

Otimização de processo de injeção de plástico para aumento de produtividade/eficiência em indústria de embalagens alimentícias

Rodrigo do Nascimento (Univesp) rodrigo.nascimento@aluno.univesp.br
Luiz Antonio de Goês Jr (Univesp) luiz.goes@aluno.univesp.br
Vanessa Rocha (Univesp) vanessa.rocha@aluno.univesp.br

Resumo:

Com base em estudos e pesquisas acerca da produtividade, observa-se que o Brasil demonstra desempenho inferior a outros países em desenvolvimento e mesmo aos fronteiriços. Uma das causas indicadas é o baixo investimento em tecnologia do setor industrial do país, que implica nos resultados de toda a cadeia (*supply chain*), do fornecedor de matéria-prima ao cliente final. Utilizando-se da metodologia do *design thinking*, a pesquisa centra-se na análise do processo produtivo da Indústria A, localizada no interior de São Paulo, com cerca de 200 funcionários, do ramo de embalagens plásticas do setor alimentício. Observou-se que a empresa em questão possui um processo produtivo pouco eficiente, visto que se utiliza de molde com tecnologia de câmara fria, portanto, defasada em se tratando de aplicações para a indústria alimentícia. O ciclo de injeção em um molde de 4 cavidades é de 18 segundos. Assim, com base em estudos e pesquisas científicas, esse projeto propõe a construção de um protótipo com base num molde de câmara quente, que, em tese, é mais eficiente para na produção da peça em questão. Com essa aplicação, estima-se um aumento de produtividade, com um molde com melhor aproveitamento e ciclo de 12 segundos. Com isso, espera-se uma diminuição dos custos de produção, principalmente, hora-máquina, mão-de-obra, energia, entre outros..

Palavras chave: *Supply Chain Managment*, Produtividade, Embalagens Alimentícias.

Plastic injection process optimization to increase productivity / efficiency in food packaging industry

Abstract

Based on studies and research on productivity, it is observed that Brazil shows underperformed other developing countries and even to the border. One reason given is the low investment in the country's industrial sector technology, which means the results of the entire chain (*supply chain*), the supplier of raw materials to the end customer. Using the design thinking methodology, the research focuses on the analysis of the production of Industry Process, located in São Paulo, with about 200 employees, the branch of plastic packaging in the food sector. It was noted that the company in question has a very efficient production process, since it uses mold with cold storage technology thus lagged in the case of applications for the food industry. The injection cycle into a four cavity mold is 18 seconds. Thus, based on studies and scientific research, this project proposes the construction of a prototype based on a hot runner mold, which, in theory, is more efficient for the production of the piece in question. With this implementation, there is an estimated increase in productivity

with a mold with the best and 12 seconds cycle. Thus, it is expected a decrease in production costs, especially time-machine, hand labor, energy, among others..

Key-words: Supply Chain Management, Productivity, Alimentary packaging.

1. Introdução

A eficiência é algo essencial no mercado atual. Com a globalização, a competitividade é cada vez maior, obrigando as organizações a buscarem estratégias de criarem um ponto ideal entre a redução de custo e aumento de produção. Um estudo da Confederação Nacional das Indústrias (CNI), aponta que, nos países analisados, entre os anos de 2002 e 2012, o Brasil foi o que apresentou maior custo unitário por trabalho em dólares reais (CUT).

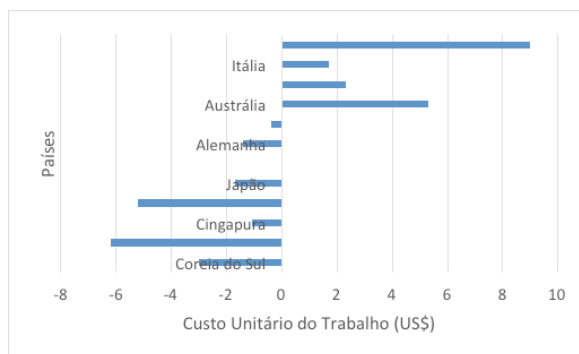
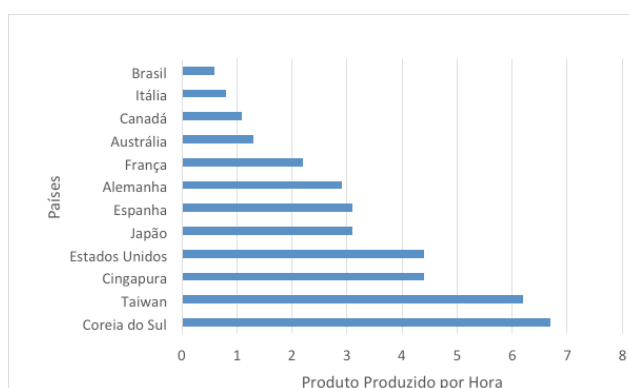


