

N. CLASS. M668.423
CUTTER M3869
ANO/EDIÇÃO 2014

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
DAVI JOSÉ ALVES MARTINS

SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE MOLDES DE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICOS

Varginha

2014

FEPESMTC

DAVI JOSÉ ALVES MARTINS

SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE MOLDES DE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

Varginha

2014

FEPESMIG

DAVI JOSÉ ALVES MARTINS

SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE MOLDES DE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

Aprovado em / /

Prof.

Prof.

Prof.

Obs:

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pela sabedoria e força dadas durante todo o período de graduação e a minha família pelo apoio moral, paciência e incentivo nesta etapa de minha vida e todos que contribuíram para elaboração deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que me ajudaram a elaborar este trabalho, a minha família, ao meu colega Alex Borges e professores pelo conhecimento transmitido e aos companheiros de trabalho, principalmente ao Sr. Robinson Clemente de Sousa e Kellisson Perreira pelo grande conhecimento repassado durante o início de minha vida profissional na área de engenharia.

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo.” Ayrton Senna da Silva

RESUMO

Este trabalho trata da redução do tempo de setup de máquinas de injeção termoplástica, utilizando o STR (Sistema de Troca Rápida de Ferramental). O tempo de setup é uma fatia importante nas indústrias termoplástica, pois quanto mais demorado for à execução do setup, maior será o preço final da peça, que conseqüentemente diminuirá a competitividade da empresa no mercado. Por isso a necessidade de uma ferramenta de gestão, para gerir esse gargalo e minimizar o máximo possível. Há várias metodologias que tende a atacar os gargalos do setup, assim auxiliando e acrescentando o STR como, por exemplo, o SMED (Single Minute Exchange of Die) criado por Shingo uns dos grandes gurus da engenharia. Assim o STR se torna uma ferramenta primordial para otimizar o processo de troca de molde de injeção termoplástico.

Palavras - chave: Setup. Sistema de Troca Rápida de Ferramental. Molde Termoplástico.

ABSTRACT

This work deals with the reduction of setup time of thermoplastic injection machines, using the STR (System Quick Change Tooling). The setup time is an important part in the thermoplastic industry, because the more time consuming for the implementation of the setup, the higher the final price of the part, which consequently decrease the competitiveness of the company in the market. Hence the need for a management tool, to manage this bottleneck and minimize as much as possible. There are several methodologies that tends to attack the necks of the setup, thereby assisting and adding the STR as, for example, SMEd (Single Minute Exchange of Die) created by Shingo some of the major engineering guru. Thus the STR becomes paramount to optimize the process of exchange of thermoplastic injection molding tool.

Keywords: Setup. Single Minute Exchange of Die. Thermoplastic molding.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Injetora termoplástica.....	12
FIGURA 02: Robô	13
FIGURA 03: Máscara	13
FIGURA 04: Termoregulador.....	14
FIGURA 05: Chiller.....	15
FIGURA 06: Torre de resfriamento	16
FIGURA 07: detalhamento 1 do molde de injeção termoplástico.....	18
FIGURA 08: Detalhamento 2 do molde de injeção termoplástico.....	19
FIGURA 09: Molde termoplástico.....	20
FIGURA 10: Ponte rolante	21
FIGURA 11: Área pré-setup	22
FIGURA 12: Fluxo da metodologia SMED.....	26
FIGURA 13: Perdas da produção durante períodos de desaceleração e aceleração	27
FIGURA 14: Sala de setup.....	33
FIGURA 15: Ferramentas.....	34
FIGURA 16: Caderno de check-list trocadores.....	40
FIGURA 17: Caderno de check-list reguladores.....	41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 INJETORAS TERMOPLÁSTICAS.....	12
2.1 Robô Injetora Termoplástica.. ..	13
2.2 Equipamentos de refrigeração de uso industrial para o processo de injeção	18
3 MOLDE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICO	18
3.1 Detalhamento do molde de injeção termoplástica	18
4 TROCA DE MOLDES.....	20
4.1 Setup	21
4.2 Sistema de troca rápida de ferramental	23
4.3 Single Minute Exchange of Die	24
4.3.1 A metodologia do SMED é representa em 7 etapas.....	25
4.3.1.1 Desaceleração e aceleração do SMED	25
5 APLICAÇÃO DO STR EM UMA MÁQUINA INJETORA.....	29
5.1 Antes da aplicação do STR	29
5.2 Depois da aplicação do STR	33
6 RESULTADOS.....	44
7 CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Devido à grande demanda do mercado e o surgimento de novas peças, tecnologias diferentes, modelos e clientes finais. Atualmente, para uma empresa se manter firme no mercado, deve se expandir seus negócios buscando novos parceiros e clientes. Conseqüentemente é fundamental que a mesma busque métodos para que aumente a produção, se possível com os mesmos ativos. Por esse motivo, este trabalho de conclusão de curso tem com finalidade apresentar uma metodologia que otimiza a troca de ferramental de uma indústria termoplástica.

A troca de moldes de injeção é um procedimento muito executado nas indústrias termoplásticas, pois na empresa estuda ocorre em média 21 trocas em 28 máquinas injetoras por dia, pois cada lote tem seu próprio molde determinado ou utilizam vários modelos de moldes para que possa produzir o produto final. A quantidade de setups é devido ao crescente número de pedido de peças, pois o cliente está cada vez mais optando por peças exclusivas. O desenvolvimento dos moldes de injeção termoplástico fica a cargo do cliente, que projeta de acordo com a sua necessidade, conseqüentemente por esse motivo a vários formatos de moldes de injeção.

Se levar em conta uma velha frase, “Tempo é dinheiro” a troca de ferramental pode ser um dos principais gargalos dentro de uma indústria termoplástica. Pensando nesse fator, no tempo levado para a realização de uma substituição de um lote do modelo A para outro do lote modelo B, existe vários estudos referentes ao assunto.

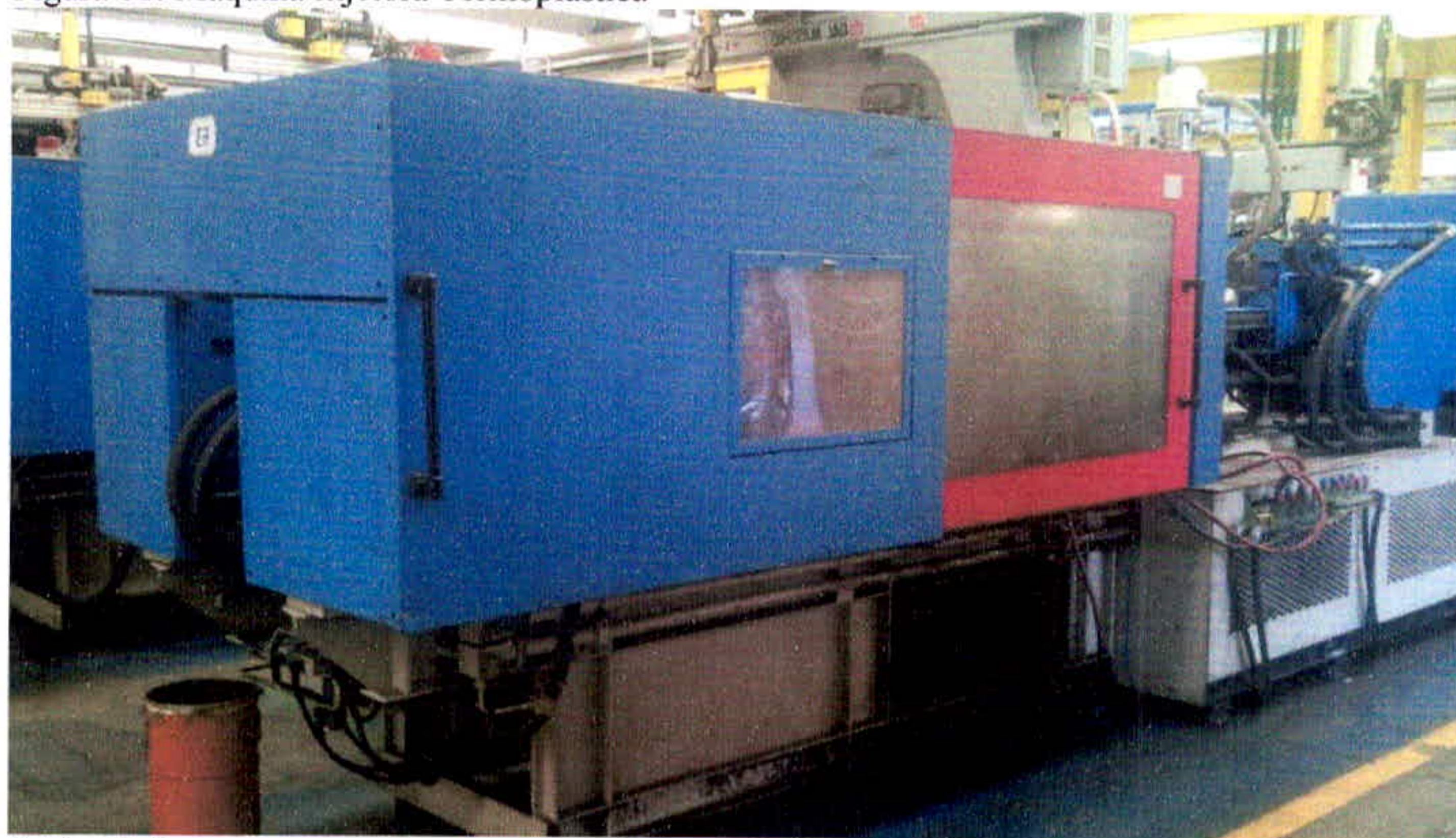
O sistema de troca rápida de ferramental, o STR é uma metodologia que visa otimizar a troca de ferramenta, melhorando as condições em que o trocador esta realizando o trabalho. Padronizando a troca, para que seja seguido um padrão assim pode efetuar a troca com eficiência automaticamente reduzindo o tempo de realização.

2 INJETORAS TERMOPLÁSTICAS

As injetoras (figura 01) é o maquinário por onde os moldes são engatados para a produção das peças injetadas. No mercado existem vários modelos de injetoras, hidráulicas, pneumáticas, elétricas e mistas, tamanhos, capacidade de compressão, a maioria delas trabalha baseado em potência óleo-hidráulico que possibilita o ajuste de deslocamento, pressão e tonelagens, onde são classificadas como de pequeno até 1000KN, média de 1000KN até 5000KN e grande porte superior a 5000KN. As injetoras são basicamente compostas por uma unidade de fechamento, placa mancal, braços articulados, cilindro hidráulico de fechamento, placa mole, platô de fechamento coluna guia, unidade de injeção, rosca ou fuso e sistema de extração.

Um sistema completo que possibilita o operador ajustar a forma com que a peça será produzida, como ajuste das temperaturas da câmara quente e moldes, compressão do molde, tempo de resfriamento da peça, quantidade de material injetado, quantidade de refugo, tempo de ciclo. Mas as grandes vantagens das injetoras atuais são o grande poder de compressão que elas possuem, que é um fator primordial para a qualidade da peça.

