Redução de Tempo de *Setup* em Injetoras de Zamac



Leandro Paulo Corassari[1]; Rafael Oliveira Narok[2] Rinaldo Andrade[3] Edson B. Varela[4] Renan Chemin[5] Joao Almir Soares[6]

[1]Centro Universitário - UNIFACEAR; [2]Centro Universitário – UNIFACEAR; [3]Centro Universitário – UNIFACEAR [4]Centro Universitário - UNIFACEAR; [5]Centro Universitário - UNIFACEAR

RESUMO

O tempo gasto com paradas de máquinas para setup de produção (troca de moldes e dispositivos) é por si só um grande limitador para o número de peças em um lote mínimo de produção, gerador de acréscimos nos custos de produção e elevando significativamente o valor do lote de produção. Como alternativa para a redução dos custos gerados com setup de produção sugere-se o estudo e adaptação de ferramentas de controle com ênfase na Manufatura Enxuta, como a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), a Padronização, 5S's e outros para minimizar os tempos, buscando transformar grande parte dos setups internos em setups externos. E assim possibilitar que toda atividade que possa ser feita com a máquina ainda em produção seja feito, aliados a adequação física de dispositivos, ferramentas e moldes para linha de injetoras de Zamac, evitando os deslocamentos desnecessários, erros de interpretação, déficit de ferramentas e o desgaste do mantenedor. Desta forma, pode-se reduzir o lote de produção, tempo de setup, os custos por peça produzida e também o número de trocas por um mesmo período de tempo.

Palavras-chave: Setup. Redução. Custo.

ABSTRACT

The time spent with machine stops to set up production (exchange of molds and devices) is by itself a large limiting factor for the number of pieces in a minimum production lot, as well as a generator of increases in production costs, significantly raising the value of the production lot. As an alternative to the reduction of costs generated by production setup, it is suggested to study and adapt control tools with an emphasis on lean manufacturing, such as Rapid Tool Change, Standardization, 5S`s and others to minimize the times, of the internal set-ups in external set-ups, that is, to enable all the activity that can be done with the machine still in production to be made, together with the physical suitability of devices, tools and molds for the Zamac injection line, avoiding unnecessary displacements, interpretation, tool deficit and wearer of the maintainer. In this way we are asked to reduce the production lot, setup time, the costs per piece produced and the number of exchanges for the same period of time.

Keywords: Setup. Reduction. Cost.

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo apresenta o estudo da redução de tempo de *setup*, período de preparação do equipamento entre o término da produção de um modelo de peça e início de um novo modelo, em um processo por injeção de Zamac (liga de zinco, alumínio, manganês e cobre). Através de um conjunto de procedimentos oriundos do Sistema Toyota de Produção para padronizar e uniformizar torna-se padrão o método e técnica utilizada para substituir os moldes e cavidades e as ferramentas utilizadas.

Dentre estes procedimentos está o modelo 5S's, que consiste em uma técnica de organização desenvolvida no Japão após a Segunda Guerra Mundial, envolvendo os sensos de utilização, ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina. Também a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), que é um método que procura reduzir o tempo de preparo e liberação dos equipamentos após a troca de moldes e dispositivos, convertendo o máximo de *setups* internos realizados com a máquina parada, em *setups* externos, para realizar a maior parte possível do trabalho de preparação dos moldes a serem trocados com a máquina em funcionamento.

Para utilizar essas técnicas e métodos o ponto inicial da redução de tempo foi a visita à empresa parceira (empresa "Δ") para acompanhamento visual do processo produtivo e medições por meio do uso de cronômetros digitais, no sentido de avaliar os tempos e enumerar as etapas dos processos de *setups* existentes. Dessa forma, após avaliar os tempos procurou-se adaptar os métodos citados, treinando os técnicos responsáveis pelos *setups* do equipamento, realizando novas medições dos tempos gastos nas etapas enumeradas.

Ressalta-se que: "quanto menor for o tempo de *setup*, mais produtivo será o equipamento [...] o menor tempo de *setup* torna possível fazer mais *setups* em um mesmo período de tempo, o que reduz o tamanho dos lotes de produção" (SHINGO, 2000; WOMACK *et al*., 2004). Por meio da redução dos tempos de máquina parada durante a troca de moldes e cavidades nos *setups* da linha de injeção por fundição sob pressão da liga Zamac, procura-se investigar se esta redução aumenta a produtividade do processo.