Gráfico 1 – Aumento do Custo Unitário do Trabalho (CUT) – 2002 - 2012

Fonte: Elaborado pela CNI, com base em estatísticas do BLS, The Conference Board, OCDE, Banco Mundial, IBGE, BACEN, FGV, INEGI, SINGSTAT e DGBAS

De acordo com o gráfico, o CUT do Brasil cresceu 9% no período analisado, em contraste com a redução de 6,2% do mesmo índice para Taiwan. O cálculo do CUT envolve três variáveis extremamente relevantes do ponto de vista econômico: salário, produtividade do trabalho e taxa de câmbio. Considerando esses três fatores, a indústria brasileira, no período analisado, apresenta um valor muito elevado e, portanto, pouco competitivo.

Dentre os aspectos avaliados, algo que merece destaque no escopo desta pesquisa é o fator *produtividade do trabalho*, visto que está diretamente relacionado à produção industrial e seus métodos e, desse modo, pode servir de instrumento efetivo para mudanças, levando em conta o cenário econômico mais competitivo. O número de produtos produzidos por hora no Brasil, tendo-se por base o mesmo comparativo estabelecido, apresenta o seguinte resultado:



Fonte: Elaborado pela CNI, com base em estatísticas do BLS, The Conference Board, OCDE, Banco Mundial, IBGE, BACEN, FGV, INEGI, SINGSTAT e DGBAS.

Gráfico 2 – Aumento da produtividade do trabalho no Brasil (comparativo)

O Brasil apresentou um aumento de 0,6% de produtos produzidos por hora, em contraste à elevação de 6,7% do mesmo fator na Coreia do Sul. Esses dados indicam a necessidade real de se levar em conta os aspectos que impactam direta e indiretamente na produtividade no cenário econômico do Brasil na atualidade, demonstrando que esse é um aspecto extremamente relevante na conjuntura econômica atual.

Em relatório da *Conference Board*, sobre a produtividade, publicado em 2015, há um comparativo entre os países em desenvolvimento, que, do mesmo modo, aponta dados alarmantes. De acordo com o relatório:

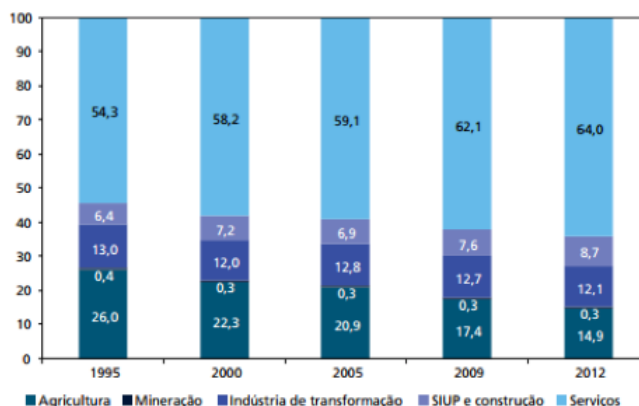
Há diferenças relevantes entre os países do grupo de emergentes e em desenvolvimento. O crescimento da produtividade na China continuou em um caminho de desaceleração de longo prazo a 7% em 2014 em comparação com 7,3% em 2013 e 9,5% da média 2007-2012. A Índia testemunhou uma melhora significativa de 2,8% em 2013 para 3,8% em 2014, como o crescimento do PIB reforçada por quase um ponto percentual. O Brasil vive um declínio dramático com o crescimento da produtividade em 0,3%, ante 1,8% em 2013, enquanto o crescimento da produtividade no México foi de apenas 0,6% em 2014 (em comparação com 0,5% em 2013). O crescimento da produtividade do trabalho na Rússia também enfraqueceu a 0,4% em 2014, ante 1,5% em 2013 [*The Conference Board Brief 2015*, p. 5, Tradução livre].

O “dramático declínio de produtividade” brasileiro elencado no relatório, coloca o país em posição não competitiva, levando em conta o mesmo índice nos demais países emergentes e em desenvolvimento. Isso é preocupante, não somente do ponto de vista do grau comparativo, mas incide fortemente no desenvolvimento interno da indústria do país e no custo do produto para o consumidor final.

