

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
ENGENHARIA MECÂNICA
LUCAS MARANGÃO NATAL

MELHORIA DE PROCESSO: estudo de caso no retrabalho na injeção de termoplástico

Varginha
2021

LUCAS MARANGÃO NATAL

MELHORIA DE PROCESSO: estudo de caso no retrabalho na injeção de termoplástico

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. Matheus Henrique Pereira.

Varginha

2021

LUCAS MARANGÃO NATAL

MELHORIA DE PROCESSO: estudo de caso no retrabalho na injeção de termoplástico

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 pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em: / /

Prof. Matheus Henrique Pereira

Prof.

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos que me acompanharam até aqui e aqueles que contribuíram para que pudesse ter êxito nos resultados finais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter saúde para realização deste trabalho, agradeço ao meu pai José Vitor Natal e a minha mãe Neide Aparecida Marangão Natal, por me acompanhar e incentivar em todas as minhas escolhas, a minha noiva Mariane Luiz, pelo companheirismo e sempre acreditar no meu potencial estando sempre ao meu lado, ao meu orientador Matheus por me conduzir e ao meu irmão Marcos Zulian que sempre me incentivou. Agradeço a Plascar, por ter aberto as portas e me dar a oportunidade de fazer parte deste grande time.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar, analisar e avaliar o resultado no processo de retrabalho no ponto de injeção em uma moldura de máquina de cartão, onde foi implantado o corte automático pelo robô, retirando o processo manual, pois estava causando o envio de peças não retrabalhadas ao cliente, que conseqüentemente abria reclamações para ações corretivas no processo. Para a viabilização do projeto, foi utilizada a ferramenta da qualidade Diagrama de Ishikawa, onde neste mostra as causas no processo que causa o envio de peças não conforme para o cliente, quando utilizado o processo de rebarbar manualmente. Os objetivos foram alcançados, pode-se observar no número de reclamações do cliente antes e após a implementação do processo automático. Com a melhoria, o processo é capaz de produzir mais peças por hora, gerando uma redução de custo para produção do item, pois foi reduzido o ciclo do processo, gerando mais peças por hora.

Palavras chave: Processo de injeção. Qualidade. Ponto de injeção. Automação.

ABSTRACT

This work aims to present, analyze and evaluate the result of the rework process at the injection point in a frame of a card machine, where automatic cutting by the robot was implemented, removing the manual process, as it was causing the shipment of non-working parts. reworked to the customer, which consequently opened complaints for corrective actions in the process. To make the project viable, the quality tool Ishikawa Diagram was used, which shows the causes in the process that cause the sending of non-conforming parts to the customer, when the manual deburring process is used. The goals were achieved, as can be seen in the number of customer complaints before and after the implementation of the automatic process. With the improvement, the process is able to produce more parts per hour, generating a cost reduction for the item's production, as the process cycle was reduced, generating more parts per hour.

Keywords: *Injection process. Quality. Injection point. Automation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Etapas para obtenção de um produto termoplástico.....	12
Figura 2: Pellet do polímero utilizado no processo de Injeção.	13
Figura 3: Demonstração de extração avançada.	15
Figura 4: Exemplo de uma máquina injetora.....	16
Figura 5: Etapas do processo de injeção.....	16
Figura 6: Cascata de refrigeração do molde, representado em tubos de verde.	18
Figura 7:: Pontos de conexão das mangueiras de refrigeração no molde.....	18
Figura 8: Representação da rosca no momento da injeção.....	19
Figura 9: Movimento da rosca no momento do recalque.	19
Figura 10: Preenchimento do produto dentro do molde de injeção.....	21
Figura 11: Pontos de injeção mais utilizados	21
Figura 12: Marca de fluxo de material.	22
Figura 13: Robô da marca Dal Maschio utilizado em máquinas injetoras.....	23
Figura 14: Robô instalado na máquina injetora.....	23
Figura 15: Máscara de robô.	24
Figura 16: Foto da moldura da máquina de cartão.	25
Figura 17: Pontos de injeção	26
Figura 18: Remoção da aleta de injeção.....	26
Figura 19: Molde da moldura superior com 2 cavidades.	27
Figura 20: Corte manual.....	28
Figura 21: Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 22: Suporte dos alicates.....	30
Figura 23: Máscara de robô construída.	31

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Peças não conforme encontrado no cliente.	28
Gráfico 2: Quantidade de produtos e reclamações após a automação.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Investimento necessário para automação do corte da aleta.	29
Tabela 2: Melhoria do ciclo comparando o processo de corte manual e automático.....	32
Tabela 3: Representação do retorno referente ao investimento feito para obtenção do corte automático.	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Processos Produtivos	13
2.2 Plásticos	14
2.3 Processo de injeção	14
2.3.1 Máquina injetora.....	15
2.3.2 Parâmetros de injeção.....	17
2.3.2.1 Temperatura de injeção	17
2.3.2.2 Temperatura do molde.....	17
2.3.2.3 Pressão de injeção.....	18
2.3.2.4 Pressão de recalque.....	19
2.4 Molde de injeção	19
2.4.1 Cavidades do molde.....	20
2.4.2 Ponto de injeção	20
2.5 Automação.....	22
2.5.1 Automação do processo produtivo de injeção.....	22
2.5.2 Robôs.....	23
2.5.2.1 Máscara de Robô	24
2.6 Qualidade	24
2.6.1 Não conformidade	25
3 METODOLOGIA.....	25
3.1 Escolha do produto.....	25
3.2 Justificativa para a melhoria.....	27
3.3 Melhoria	29
3.3.1 Síntese do projeto	30
3.3.2 Programação do robô.....	30
3.3.3 Máscara de robô construída.....	31
3.3.4 Otimização do ciclo com a utilização do corte automático	32
4 RESULTADOS	33
5 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS	35

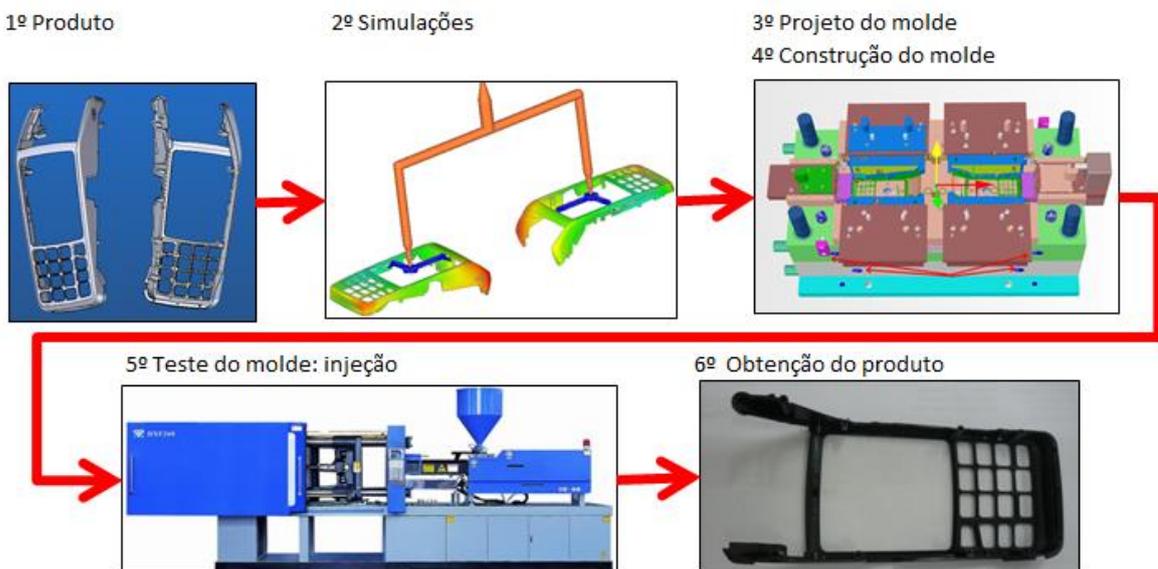
1 INTRODUÇÃO

O primeiro registro de obtenção do plástico foi por volta de 1930, na Alemanha. O Poliestireno, termoplástico utilizado até hoje, começou a ser comercializado em 1936. No Brasil, o primeiro registro de fabricação de Poliestireno foi em meados de 1949, onde era utilizado para moldagem de peças plásticas, como os gabinetes para montagem de eletrônica. No decorrer dos anos, foram surgindo outros plásticos, como o Polietileno, PVC, Nylon, Policarbonato, ABS e dentre outros, com aplicação em vários produtos: de eletrônicos a automóveis (MIRANDA, 2017).