O objetivo geral desse estudo é diminuir os tempos de *setups*, com a melhoria do processo de troca de ferramentas. E como objetivos específicos procura-se definir as etapas da troca de moldes da máquina de injeção de Zamac; propor uma organização dos componentes e procedimentos para troca dos moldes e cavidades durante o *setup*; medir os tempos com o processo de troca de moldes e cavidades com e sem a melhoria de organização aplicada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PRINCÍPIOS DA FUNDIÇÃO DE ZAMAC SOB PRESSÃO

Segundo Malavazi et al. (2010), o processo de fundição sob pressão (FSP) consiste em injetar um metal líquido contido em um recipiente para o interior da cavidade de um molde, submetendo o metal a altas pressões. O processo é dividido em dois tipos, de acordo com o sistema de injeção utilizado: câmara quente ou fria. Para Braga (2015, p. 60), o processo por câmara quente baseia-se no fato de que o pistão e a bomba de injeção fazem parte do forno de metal fundido, ficando mergulhados neste. Conforme Braga (2015, p. 60), a sequência em quatro etapas descreve o seguinte: (a) fechamento do molde; (b) acionamento do pistão e injeção do metal fundido no molde e solidificação; (c) abertura do molde após resfriamento e subida do pistão; (d) extração da peça e reinicio do ciclo.

Segundo Braga (2015, p. 61), a injeção por câmara fria distingue-se por utilizar ligas com níveis de temperaturas de fundição de maior grau, o que pode ocasionar desgastes ou danos nos metais das bombas injetoras e nos pistões. Portanto, utiliza-se de um forno externo onde o material é vazado posteriormente na máquina, por meio manual ou automático, em quantidade pré-determinada. Outra característica desse processo é que diferentemente do processo de câmara quente, o pistão avança em três estágios de velocidades diferentes, iniciando um processo lento para eliminar gases e ar presente no material, passando para o estágio seguinte onde há o enchimento do molde e o último estágio, que será o pistão à pressão final para a formação da peça.

2.1.1 Descrição do Processo de Fundição Sob Pressão em Câmara Quente

De acordo com Malavazi *et al.* (2010), para o processo de injeção por meio de câmara quente são utilizados moldes de aço para altas temperaturas, construídos em duas partes, hermeticamente fechadas sob pressão no momento da injeção ou preenchimento do metal líquido, podendo esse ciclo ser repetido inúmeras vezes. O molde ou matriz pode ser utilizado com resfriamento à água na temperatura ambiente ou aquecido por óleo através de aquecedor, à temperatura determinada para adequação das características da peça. O metal líquido contido na câmara de injeção é forçado sob alta pressão para preencher as cavidades, enquanto o metal solidifica, a pressão de fechamento do molde é mantida durante certo tempo, até que a solidificação se complete, após alguns segundos se completa a solidificação do metal, o molde se abre para a extração da peça e sua lubrificação e o ciclo é repetido até que se obtenha o volume de peças requeridas.

2.1.2 Injetoras de Câmara Quente

Malavazi *et al.* (2010) definem que acoplado a câmara de injeção está o cadinho ou forno, ligado à injetora e formam um só conjunto. O forno é aquecido por resistências

elétricas ou à gás. O pistão e a câmara de injeção *(gooseneck)* fazem parte do conjunto. Da mesma forma, quando o pistão está retraído o metal líquido entra na câmara de injeção, através de orifícios, preenchendo toda sua cavidade. À medida que o pistão desce os orifícios ou a entrada de material são bloqueados e, por sua vez, é forçado a percorrer toda a extensão da câmara e a preencher as cavidades do molde. As máquinas injetoras podem ter acionamento manual, semiautomático e/ou automático, tem seus componentes geralmente fabricados em ferro fundido e aço e são dotadas de sistemas hidráulicos. A mais moderna ainda tem o auxílio de robôs que facilitam a extração e resfriamento da peça e reduzem os riscos ao operador (MALAVAZI *et al.,* 2010).