O método de análise dos dados utilizados na *Conference Board* leva em consideração os seguintes fatores:

- ☐ Aumento da produção por trabalhador ou trabalhador/hora (de trabalho produtividade): que considera o aumento de contribuição do capital (maquinário, equipamento e estruturas), aumento da contribuição do capital humano (habilidades e capacidades gerenciais) e elevação geral na eficiência de produção e inovação (total do fator de produtividade);
- ☐ Aumento dos trabalhadores e nas horas trabalhadas.

A publicação do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), *Produtividade no Brasil: desempenho e determinantes* (DE NEGRI e CAVALCANTE, 2014), analisa a contribuição de cada setor no fator produtivo. A partir do estudo sobre os indicadores, a produtividade está dividida como o gráfico a seguir:



Fonte: DE NEGRI e CAVALCANTE, 2014, p. 43

Gráfico 3 - Participação percentual dos setores econômicos nas ocupações totais na economia brasileira: anos selecionados entre 1995 e 2012 (%).

De acordo com o relatório, a indústria contribui com cerca de 12,1% da produtividade da economia brasileira no ano de 2012. A mesma pesquisa indica que esse setor tem tido o pior desempenho entre todos os setores no período recente, “ela [a indústria] foi, de fato, quem mais perdeu produtividade relativa em relação à fronteira¹ que, atualmente, é nove vezes mais produtiva do que a indústria brasileira, contra 4,7 vezes em 1995” (*op. cit.* p. 39).

O estudo indica, ainda, que, no que diz respeito à indústria, as empresas que têm mais de 500 funcionários apresentam um nível de produtividade 4,75 vezes (375%) superior ao das empresas com menos de 50 funcionários, sendo que estas representam mais de 90% do número de empresas, cerca de 30% dos trabalhadores e 11% do valor da transformação industrial. Além disso, empresas estrangeiras têm, em média, um nível de produtividade 64% superior ao das empresas nacionais, ao mesmo tempo em que a produtividade nas empresas exportadoras é 164% superior à das não exportadoras. Outro aspecto importante é que empresas inovadoras têm 30% a mais de produtividade que empresas não inovadoras.

Diante desses dados, que aspectos influenciam a produtividade das empresas? O estudo em questão indica alguns pontos, dentre eles, o mais importante, considerando resultados a longo prazo, é a tecnologia.

No longo prazo, a tecnologia talvez seja o fator mais relevante para os ganhos de produtividade, tanto as *tecnologias de processo*, que possibilitam uma maior produção física a partir de uma mesma utilização de fatores, quanto as *tecnologias/ inovações de produto*, que possibilitam preços maiores por uma mesma quantidade física de produtos [*op. cit.*, p. 48].

Portanto, as recentes pesquisas, indicam que há uma relação intrínseca entre tecnologia (de processo e de inovação) e ganho de produtividade, torando-se ponto crucial para aumento de rendimento e, por conseguinte, competitividade no setor industrial.

2 Justificativa

Esta pesquisa analisa a produção da Indústria A, localizada no interior do Estado de São Paulo, com cerca de 200 funcionários, que atua no setor de produção de embalagens alimentícias. Ela fabrica e fornece embalagens plásticas. Para fins de estudo, analisamos a linha que produz tampas para embalagem de café tipo solúvel.

¹ Quando a pesquisa menciona o termo “fronteira” diz respeito, principalmente, aos demais países da América Latina, o que não destoa do contexto mundial.

Utilizando a metodologia do *design thinking*, aplicada à temática “*Supply Chain* no comércio”, proposto pela disciplina Projeto Integrador, da Universidade Virtual do Estado de São Paulo, na etapa ouvir, identificou-se um problema de eficiência de produtividade que, de certo modo, impacta nos resultados da empresa e, também, no funcionamento da cadeia de suprimentos, visto que é uma fornecedora de segunda camada.

Dessa maneira, considerando o estudo introdutório sobre a produtividade, é mister avaliar que papel as tecnologias (de inovação e de processos) podem desempenhar no aumento da eficiência do processo produtivo dessa linha em questão.

Nos itens a seguir, há uma análise teórica dos conceitos que envolvem a problemática, apresenta-se os dados iniciais sobre o caso observado, elencando-se a hipótese a partir dos dados observados e apresenta-se um protótipo no intuito de propor uma solução viável.

3 Manufatura na Indústria de embalagens alimentícias – moldes

A moldagem por injeção é o mais comum dos processos empregados na fabricação de termoplásticos. Consiste em introduzir em um molde a composição moldável fundida em um cilindro aquecido, por intermédio da pressão de um êmbolo.