Figura 01: Máquina Injetora Termoplástica



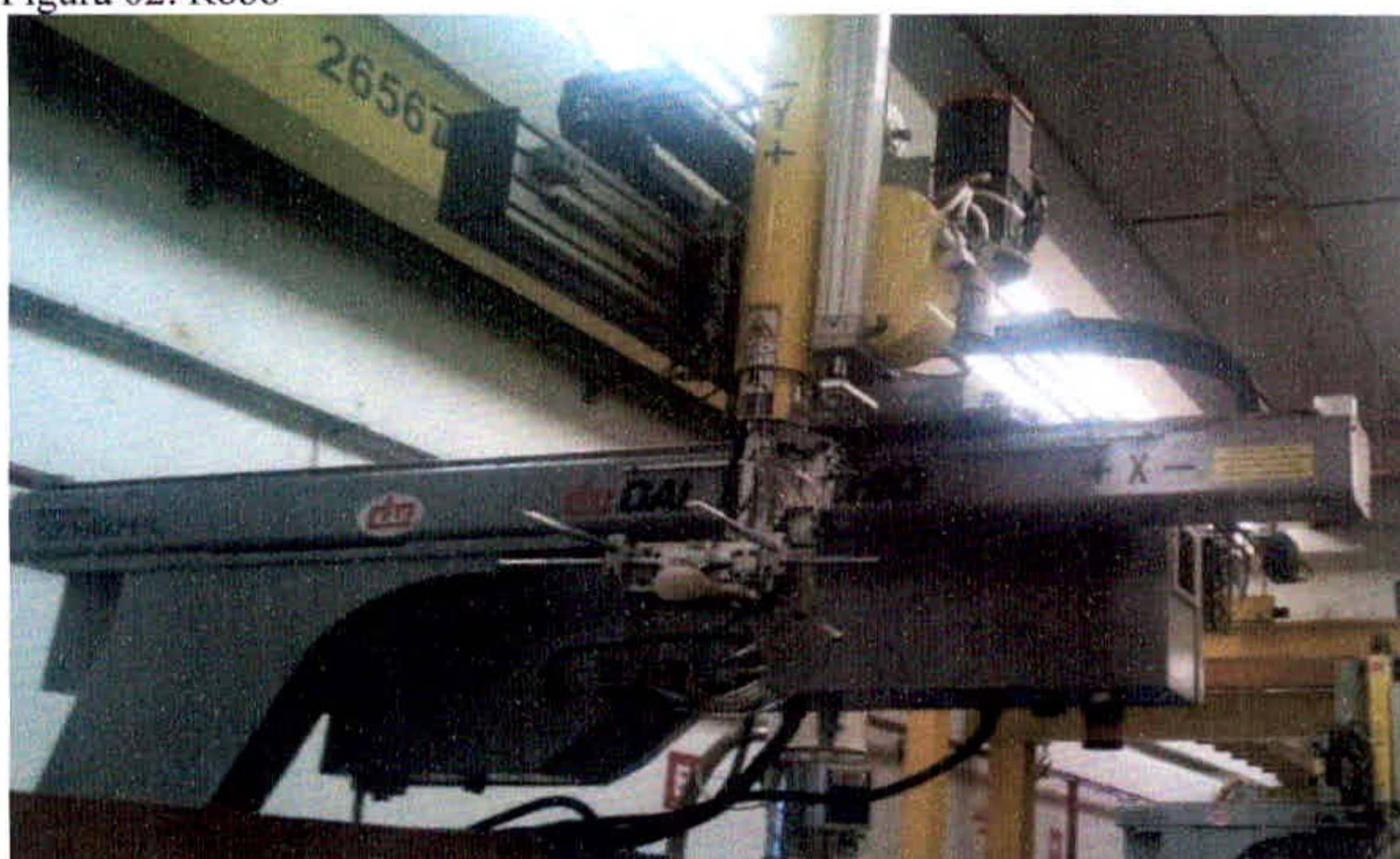
Fonte: O Autor

Alguns modelos já vêm com as placas de fixação dos moldes magnetizadas, eliminando a utilização da laca de fixação para engastar o molde na placa fixa e move da injetora, diminuindo consideravelmente o tempo para da realização da troca.

2.1 Robô Injetora Termoplástico

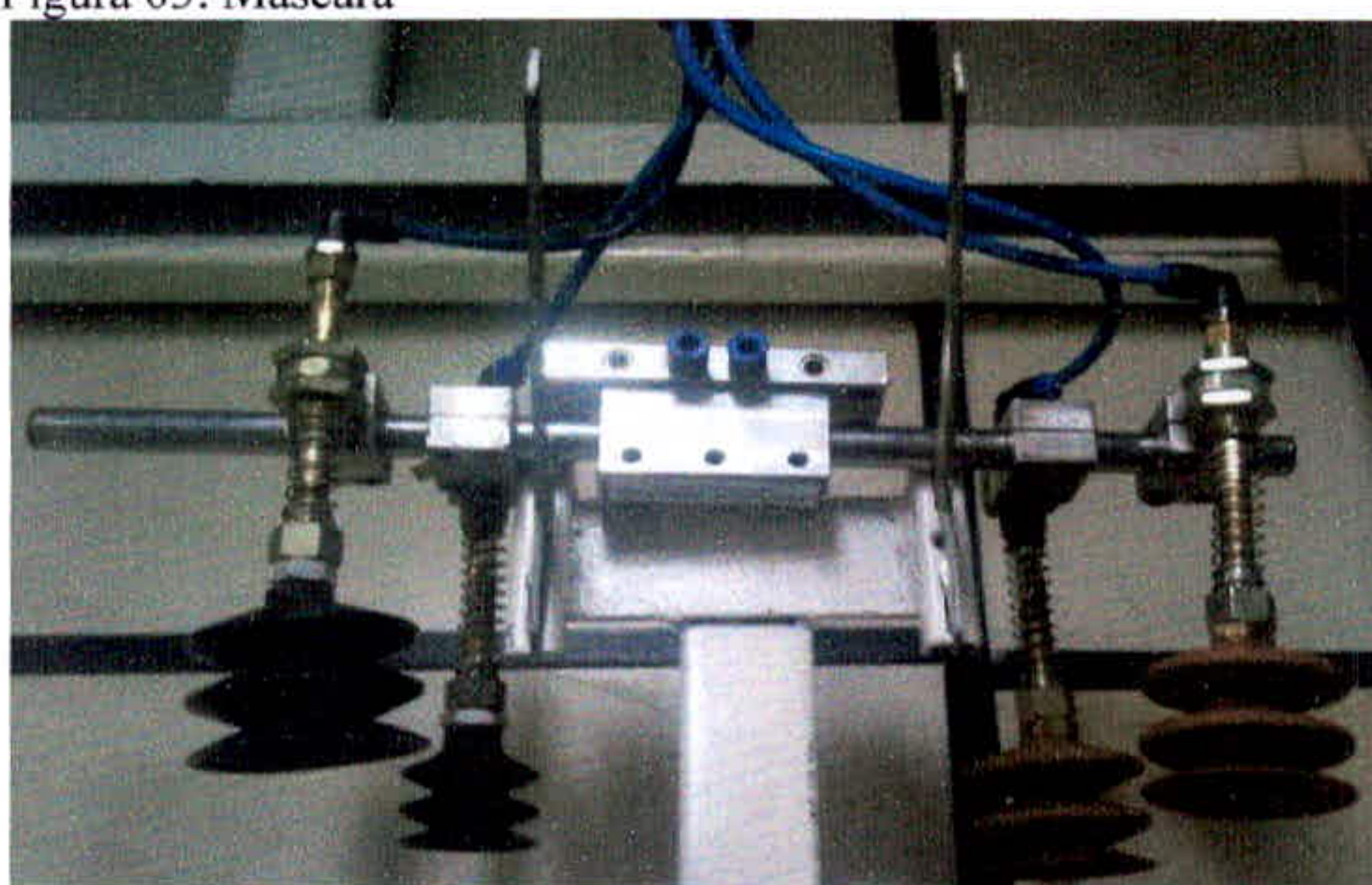
Um é uma unidade adicional para a máquina injetora e grande auxiliar para os operadores, com o intuito de ajudar e facilitar o processo de extração da peça na máquina injetora. O robô (Figura 02) possibilita a extração de uma peça da máquina injetora em que um operador não conseguiria ou demoraria a retira-la, assim diminuindo o tempo do ciclo de produção. Peças que e necessários uma precisão maior na hora da extração, o robô podendo ser programado para fazer o movimento desejado pelo operador, diminuindo praticamente a zero a possibilidade de um possível dano na retirada da peça. Além de possibilitar criar várias formas de máscaras (Figura 03), algumas evita 100% a contaminação de contaminantes, mante sempre o ciclo estável, o operador pode olhar mais de uma máquina.

Figura 02: Robô



Fonte: O Autor

Figura 03: Máscara



Fonte: O Autor

Já o Chiller (Figura 05) tem como finalidade diminuir a temperatura da água, ele é utilizado em processos que necessita de água gelada para produção de peças com ciclos rápidos. Resfriando a água em uma temperatura de 7°C a 9°C, este tipo de processo conta temperatura de fluido mais baixa e permite compactação da cavidade podendo extrair-la do molde em ciclos reduzidos.

Figura 05: Chiller



Fonte: O Autor

2.2 Equipamentos de refrigeração de uso industrial para o processo de injeção

Na injeção termoplástica são utilizados três tipos de água, água quente, água gelada e a água industrial. O tempo de resfriamento de uma peça fundamental para a qualidade da peça, pois cada peça ou material tem seu tempo exato de resfriamento, assim o tempo e temperatura são parâmetros para que a peça fique de acordo com o solicitado pelo cliente.

O termoregulador (Figura 04) responsável pelo aquecimento da água, transferindo energia calorífica para o fluido que vai para dentro do molde, em um ciclo constante. O termoregulador aquece a água até 80°C dependendo do tipo de material e da característica do produto, auxiliando no preenchimento da cavidade e diminuindo possíveis tensões interna do produto além do resfriamento da peça dentro do molde.

Figura 04: Termoregulador



Fonte: O Autor

Por fim temos a torre de resfriamento (Figura 06), que é responsável pela a água industrial, mantendo água em uma temperatura média de 20°C alimentando todo o circuito de refrigeração da empresa.

Figura 06: Torre de resfriamento



Fonte: O Autor

3 MOLDES DE INJEÇÃO TERMOPLÁSTICA

Moldes de injeção termoplástica é um mecanismo que molda a forma projetada dos componentes feitos em plásticos, um dispositivo completo capaz de reproduzir as mais variadas formas geométricas. A geometria das peças é produzida pela cavidade do molde, que se localizam entre os conjuntos superior e inferior do molde, local onde material injetado ganha as dimensões da cavidade.

O molde por sua vez é acoplado na máquina injetora, que por onde recebera o plástico a ser injetado. O plástico armazenado dentro do funil no formato granulado e aquecido no caminho até a cavidade do molde. Passando por várias camadas de temperaturas, o aquecimento do plástico é feito pela máquina injetora, quanto o molde quanto o plástico recebe energia em forma de calor. No caminho do plástico até a cavidade do molde, ele passa por várias resistências aquecidas de acordo com a necessidade do material, então no processo de injeção o plástico é submetido a uma temperatura que o leva ao seu ponto de fusão passando para o estado líquido, dependendo do material, os mais usados são polipropileno (PP), poliestireno (PS), ABS, poliamida (PA), policarbonato (PC) e PVC.