2.1.3 Característica da Liga de Zamac

Segundo Soares (2008), Zamac é uma liga metálica descoberta na década de 1930, que apresenta em sua composição o zinco misturado a outros elementos como alumínio, magnésio e cobre, materiais esses que dão nome a esta liga. A variação do nome Zamak vem da designação de cobre em alemão *(kopper).* De acordo com Malavazi *et al.* (2010), os materiais adicionados à liga fornecem características distintas, tais como: (A) O alumínio tem como característica aumentar a fluidez e reduzir o desgaste mecânico das injetoras e moldes, sua porcentagem na liga varia de 4% para Zamac e de 8 a 27% para ZA (ligas de zinco alumínio); (B) O magnésio tem como característica reduzir os efeitos de impurezas metálicas contidas na liga, além de reduzir de forma mínima a ductibilidade e acrescentar maior dureza a liga, sua porcentagem varia de 0,01% a 0,06%; (C) o cobre acrescenta à liga maior dureza, resistência mecânica, menor fluidez, maior estabilidade de envelhecimento e valores acima de 1%, sua porcentagem na liga pode variar de 0,10% (restrita) e de 0,7% a 3,3% em sua normalidade, quanto maior for a concentração de cobre, menor será a ductibilidade.

A Zamac possui em sua liga outros elementos como: Fe (ferro) variando de 0,000 até 0,035%; Pb (chumbo) variando de 0,000 até 0,004%; Cd (cádmio) variando de 0,000 até 0,003% e Sn (estanho) variando de 0,000 até 0,0015%. As ligas de Zamac possuem baixo ponto de fusão, variando de 370ºC a aproximadamente 400ºC.

2.1.4 Tipos de Ligas de Zamac

Segundo Malavazi *et al*. (2010) existem vários tipos de ligas de Zamac disponíveis para diversas aplicações. As ligas de zinco dividem-se em dois grupos, de acordo com o conteúdo nominal de alumínio: as ligas Zamac 2, 3, 5 e 7 contêm aproximadamente 4% de alumínio e as ligas ZA (zinco alumínio) variam de 8% a 27% de alumínio. As ligas mais comumente utilizadas para fundição sob pressão são a Zamac 3 e a Zamac 5, por seu índice de fluidez e por serem consideradas as mais estáveis.

2.2 MANUFATURA ENXUTA

Na metade do século XX, o Japão passava pelo pós-Guerra e surge um modelo de produção enxuta, após sua destruição o país precisava ressurgir industrialmente para suprir a demanda e alcançar o patamar de novos mercados, necessitando adotar novas medidas: (a) produção com alta variedade e pequenos volumes; (b) garantia da qualidade; (c) produtos com ciclo de vida curto; (d) trabalho segundo a demanda; (e) redução dos custos (WOMACK *et al.,* 1992). Para Womack; Jones (2004) *apud* COSTA; JARDIM (2010), com base na manufatura enxuta a *Toyota Motor Corporation* desenvolveu o sistema de produção *Lean Manufacturing*, dividindo em cinco passos: (a) produção em fluxo e estoques em nível baixo reduz os estoques mínimos entre as etapas de produção; (b) organização por família de produto; (c) processos altamente flexíveis e capazes; (d) processos à prova de erros; (e) trabalho padronizado.

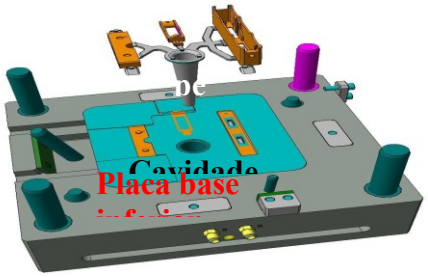
2.3 FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA

Segundo Gurski (2012), para atingir os objetivos da empresa *lean* e gerar produtos com melhor qualidade, menor custo de produção e entrega com menor *lead time*, focado na eliminação de perdas, a implementação do sistema *lean* conta com ferramentas de qualidade: (a) mapeamento; (b) padronização (c) Gestão Visual; (d) 5S's; (e) Troca Rápida de Ferramentas (TRF); (f) Organização celular; (g) Sistema Puxado. Para Gurski (2012), esse tempo divide-se em *setup* interno e *setup* externo: (a) *Setup* interno: classificação dada a todas as atividades que podem ser realizadas apenas com a máquina parada; (b) *Setup* externo: toda atividade que pode ser realizada enquanto a máquina ainda estiver em funcionamento, antes ou após a troca.

3 METODOLOGIA

Para a tomada de dados selecionou-se a injetora com designação interna, LK-160-10 devido o equipamento apresentar dentre o levantamento de *setup* realizado, o maior número de paradas de máquinas. O levantamento considerou a realização do *setup* na produção, sendo que a programação vem do PCP e segue somente para a produção a qual deve solicitar a troca de moldes e cavidades para a ferramentaria ao término da produção (FIGURA 1).