O processo de injeção de termoplástico possui um custo muito elevado, com moldes fabricados em aço-ferramenta e aços comuns. No processo, o polímero é alimentado através de um funil em uma unidade de injeção envolvida por resistência, onde é fundido e injetado no molde (ELIAS, 1993).

Nos últimos anos, o consumo de termoplástico vem crescendo conforme as demandas por produtos inovadores relacionados com os setores de eletrodomésticos, moveleiro e automobilístico (LESKO, 2012). Até a obtenção do produto final feito em material termoplástico, ele passa pelas etapas apresentadas na figura 1.

Figura 1: Etapas para obtenção de um produto termoplástico.



Fonte: O autor.

Neste trabalho será abordado como referencial teórico o processo de injeção termoplástico como um todo. A aplicação será voltada a automação no processo de retrabalho no canal de injeção, onde no início do projeto nasceu como manual e no decorrer teve a necessidade de melhoria no processo devido a não conformidades no cliente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho artigos, teses e apostilas técnicas, para explicação dos Processos produtivos, custo benefício de um processo produtivo, Qualidade e sobre o Processo de Injeção.

2.1 Processos Produtivos

O processo produtivo é a soma de componentes que tem como objetivo um produto acabado, onde se passa por todas a suas operações para gerar faturamento. A conversão de matéria prima em produto acabado é denominada processo de conversão, pois neste muda a sua característica inicial para a sua obtenção, como ocorre no processo de injeção de termoplástico, onde a matéria prima é recebida em formato de “pelett”, conforme mostra a figura 2, com dimensões aproximadas de 3x2 milímetros. (GALDAMEZ, 2004).

Figura 2: Pellet do polímero utilizado no processo de Injeção.



Fonte: O autor.

2.2 Plásticos

Os plásticos são materiais constituídos pela união de moléculas nomeadas de cadeias poliméricas, sendo essas cadeias constituídas por várias moléculas de monômeros ligadas entre si, que ao longo da estrutura molecular do polímero se repetem. Os plásticos podem ser classificados de várias maneiras com relação à suas diferenças de processamento, sendo classificados em termoplásticos e termorrígidos. Os termorrígidos são plásticos que não alteram sua rigidez quando submetidos a diferença de temperatura, sendo os termoplásticos diferentes, pois quando submetidos a diferença de temperatura amolece e se funde (OSSWALD, 2006).

Pelos materiais plásticos terem densidade menor que as cerâmicas e os metais, diversos setores industriais, com o de transportes, embalagens, equipamentos esportivos e etc., investem com certa frequência no desenvolvimento de peças plásticas que sejam capazes de substituir os tradicionais e mais pesados materiais em diversas aplicações, sem que as propriedades necessárias ao produto sejam comprometidas (ARAÚJO, 2010).

2.3 Processo de injeção

O processo de injeção é um processo não contínuo, que segue etapas que constituem o ciclo. Com o molde fechado e vazio, inicia o processo de preenchimento de polímero aquecido devidamente fundido, sob condições controladas de pressão e temperatura. Após o preenchimento e pressurização do polímero no molde, a pressão de recalque entra para garantir que todos os espaços vazios da cavidade do molde sejam preenchidos pelo polímero (GUILONG et. Al, 2010). O molde é resfriado por um sistema interno, para garantir a solidificação da peça. No fim do ciclo, com o produto já solidificado, o molde é aberto pela máquina injetora e extraído com a forma geométrica da cavidade do molde. A retirada do produto da extração pode ser feita de forma automática, semi-automática ou automática com robô. De forma automática, o molde ejeta o produto acabado até ele cair da sua extração na coletora de peças da máquina, que encaminha o produto para o operador. No ciclo semi-automático, com o molde aberto e com a extração já avançada, o Operador abre a porta da máquina injetora e retirar o produto manualmente, após isso fecha a porta da máquina e inicia um novo ciclo. Para o ciclo automático com robô, com o molde aberto e com a extração já avançada, um robô acoplado a máquina injetora retira o produto da extração do molde e

deposita na bancada para o operador (KERZNER, 2006). A figura 3 demonstra um molde com a extração avançada.

Figura 3: Demonstração de extração avançada.

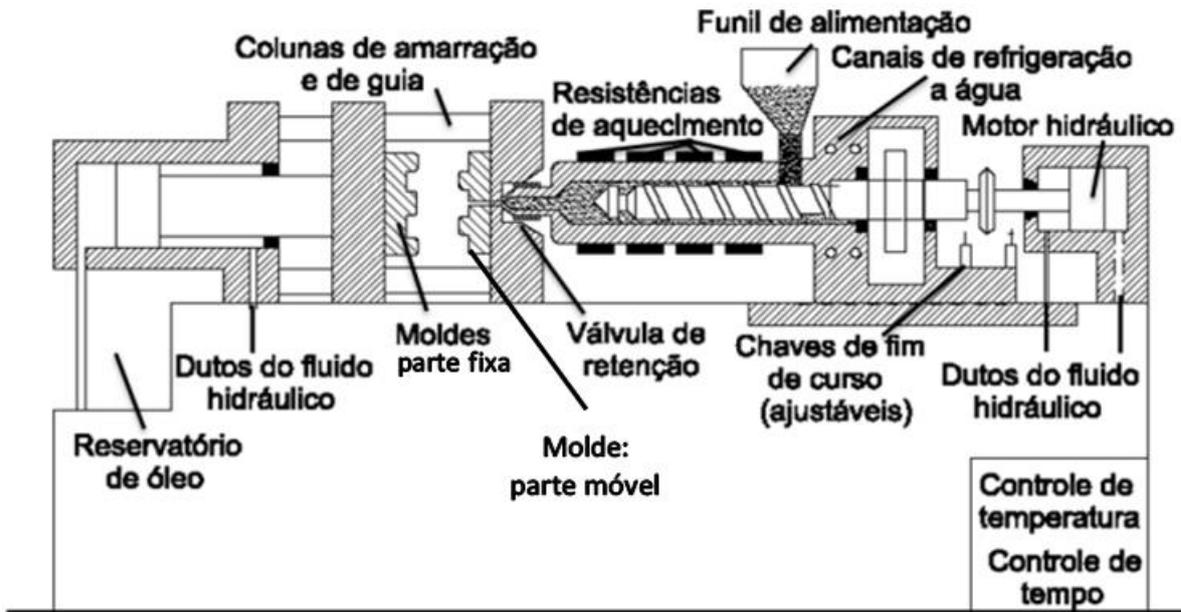


Fonte: O autor.

2.3.1 Máquina injetora

A máquina injetora possui um sistema capaz de fundir e injetar o polímero em um molde. Para exercer essa função, a máquina dispõe de uma rosca envolvida por um banco de resistências, que é acionada pelos sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos (CARNEIRO, 2006). As principais partes de uma máquina injetora é demonstrada na figura 4.

Figura 4: Exemplo de uma máquina injetora.



Fonte: Adaptada de (LESKO, 2012).

O material em forma de Pellet é armazenado no funil de alimentação, onde com a força da gravidade é empurrado até a rosca. A rosca por sua vez, transporta o material até o molde fechado, que durante essa passagem do funil até o molde, o polímero é fundido. Após a etapa de injeção e recalque, o molde se mantém fechado pelo tempo que o produto necessitar para se solidificar completamente (LESKO, 2012). A figura 5, mostra de forma numerada as etapas do processo de injeção.