As máquinas injetoras geralmente dispõem de uma câmara cilíndrica preliminar, aquecida, dotada de parafuso sem fim, que funciona como plastificador e homogeneizador da massa polimérica antes que esta seja admitida à seção a partir da qual será transmitida aos canais de injeção do molde (Figura 1). A refrigeração do material é feita dentro do molde, de maneira que permite a sua solidificação e a remoção do artefato sem deformação.

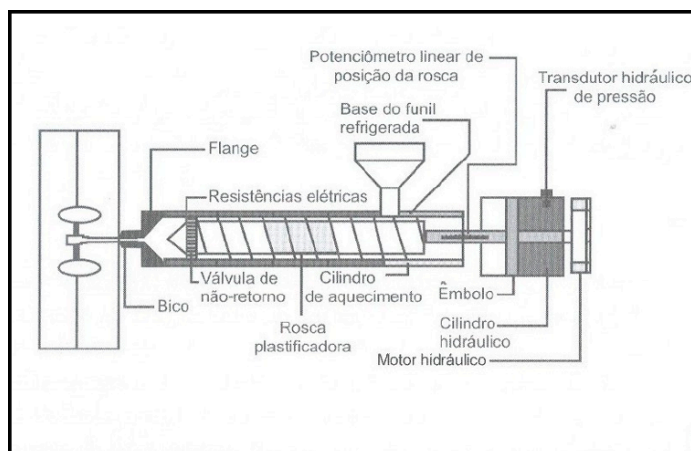


Figura 1 - Diagrama do processo de Injeção do plástico (câmara fria).

Fonte: TINO, V. F. (2005), p. 8

As temperaturas do cilindro de plastificação são resultado do aquecimento das resistências elétricas ao longo do cilindro de injeção que levam o plástico do estado em grânulos ao estado pastoso para ser injetado na cavidade do molde.

Durante o ciclo de operação da máquina para a produção de uma ou mais peças, dependendo da quantidade de cavidades ativas no molde, há alguns estágios importantes para a qualidade da peça injetada:

1. Tempo de preenchimento: é o tempo necessário para o completo preenchimento das cavidades do molde com matéria-prima fundida, cuja regulação incorreta pode acarretar em rejeitos por falha de injeção. Esse

tempo normalmente é definido pela engenharia de processo, e o regulador ajusta a velocidade do parafuso injetor e a posição final do parafuso para garantir um total preenchimento da peça dentro do tempo solicitado.

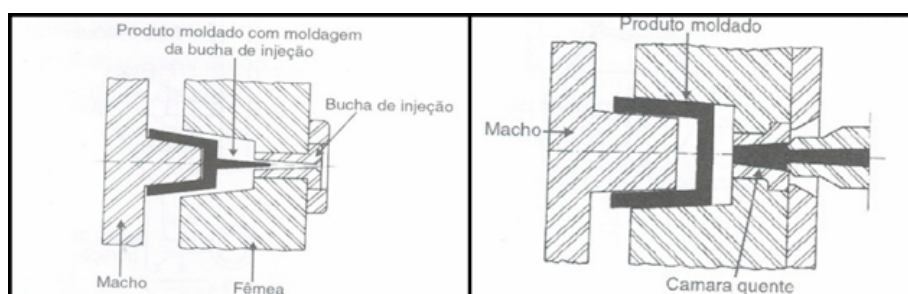
2. Tempo de plastificação: tempo necessário para que o parafuso injetor retorne à posição inicial, carregando o cilindro com matéria-prima virgem. Esse parâmetro definirá quanto tempo a matéria-prima virgem ficará em repouso na zona de alimentação, dando uma ideia ao regulador em que estado estará o material fundido quando o parafuso injetor iniciar o avanço para a produção da nova peça.
3. Dosagem de recalque: posição do parafuso injetor, em que se inicia o processo de recalque, que consiste em continuar com a pressão de injeção, mesmo depois das cavidades do molde estarem preenchidas, para aguardar a solidificação dos canais de injeção, evitando assim um refluxo de material fundido.
4. Cota final de colchão ou almofada: posição do parafuso que define a quantidade de material fundido utilizado durante o recalque, e que fica duas vezes o tempo de ciclo no cilindro de injeção. Como o material utilizado para almofada é exposto o dobro tempo a altas temperaturas, a probabilidade de queima da matéria prima é alta, além de ser esta a primeira a entrar no molde e recobrir as cavidades internas, sendo, portanto, a parte mais visível do produto acabado.
5. Contrapressão: é a força que a rosca deve vencer para retroceder para alimentar o material plástico no próximo ciclo quando está dosando o material. Só há contrapressão quando existir material no funil alimentador da máquina, que é o responsável pela função de empurrar o êmbolo do cilindro hidráulico para trás. O controle da contrapressão melhora as qualidades de homogeneização e plastificação do material plástico.
6. Pressão hidráulica na segunda fase de injeção: pressão hidráulica realizada pela rosca de injeção durante o preenchimento da cavidade do molde com matéria-prima.
7. Posição do parafuso na segunda fase de injeção: posição em centímetros em que termina o avanço da rosca de injeção.
8. Pressão hidráulica: pressão hidráulica realizada pela rosca de injeção contra a matéria-prima durante o preenchimento das cavidades do molde.
9. Pressão na cavidade segunda fase de injeção: pressão medida nas cavidades internas do molde. Normalmente é um dispositivo opcional instalado no molde, que possui comunicação com a máquina injetora.
10. Temperatura do óleo: temperatura do óleo utilizado para promover o deslocamento das partes como molde, cilindro, parafuso injetor na injetora. Essa variável é considerada como de segurança do equipamento, pois, quando a temperatura está baixa, o óleo fica menos viscoso e passa a ser necessário mais força para viabilizar o deslocamento.
11. Índice de viscosidade: índice de viscosidade do óleo utilizado no deslocamento do molde, cilindro, parafuso injetor e outros. A temperatura ambiente pode alterar o índice de viscosidade do óleo e desregular a máquina injetora.
12. Tempo de ciclo: é o intervalo de tempo entre o início da injeção de plástico no molde na peça atual até o início da injeção na peça seguinte. O ciclo total é a soma do tempo do ciclo da máquina mais o tempo que o operador leva para abrir a porta, retirar a peça, e fechar a porta (em moldes não automáticos).