FIGURA 1 - MOLDE DE INJEÇÃO DE ZAMAC 3D



FONTE: Sbmolde (2020).

Um dos problemas encontrados durante o processo de *setup* pode incluir a desorganização do setor antes, durante e depois do *setup*, onde os técnicos, que são dois mantenedores qualificados para a troca de moldes dos equipamentos, ao receber a solicitação de setup, dirigiam-se para a máquina, para verificar se a mesma estava parada, desafixando o molde da máquina, retornando à ferramentaria e à máquina com o novo molde.

3.1 PROCESSO DE SETUP ATUAL

O atual processo de *setup* na empresa tem início com uma sequência de produção enviada pelo setor de PCP, chamada “Programação de Zamac”, onde consta nesta lista as sequências de ferramentas ou moldes que deverão entrar na máquina após o final de cada ciclo programado. Seguem-se os passos para setups internos entre a parada de máquina e o início de produção (QUADRO 1).

QUADRO 1 - TEMPO DE SETUP PARA INZ-10-160TON

OPERADOR III	
DATA:	
DESCRIÇÃO:	
ETAPA	**PROCEDIMENTO**
01	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração
02	Buscar talha
03	Retirar as laxas + posicionamento da talha
04	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora
05	Buscar paleteira
06	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde
07	Buscar ponta no almoxarifado
08	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina
09	Posicionar o molde e apertar a haste + as laxas + acoplamento
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha
11	Verificação do extrator
12	Buscar mangueiras no almoxarifado
13	Colocação das mangueiras
14	Regulagem do Spray
15	Regulagem dos parâmetros da máquina
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras
17	Organizar a área para a 1º injeção
18	Primeira injeção e liberação do processo
TEMPO TOTAL DE *SETUP*	

FONTE: Os autores (2020).

Na sequência da programação (QUADRO 1) onde há dificuldades tais como, quando é lançada a programação e ocorre que alguns moldes estão alocados em máquinas de capacidades que não as comportam, com isso, a produção pula a sequência, gerando atrasos nas entregas dos produtos. Para diminuir os custos com a fabricação de moldes, utiliza-se de porta molde, nome dado à ferramenta quando a mesma pode manter sua base e trocar as cavidades para produzir peças diferentes. A produção deve sinalizar essa troca com antecedência para o setor de ferramentaria, caso não ocorra o comunicado, a mesma não é efetuada e novamente pula-se a produção, com isso, gera atrasos na programação lançada.

No processo de *setup* encontrado na empresa, o início da mudança do molde começa com o fim da produção em máquina, ao término o operador para a máquina e sinaliza ao líder o fim da produção, com isso, entra a figura do trocador de moldes (técnico qualificado para a troca de molde), com a máquina parada, o mesmo inicia a troca do dispositivo. Passa-se a limpeza do molde, com um jato de ar pressurizado, na sequência, passa-se um pano para remover os resíduos que permanecem no molde. Ao final da limpeza é desligado o sistema de refrigeração a água ambiente, conforme dispõe a FIGURA 2, que trata do circuito de refrigeração de água fechado, feita por troca externa em sistemas de torres de resfriamento (etapa 01).

FIGURA 2 - SISTEMA DE ÁGUA A TEMPERATURA AMBIENTE



FONTE: Os autores (2020).

Em alguns casos utiliza-se óleo aquecido para refrigeração ou mantem-se em determinada temperatura no molde constante, para que durante o processo de injeção não ocorra falha no acabamento, pois quanto mais quente for o molde durante a injeção, melhor será a qualidade da peça, conforme demonstra a FIGURA 3 (etapa 02).

FIGURA 3 - SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO A ÓLEO, CIRCUITO FECHADO

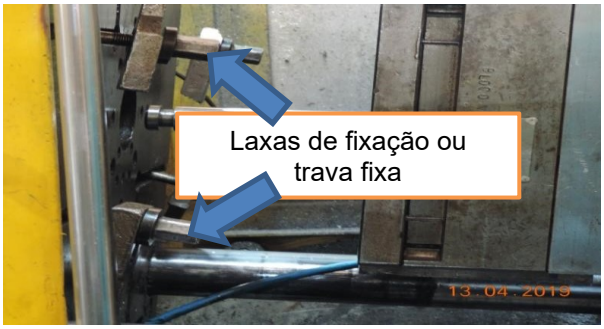




FONTE: Os autores (2020).