Figura 5: Etapas do processo de injeção.



Fonte: O autor.

De acordo com a figura 5, o ciclo de injeção se baseia em:

1- Recuo da extração, pois no ciclo anterior o produto foi extraído, para um novo ciclo é necessário recuar;

- 2- Fechamento do molde para iniciar o processo de injeção;
- 3- Injeção do polímero que se encontra fundido no fim da rosca da máquina injetora;
- 4- Recalque para preencher todos os espaços vazios da cavidade do molde;
- 5- Ocorre duas etapas simultâneas: o resfriamento e a plastificação. A plastificação é o movimento que a rosca faz para transportar o polímero para a o fim da rosca, para que no momento da injeção a rosca empurre o material para a cavidade do molde. O resfriamento é o tempo que o produto leva para se solidificar;
- 6- A descompressão ser somente para cortar o lingote de polímero fundido para que o produto se destaque da parte fixa do molde
- 7- A abertura do molde após a solidificação do produto;
- 8- Avanço da extração do molde.

2.3.2 Parâmetros de injeção

Para se obter um produto termoplástico injetado com qualidade, é extremamente importante utilizar valores adequados dos parâmetros de processamento. Estes parâmetros variam inicialmente entre o tipo de molde e o tipo de máquina injetora. Entretanto, cada máquina possui limites distintos, como a pressão de fechamento do molde, o torque para giro da rosca, as pressões exercidas pelo pistão sobre a massa fundida, entre outras características. O conjunto destes parâmetros é conhecido como parâmetros de injeção (KAZMER, 2016).

2.3.2.1 Temperatura de injeção

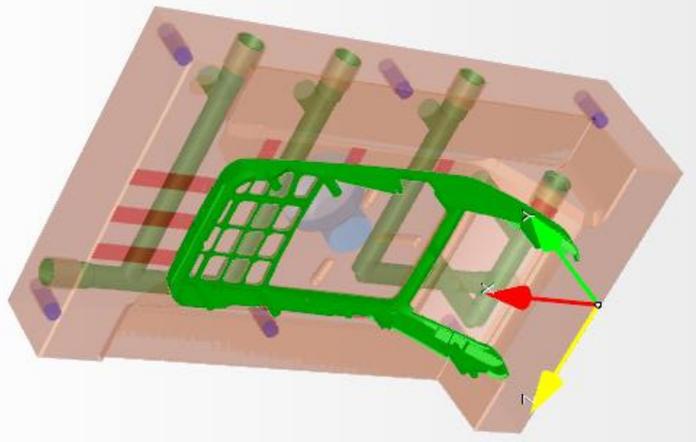
A temperatura de injeção é a temperatura no qual o polímero entra nas cavidades do molde através do canal de injeção. Porém, a temperatura do polímero fundido varia enquanto preenche as cavidades do molde, por exemplo: quando o polímero inicia o preenchimento a temperatura é mais alta quando comparada quando o polímero preencheu todo o espaço vazio (FONTANA, 2020).

2.3.2.2 Temperatura do molde

A temperatura do molde para preenchimento das cavidades, está relacionada as cascatas de refrigeração. Para que haja uniformidade na temperatura da ferramenta (molde) na

parte fixa e móvel, a temperatura não pode ultrapassar 10°C. Na figura 6, mostra a representação da cascata de refrigeração no interior do molde (SACCHELLI, 2002).

Figura 6: Cascata de refrigeração do molde, representado em tubos de verde.



Fonte: O autor.

A figura 7 demonstra onde são conectadas as mangueiras de refrigeração de água no molde. A temperatura da água que é expelida para o molde, depende de qual termoplástico está injetando, sendo esta especificada no Data Sheet do material.

Figura 7: Pontos de conexão das mangueiras de refrigeração no molde.



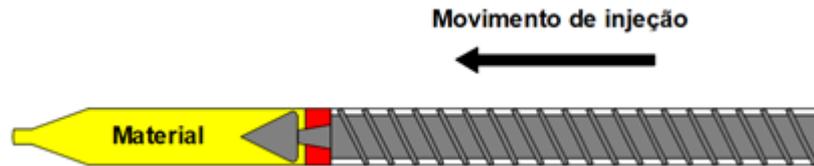
Fonte: O autor.

2.3.2.3 Pressão de injeção

A pressão de injeção é programada dependendo da viscosidade do polímero que está sendo processado, pois este demandará também a sua temperatura de trabalho. Para um melhor processo possível, é preciso trabalhar com a menor pressão de injeção possível para

evitar rebarbas (sobra de materiais indesejados) no produto final (ALMEIDA, 2017). Na figura 8 é demonstrado o movimento realizado pela rosca no momento da injeção.

Figura 8: Representação da rosca no momento da injeção.

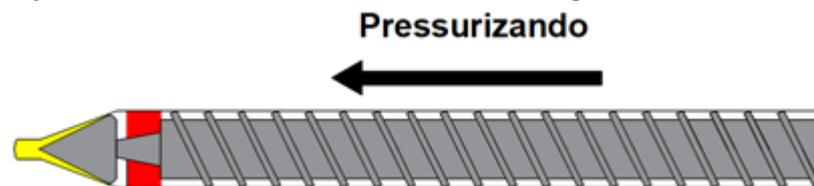


Fonte: O autor.

2.3.2.4 Pressão de recalque

Como mencionado anteriormente, é a pressão aplicada após a pressão de injeção para que não haja espaços vazios na cavidade e para que o material não retorne para a rosca. A figura 9 demonstra o movimento da rosca no momento do recalque (FERNANDES et al., 2011).

Figura 9: Movimento da rosca no momento do recalque.



Fonte: O autor.

2.4 Molde de injeção

O molde de injeção é um elemento importantíssimo para o processo de injeção, pois através dele é que se obtêm o produto desejado, pois este é usinado e construído através da sua matemática em 3D (CORAZZA, 2012).

O molde é fixado na injetora de acordo com as especificações e geometrias do equipamento, onde na maioria dos casos é obtido através do Caderno de Encargos do cliente. Estas análises primárias são de suma importância antes da construção do molde, pois a empresa que constrói o molde, na maioria das vezes não é a mesma que produzirá, isto é, a empresa que contratou um terceiro para construção de um molde para obtenção de um produto para revenda, espera que o molde tenha as dimensões “X”, e após a construção o molde possui as dimensões de “2X”, onde exigirá uma máquina maior para a produção. Com

isto, o valor de produção será maior, pois o valor de fabricação do produto será maior (FERREIRA, 2002).

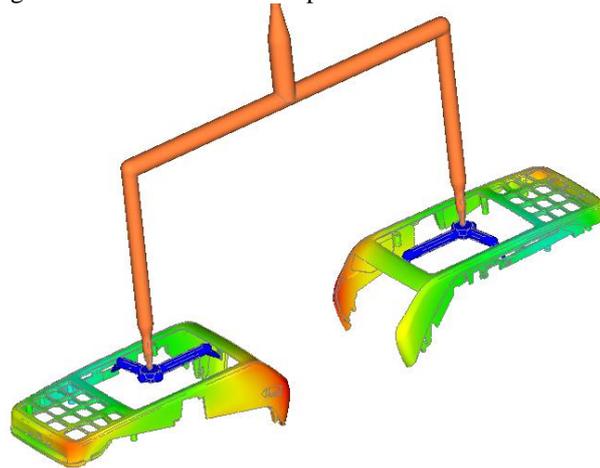
2.4.1 Cavidades do molde

O molde de injeção possui uma ou mais cavidades com o formato do produto desejado. Para alimentar a cavidade, o molde possui canais que conecta com o bico injetor da máquina, que levam o polímero fundido até o ponto de injeção inicial do produto. As cavidades geralmente são construídas em aço-ferramenta, sendo mais duro que o restante dos materiais do molde, pois a cavidade recebe as forças oriundas no processo de injeção: fechamento de molde, a pressão de injeção e recalque. A cavidade geralmente é usinada em Fresadoras CNC, após o projeto aprovado para construção. Para a usinagem, é necessário um estudo minucioso, pois ela quem dará o correto formato ao produto desejado e nela, deve conter as cascatas de refrigeração, a extração e sua fixação no molde (SACCHELLI, 2002).