Ajustes errados nos parâmetros da máquina injetora, durante o processo de regulagem, geram invariavelmente perdas de qualidade, que são caracterizadas pela quantidade de peças defeituosas, os rejeitos. Alguns exemplos desses defeitos são: peças com bolhas de ar presas no plástico; peça com deformação em razão da falta de matéria-prima em uma determinada região (“chupagem”); peça deformada ao ser retirada ainda quente do molde (empenamento); falha de injeção, quando a cavidade do molde não é preenchida com a quantidade de matéria-prima mínima para compor a peça; peça com mancha de óleo, água ou alguma impureza do molde; peça com sobras excessivas de plásticos nas bordas (rebarbas), peça com marcas do extrator do molde; etc.

O processo de injeção é descontínuo, aplicável a termoplásticos, muito comum na obtenção de pequenas peças em curtos ciclos de moldagem. Exemplo: utensílios domésticos, brinquedos, bijuterias, pré-formas para moldagem em sopro etc.

Um dos inconvenientes da moldagem por injeção é a grande quantidade de material descartado após a retirada da peça injetada, sob a forma de galhos e varas por onde havia passado o plástico fundido. Esses resíduos, após a fragmentação em moinhos apropriados, são normalmente reutilizados. Mas, em virtude dos riscos de contaminação, isso não é possível no caso de utensílios que serão usados em embalagens de alimentos.

Para essa situação, é mais apropriado utilizar moldes com câmaras quentes, em que não há canais de injeção e, sim, um volume aquecido por resistências que mantém a matéria-prima em estado pastoso para a injeção. Nesse tipo de ferramenta, os ganhos estão na eliminação do galho, que implica na redução dos custos com as perdas de matéria-prima, e na injeção por múltiplos pontos que, por sua vez, implica na redução do tempo de ciclo do processo em função de um preenchimento mais rápido e eficiente.



A Figura 2 mostra uma comparação entre moldes com e sem câmara quente.

Figura 2 - Molde sem câmara quente com presença de galho e molde com câmara quente, sem perda por galho.

Fonte: TINO, V. F. (2005), p. 13

Portanto, pela análise da tecnologia descrita, o molde com câmara quente é uma tecnologia mais moderna, que tem resultado efetivo na eficiência do processo de injeção de plásticos.