Essa diferença de aquecimento e resfriamento deve-se à geometria das peças e sua massa, pois para cada projeto existe uma necessidade de refrigeração ou um aquecimento específico. Em continuidade ao setup realiza-se o fechamento do molde, para que seja retirado do equipamento. É retratado um sistema de fechamento de uma máquina de injeção, na qual é possível visualizar um sistema completo onde é fixado o molde. Em continuidade busca-se a talha (etapa 02) e posiciona-se na máquina para início da retirada das laxas ou trava fixa, um sistema que segura o molde na máquina, prendendo na parte móvel e fixa da máquina, conforme demonstra a FIGURA 4 (etapa 03).

FIGURA 4 - PLACA DA PARTE MÓVEL ABERTA COM LAXAS OU TRAVA FIXA



FONTE: Os autores (2020).

Com a sequência em andamento se dá a retirada da haste extratora, conforme demonstra a FIGURA 5, responsável pela retirada ou extração das peças da cavidade, a haste fica presa na parte móvel do molde, é rosqueada no mesmo e a outra extremidade é ligada por uma cunha em um cilindro hidráulico, exercendo uma força pré-determinada para extração das peças que ficam presas no molde, após a abertura do molde durante o ciclo normal de injeção.

FIGURA 5 - HASTE EXTRATORA



FONTE: Os autores (2020).

Na sequência fixa-se a talha ao molde através de olhais presos na parte superior, solta-se todas as laxas ou trava fixa que estavam presas na parte fixa do sistema de fechamento, para que possa ser levantado, devido o molde ter sua entrada e saída da máquina somente pela parte superior (etapa 04). O levantamento do molde é realizado por talha elétrica. Uma das operações que requer maior atenção pelo fato de alguns moldes possuírem peso de uma 1 tonelada. Após a retirada do molde este será colocado sobre um carrinho transportador (etapa 06), levado até a ferramentaria para manutenção preventiva da mesma e limpeza geral, com o molde sobre o carrinho utilizado para o transporte entre produção e ferramentaria. Na volta, o trocador de moldes retorna com o molde da sequência para a próxima etapa que será a colocação do molde na máquina.

Ao retornar da ferramentaria com outro molde é necessário checar a ponta do "bicão", nomenclatura utilizada internamente para identificar a ponteira do bico injetor, conforme dispõe a FIGURA 6 (etapa 07), o qual deve ter seu dimensional checado e relacionado o tamanho do canal do molde. Cada molde dentro da sua construção requer um bico de diâmetro definido em projeto para sua capacidade volumétrica, portanto, se torna necessário a troca em quase todos os setups.

FIGURA 6 - PONTA DO BICÃO



FONTE: Os autores (2020).

Após a troca ou não da ponta do bico ou bicão realiza-se o levantamento do molde que vai entrar em produção, o mesmo é fixado à máquina pelas laxas, na sequência é afixada a haste extratora e feito o fechamento da placa extratora da máquina e a fixação

do molde à mesma. Desse ponto em diante é feita a ligação do sistema de refrigeração a água ou aquecimento a óleo ao molde, conforme especificação da peça a ser produzida.

Com as etapas descritas e realizadas ajustam-se os parâmetros de injeção no painel de controle e programação, processo definido pelo setor de engenharia. Cada molde necessita de ajuste específico, para isso, se tem a Instrução de Trabalho (IT) que define todos os parâmetros para injeção tais como: pressão hidráulica, velocidade de abertura e fechamento, tempo de injeção de Zamac no molde, tempo de resfriamento e ancoragem do molde. Todas essas informações procuram garantir que a cada setup o produto tenha as mesmas características. Após todas as etapas descritas inicia-se o ajuste de injeção da peça física, configurando o início do processo de produção, esta será ajustada até chegar ao padrão de qualidade visual, superficial e dimensional já definido pela qualidade para ser liberada a produção, se dando o fim do setup ao retirar um exemplar da peça que atende as características definidas pelo setor de qualidade.