2.4.2 Ponto de injeção

O ponto de injeção é onde inicia o preenchimento da cavidade do molde com o polímero fundido e este, influencia em diversos fatores. Um produto pode ter um ou mais ponto de injeção, pois está diretamente relacionado com a sua geometria e espessura de plástico (MALPAGA, 2008). A figura 10 demonstra como o produto é preenchido: o duto representado em laranja é por onde o material percorre dentro do molde até chegar ao ponto de injeção; a parte representada em azul é o canal de injeção, onde este tem a finalidade de distribuir o polímero fundido nas cavidades do molde. Este canal de injeção é sobra de material do processo, sendo descartado para ser moído e beneficiado para ser injetado novamente.

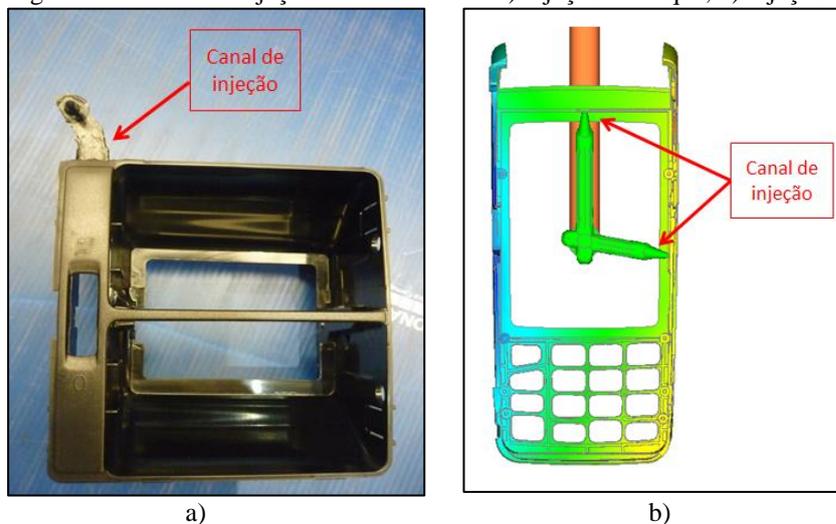
Figura 10: Preenchimento do produto dentro do molde de injeção.



Fonte: O autor.

O modo de contato do canal de injeção com o produto mais utilizados é: Leque, Unha de Gato. Na figura 11, é possível ver os três tipos. Na injeção em leque, o material possui um ponto de injeção maior, facilitando o preenchimento do produto. Quando comparado com os outros dois tipos de canais, ele facilita o processo de injeção, evitando manchas de fluxo de material, conforme na figura 12, porém exige retrabalho na remoção do canal do produto. Na injeção em Unha de Gato, o ponto de injeção possui dimensões bem menores quando comparado ao Leque. Este sistema facilita na remoção do canal de injeção do produto, não havendo necessidade de retrabalho (MALPAGA, 2008).

Figura 11: Pontos de injeção mais utilizados: a) injeção em leque, b) injeção em Unha de Gato.



Fonte: O autor.

Figura 12: Marca de fluxo de material.



Fonte: O autor.

Para melhorar a marca de fluxo representado na figura 12, é necessário realizar ajustes nos parâmetros do processo de injeção.

2.5 Automação

Automação significa a dinâmica organizada dos instrumentos, máquinas, processos de trabalho, ferramentas ou recursos capazes de potencializar, reduzir ou até mesmo eliminar a ação humana dentro de um determinado processo produtivo, objetivando com isso, é claro, uma otimização e consequente melhoria de produtividade. As suas associações de uma forma otimizada e direcionada à consecução dos objetivos do progresso humano. Portanto, não é a mera substituição do elemento humano dentro do processo fabril, mas sim, um meio de garantir uma alta produtividade com elevada eficiência e padrão de qualidade, permitindo com isso uma redução no custo final do produto, bem como sua disponibilidade em tempo relativamente menor e quantidades maiores (ROSARIO, 2009).

2.5.1 Automação do processo produtivo de injeção

A automação no processo de injeção consiste em dispositivos que melhorem a eficiência do processo produtivo. Na injeção, para melhoria em relação à eliminação de tempos excessivos entre um ciclo e outro de um produto, é utilizado o robô de três eixos para exercer a função de retirada do produto na extração do molde (RIBEIRO, 2009).

2.5.2 Robôs

O robô tem por função substituir funções realizadas por operadores em situações de risco: como é o caso do operador em contato com o molde podendo este estar trabalhando com alta temperatura; ou até em situação de repetitividade, onde o operador teria que abrir a porta da máquina injetora, retirar o produto da extração do molde e fechar a porta novamente para continuar o ciclo. No caso da repetitividade, apenas para fazer uma analogia: está produzindo um produto cujo ciclo é de 45 segundos, o turno de trabalho do operador é de 8 horas corridas, portanto o operador irá abrir e fechar a porta da máquina injetora 640 vezes por dia trabalhado (RIBEIRO, 2009). A figura 13, demonstra um dos modelos de Robôs que são utilizados em máquina injetora. Na figura 14, demonstra o Robô já instalado na máquina.

Figura 13: Robô da marca Dal Maschio utilizado em máquinas injetoras.



Fonte: adaptado de (RIBEIRO, 2009).

Figura 14: Robô instalado na máquina injetora.



Fonte: O autor.

2.5.2.1 Máscara de Robô

Para o robô fazer a retirada do produto da extração do molde, necessitar estar acoplado em seu braço a Máscara específica do produto. Na máscara, contém dispositivos pneumáticos que fazem a retirada do produto e realiza o depósito para o operador. Geralmente as máscaras são construídas com base no projeto do molde. A figura 15 retrata uma máscara de Robô.

Figura 15: Máscara de robô.



Fonte: o autor.

2.6 Qualidade

O termo qualidade significa “fazer coisas certas”, ou seja, não cometer erros e realizar uma produção bem sucedida, com isso essa característica proporciona uma vantagem competitiva para a empresa. No entanto o que a produção precisa fazer, irá variar de acordo com o tipo de operação da organização, as vantagens são: reduzir custos, erros e consequentemente menor será o tempo desperdiçado em correção e retrabalhos, além de aumentar a confiabilidade (CARPINETTI, 2012).

A padronização de processos produtivos consiste na elaboração de rotinas formalizadas em relação às atividades executadas numa unidade de trabalho, a gestão da qualidade é responsável pela identificação e tratamento das não conformidades (CARPINETTI, 2012).

2.6.1 Não conformidade

A não conformidade é o resultado de um processo que gera insatisfação ao não atendimento à um critério externo ou interno, como por exemplo, o envio de peças que esteja fora do padrão de qualidade (CARPINETTI, 2012).

3 METODOLOGIA

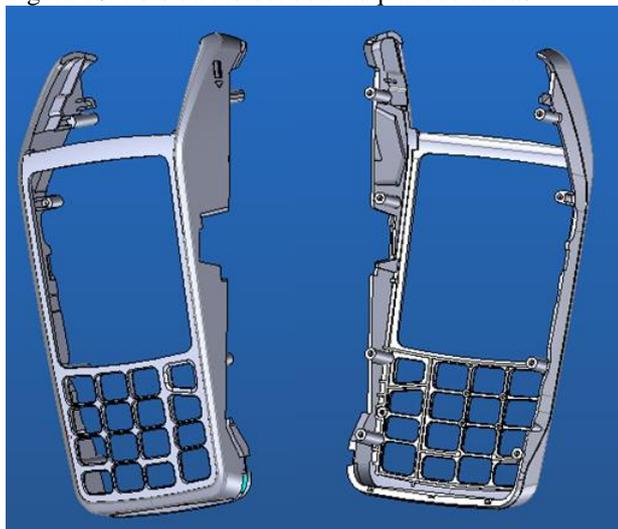
O desenvolvimento deste trabalho na empresa Plascar de Varginha se divide em duas etapas, sendo a primeira a busca do referencial teórico e a segunda a aplicação da melhoria de processo pretendida. O referencial teórico foi obtido através de pesquisas em teses, dissertações e apostilas que envolvem o processo produtivo.