4 Problema e objetivos da pesquisa

A visita à Empresa A, bem como as entrevistas aplicadas aos representantes do setor de produção, indicaram uma baixa eficiência produtiva no que diz respeito à fabricação da tampa plástica de embalagem alimentícia, como elucidada na figura a seguir:

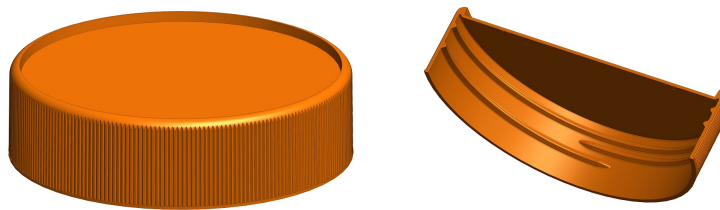


Figura 4 – Tampa de embalagem alimentícia

Fonte: arquivo pessoal

O molde utilizado atualmente no processo de injeção para a fabricação do produto em questão pode ser visto nas imagens a seguir:



Figura 5 – Molde utilizado atualmente

Fonte: arquivo pessoal

Como é possível verificar, ele possui uma série de desgastes e sinais de corrosão. Esse molde funciona com injeção por canal frio (convencional), onde o plástico troca calor com o molde já nos galhos de distribuição, causando congelamento na parede do canal. Este congelamento restringe a passagem do polímero até a peça, causando um maior cisalhamento das moléculas e perdas de matéria prima. O molde possui 4 cavidades e o seu ciclo é de 18 segundos, ou seja, o tempo para injeção da pasta plástica e secamento das peças. Utilizando-se desse material, é possível produzir 11 mil peças por dia. No entanto, em dados coletados em pesquisa, os profissionais envolvidos no processo indicam que esse é somente 57% da capacidade de produção, o que indica um ponto crucial, considerando a produção em larga escala.

Essa baixa produtividade impacta, muitas vezes, na reprogramação do prazo de entrega, comprometendo até mesmo a competitividade da empresa diante dos demais concorrentes, colocando em risco contratos acordados, que podem acarretar em multas e perda de credibilidade.

O molde que se utiliza de tecnologia ultrapassada de câmara a frio, tem um índice de perdas considerável. Isso porque os galhos, espaços entre a injeção e molde que são preenchidos com a pasta plástica, após o resfriamento, é descartado. Caso fosse utilizado para outras finalidades, poderia não haver problema, contudo, por tratar-se de embalagem de produto alimentício, a reutilização pode acarretar contaminação de todo o produto.

Além disso, o desgaste provocado nos moldes pode comprometer a qualidade do produto final, impactando diretamente na capacidade de manter o alimento bem armazenado, visto que é perceptível e depende de embalagem adequada.

Outros problemas ligados à falta de eficiência produtiva está o consumo de energia e o consumo do fator hora-máquina, que envolve desde a mão-de-obra até o gasto com manutenção do maquinário.

Todas essas informações foram elencadas nas fases de observação, entrevistas e pesquisa teórica e foram essenciais para definir esse aspecto como problema relevante a ser trabalhado.

Desse modo, o objetivo dessa pesquisa é propor uma alternativa tecnológica viavelmente econômica ao molde utilizado que impacte diretamente nesses fatores elencados e provoque um aumento considerável na produtividade da linha dessa peça em questão.

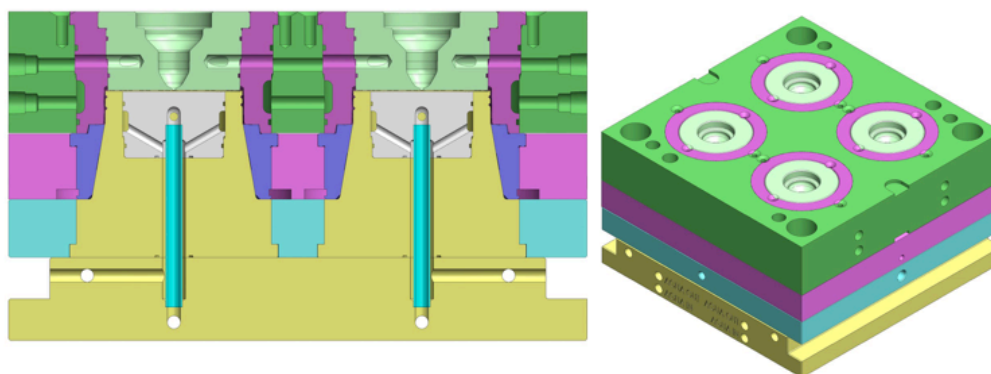
Por meio da implantação dessa nova tecnologia, espera-se alcançar os seguintes resultados:

- ☐ melhoria na eficiência de produção;
- ☐ diminuição no prazo de entrega do produto;
- ☐ diminuição no consumo de matéria-prima, produzindo mesma quantidade;
- ☐ diminuição no consumo de energia-elétrica;
- ☐ diminuição no tempo de utilização das máquinas injetoras;
- ☐ diminuição da utilização de mão-de-obra;
- ☐ diminuição do tempo gasto com manutenção do molde / ferramenta;
- ☐ diminuição de mão-de-obra de apoio voltada para a avaliação da qualidade das peças produzidas;
- ☐ diminuição do custo de produção, sendo possível reverter os ganhos em aumento na margem de lucro ou desconto para o cliente, aumentando a competitividade no mercado;
- ☐ melhoria nos resultados da empresa.