3.1.1 Cronologia para Troca de Molde

Durante todas as etapas mencionas foram enumeradas as etapas e medidos os tempos de setups interno e externo, para isso, utilizou-se um cronometro digital da marca Casio. Nesse contexto, foram realizadas três medições de setups na INZ-10-160, com isso, tornou-se possível gerar uma análise do processo. Efetuou-se o acompanhamento durante a troca de moldes durante processo de setup da linha de produção, sendo cronometrado os tempos correlatos as etapas descritas na TABELA 4. Estes tempos foram tomados em três datas distintas acompanhando o processo do início ao final de cada etapa sem interferência. A contagem de tempo iniciou-se após a sinalização do fim da produção da sequência programada, onde os trocadores de molde assumem a setup do equipamento, entregando o mesmo ao operador de produção após a injeção da primeira peça que satisfaz os padrões de qualidade.

3.2 MELHORIAS APLICADAS

3.2.1 Troca de Setup Interno em Setup Externo

Dentro das etapas da QUADRO 1, anteriormente descritas foram propostas melhorias incorporando os conceitos de 5S, Padronização e Troca Rápida de Ferramenta (TRF), conforme descrito abaixo: (a) Etapa 02 - buscar talha no almoxarifado, posicionar a mesma ao lado da injetora antes da sinalização do fim da produção, convertendo assim para *setup* externo; (b) Etapa 03 - *laxas* padrão, troca das *laxas* de tamanhos e fixadores diferentes por *laxas* padrão de mesmo tamanho; (c) Etapa 05 – buscar paleteira, assim como na etapa 02, posicionar o equipamento próximo a injetora antes da sinalização do fim da produção; (d) Etapa 06 – movimentação do molde, disponibilizar o molde em carro porta molde próximo a injetora antes da sinalização do fim da produção; (e) Etapa 07 –

ponta de injeção, disponibilizar jogo de pontas de injeção junto ao carro porta molde; (f) Etapas 12 e 13 mangueiras de refrigeração, disponibilizar mangueiras e *engates rápidos* junto ao carro porta molde.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 *SETUP* INTERNO ATUAL

Os tempos de *setup* interno atual da máquina LK-160/10 toneladas foram medidos e estão mostrados nas TABELAS 1, 2 e 3, sendo que cada Tabela mostra os valores medidos em três dias diferentes, sendo cada dia um produto diferente, que não interfere no tempo, com as mesmas características de molde (dimensões padrão).

TABELA 1 - TEMPO DE *SETUP* 1 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar *setup*
Data:	17/03/2020
Descrição:	Dobradiça Interior DT450

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	2	0
2	Buscar talha	1	30
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha	4	51
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	25
5	Buscar paleteira	1	29
6	Buscar ponta no almoxarifado	10	25
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde	9	52
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	20	59
9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	1	0
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	2	0
11	Verificação do extrator	6	33
12	Buscar mangueiras no almoxarifado	10	45
13	Colocação das mangueiras	4	10
14	Regulagem do Spray	1	20
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	4	12
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	2	14
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	33
18	Primeira injeção e liberação do processo	7	20
TEMPO TOTAL DO *SETUP* EM HORAS		**1h38 min.**	

FONTE: Os autores (2020).

TABELA 2 - TEMPO DE *SETUP* 2 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar *setup*
Data:	02/04/2020
Descrição:	Cantoneira Elsa

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	3	0
2	Buscar talha	2	11
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha	4	60
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	15
5	Buscar paleteira	1	52
6	Buscar ponta no almoxarifado	12	43
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde	11	25
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	9	33

9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	15	59
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	1	0
11	Verificação do extrator	2	40
12	Buscar mangueiras no almoxarifado	12	42
13	Colocação das mangueiras	10	45
14	Regulagem do Spray	4	1
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	1	20
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	4	15
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	20
18	Primeira injeção e liberação do processo	7	31
TEMPO TOTAL DO *SETUP* EM HORAS		**1h 53 min.**	

FONTE: Os autores (2020).

TABELA 3 - TEMPO DE *SETUP* 3 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar *setup*
Data:	23/04/2020
Descrição:	Dobradiça Intermediária Tarantino

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	4	51
2	Buscar talha	1	45
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha	5	53
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	11
5	Buscar paleteira	1	59
6	Buscar ponta no almoxarifado	2	43
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde	12	35
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	5	52
9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	13	59
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	1	37
11	Verificação do extrator	1	48
12	Buscar mangueiras no almoxarifado	5	12
13	Colocação das mangueiras	8	45
14	Regulagem do Spray	5	10
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	1	35
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	3	12
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	41
18	Primeira injeção e liberação do processo	8	25
TEMPO TOTAL DO *SETUP* EM HORAS		**1h 28 min.**	

FONTE: Os autores (2020).

