem de produção no painel, a necessidade de deslocar-se para buscar materiais, como elementos de fixação e chaves, há uma redefinição nos fluxos apresentado na Figura 4. Este novo fluxo durante *setup* externo é apresentado no layout do setor na Figura 9.

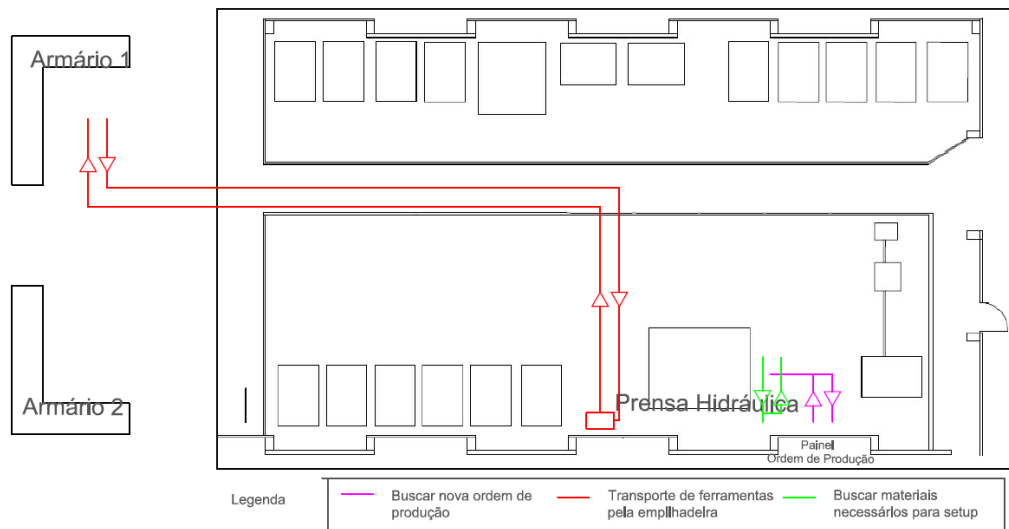


Figura 9 - Fluxo de *setup* externo para prensa hidráulica

Fonte: Autoria própria baseado em layout fornecido pela empresa, 2019.

Com a implementação de melhorias, se altera o fluxo no *setup* interno também. A empilhadeira realizaria apenas o posicionamento da matriz, posicionada previamente próximo a prensa, conforme Figura 10. Os colaboradores precisariam deslocar-se somente ao redor da prensa para instalação de elementos de fixação e conferência visual. Caso houvesse dois operadores disponíveis, a atividade seria realizada em paralelo e eliminaria o deslocamento indicado em azul na figura.

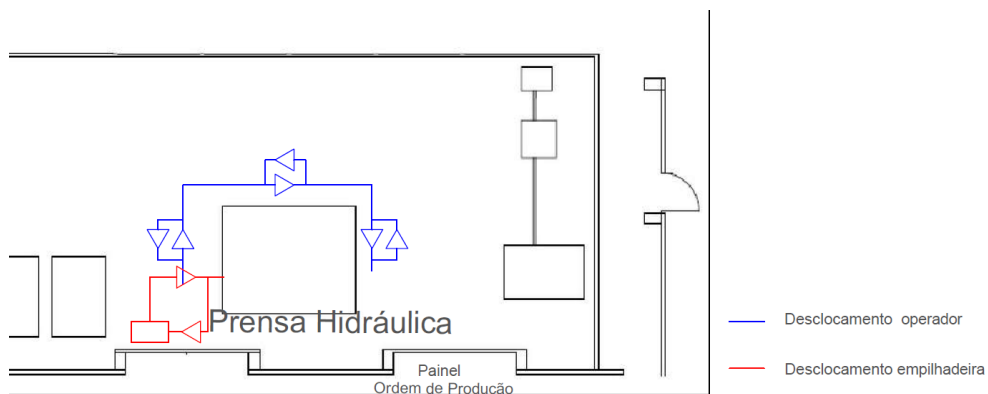


Figura 10 - Fluxo de *setup* interno para prensa hidráulica

Fonte: Autoria própria baseado em layout fornecido pela empresa, 2019.