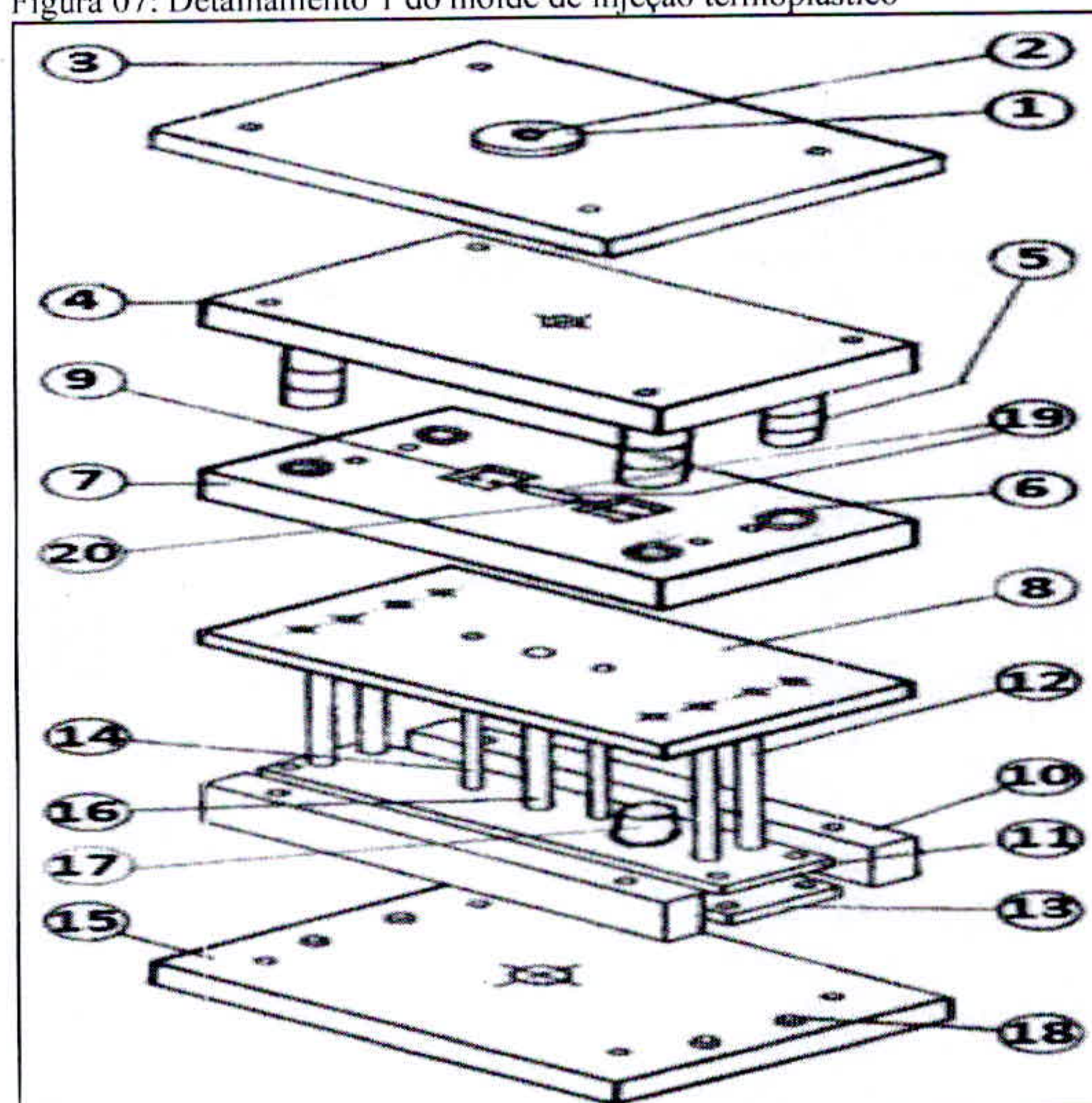
Entrando no molde através do bico de injeção e pela bucha de injeção que possibilita a passagem do plástico fundido, até o canal de distribuição de enchimento dentro da cavidade do molde. Logo após a injeção é necessário um tempo para o resfriamento da peça, que muitas vezes é realizado com o auxílio de um fluido refrigerante que circula por dentro do molde. Se houver contado com a peça final, assim voltando ao seu estado sólido na geometria desejada.

Na cavidade do molde possui um sistema que possibilita a retirada da peça, o sistema extrator. Através de um pino que é acionado no momento da extração em um movimento linear para frente e para trás facilita a saída da peça do molde.

3.1 Detalhamentos do molde de injeção termoplástico

O molde de injeção é constituído por vários componentes que juntos forma um sistema que atende as características da peça a ser produzida.

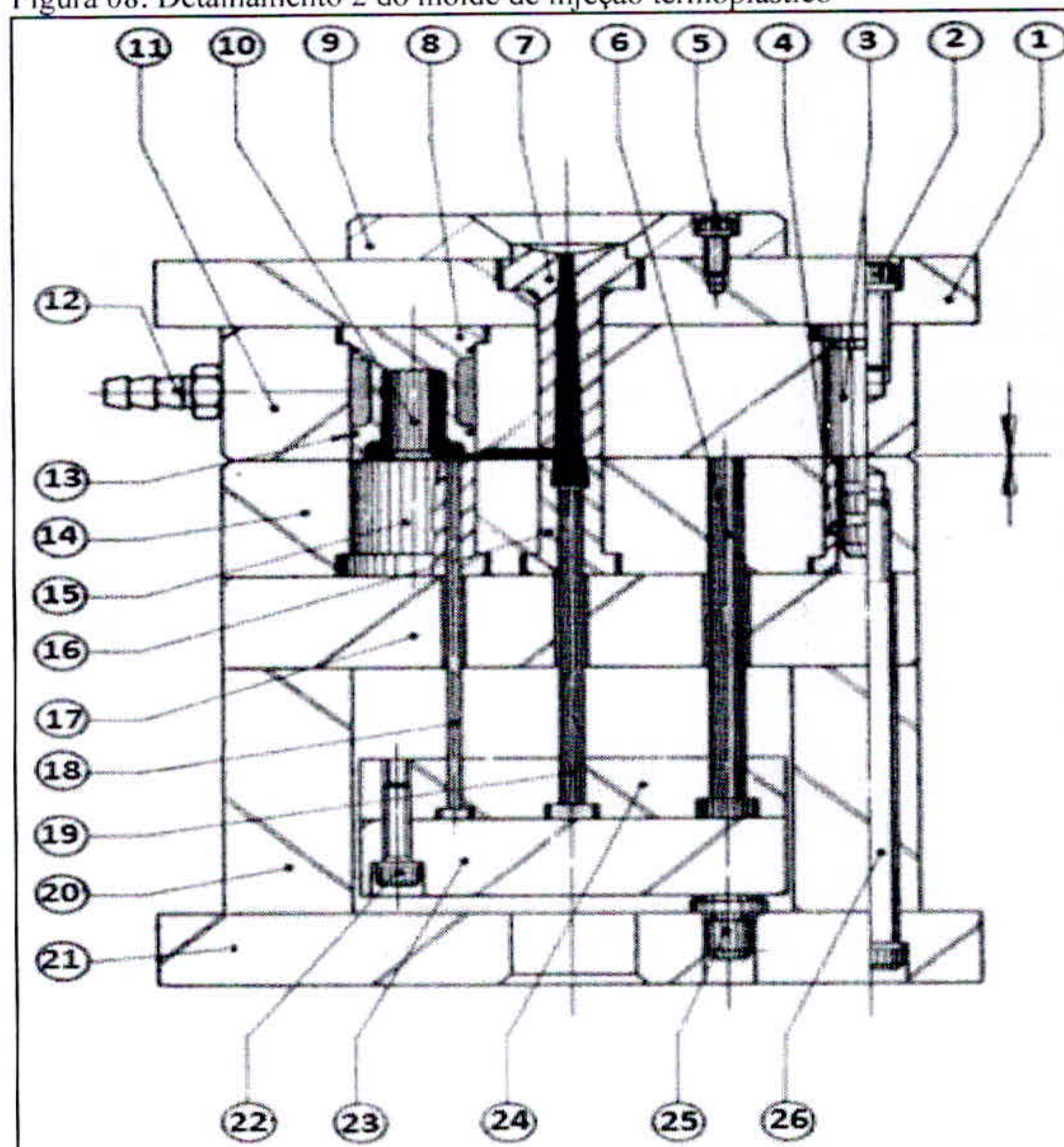
Figura 07: Detalhamento 1 do molde de injeção termoplástico



Fonte: O Autor

1 - Anel de centragem	11 - Placa porta pinos extratores
2 - Bucha de injeção	12 - Pino guia
3 - Placa base superior	13 - Placa impulsora
4 - Placa porta cavidade superior	14 - Pino extrator
5 - Coluna guia	15 - Placa base inferior
6 - bucha guia	16 - Pino de retenção do canal da bucha
7 - Placa porta cavidade inferior	17 - Coluna de apoio
8 - Placa suporte	18 - Pino top
9 - Cavidade ou posição	19 - Canal de distribuição
10 - Bloco espaçador	20 - Ponto de injeção ou gate

Figura 08: Detalhamento 2 do molde de injeção termoplástico



Fonte: O Autor

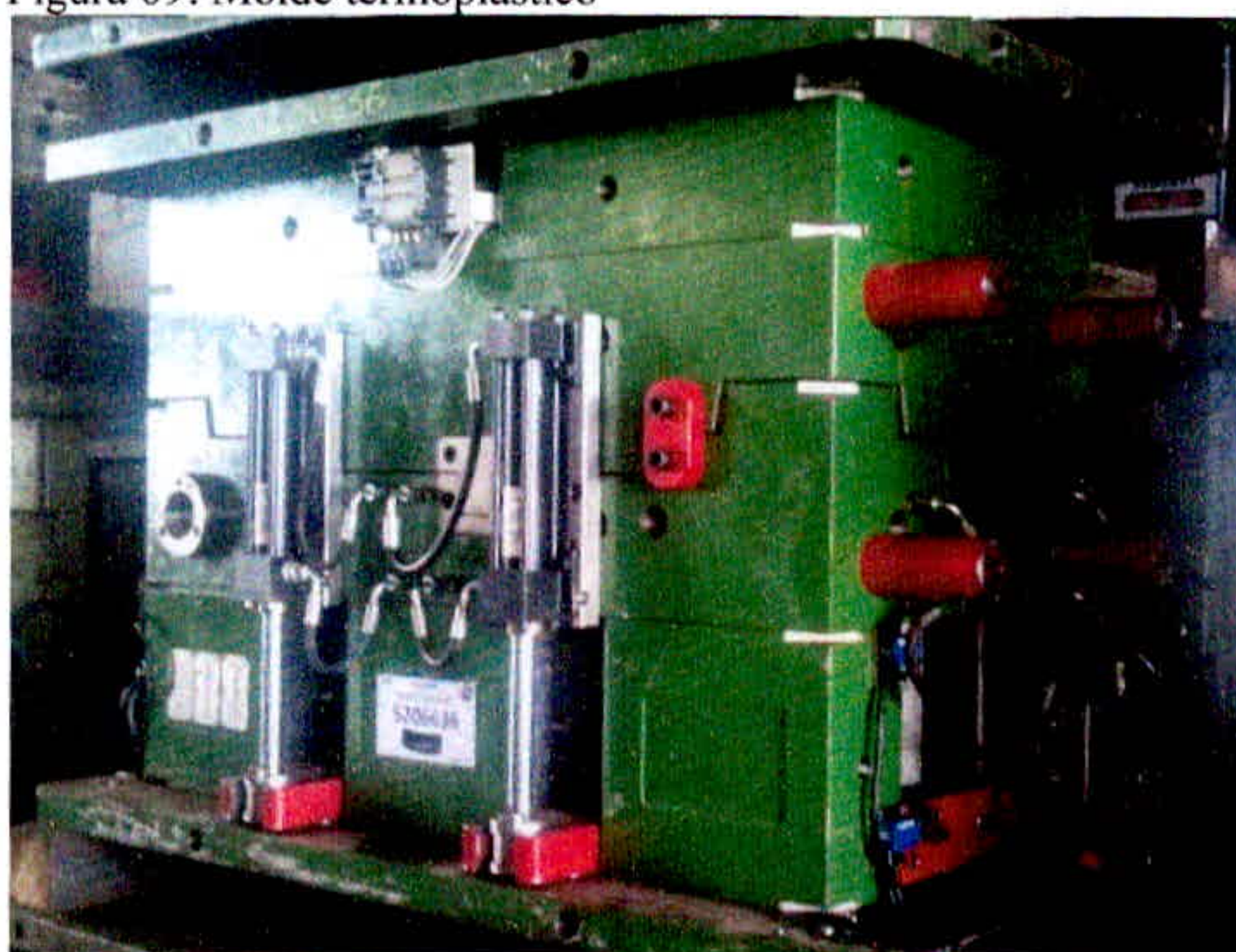
1 – Placa base superior	14 – Placa porta cavidade inferior
2 – Parafuso fixação conjunto superior do molde	15 – Fixação posição macho
3 – Coluna guia	16 – Posição retenção canal da bucha
4 – Bucha guia	17 – Placa suporte
5 – Parafuso fixação AC	18 – Pino extrator
6 – Pino de retorno	19 – Pino retenção canal da bucha
7 – Bucha de injeção	20 – Bloco espaçador
8 – Posição da cavidade superior	21 – Placa base inferior
9 – Anel de centragem	22 – Pino fixação placa impulsora
10 – Posição da cavidade inferior	23 – Placa impulsora
11 – Placa porta cavidade inferior	24 – Placa porta extratores
12 – Espigão da refrigeração	25 – Pino top
13 – Posição cavidade superior	26 – Parafuso fixação conjunto inferior do molde

4 TROCA DE MOLDES

Nas indústrias termoplásticas a troca de moldes de injeção (Figura 09) é uma ação necessária, para que a empresa possa produzir vários modelos de peças de diversos clientes, sem ter a necessidade de aquisição de mais equipamentos para a produção solicitada pelo cliente.