Assim, é essencial que, em etapa posterior, seja avaliada a viabilidade econômica do projeto, no intuito de diminuir o impacto financeiro de sua implementação e programar o tempo de retorno de investimento.

4 Descrição do Protótipo

O novo modelo de molde criado está representado na figura que segue.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 14 - Esquema molde mais atual

Esse molde funciona por intermédio do uso de um sistema de câmara quente, que é um conjunto de componentes formado por um bloco distribuidor, buchas e ponteiras aquecidas

por resistências, que, quando acoplado ao molde, funciona como a extensão do bico injetor da máquina, mantendo o fluxo de material uniforme para todas as cavidades e resultando em peças injetadas livres de variações e defeitos. Comparado com o sistema de canal frio, o sistema de câmara quente é mais eficiente e preciso, gerando peças com melhor qualidade no acabamento e mais rentáveis, visto que esse sistema permite produzir com menos tensões internas comprometedoras, e, portanto, com melhor qualidade. As tensões no produto final são reduzidas, já que o material entra na cavidade do molde com a temperatura ideal para injeção.

No presente projeto, desenhou-se um molde que faz uso desse sistema, para substituir o molde antigo, com tecnologia obsoleta. O desenho técnico desse novo molde pode ser visto no Anexo A.

Após criação do modelo, foi possível estimar alguns dados, conforme a Tabela 2.

Informações
Molde de 4 cavidades
Produção Diária: 24.480 peças
Ciclo: 12s.
Eficiência: $\geq 85\%$

Fonte: arquivo pessoal.

Tabela 2 – Estimativa de dados de acordo com o novo molde

O valor de 12 segundos para o ciclo de injeção é estimado, visto que foi determinado considerando os seguintes fatores:

1 - Entrevista com profissional diretamente atuante no processo. O entrevistado sugeriu a fabricação de nova ferramenta e informou o ciclo que poderia ser alcançado, conforme sua experiência profissional.

2 - Segundo estudo feito em material, retirado de conceituado fabricante de sistema de câmara quente, a adoção da tecnologia diminui o ciclo de injeção, comparado ao sistema com câmara fria (galhos).

3 - No processo de injeção com câmara fria, geralmente os galhos possuem uma espessura considerável, a fim de permitir o fluxo de material. Nesse caso, em específico, o galho possui maior espessura que a parede do produto.

O ciclo de injeção é, basicamente, a somatória das seguintes etapas de injeção:

- Fechamento do molde de injeção;
- Injeção do material fundido dentro da cavidade;
- Recalque: rosca dentro do canhão da máquina pressuriza o material para compensar a contração do material fundido (resina);
- Plastificação: rosca recua e recarrega material para próxima injeção;
- Arrefecimento: refrigeração do material injetado até que o mesmo possa ser extraído sem que haja deformação;
- Abertura do molde de injeção;
- Extração por movimento mecânico da máquina / molde.

Cada etapa citada consome um determinado tempo, mesmo que esteja seja mínimo (décimos / centésimos de segundo).

No processo de injeção com sistema de câmara quente, a etapa b. demanda menor tempo, visto que o galho não existe (não é necessário preencher o caminho, que é propriamente o galho). Além disso, as etapas de plastificação e arrefecimento são mais rápidas, em razão de o volume de material ser menor.

Quanto mais espessa é a parede do produto, maior o tempo de refrigeração. Como, no caso do molde antigo, o galho (câmara fria) é mais espesso que a tampa, essa alteração influencia diretamente no ciclo.

4 - O molde com tecnologia atual (protótipo proposto) permite uma circulação maior de refrigeração ao redor do conjunto cavidade, o que é chamada de refrigeração intensiva. Dessa forma, o tempo de arrefecimento é menor.