A segunda etapa, apresenta a melhoria no processo e a obtenção dos resultados pretendidos na empresa.

3.1 Escolha do produto

O produto escolhido foi baseado em seu volume produtivo no ano, isto é, no volume em que o cliente solicita de entrega e pelos problemas de não qualidade que estava sendo reincidente do não retrabalho da aleta de injeção, em uma moldura de máquina de cartão do cliente Ingenico, conforme figura 16. Foi autorizado pela empresa a inserção de fotos do processo produtivo neste trabalho.

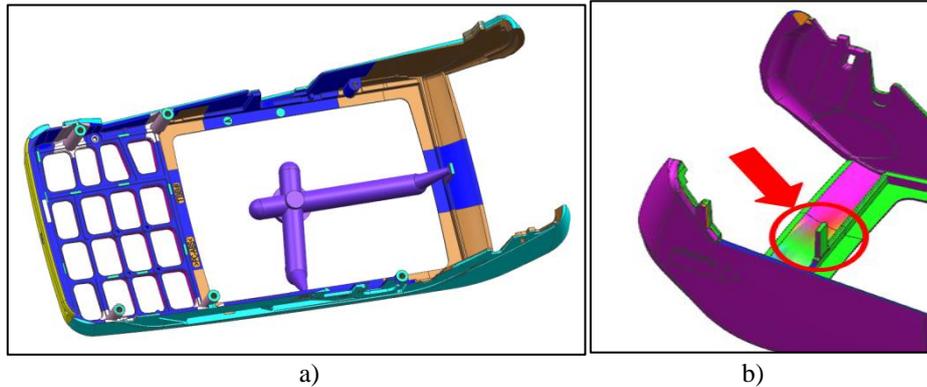
Figura 16: Foto da moldura da máquina de cartão.



Fonte: O autor.

O produto em questão possui o modo de injeção em dois pontos contendo somente um canal de injeção, sendo estes em unha de gato, porém um deles atacando sobre uma aleta. Esta aleta de injeção serve somente para diminuir as marcas de fluxo de material, para que não evidencie mancha de injeção no produto. Portanto, a aleta de injeção deve ser removida antes do envio do produto ao cliente. Na figura 17, demonstra o canal de injeção atacando em dois pontos e aleta que serve somente para melhor o processo de injeção.

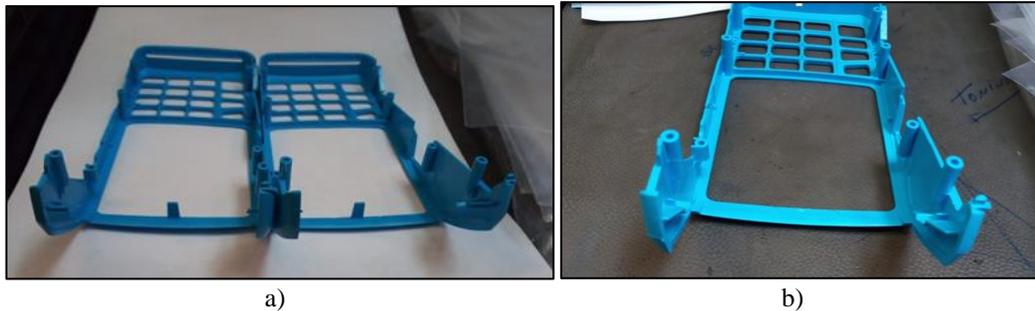
Figura 17: Pontos de injeção: a) canal de injeção sendo representado de roxo, b) aleta de injeção.



Fonte: O autor.

Como a contra peça que monta nessa região não possui alojamento para esta aleta, se faz necessário à remoção até que o acabamento fique faceado com o produto, conforme figura 18.

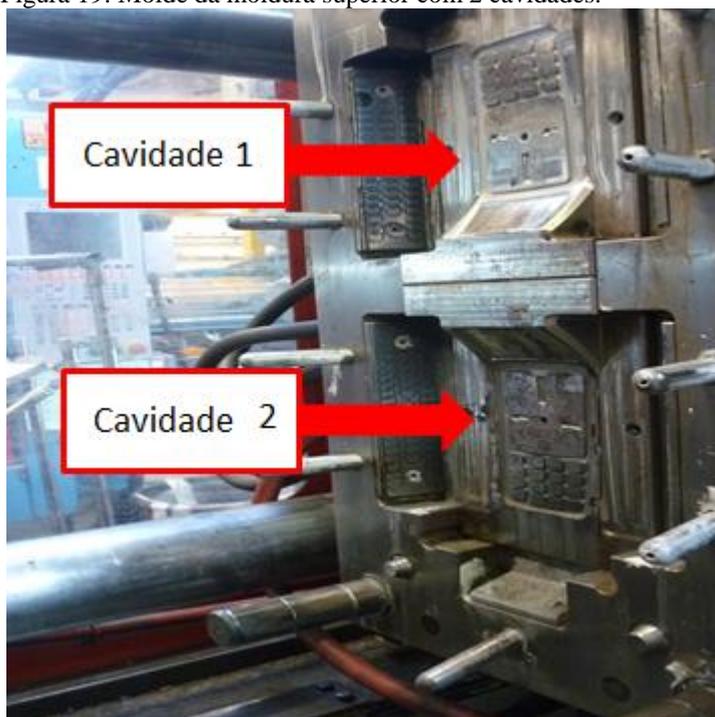
Figura 18: Remoção da aleta de injeção: a) produto com aleta, b) produto com aleta removida.



Fonte: O autor.

O molde desta moldura possui 2 cavidades, onde em um ciclo de injeção obtêm-se dois produtos simultâneos. A figura 19 mostra o molde com duas cavidades.

Figura 19: Molde da moldura superior com 2 cavidades.



Fonte: O autor.

3.2 Justificativa para a melhoria

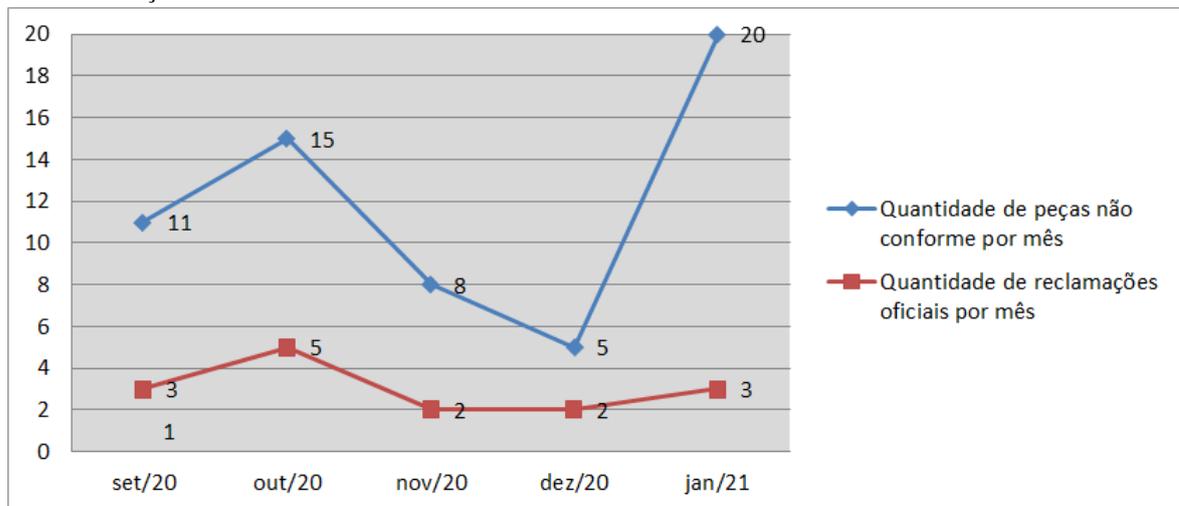
No início do projeto, isto é, quando se iniciou a produção na Plascar, o retrabalho das aletas era com auxílio de estilete, onde em alguns meses foi implementado no processo o alicate de corte manual, conforme figura 20, como melhoria para o Plano de Ação, referente ao envio de peças mal retrabalhadas ou não retrabalhadas. Após a implementação do alicate de corte, foi implementado também a Inspeção 200%, onde o produto saía da máquina injetora e ia para outro setor realizar a inspeção em 100% das peças, onde esta se fazia presente também no Plano de Ação apresentado ao cliente. O gráfico 1, demonstra a quantidade de peças não conforme encontradas no cliente e quantidade de reclamações oficiais. A meta de reclamações é de uma por mês.