Durante um dia de produção pode ocorrer várias trocas de moldes por media são realizadas sete trocas por turno, e essas ações são chamadas de Setup. A troca de moldes termoplásticos não é apenas trocar um modelo que produz a peça A pôr outro o que produz a peça do modelo B, tem um procedimento complexo por trás. Pois cada cliente tem seu próprio padrão de qualidade, que requer modo diferente na hora da execução do setup.

Figura 09: Molde termoplástico



Fonte: O Autor

A troca de molde começa desde o transporte do molde do local onde fica armazenado até próximo a injetora, ao logo deste ciclo é importante ter equipamentos próprios para realização das tarefas. Na locomoção até as injetoras, veículos de transporte como as empilhadeiras são produtivas, pois são ágeis e consegue retirar os moldes do local de armazenamento em um tempo aceitável.

Para retirar e introduzir o molde dentro da máquina injetora é necessário um equipamento capaz de suportar uma quantidade relativa de carga, pois os moldes podem pesar entre algumas dezenas de quilos e alcançar mais vinte toneladas. Devido a versatilidade e capacidade de erguer grande quantidade de massa, a ponte rolante (Figura 10) é um

instrumento essencial nas indústrias termoplásticas, pois movimenta-se em todas as direções facilitando na hora de engastar o molde.

Figura 10: Ponte rolante



Fonte: O Autor

Esse modelo apresentado tem a capacidade de erguer dez toneladas, suprimindo assim a necessidade de uma linha de máquinas injetoras, onde o molde de maior peso é de quatro toneladas.

Após efetuar a troca toda a configuração da injetora também tem que ser alterado, de acordo com o novo lote, se é necessário à utilização de robô no processo, temperaturas das câmaras quentes e unidade refrigerante, material a serem injetados os parâmetros e etc.

4.1 Setup

Setup é o tempo decorrente para o processo de troca do ferramental do último produto ótimo A, para o primeiro produto ótimo do tipo B. O Setup pode ser dividido em dois momentos, o setup interno e o setup externo. O externo é todo procedimento feito sem que se precise interromper a produção da peça A na máquina injetora, como o transporte do próximo molde até a máquina injetora, ajuste do ferramental, limpeza e outros procedimentos. Já o interno é quando é necessária a parada da máquina, como retirada das mangueiras de refrigeração e atuação dos machos, desconectar as tomadas e engates do molde, retirada do molde A, retirada da matéria-prima da peça A, colocação do molde B, matéria-prima da peça

A, reajuste da programação da máquina injetora de acordo com o lote seguinte, limpeza do funil que por onde abastecera a máquina, limpeza do canhão.

Pré-setup e todas as atividades que possam ser antecipadas antes da realização do setup, na maioria há uma área definida para a realização do pré-setup (Figura 11). O pré-setup diminui consideravelmente o tempo do setup, pois atividades que antes era feita no momento do setup passa a ser feito antes, como preparação do molde, dispositivos, matéria prima, ferramentas, estanqueidade, checar se existe algum vazamento, limpeza total da ferramenta, verificar condições da câmara quente, lubrificação da placa extratora, reaperto das conexões hidráulicas, abraçadeiras, sapata dos cilindros, engates entre outros e a realização da troca preventiva dos componentes com desgaste.

Figura 11: Área de Pré-setup



Fonte: O Autor

São inúmeras as vantagens do setup, é uma das técnicas que possibilitam a implantação do sistema Just-in-time, por aumentar a flexibilidade do sistema produtivo; reduz o lead-time, custo do produto e estoque em processo; melhora a utilização da mão-de-obra. Para definir o tempo do setup e necessário somar vários fatores.

Quadro: Tempo de Setup

Tempos de movimentos (transportes de moldes) Tempo de troca de material Troca de ferramenta Tempo de ajuste Tempo de troca de posições Tempo para liberação da 1ª peça boa (tempo de retrabalho)
Total = setup lead time

Fonte: O Autor

As atividades típicas do setup são:

- a) Instalar remover gabaritos, equipamentos de posição, use ferramentas 10%
- b) Transportar material 20%
- c) Juntar itens necessários 25%
- d) Fazer ajustes 45%.

As Perdas do setup são:

- a) A máquina está parada durante setup;
- b) O operador está parado durante setup;
- c) O preparador inicia o setup, ao mesmo tempo vai realizar outras atividades;
- d) Ajustes de determinação em outra máquina;
- e) Ajustes de determinação por fazer peças fora de especificação;
- f) Setup errado;
- g) Andar muito para buscar ferramentas, equipamentos, materiais, etc.;
- h) Muitos toques para concluir a troca;
- i) Requerer muitos ajustes ou muitas ferramentas diferentes;
- j) Transporte de ferramentas, equipamentos materiais.

4.2 Sistema de troca rápida de ferramental

É o conceito que tem como objetivo aperfeiçoar e melhorar o tempo da troca do ferramental. Após analisar e estudar todo o tempo que se leva para realizar a troca de molde, esse sistema visa apontar os pontos fracos em que pode ser melhorado para que haja uma

troca em menor tempo, sem que tenha aumento no custo. Sistema de troca rápida de ferramentas (Shingo, 2000), Algumas aplicações no Brasil confirmaram o SMED como menção conceitual quando se trata da redução do tempo gasto em setup.

Segundo Shingo (1996) a otimização do setup é conduzida progressivamente, passando por quatro estágios fundamentais, os quais serão apresentados a seguir:

- a) Estágio Um – Neste estágio não se evidencia os setups internos dos externos, onde os procedimentos que poderiam ser feitos com a máquina injetora em pleno funcionamento, como ferramentas e equipamentos posicionados ou transporte dos materiais e molde. Ao contrário disso, são efetuados quando máquina injetora para de produzir, aumentando consideravelmente o tempo do setup
- b) Estágio dois - É o estágio mais importante para a implementação da troca rápida de ferramenta, nesse processo distingue e separa as operações do setup em externo e interno, através de estudo através de uma verificação que inclua todas as peças, condições de operação e medidas que tenham de ser tomadas enquanto a máquina estiver em operação, checando o funcionamento de todos os componentes, pesquisando e implementando o processo mais hábil para deslocamento desses enquanto.
- c) Estágio Três - Já no terceiro estágio, tem como meta analisar a operação do setup, com o intuito de transformar os considerados setups interno em externo. Um bom exemplo pré-aquecer uma matriz de injeção ao mesmo tempo em que a máquina está operando elimina a necessidade de pré-aquecimento com injeções preparatórias de metal líquido durante o setup interno.
- d) Estágio Quatro - examina as operações de setup interno e externo para observar eventuais oportunidades adicionais de melhoria, levando em consideração a eliminação de ajustes e a linearização dos métodos de fixação. Das melhorias obtidas com a TRF ao longo dos anos, as mais efetivas, que se comprovaram conforme são:

 Separação bem definida dos setups interno e externo;

 Conversão total de setup interno em externo;

 Eliminação de ajustes;

 Fixação de ajustes. (SHINGO, 1996, p.91)

4.3 Single Minute Exchange of Die

Elaborado pelo japonês Taiichi Ohno e desenvolvido e finalizado pelo também japonês Shigeo Shingo entre os anos de 1950 a 1960, o Single Minute Exchange of Die

(SMED) e uma metodologia que tem como meta reduzir o tempo do setup de máquina ou linha de produção. O SMED pode ser traduzido por troca rápida de ferramenta em um digito de minuto, define que para realização dos setups o tempo máximo seja de 10 minutos. A primeira aplicação no ocidente foi a partir dos anos 80, mas o conceito de redução de tempos dos setups já era conhecido.

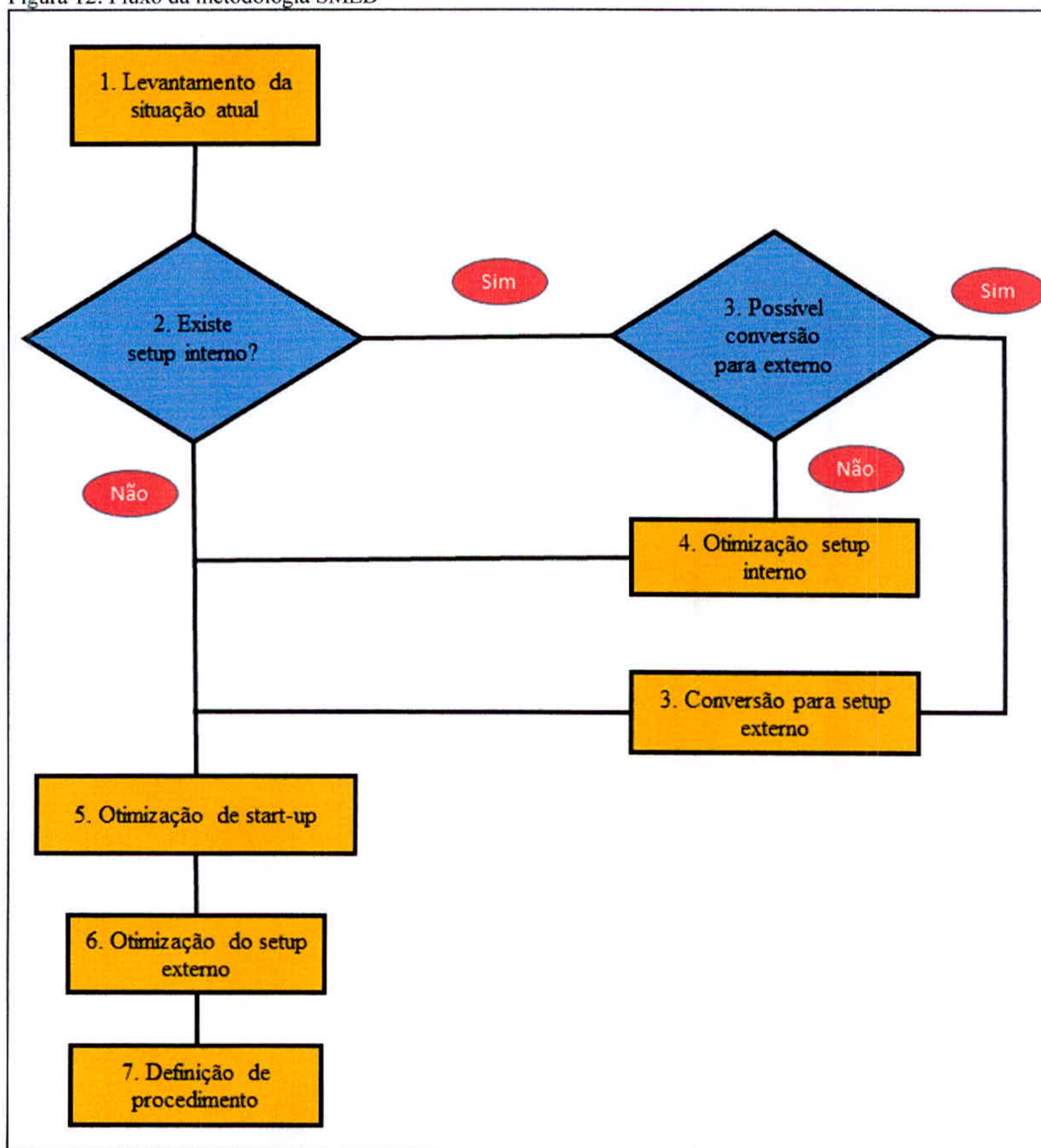
Shigeo Shingo desenvolveu o conceito realizando consultorias para diversas montadoras de automóveis japonesas que queriam eliminar os gargalos das linhas de prensas. Observou que os gargalos eram causados por longos e demorados processos de mudança das prensas que impactavam no tamanho dos lotes produzidos.