4.2 *SETUP* INTERNO COM IMPLATAÇÃO DE MELHORIA

Os novos tempos de setup medidos com as aplicações das melhorias estão demonstrados nas TABELAS 4, 5 e 6.

TABELA 4 - TEMPO DE *SETUP* 1 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar *setup*
Data:	14/04/2020
Descrição:	Dobradiça Interior DT450

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	2	0
2	Buscar talha - Posicionar próxima a máquina	0	30
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha - Laxas padrão	1	43
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	25
5	Buscar paleteira - Posicionar próxima a máquina	0	16
6	Buscar ponta no almoxarifado - Manter no carrinho de *setup*	0	55
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde - Deixar o molde da sequência próximo a máquina	1	46
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	17	59
9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	4	0
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	2	0

11	Verificação do extrator	6	33
12	Buscar mangueiras no almoxarifado - Fica no carrinho de *setup*	1	08
13	Colocação das mangueiras - Engate rápido	1	38
14	Regulagem do *Spray*	1	20
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	4	12
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	2	14
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	33
18	Primeira injeção e liberação do processo	7	20
TEMPO TOTAL DO *SETUP* EM HORAS		**55 min.**	

FONTE: Os autores (2020).

TABELA 5 - TEMPO DE *SETUP* 2 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar *setup*
Data:	24/04/2020
Descrição:	Cantoneira Elsa

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	3	0
2	Buscar talha - Posicionar próxima a máquina	0	30
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha - Laxas padrão	2	11
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	15
5	Buscar paleteira - Posicionar próxima a máquina	1	03
6	Buscar ponta no almoxarifado - Manter no carrinho de *setup*.	0	43
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde - Deixar o molde da sequência próximo a máquina	2	25
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	9	33
9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	15	59
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	1	0
11	Verificação do extrator	2	40
12	Buscar mangueiras no almoxarifado - Fica no carrinho de *setup*	1	22
13	Colocação das mangueiras - Engate rápido	1	45
14	Regulagem do *Spray*	4	1
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	1	20
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	4	15
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	20
18	Primeira injeção e liberação do processo	7	31
TEMPO TOTAL DO *SETUP* EM HORAS		**1h 3min.**	

FONTE: Os autores (2020).

TABELA 6 - TEMPO DE *SETUP* 3 PARA INZ-10-160TON

Operador III	Autorizado para realizar setup
Data:	11/05/2020
Descrição:	Dobradiça Intermediária Tarantino

ETAPA	PROCEDIMENTO	MIN.	SEG.
1	Retirada do acoplamento e mangueiras de refrigeração	4	51
2	Buscar talha - Posicionar próxima a máquina	0	39
3	Retirar as laxas + posicionamento da talha - Laxas padrão	1	33
4	Erguer o molde, descer e retirar a haste extratora	4	11
5	Buscar paleteira - Posicionar próxima a máquina	0	38
6	Buscar ponta no almoxarifado - Manter no carrinho de *setup*	0	57
7	Levar o molde da máquina e voltar com o novo molde - Deixar o molde da sequência próximo a máquina	3	22
8	Levantar o molde e posicionar o mesmo na máquina	5	52
9	Apertar a haste + as laxas + acoplamento	13	59
10	Colocar micro de segurança + retirada da talha	1	37
11	Verificação do extrator	1	48
12	Buscar mangueiras no almoxarifado - Fica no carrinho de *setup*	1	08
13	Colocação das mangueiras - Engate rápido	1	58
14	Regulagem do *Spray*	5	10

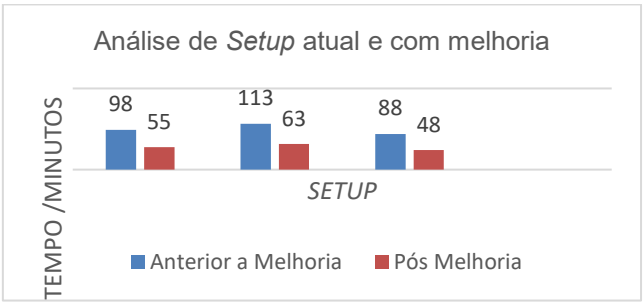
15	Regulagem dos parâmetros da máquina	1	35
16	Regulagem do fechamento do molde + problemas com mangueiras	3	12
17	Organizar a área para a 1º injeção	2	41
18	Primeira injeção e liberação do processo	8	25
TEMPO TOTAL DO SETUP EM HORAS			**50 min 48 segs**

FONTE: Os autores (2020).