Figura 20: Corte manual.



Fonte: O autor.

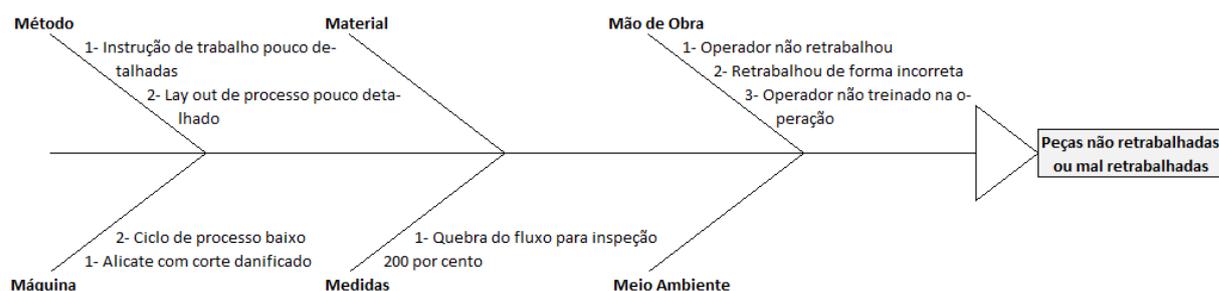
Gráfico 1: Peças não conforme encontrado no cliente.



Fonte: O autor com base nos dados fornecidos pela empresa.

Para o processo de retrabalho manual, foi utilizado a ferramenta da qualidade: Diagrama de Ishikawa, para demonstrar as causas que geravam a não conformidade no cliente, conforme figura 21.

Figura 21: Diagrama de Ishikawa.



Fonte: O autor.

3.3 Melhoria

Após outras reclamações, foi adotado um sistema simples e de baixo custo, capaz de retirar a operação de retrabalho da mão do operador. O conceito consiste basicamente em interligar um Alicate de Simples ação, isto é, necessita de ar apenas para o seu acionamento tendo seu retorno por mola, no robô da máquina injetora. Mas para isso, teve que ser construída outra máscara de robô para garantir a indexação do produto no robô.

Os investimentos necessários para esta melhoria estão listados na tabela 1.

Tabela 1: Investimento necessário para automação do corte da aleta.

Material	Und.	Qtd.	Unitário	Total
Metalon 30X30 para estrutura do alicate	M	2,5	R\$ 13,33	R\$ 33,33
Conjunto alicate pneumático	PÇ	2	R\$ 2.500,00	R\$ 5.000,00
Metalon 20x20 para estrutura da máscara	M	3	R\$ 10,83	R\$ 32,50
Ventosas com diâmetro de 12 mm	PÇ	4	R\$ 40,00	R\$ 160,00
Mangueira de TPU diâm. 8 para alicate	M	5	R\$ 17,00	R\$ 85,00
Mangueira de TPU diâm. 6 para máscara	M	1,5	R\$ 13,00	R\$ 19,50
Pinça para retirar canal de injeção	PÇ	1	R\$ 650,00	R\$ 650,00
Total investimento				R\$ 5.980,33

Fonte: O autor com base nos dados levantados dentro da empresa.

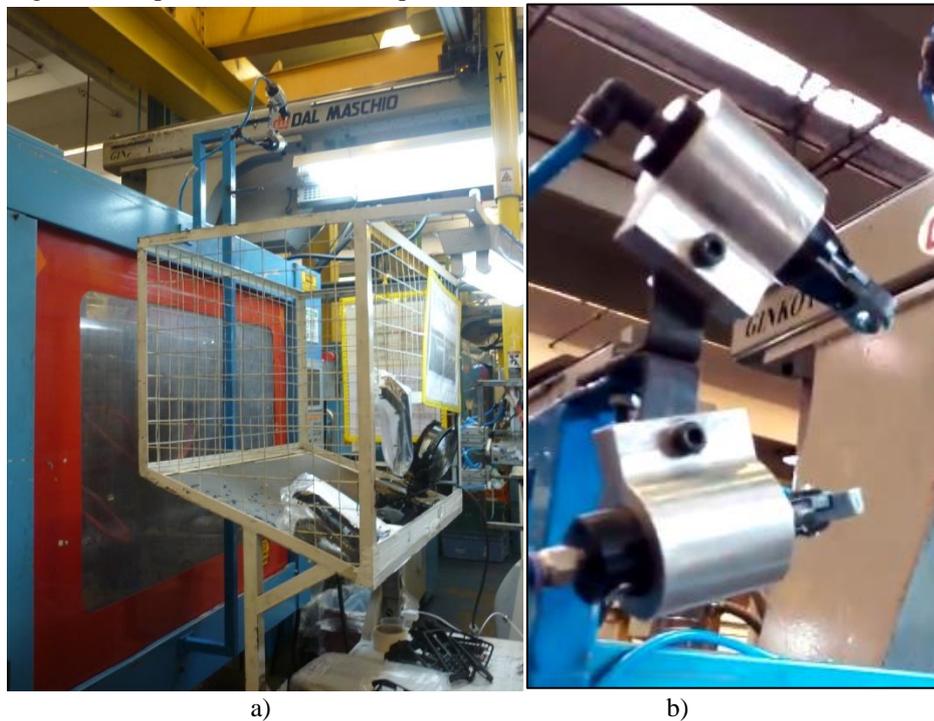
Os investimentos necessários para a implementação do corte pelo robô, foram apresentados à Diretoria e comparado com o custo de um dispositivo para o operador acionar o corte que custaria em torno de R\$30.000,00 (dado médio de orçamentos recebidos), pois como o dispositivo seria pneumático e com acionamento de cilindros, seria necessário à adequação à NR12. A ideia do corte pelo robô foi acatado e liberado a verba para investimento.

O investimento teve que partir da Plascar, pois o cliente se recusou a repassar o valor para empresa, pois utilizaram da justificativa que o projeto havia sido vendido sem acréscimo de investimento. Porém, foi feita análise de retorno e visto que o investimento teria retorno em curto prazo.

3.3.1 Síntese do projeto

O suporte parafusado em dois pontos da carenagem da máquina, para ficar bem fixado para não haver variação no posicionamento do alicate pneumático no momento do corte. O ar pneumático de alimentação dos alicates foi adaptado na válvula que recebe sinal do PLC de pinças para retirar canal, ou seja, quando é acionada a pinça de retirada do canal, o alicate também é acionado. A figura 22 demonstra o suporte dos alicates.

Figura 22: Suporte dos alicates: a) suporte de metalon 30x30, b) alicates.



Fonte: O autor.