Começando na planta Mazda Toyo Kogyo em 1950, observando as atividades realizadas na empresa para trocas as matrizes de uma prensa, Ele verificou e concluiu em dois tipos de setups, o que era realizado com a máquina ainda em pleno funcionamento e o que era necessário interromper a mesma para que se realize o setup. Esses foram classificados com interno e externo. Já no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries por volta de 1957, produzido a duplicação de ferramentas, assim os setups eram realizados separadamente, consequentemente aumentando a produção da fábrica. Por último já em 1969 na Toyota Motors Company, comparando o trabalho realizado por operadores de outra montadora notou-se que eles conseguiram fazer o mesmo trabalho na metade do tempo que os operários da Toyota. Assim colocando em prática a primeira fase da sua consultoria conseguiu diminuir 90 minutos das 4 horas que era necessário para efetuar a troca. Após resultados obtidos como a primeira aplicação, os diretores da Toyota exigiram que Shingo conseguisse diminuir ainda mais o tempo, foi então que ele implantou a convergência de setups, transformando os internos em externos criando então a metodologia SMED.

Alguns dos principais problemas observados por Shigeo Shingo prendiam-se nos tempos denominados de NAV (atividades que não agregam valor à produção) eram elevadas e que o principal motivo era a frequente necessidade de mudança das ferramentas da prensa sempre que se terminava um lote e era necessário começar um novo.

4.3.1 A metodologia do SMED é representada em 7 etapas

Figura 12: Fluxo da metodologia SMED



Fonte: Revista Ferramental

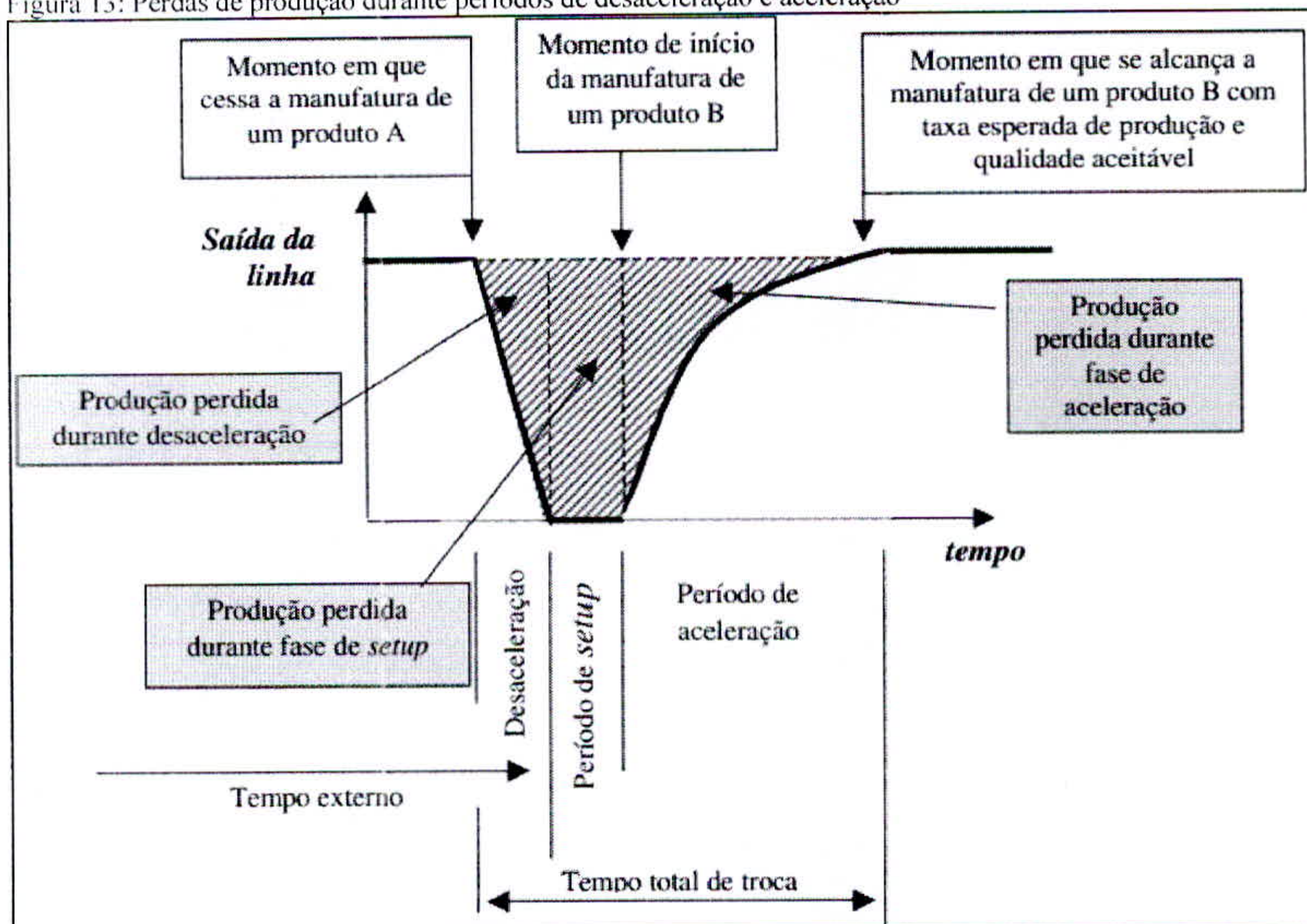
1. Analisa todo o procedimento realizando sem a implantação do SMED, como os operadores estão fazendo a tarefa.
2. São visto quais são os setups externos e internos.
3. Torna os setups internos em externos, gerando redução de tempo.
4. Melhor o interno, aumentando a eficiência das atividades internas que não podem ser transformadas em externos.
5. Otimização de início de produção, diminuir o tempo que se levar para que a máquina comece a produzir em série.

6. Otimização de setup externo melhorando a eficiência da realização
7. Definição de procedimentos, formalizar em documentos os procedimentos que dever ser feito para que se realize um setup cada vez, mas em menor tempo possível.

4.3.1.1 Desaceleração e aceleração do SMED

Há autores que reconhecem a recuperação da capacidade produtiva não é plena exatamente ao fim das atividades de setup e nem mesmo após a produção da primeira peça ótima do lote seguinte (Garvin 1988, McIntosh et al.2000, Higgins 2001). Antes da execução do setup ocorre outro fator importante, e a redução da capacidade produtiva só após o setup, assim o setup ficara caracterizado somente quando a parada total de produção. Esse momento está representado no gráfico a seguir.

Figura 13: Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração



Fonte: McIntosh et al. 2001

Período de desaceleração (*run-down*): Antes de se realizar o setup no início das atividades de troca, a máquina entra em um ritmo lento, até a parada toda de produção quando se começa o setup. Com a produção final das peças que se encerra, desaceleração pode ser

usada para termina com o material restante do lote anterior, para alguns ajustes seja realizando sem o início do setup, mas em alguns casos esse processo pode não ocorrer dependendo da fabricação ou da injetora, pois passa a ser inviável.

Período de aceleração (*run-up*): Após terminado o setup o recomeço do funcionamento da injetora com o novo lote, com possíveis corridas de teste e ajustes. Pode-se gerar refugos até que se atinja níveis aceitáveis, só termina quando alcança a meta de qualidade e produção.

A área em destaque total e o valor perdido, assim o cálculo de perda não é imediato e torna-se necessário conhecer o comportamento dos períodos de aceleração e desaceleração.

5 APLICAÇÃO DO STR EM UMA MÁQUINA INJETORA

Com o intuito de aperfeiçoar a troca conseqüentemente à produção, o STR tem como metas a redução do trabalho do lote, melhorar passagem de turno, reduzir a distância de andar da equipe de troca, reduzir tempo por setup entre outros.

Uma das principais técnicas que possibilitam a implantação do STR é o sistema Just-in-time, por aumentar a flexibilidade do sistema produtivo;

- a) Redução do estoque em processo (capacita a empresa a manufaturar menores lotes de fabricação);
- b) Redução do Lead-time;
- c) Redução do custo do produto;
- d) Melhor utilização da mão-de-obra;

5.1 Antes da aplicação do STR

Devido aos altos índices do tempo da troca de moldes, onde estava gerando uma perda de dinheiro significativo na empresa, foi solicitado pela diretoria junto à engenharia de processo injeção termoplástico que houvesse uma redução nos tempos de troca de moldes.

Através desta solicitação foi realizada uma reunião pela equipe de processo de injeção termoplástico para avaliar o que estaria acontecendo e agir o mais rápido possível nos problemas que seriam encontrados. Foi definido que seria realizado um acompanhamento nas linhas de produção da empresa para localizar a causa raiz deste excesso de tempo na troca de molde.

Depois de realizado o acompanhamento de alguns setups foi verificado falhas significativas, tais como:

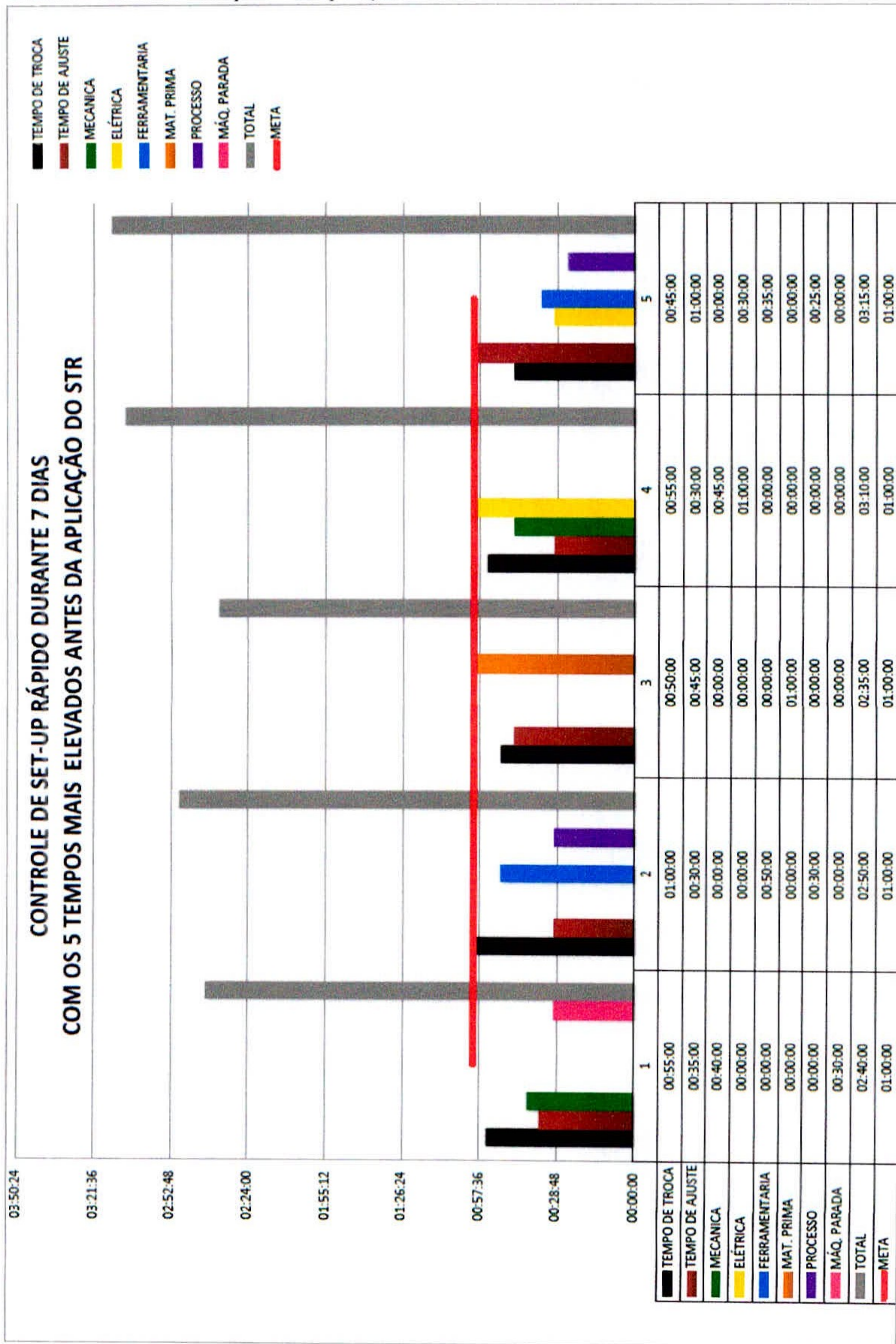
- a) Movimentos desnecessários;
- b) Tempo de troca excessivo;
- c) Perca de ferramentas;
- d) Falta de trabalho em equipe;
- e) Falta de padronização comprometendo a segurança do trocador;
- f) Desorganização;
- g) Maiores lotes de fabricação (Kanban);
- h) Desgaste ergonômico dos trabalhadores;
- i) Excesso de ordem de serviço para manutenção;