4.2.1 Análise do Redução de Setup

Conforme análise dos *setups* internos convertidos em externos após alterações é possível constatar uma redução nos tempos do processo de troca de molde conforme evidenciado no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 – ANÁLISE DE *SETUP* ATUAL E COM MELHORIAS



e

FONTE: Os autores (2020).

4.3 ANÁLISE DOS CUSTOS

Análise dos resultados coletados sobre a ótica dos custos, os quais serão relevantes para compreender os impactos gerados por perdas de tempos ou paradas para os setups. Conforme demonstrado no QUADRO 2, em relação aos dados obtidos no início do processo de *setup*, verifica-se que o custo da hora máquina fornecida pela empresa é de R$ 96,00 reais, e com um tempo aproximado de setup internos de 1 hora e 40 minutos. Após as alterações, passando para 56,55 minutos aproximados, deixa claro que o valor/hora de máquina não se altera para ambos os tempos levantados.

QUADRO 2 - TEMPOS E CUSTOS

INJETORA-10 160 T - EMPRESA "Δ"	
COLETA DE *SETUPS* ANTES	**COLETA DE *SETUPS* DEPOIS**
Custo/hora R$ 96,00	Custo/hora R$ 96,00
Tempo aproximado de *setup* 100 min	Tempo aproximado do *setup* 56,55 min

FONTE: Empresa (2020).

Considerando os dados do QUADRO 2 tem-se a totalização de valores como: (a) *Setup* interno inicial R$ 160/hora; (b) *Setup* interno após alteração R$ 90,48/hora, gerando uma redução no custo por hora/máquina de 43,45%.

3 CONCLUSÃO

Após adaptar e ajustar o método para a realidade da empresa "Δ", a qual tem a premissa de reduzir o tempo de *setup*, ganho de produtividade e atualizar o processo. Com

os valores obtidos por amostragem, comparado com o resultado preliminar obtido, tornou evidente que há possibilidade real de ganhos nos tempos de *setups,* tanto externo, quanto interno. A aplicação prática dos recursos e conceitos para o ajuste e refinamentos contínuos para atingir o principal objetivo, que foi: reduzir os tempos médios dos *setups*, por consequência, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, favorecendo a produção de mais lotes com o mesmo equipamento, além da redução no valor monetário na parada da máquina. O objetivo de reduzir o tempo de *setup* foi atingido, apresentando resultados positivos para uma gradual, real e palpável melhoria do sistema em seu todo, mostrando que o resultado pode ser adaptado e replicado para cada uma das 16 injetoras já existentes e outras que possam vir ser instaladas. O estudo permitiu vivenciar a realidade do chão de fábrica, possibilitando o contato com fornecedores, a absorção de novos conhecimentos e aplicação dos conceitos e conhecimentos adquiridos no meio acadêmico, conhecendo novos métodos, equipamentos e técnicas por meio da pesquisa aplicada.

4 REFERÊNCIAS

BRAGA, E. M. G. F. **Otimização do processo de injeção de zamak**. 2015, 262f. [Mestrado]. Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Portugal 2015.

GURSKI, F. **Padronização das trocas de ferramentas para moldes de injeção de alumínio sob pressão**. [Monografia]. Especialização em Gestão industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação. 2012. 43f. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8253/1/PG_CEGI-PM_VIII_2012_05.pdf. Acesso em: 03 nov. 2109.

MALAVAZI, J.; SOUZA, A. G. O.; YOSHINO, N. Y. **Votorantim metais**: manual de fundição sob pressão. Presidente Altino/SP. 2010. Disponível em: <https://dokumen.site/download/manual-de-fundicao-sobpressao-a5b39f0332a30b>, acesso em 04 nov. 2019.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção**: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 2000. 291p.

SOARES, O. J. A. **Melhorias de produto**: processo pela utilização de ligas de zamac. [Dissertação]. Curso de Engenharia Mecânica. Universidade de Taubaté. São Paulo. 2008.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas**: elimine o desperdício e crie riquezas. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 322p. In: COSTA R. S.; JARDIM, E. G. M. **Os cinco passos do pensamento enxuto net**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.trilhaprojetos.com.br. Acesso em: 03 nov. 2019.

_____.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro, Campus, 1992. 332p.