3.3.2 Programação do robô

O robô Dal Maschio utilizado, possui 3 eixos de movimentos, onde os movimentos são realizados por Servo Motor de Passo, sendo que os movimentos não variam, sempre levando a máscara de robô na mesma posição. Portanto, a programação consiste basicamente

em posicionar a máscara de robô na posição de corte, salvar nos três eixos e acionar a válvula que liberar o ar para acionamento dos alicates.

3.3.3 Máscara de robô construída

A máscara de robô foi construída com perfil metalon 20x20, com dois cilindros pneumáticos, quatro ventosas com diâmetro de 20 mm, conforme figura 23.

Figura 23: Máscara de robô construída.



Fonte: O autor.

Cinemática de funcionamento da máscara, para pegar o produto na extração do molde até o depósito para o operador:

- 1- Máscara para na posição programada para pega do produto;
- 2- Molde avança a extração;
- 3- Dois cilindros pneumáticos avançam;
- 4- Vácuo acionado para as ventosas assegurar o produto;
- 5- Robô retira a máscara de dentro do molde e posiciona nos alicates para o corte;
- 6- Robô deposita a peça para o operador.

3.3.4 Otimização do ciclo com a utilização do corte automático

Como operador fazia o corte com o alicate de corte manual, o ciclo era de 51 segundos, pois era necessário as operações de retrabalho das aletas de dois produtos, inspeção das peças quanto a manchas/ falhas e armazenamento. Com a utilização do corte automático, o ciclo foi reduzido para 40 segundos, onde com esse ganho de 11 segundos no ciclo, a produção aumentou um pouco mais de 19 mil peças a mais no mês, conforme tabela 2, que demonstra o antes e depois. Para o cálculo de peças por dia, foi considerado 3 turnos com eficiência de 85%. Para o cálculo de peças no mês, foi considerado 24 dias úteis de trabalho.

Tabela 2: Melhoria do ciclo comparando o processo de corte manual e automático.

Condição com corte de canal manual				
Ciclo (s)	Nº cavidades do molde	Peças/hora	Produção/ dia (peças)	Produção/ mês (peças)
51	2	141	2880	69120
Condição com corte pelo robô				
Ciclo (s)	Nº cavidades do molde	Peças/hora	Produção/ dia (peças)	Produção/ mês (peças)
40	2	180	3672	88128

Fonte: O autor com dados reais do processo.

Além do aumento de peças produzidas no mês, houve também uma redução de custo para produção deste item, pois o valor do produto é baseado na hora máquina. Com esta redução de ciclo, a operação reduziu aproximadamente R\$0,10 (dez centavos) no custo de produção, sendo expresso em aproximadamente 9% de redução. O valor do preço peça de antes e depois, não foi autorizado a expor, somente o ganho.

Com isso, considerando o ganho de dez centavos por ciclo (a cada duas peças produzidas), o retorno do investimento feito de R\$ 5980,33 seria em aproximadamente um mês e meio, conforme tabela 3.

Tabela 3: Representação do retorno referente ao investimento feito para obtenção do corte automático.

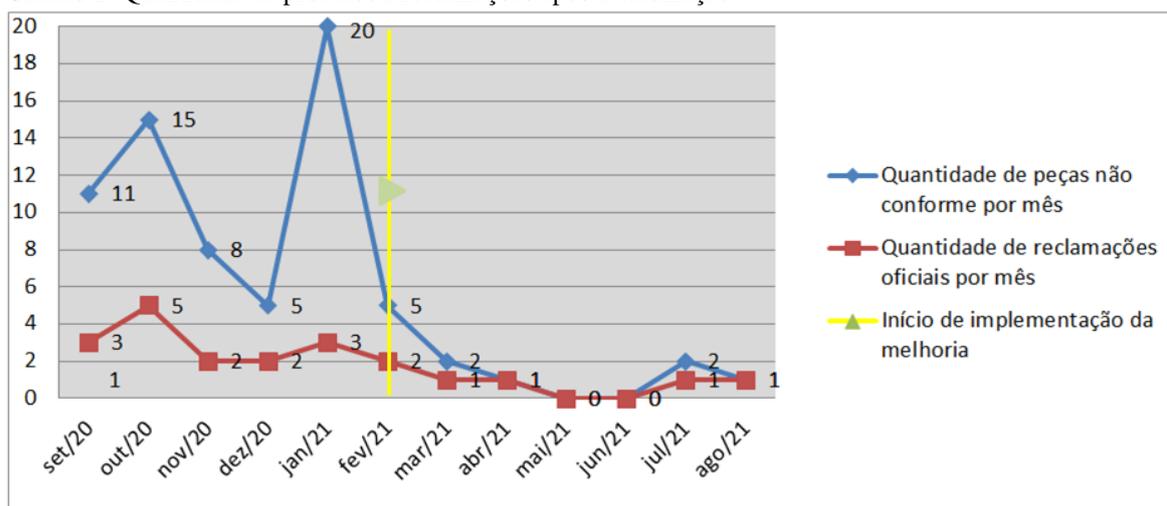
Ganho em ciclo	Investimento	Quantidade de ciclos necessários para obter o retorno	Quantidade de ciclos por mês	Tempo aproximado de retorno (mês)
R\$ 0,10	R\$ 5.980,33	59803	44064	1,4

Fonte: O autor com base nos dados reais do processo.

4 RESULTADOS

A autorização de disponibilidade de verba para investimento neste projeto se deu ao retorno ter sido em curto prazo. Além disso, após a implementação desta automação, ainda assim teve reclamação do cliente quanto a peças não conforme, porém bem menos quando comparado com o processo manual. O gráfico 2 mostra a quantidade de peças não conforme encontradas no cliente e reclamações após a implementação do sistema automático.

Gráfico 2: Quantidade de produtos e reclamações após a automação.



Fonte: O autor.

De acordo com o gráfico 2, no mês de fevereiro foram encontrados no cliente 5 peças não conforme, isso se justifica pela época em que o sistema estava em fase de ajuste.

Antes da implementação do corte automático, devido à alta demanda do cliente, o molde ficava dedicado na máquina e em algumas oportunidades teve hora extra para atender a programação. Após a redução de ciclo, além de eliminar as horas extras, a máquina possui carga para produção de outros itens.

Como a máquina não fica dedicada a este produto, em todo set-up é necessário realizar mínimos ajustes na programação do robô, pois há variações mínimas no processo de colocar a ferramenta na máquina injetora, que influenciam no programa do robô. O molde é colocado por ponte-rolante, onde a ferramenta fica em balanço, variando a posição na placa da máquina em alguns milímetros.

Segundo relatos dos operadores, com a utilização do alicate de corte causava-lhes dores provenientes da quantidade excessiva de movimentos realizados no turno produtivo. Após a implementação do sistema interligado ao robô, não foi constatado mais, pois a questão ergonômica foi atendida.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho se justifica pela necessidade de melhoria no processo de retrabalho que anteriormente era realizado de forma manual, gerando o envio de peças não conforme ao cliente devido a sua alta demanda. Com esta justificativa, o trabalho abordou toda parte teórica que se constitui o processo de injeção, desde a estufagem do polímero até a obtenção do produto acabado.

Os objetivos foram alcançados, pois as reclamações diminuíram após a implementação do sistema. Além disso, com o aumento da produtividade a máquina possui disponibilidade para outros produtos, gerando mais faturamento para a empresa. Com a diminuição do tempo de ciclo, o valor de custo para fabricação do produto reduziu em 9%, sendo que em aproximadamente um mês e meio o valor investido foi recuperado.