j) Falta de controle de tempo de setup.

Foi criado pela equipe um caderno de check-list onde é feita a separação dos tempos de troca, regulagem e demais manutenções nas máquinas, através destas informações é alimentada uma planilha que gera um gráfico de controle de tempos, onde através da mesma foram localizados os tempos excessivos durante a troca de moldes, e este acompanhamento foi realizado durante 30 dias, e em média é realizado 7 setups por turno. E estes gráficos são enviados diariamente a toda a diretoria da empresa e demais envolvidos.

No gráfico 01 está demonstrando um levantamento dos 5 piores tempos de setup durante uma semana, onde houve 35 trocas.

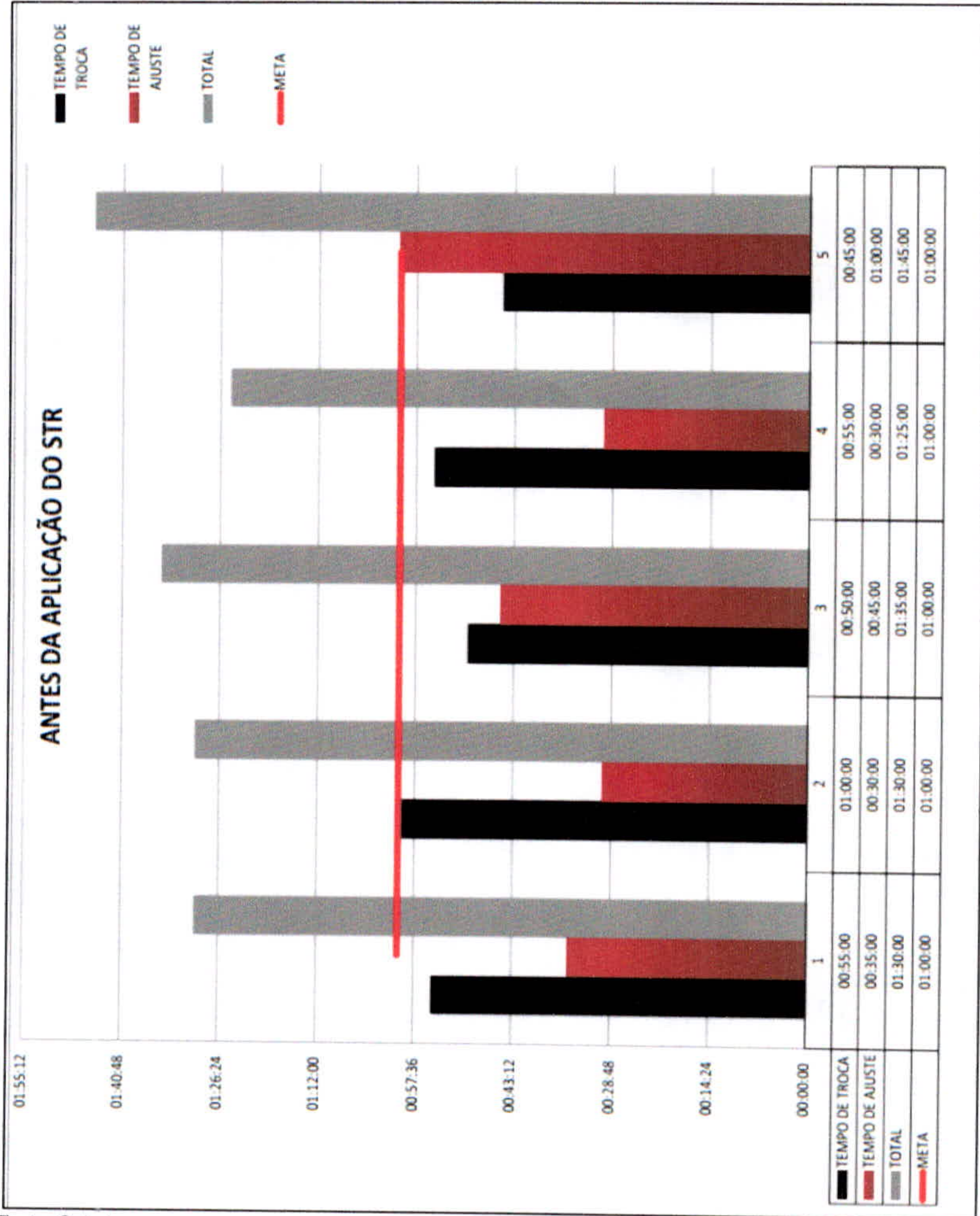
Gráfico:01 Controle de Setup antes da aplicação do STR.



Fonte: O Autor

Para controle de troca de moldes e tempos de ajuste, foi elaborado um gráfico somente para a equipe de engenharia de processo injeção termoplástica (Gráfico 02), onde este é um documento que auxilia nos estudos dos tempos de troca de molde, com intuito de sempre se trabalhar com melhorias contínuas.

Gráfico:02 Controle de Setup do processo antes da aplicação do STR



Fonte: O Autor

5.2 Depois da aplicação do STR

Com os resultados do levantamento realizado, foi notório o excesso no tempo de troca de moldes, a equipe de processo se reuniu para discutir, avaliar e definir como seria a implementação de um novo sistema de troca de moldes para reduzir os tempos de trocas e gerar *saving* para empresa, foi definido que seria implementado o sistema de troca rápida de ferramental (STR).

As linhas que foram acompanhadas têm-se um total de cinco trocadores por turno e 28 máquinas, onde na linha 1 com nove máquinas, trabalhava dois trocadores e na linha 2 como dezenove máquinas, trabalhava três trocadores. Na reunião realizada foi definido que três colaboradores seriam trocadores de ambas as linhas e dois seriam reguladores, um para linha 1 e outro para linha 2, onde assim está sendo aperfeiçoado o trabalho em equipe.

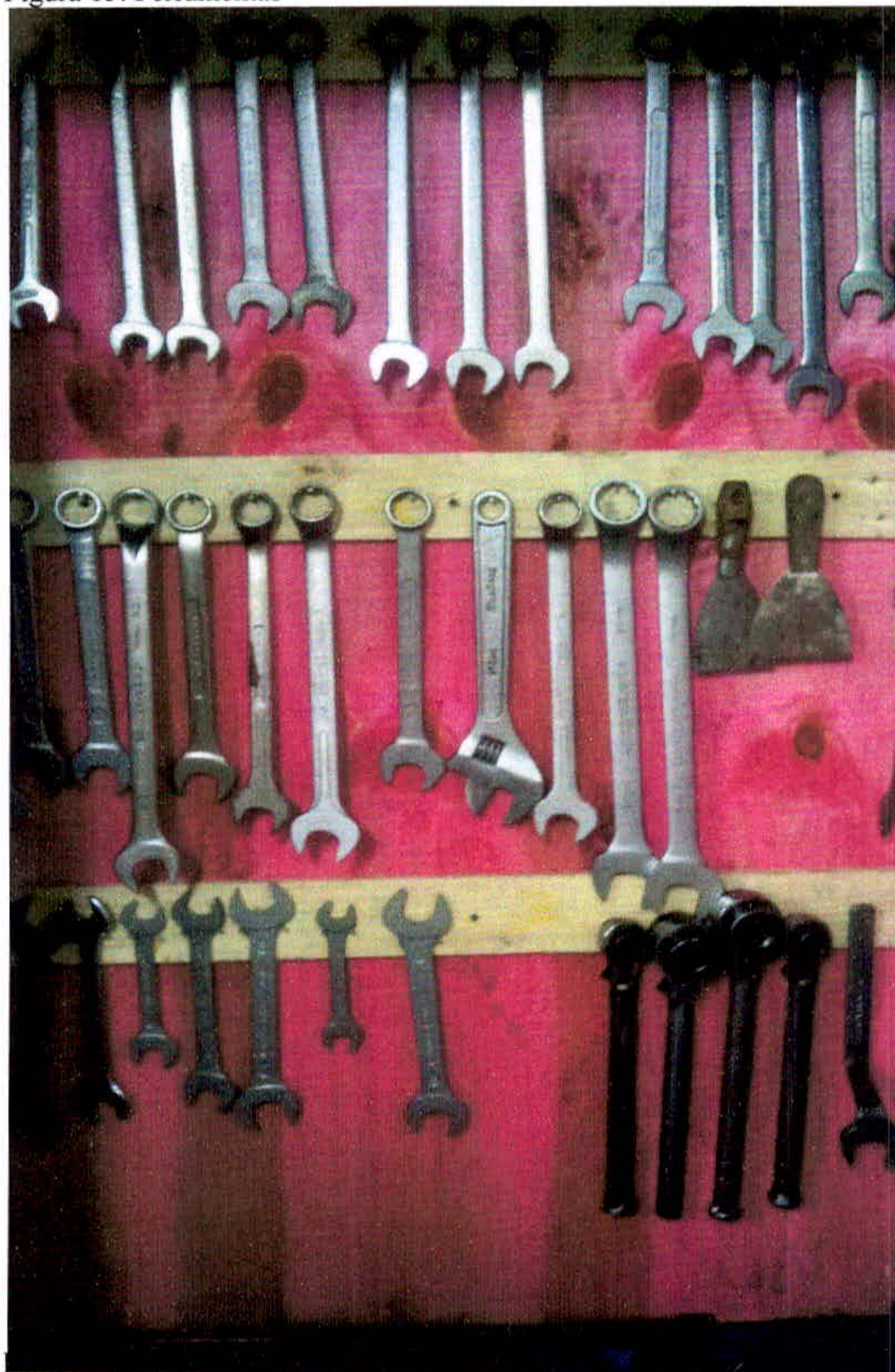
Como procedimento de padronização, foi criada uma sala (Figura 14) para todos os trocadores e reguladores, onde todas as ferramentas (Figura 15) e equipamentos necessários para realizar o trabalho estarão disponíveis, durante dois dias da semana é realizadas reuniões com duração de 10 minutos para estreitar as informações entre todos os envolvidos, e essa reunião é realizada em cada turno sendo conduzida pela equipe de processo.