Com a realização das alterações propostas, a disponibilidade da prensa para produção tende a ultrapassar o percentual de 39,7%. Durante a realização do estudo não foi possível aplicar todas as proposições apresentadas e por este motivo mantem-se os resultados da aplicação da técnica baseados na conversão das atividades para *setup* externo. Caso se confirme a realização das melhorias conforme proposto a

disponibilidade de máquina aumentaria de 5 min e 9 segundos por troca. Considerando 15 *setups* semanais aumentando em 77,5 minutos de produção em que a prensa estaria disponível para produção. Com mais tempo disponível para produção, o impacto financeiro não pode ser divulgado por restrições de informações da empresa.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a realização de estudo em uma indústria metalmeccânica com grande *mix* de produção e número limitado de equipamentos pode-se observar que há possibilidades de ganhos financeiros e aumento de disponibilidade de equipamento com a aplicabilidade da Troca Rápida de Ferramenta. Foi possível identificar oportunidades de melhoria e redução da duração do tempo de *setup* na empresa analisada. Houve colaboração da equipe de liderança e dos colaboradores para a realização deste estudo.

Todas as atividades vinham sendo realizadas com a máquina parada, inclusive deslocamentos em toda a extensão do setor. Este trabalho apresentou diversas possibilidades para a redução destes desperdícios e com a realocação de tarefas já possibilita redução de 39,7% do tempo entre a produção do último produto bom até a produção do primeiro produto dentro do padrão esperado. Este percentual de redução de tempo de *setup* se assemelha ao resultado encontrado por Rangel et al(2010) de 30% e Satolo e Calarge(2008) de 34%. Logo, considera-se que a aplicabilidade é válida e o resultado ficou dentro do esperado.

Como proposições para trabalhos futuros, sugere-se o estudo da cronoanálise aprofundado. Há oportunidade de otimização do tempo com a máquina parada com a eliminação dos elementos de fixação ou redução do tempo para instalação e remoção destes. Minimizar o tempo de configuração necessária após o posicionamento da matriz na prensa aproxima os resultados do atingido por Mattana e Passa (2012) de redução de tempo médio de *setup* em 52%.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRINO, A. A., **Aplicação da metodologia troca rápida de ferramentas (TRF): estudo de caso de uma empresa metalmeccânica**. VI Congresso Brasileiro de Engenharia de produção, Ponta Grossa, PR, Brasil. Novembro 2016.

CONCEICAO, S. et al. **Desenvolvimento e implementação de uma metodologia para troca rápida de ferramentas em ambientes de manufatura contratada**. Gest. Prod., vol.16, n.3, pp.357-369, 2009. ISSN 0104-530X. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300004>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **Demografia da empresas**. Estudos & Pesquisas Informação Econômica, V. 25, set. 2016

KING, P., **SMED in the process industries: improves flow through shorter product changeovers**, Industrial Engineer, p. 30, 2009. Gale Academic Onefile.

MATTANA, F. A., PASA, G. S. **Troca Rápida de Ferramentas: implementação de uma sistemática aplicada**, Trabalho de conclusão de curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997

ONYEOCHA, C. E., KHOURY, J., GERAGHTY, J., **Evaluation of multi-product Lean manufacturing systems with setup and erratic demand**, Computers & Industrial Engineering 87, 465-480, 2015. ISSN: 0360-8352 doi>10.1016/j.cie.2015.05.029

RANGEL, D. A., SILVA, L. M. F., ASSIS. O. R., REGO, T. P., **Aumento da eficiência produtiva através da redução do tempo de Setup: aplicando a troca rápida de ferramentas em uma empresa do setor de bebidas**. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, São Carlos, SP, Brasil. Outubro 2010.

SABADKA, D., MOLNAR, V. FEDORKO, G., **The use of Lean manufacturing techniques – SMED analysis to optimization of the production process**. Advances in Science and Technology Research Journal, vol. 11, pp. 187-195, 2017. DOI 10.12913/22998624/76067.

SATOLO, E. G. , CALARGE, F. A., **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**. Exacta, vol. 6, n. 2, Julho / Dezembro, 2008, pp. 283-296 Universidade Nove de Julho São Paulo, Brasil. ISSN: 1983-9308

SHINGO, S. **Sistema Troca Rápida de Ferramentas: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos**, Bookman, 2002.

SUGAI, M., MCTINTOSH, R.I., NOVASKI, O., **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. Gest. Prod. [online], vol.14, n.2, pp.323-336, 2007. ISSN 0104. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>