Portanto, o sistema supriu a necessidade da empresa, mas ainda assim pode ser melhorado, pois não zerou a quantidade de peças não conforme encontradas no cliente, porém desde então não tem ultrapassado a meta estipulada pelo cliente de apenas uma reclamação oficial por mês, tirando o mês de ferreiro que é considerado o mês de transferência do processo manual para o processo automático.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ana Patrícia Silva. **NetMould: as funções e processos do produto molde. 2017. Tese de Doutorado.** Disponível em: <http://repositorium.uminho.pt/handle/1822/55036>. Acesso em: 20 set. 2021.
- ARAÚJO, Jorge Francisco de. Estudo de propriedades mecânicas do polipropileno moldado por injeção em insertos de resinas. **Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná, 2010.** Disponível em: <http://www.livrosgratis.com.br/ler-livro-online-110400/estudo-de-propriedades-mecanicas-do-polipropileno-moldado-por-injecao-em-insertos-de-resinas>. Acesso em: 10 set. 2021.
- CARNEIRO, M. S. Transferência térmica determina o bom desempenho de moldes de injeção. **Plástico Industrial, São Paulo, ano, v. 8, p. 108-119, 2006.** Disponível em: <https://repositorio.uces.br/xmlui/bitstream/handle/11338/1809/TCC%20Evair%20Jose%20Basso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 11 set. 2021.
- CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro et al. **Gestão da qualidade.** EDa Atlas SA, 2012. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63541597/Ferramentas_da_qualidade20200605-3949-s4mdqs-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1636325046&Signature=E3wd-NB-SKM-~4dULjh8GA~VAIbYQ2KonKNGc6dNLWANdwQ3e-2zsJs3OIro102Qy6j3c1QWF~jgiaQksl6faWt2k94lsL2rr~IVxn8eOXJP0zwwfDMhgQRjRxM6rQprILNrGV-VYIwZSaUWQ2Ylh5iK~jwbJKYIIPyCBaCb-Ju3CPgqpKcsWzT5Ynr7qHKvHqvnjwujTw2KuyxXoXabc0VeS2bgDMQjrv85sU3YNxCJZecUCuBnQG0DEbhwXnZ~PO8jsfr~622-LILDasFu6Gye4MywDoagxRB0oPeJF5wHP9BjuPP3fpeS0BdDjHkynMImdQT4MZhvF9tNXvMYWQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 25 set. 2021.
- CORAZZA, EMERSON JOSÉ. **Influência do tratamento de nitretação em cavidades de aço p20 de moldes de injeção de termoplásticos.** 2012. Tese de Doutorado. [Dissertation]. Joinville: Universidade Da Região De Joinville. Disponível em: [https://www.univille.edu.br/community/mestrado_ep/VirtualDisk.html/downloadFile/384917/Dissertacao Emerson Corazza - MEP.pdf](https://www.univille.edu.br/community/mestrado_ep/VirtualDisk.html/downloadFile/384917/Dissertacao%20Emerson%20Corazza%20-%20MEP.pdf). Acesso em: 21 set. 2021.
- ELIAS, Hans-Georg. An introduction to plastics. 1993. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/7274187>. Acesso em: 10 out. 2021.
- FERNANDES, Anderson de C. et al. Influência da “velocidade de injeção” e “tempo de recalque” nas características de peças injetadas em polipropileno. **Caxias do Sul: Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2011.** Disponível em: <http://alvarestech.com/temp/cobef2011/grima.ufsc.br/cobef2011/media/trabalhos/COF11-0305.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos et al. Metodologia para as fases de projeto informacional e conceitual de componentes de plástico injetados integrando os processos de projeto e estimativa de custos. 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/84287>. Acesso em: 21 set. 2021.

FONTANA, Jaqueline et al. Análise Numérica das Propriedades Reológicas dos Polímeros Fundidos em Expansões Repentinhas. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 15, n. 15, p. 46-50, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Diego-Miranda-7/publication/344064866_ANALISE_NUMERICA_DAS_PROPRIEDADES_REOLOGICAS_DOS_POLIMEROS_FUNDIDOS_EM_EXPANSOES_REPENTINAS/links/5f50484da6fdcc9879c31ded/ANALISE-NUMERICA-DAS-PROPRIEDADES-REOLOGICAS-DOS-POLIMEROS-FUNDIDOS-EM-EXPANSOES-REPENTINAS.pdf. Acesso em: 13 set. 2001.

GALDAMEZ, Edwin V. Cardoza; CARPINETTI, Luiz C. Ribeiro. Aplicação das técnicas de planejamento e análise de experimentos no processo de injeção plástica. **Gestão & Produção**, v. 11, p. 121-134, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/PPRKZZf4NP3sWzLdwQ8gcn/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 7 set. 2021.

GUILONG, Wang et al. Analysis of thermal cycling efficiency and optimal design of heating/cooling systems for rapid heat cycle injection molding process. **Materials & Design**, v.31, n. 7, p. 3426-3441, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0261306910000567>. Acesso em: 10 set. 2021.

KAZMER, David O. **Injection mold design engineering**. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG, 2016. Disponível em: <https://pws.yazd.ac.ir/azizi/Injection%20Mold%20Design%20Engineering.pdf>. Acesso em: 13 set. 2021.

KERZNER, Harold. Gestão de Projetos-: **As Melhores Práticas**. Bookman Editora, 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=piTKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=Gest%C3%A3o+de+Projetos:+As+Melhores+Pr%C3%A1ticas&ots=ej-rtAqYWD&sig=YMbyz_qq9tplGyaBdw7r71EQIcU#v=onepage&q=Gest%C3%A3o%20de%20Projetos%3A%20As%20Melhores%20Pr%C3%A1ticas&f=false. Acesso em: 11 set. 2021.

LESKO, Jim. **Design industrial: guia de materiais e fabricação**. Editora Blucher, 2012. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=UF6tDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=Materiais+e+processo+de+fabrica%C3%A7%C3%A3o&ots=1QUPICBiUE&sig=HWOm826EUikfQXgRr9c8n9YrGvo#v=onepage&q=Materiais%20e%20processo%20de%20fabrica%C3%A7%C3%A3o&f=false>. Acesso em: 10 out. 2021.

MALPAGA, Isaac. **Termoformagem e Injeção Plástica**. Clube de Autores (managed), 2008. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=ofF7DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=tipos+de+ponto+de+inje%C3%A7%C3%A3o&ots=XIVRcpJDxc&sig=e1FkNSXEahQH-YkohC_W8RzcJ_I#v=onepage&q=tipos%20de%20ponto%20de%20inje%C3%A7%C3%A3o&f=false. Acesso em: 24 set. 2021.

MIRANDA, DIEGO ALVES DE. **Estudo experimental e de simulação computacional para análise e melhoria da eficiência de um molde de injeção de termoplásticos**. 2017. Tese de Doutorado. Dissertação de mestrado–UNIVILLE. Joinville. Disponível em: https://www.univille.edu.br/account/mep/VirtualDisk.html/downloadDirect/982707/Dissertacao_Diego_Alves_de_Miranda.pdf. Acesso em: 10 out. 2021.

OSSWALD, Tim. **International Plastics Handbook: The Resource for Plastics Engineers**. Hanser Publishers, 2006. Disponível em: <https://www.hanser-library.com/doi/epdf/10.3139/9783446407923.fm>. Acesso em 10 set. 2021.

RIBEIRO, LEANDRO DOS SANTOS. Evolução tecnológica e automação das máquinas injetoras. **São Paulo**, 2009. Disponível em: http://www.tecomplasticos.com.br/PDF_Injetoras/Aut_Injetoras.pdf. Acesso em: 25 set. 2021.

ROSARIO, Joao Mauricio. **Automação industrial**. Editora Baraúna, 2009. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YsUHLcHdbh4C&oi=fnd&pg=PA9&dq=AUTOMA%C3%87%C3%83O+&ots=3lfVGITUfj&sig=WBt6sL8ixMpZgjYPodUf7KIeEWg#v=onepage&q=AUTOMA%C3%87%C3%83O&f=false>. Acesso em: 24 set. 2021.

SACCHELLI, Carlos Maurício; REINERT, Adriano. Análise do processo de injeção de termoplásticos através de sistemas CAE. In: **Comunicação apresentada em 2º Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Anais. João Pessoa, Brasil**. 2002. Disponível em: <http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/conem/2002/trabalhos/tema16/CPB0973.pdf>. Acesso em: 14 set. 2021.