Figura 14: Sala de Setup



Fonte: O Autor

Figura 15: Ferramentas



Fonte: O Autor

Durante os trinta dias de acompanhamento foram realizadas filmagens de como estava sendo feito a troca, e também anotações para elaboração do Processo e Controle de Fabricação (PCF). Neste documento é onde fica detalhado todo o procedimento que o colaborador deve seguir para desempenhar seu trabalho de maneira que não afete sua ergonomia e seja mais rápido possível.

Na PCF elaborada para os trocadores e reguladores eles devem seguir as seguintes operações:

- 1) Verificar programação do setup realizado pela logística da empresa;

- 2) Preparar o Pré-setup. Na preparação do Pré-Setup, o trocador deve separar e verificar as condições de todas as Ferramentas, molde, documentos e equipamentos auxiliares para o auxílio na troca de Ferramentas. (Ficha Técnica / Mec calor / Câmara Quente / Curvas / Ponte Rolante ou talhas / Matéria Prima Estufada/ Olhais, Garras, Extratores, Material de Limpeza, Máscara do robô, Protetivo, etc.). E verificar se o molde programado foi liberado pela Ferramentaria (Pré-setup), caso esteja liberado deixar o molde programado ao lado da máquina com os olhais e componentes necessários;
- 3) Verificar com o abastecedor se a matéria-prima está liberada para produzir estufada, caso esteja liberado o abastecedor deve trocar a matéria prima realizando a limpeza dos silos de alimentação;
- 4) Parada de Máquina: Assim que parar de produzir a última peça deve preencher no caderno de check list o horário de início do setup;
- 5) Procedimento de Parada de máquina / Limpeza do canhão para realizar o setup; Fechar o Funil para exaurir em peças todo material restante do canhão, depois de feito este procedimento utilizar o material de limpeza para realizar limpeza do conjunto de plastificação, em caso de troca de cor ou tipo de material a ser produzida;
- 6) Procedimento de ajuste da temperatura: Verificar na ficha técnica da máquina a temperatura de processo do material e ajustar no painel da máquina;
- 7) Procedimento de retirada do molde (Passo 01): Desligar todos os registros de refrigeração do molde e mecalor, após esta operação retirar todas as mangueiras conectadas no molde e passar ar comprimido nas tubulações para eliminar os vestígios de água no molde. (Antes de soltar o molde);
- 8) Procedimento de retirada do molde (Passo 02): Desligar o aparelho de câmara-quente ou desativar no painel da máquina e em seguida retirar os plugs do molde (Cabo de câmara-quente, cabo do extrator, cabo do macho e cabo do sequencial). Em caso de injeção sequencial retirar as mangueiras do sistema pneumático;
- 9) Procedimento de retirada do molde (Passo 03): Verificar as condições de limpeza das cavidades caso tenha impurezas, riscos ou dúvidas sobre o molde. Caso necessário emitir ordem de serviço e acionar a ferramentaria para verificar as condições do molde a ser retirado. Realizar a limpeza com um pano na superfície do molde região da face do molde. (Menos na parte espelhada-cavidade do molde). Após operação aplicar protetivo em todo o contorno da cavidade/superfície do molde;
- 10) Procedimento de retirada do molde (Passo 04): Fechar o molde em manual até ocorrer o travamento;

- 11) Procedimento de retirada do molde (Passo 05): Colocar a trava do molde;
- 12) Procedimento de retirada do molde (Passo 06): Colocar os olhais e correntes no molde sempre visualizando as condições do mesmo, caso esteja danificado descartar imediatamente e solicitar ao líder novos olhais ou correntes;
- 13) Procedimento de retirada do molde (Passo 07): Desabilitar todas as programações de extração ou macho hidráulico no painel da máquina;
- 14) Procedimento de retirada do molde (Passo 08): Com a ajuda do controle da ponte rolante ou talha elétrica inçar o molde;
- 15) Procedimento de retirada do molde (Passo 09): Em caso de extração por varão, soltar os parafusos e "canecas" que fixam o mesmo;
- 16) Procedimento de retirada do molde (Passo 10): Com auxílio de chave combinada soltar todas as garras que prendem o molde;
- 17) Procedimento de retirada do molde (Passo 11): Abrir a placa da máquina e inçar o molde a uma altura necessária para que seja retirado sem causar danos a máquina, molde ou robô;
- 18) Procedimento de retirada do molde (Passo 12): Assim que retirar o molde deve deixá-lo ao lado da máquina e seguir o procedimento de colocação do molde do próximo molde;
- 19) Procedimento de limpeza das placas fixa e móvel da máquina: Após a retirada do molde deve ser realizada a limpeza das placas da máquina com o auxílio do pano limpo.
- 20) Procedimento de colocação do molde na máquina (Passo 01): Inçar o molde que será colocado em máquina e levantar a ferramenta na altura necessária para a colocação em máquina e transportá-la para posição correta de travamento da máquina.
- 21) Procedimento de colocação do molde na máquina (Passo 02): Centralizar a posição do anel do molde na máquina, verificando o alinhamento do mesmo. Em seguida ajustar a altura do molde acertando o perfeito travamento da máquina.
- 22) Procedimento de colocação do molde na máquina (Passo 03): Com o molde travado e com auxílio da chave combinada fixar todas as garras do molde. A quantidade necessária de garras de fixação deve ser oito no total (sendo quatro garras para cada parte do molde) isto para máquinas até 530 toneladas. Em caso de máquinas de 530 até 1300 toneladas utilizar doze garras sendo seis garras de cada lado. Em máquina acima de 1300 toneladas utilizar oito garras para fixar cada parte do molde.
- 23) Procedimento de abertura do molde: Após a fixação do molde, retirar a trava de proteção. Para moldes sem acionamento de macho hidráulico, abrir em manual o molde. Para moldes

- com acionamento de machos hidráulicos, verificar primeiro a posição que se encontra o macho, caso de dúvidas chamarem os processista de plantão ou ferramenteiro para esclarecimentos.
- 24) Procedimento de ligação da Câmara-quente: Ligar os cabos da câmara quente no molde e ligar o seletor de LIGA no aparelho de câmara quente "POLIMOLD".
 - 25) Procedimento de habilitação/acionamento do extrator: Em caso de varão extrator acoplar o "copo, caneca ou parafuso" no varão deste que esteja bem fixado sem folgas e em seguida conectar o plug de segurança de retorno da placa extratora (cabo do extrator). Em caso de extração por macho hidráulico conectar as mangueiras no molde, em seguida conectar o plug de segurança do retorno da placa (cabo do macho).
 - 26) Procedimento de ligação da Refrigeração do molde: Realizar a ligação de refrigeração de acordo com a Ficha Técnica, os registros devem estar abertos, em caso de uso do mecalor o mesmo deve estar ligado, em caso de água gelada deve fechada até o início de produção.
 - 27) Procedimento de ligação do Sistema de Injeção Sequencial: Caso o molde possua sistema de Injeção Sequencial conectar o plugs no conjunto de válvulas do molde e conectar / ligar a mangueira pneumática (independente da rede), caso for utilizar o conjunto de válvulas da própria máquina conectar apenas mangueiras pneumáticas no molde seguindo a sequência de entrada e saídas verificando cada bico identificado na ficha técnica. Em seguida programar no aparelho sequencial ou painel da máquina as posições de atuação de cada bico.
 - 28) Procedimento de Limpeza do Molde: Remover com um pedaço de algodão (matriz) e pano (macho) todo o excesso de óleo protetivo do molde, graxas, tanto das cavidades quanto da área de fechamento (macho e matriz). Superfícies espelhadas acionar ferramentaria para realizar a limpeza.
 - 29) Procedimento de Programação dos Parâmetros de Ficha Técnica: O trocador deve passar todos parâmetros na máquina de acordo com a ficha técnica sem que haja nenhuma alteração. Caso necessário algum ajuste alterar dentro da tolerância, caso seja necessário alguma alteração comunicar o setor de engenharia de processo de injeção termoplástico.
 - 30) INÍCIO DE PRODUÇÃO 01: Após o trocador ter ajustado a máquina de acordo com a ficha técnica de processo, deve-se descartar a resina do cilindro do processo de limpeza até que a nova resina comece a sair, para que seja iniciada a produção do novo produto, em caso de troca apenas do molde abrir o funil e descartar material até a resina esteja saindo totalmente pura, ou seja, sem estar degradado.

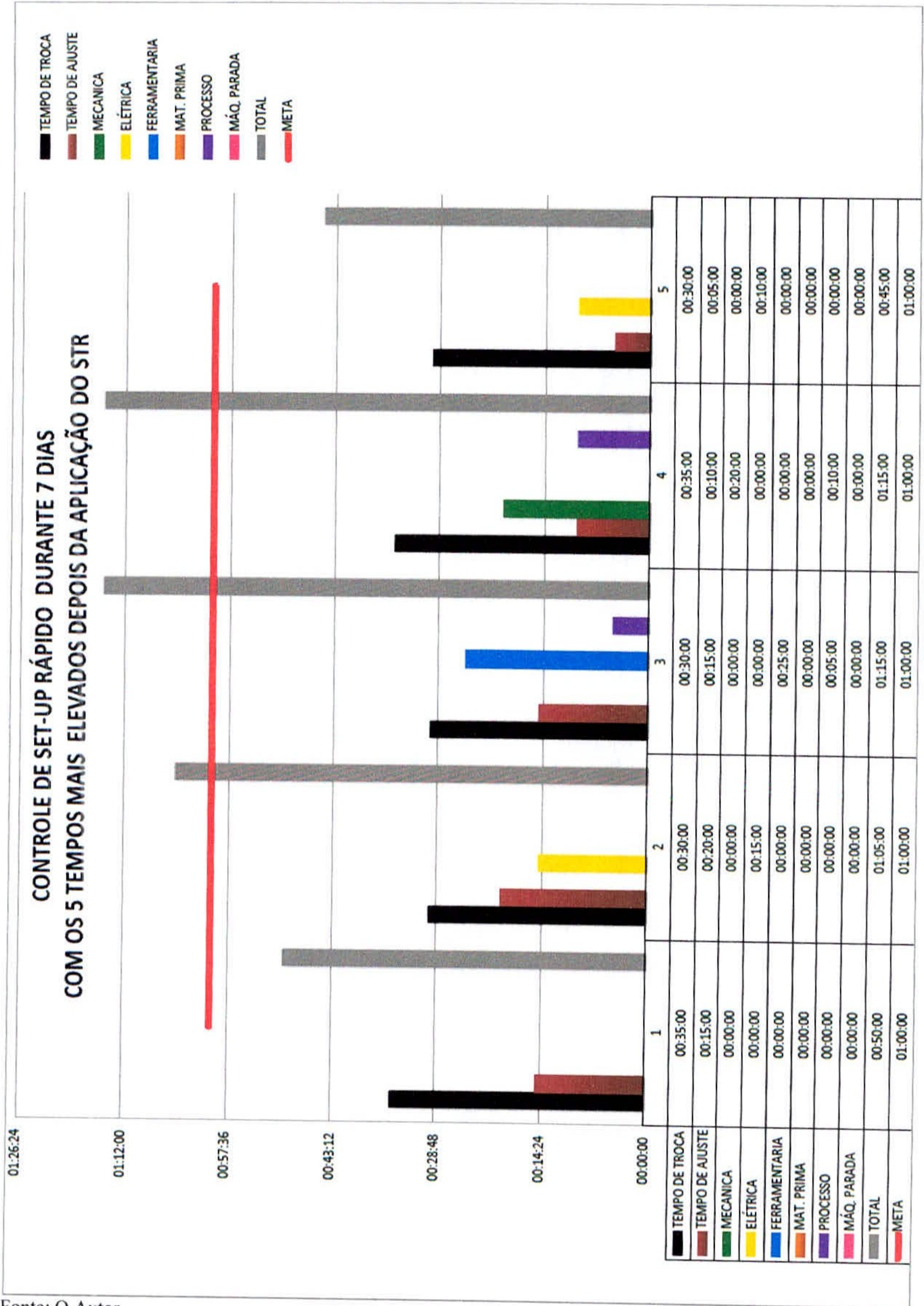
- 31) INÍCIO DE PRODUÇÃO 02: Aplicar levemente desmoldante na região dos seguimentos de extração e travas. "Zerar" as pressões de recalque e aumentar a posição de comutação (passagem para recalque) em 10 mm (exemplo de 10 para 20 mm) antes de injetar a primeira peça. Em casos de moldes com câmara-quente deve-se realizar a purga do material dentro do molde para eliminar os materiais degradados dentro do sistema de câmara-quente.
- 32) INÍCIO DE PRODUÇÃO 03: Iniciar a máquina (colocar em Semiautomático) com segurança verificando se todos os procedimentos citados acima foram executados, após a primeira injeção verificar se não quebrou nenhum detalhe do molde ou algum detalhe da peça ficou preso na cavidade, caso isto ocorra solicitar o acompanhamento e ajuste do setor de Ferramentaria.
- 33) INÍCIO DE PRODUÇÃO 04: Após a injeção de duas peças programar os parâmetros de recalque (Tempo, velocidade e pressão) conforme Ficha Técnica.
- 34) INÍCIO DE PRODUÇÃO 05: O procedimento a seguir deve ser realizado apenas quando produzir com o processo de água gelada. A partir do momento que a peça estiver completa e sem problemas superficiais, deve-se abrir a refrigeração da água gelada.
- 35) INICIO DE PRODUÇÃO 06: O regulador deve descartar as peças até que a mesma esteja conforme estabelecido com o Auto Controle (Documento que é emitido pela qualidade, onde é estabelecido o controle da qualidade da peça). Depois de verificado as condições da peça, solicitar ao Inspetor de Qualidade e/ou Líder de Produção para assinar a Liberação de Produção.
- 36) INÍCIO DE PRODUÇÃO 07: Verificar se o datador está atualizado, caso contrário deve-se solicitar a ferramentaria para ajuste do mesmo.
- 37) Liberação de Produção 01: Assim que estiver produzindo peças boas anotar no caderno de check list o horário final do setup, chamar o líder/ inspetor de qualidade para verificar a qualidade das peças para realizar a liberação do processo.
- 38) Liberação de Processo02: Assim que o inspetor de qualidade /Líder liberar as peças, e o operador colocar os parâmetros no caderno de liberação de SET UP, é obrigatório a assinatura do Trocador / Preparador / Líder de Produção no campo de assinatura.

Durante uma semana, depois da elaboração da PCF, os técnicos do processo de injeção emitiram treinamentos de como seria realizado a implementação do STR, e neste treinamento foram abordados assuntos referentes à importância na redução nos tempos de troca, a conscientização do trabalho em equipe, como seria a tratativa do novo procedimento de

trocas, a importância do trabalho organizado, e a importância da redução nos tempos para a empresa e para os colaboradores.

Depois do treinamento foi acompanhado e avaliado o novo sistema de troca, onde que logo no primeiro mês de acompanhamento o trabalho já demonstrou resultados favoráveis a todos os envolvidos neste trabalho. O caderno de check-list foi um documento essencial para os trocadores (Figura 16) e reguladores (Figura 17), pois com o gráfico é possível visualizar e atacar vários gargalos que passavam despercebidos devido à rotina repetitiva de trocar molde e regular a máquina para injetar peças de boa qualidade. Este documento estreitou a comunicação dos trocadores com a equipe de processo de injeção termoplástica, pois o seu desenvolvimento foi visando ligar as duas partes, assim os trocadores e reguladores podem apontar todos os pontos de dificuldades enfrentados na realização do setup. Agora os processistas tem conhecimento de qual o problema enfrentado durante a troca de molde, e assim atacam diretamente a causa raiz dos atrasos, que agora são mencionados e graças a isso otimiza o setup.

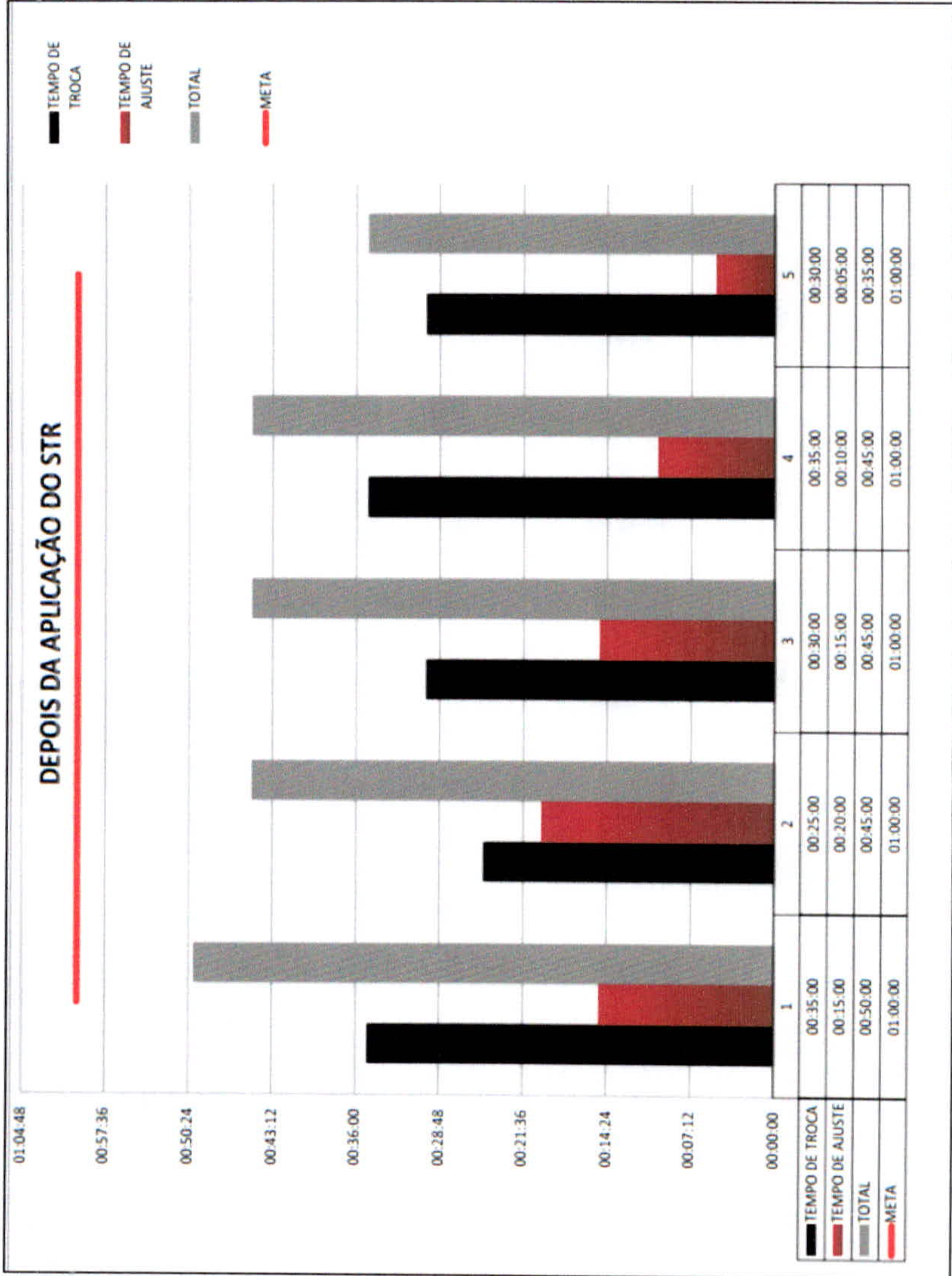
Grafico:03 Controle de Setup depois da aplicação do STR



Fonte: O Autor

E para o controle do processo (Gráfico 04) esta evidenciado positivamente a grande melhora nos tempos de troca e regulagem

Gráfico: 04 Controle de Setup do processo depois da aplicação do STR



Fonte: O Autor

6 RESULTADOS

Após a implementação da metodologia foram inúmeros os benefícios no setor de injeção termoplástico da empresa; os trocadores e reguladores tiveram treinamentos para aperfeiçoar o trabalho padronizado, a organização nas injetoras termoplásticas provenientes de redução de ferramentas que não utiliza duramente o setup, foi criada placas de identificação dos moldes para facilitar o armazenamento, retirada e gestão visual, a criação de uma sala exclusiva para os trocadores e reguladores com o benefício de armazenar as ferramentas e periféricos utilizados durante o setup externo, a criação de documentação de procedimentos de troca de moldes. Com a implementação do STR houve uma diminuição no tempo de manutenção, devido à redução de quebras em equipamentos do molde e da máquina injetora termoplástica, tais equipamentos perdiam sua vida útil devido à má utilização.

Os trocadores e reguladores seguem uma padronização durante a troca de molde, essa padronização, e para diminuir o risco de erro na troca de molde. No caso de algum problema na execução do setup, os mesmos devem relatar no caderno de check-list, esses eventuais problemas que será avaliado posteriormente e resolvido o mais rápido possível, pela equipe, para nas próximas trocas não ocorram mais.

Com a identificação dos gargalos na realização do setup, a equipe ira agir diretamente nas anomalias, assim podem-se alcançar números expressivos, como foi demonstrado nos gráficos depois da aplicação do STR. Reduzindo o tempo de setup consequentemente aumentando o ciclo da peça produzindo um número maior de peças gerando mais lucro para a empresa.

7 CONCLUSÃO

Com o trabalho, foi possível definir parâmetros para realização da troca de molde termoplástica, configurando na diminuição do tempo de setup em uma indústria termoplástica. Com avanços nos estudos em relação ao tempo de setup, é possível adequar à empresa para que ela seja capaz de receber as metodologia e aplicações do STR, consequentemente aperfeiçoando o processo de troca de molde.

Toda mudança gera alguns transtornos é na implantação do sistema de troca rápida de ferramenta não foi diferente. Foram varias as dificuldades enfrentadas durante a aplicação da metodologia como, passar para o trocador e regulador que é possível a realização de um setup rápido, mas com qualidade, readaptar ao no sistema de troca, criar um padrão de troca que atenda a necessidade e etc.

Conclui-se que o Sistema de Troca Rápida de Ferramental é uma ferramenta de gestão de viável implantação, pois utiliza praticamente os ativos já existentes na empresa, assim conseguindo ataca diretamente os gargalos da troca de molde. Otimizando o tempo e o processo de troca de molde termoplástico.

REFERÊNCIAS

RABUSKI, M. C. **Fundamentos de Projetos de Ferramentas**. Rio Grande do Sul. RS, CEFET. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeIRMAK/apostila-moldes-cefet-rs>>. Acesso em: 02/09/2014

SILVA, Manuela Clemente. **Introdução aos plásticos**. Montenegro. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAejKQAH/plasticos>>. Acessado em: 20/09/2014

NEUMANN, C. S. R.; RIBEIRO, J. L. D. Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas. **Revista Produção**. v. 14, n. 1, 2004.

RODA, Daniel Tietz. **O processo de moldagem por injeção**. Disponível em: <<http://www.tudosobreplasticos.com/processo/injecao.asp>>. Acessado em: 15/09/2014

GIANACCINI, Thiago. **O que é um molde de injeção de termoplástico?** Disponível em: <<http://cad.cursosguru.com.br/novidades/o-que-e-um-molde-de-injecao-de-termoplasticos/>>. Acessado em: 15/09/2014

GARCIA, Mauro César Rabuski. Moldes para injeção de termoplásticos. Moldes para injeção de termoplásticos. Pdf-CEFET. Rio Grande do Sul-RS. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeIRMAK/apostila-moldes-cefet-rs?part=2>>. Acessado em: 21/09/2014

SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. **Troca de Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais**. Exacta, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 283-296, jul./dez.2008