Como consta no feedback do item 4.4, o departamento de processos sugeriu que, após a amortização do valor da aquisição do novo molde, estimando-se alcançar uma economia maior no processo, se investisse em uma nova melhoria, implantando uma geladeira dedicada que diminuiria o tempo de resfriamento e impactaria ainda mais no resultado final do ciclo de produção. O valor da geladeira é de R\$40.000,00, sua implementação reduz, por estimativa, cerca de 1 segundo no ciclo, além de melhorar a qualidade do produto final, considerando o resfriamento mais rápido da peça.

Informações
Molde de 4 cavidades
Produção Diária: 26.705 peças
Ciclo: 11s.
Eficiência: $\geq 85\%$

Fonte: arquivo pessoal

Tabela 3 – Estimativa de dados de acordo com o novo molde e aquisição da geladeira dedicada

5 Discussão de resultados

Com base na eficiência estimada com a utilização do novo molde com câmara quente, de acordo com a eficiência estimada por meio de entrevistas e de fabricante de material semelhante, é possível estimar que o ciclo reduza de 18 segundos, no método antigo, para 12 segundos, no método novo. Essa alteração impacta numa eficiência próxima de cem por cento. Assim, num cenário de produção de 244.800 peças, que no paradigma atual demoraria 22,25 dias de produção, com a utilização do novo molde passaria a demorar somente 10 dias.

Com a implantação da geladeira dedicada, de acordo com a sugestão dos *feedbacks*, é possível reduzir mais um segundo do ciclo, alcançando 11 segundos, e uma produção diária estimada de 26.705, fazendo que a produção de 244.800 peças passasse a ser finalizada em 9,16 dias.

Portanto, estima-se um ganho de eficiência aproximadamente de 50% de produtividade. Isso, impactaria nos seguintes aspectos produtivos:

1. Aumento da eficiência / produtividade;
2. Redução do consumo de matéria-prima (resina, master/pigmento);
3. Redução da “hora-máquina” para produção da mesma quantidade de peças (mão-de-obra, estrutura de fábrica, energia etc.);
4. Sustentabilidade: menor consumo de energia para produção da mesma quantidade de peças;
5. Maior segurança para o cumprimento de prazos de produção;
6. Diminuição de mão-de-obra de apoio (Qualidade e Ferramentaria, por exemplo);
7. Diminuição do custo de produção;
8. Melhoria nos resultados da empresa.

Outros aspectos ainda devem ser levados em conta, como a melhoria da qualidade da peça, visto que teria um processo com qualidade mais bem assegurada, e impacto na adequada proteção do alimento, resultando bem-estar do consumidor final.

6 Considerações finais

Em primeira instância, a utilização do modelo proposto apresenta grandes impactos no que diz respeito à produtividade. Esse fato é essencial para o bem-estar da empresa e a sua competitividade diante dos demais concorrentes do mercado em que atua.

Outro aspecto relevante é a melhoria do produto final, que influencia todos os clientes da cadeia, até o consumidor final, haja vista que a adequada proteção do alimento garante que o produto a ser consumido seja isento de contaminações e, ao mesmo tempo, tenha validade de acordo com o prazo estipulado.

A economia atingida por meio da diminuição da hora-máquina, utilização da mão-de-obra de apoio, energia e resina, são aspectos cruciais e que, por vezes, passam despercebidos nos cálculos de custo de produção.

Analisando a viabilidade de aplicação, por meio de entrevista com especialistas e uma análise criteriosa dos custos de fabricação do molde e o tempo de retorno de investimento, bem como da compra de uma nova geladeira dedicada (Anexo B), concluímos que o investimento é muito importante para a empresa, baseando-se na competitividade gerada na diminuição dos custos e dos prazos, além do aumento da qualidade e sustentabilidade, pela economia de matéria-prima e energia

Referências

CNI (Confederação Nacional das Indústrias). Nota econômica: indústria brasileira perde competitividade há uma década. *Informativo CNI*, Ano 1, número 1, Janeiro de 2015. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/publicacoes-e-estatisticas/publicacoes/2015/02/1,56884/nota-economica-1-industria-brasileira-perde-competitividade-ha-uma-decada.html>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

CONFERENCE BOARD, THE. *Productivity Brief 2015*: global productivity growth stuck in the slow lane with no signs of recovery in sight. May, 2015.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L.R. *Produtividade no Brasil*: desempenho e determinantes. IPEA, Brasília, 2014.

HARADA, J. *Moldes para Injeção de Termoplásticos: projetos e princípios básicos*, Artliber, cp. 3 – Máquinas de Injeção, cp.4 – Dados técnicos para injeção, cp. 10 – Efeitos das condições de processo, 2004.].

PEINADO, J.; GRAEML, A.R. *Administração da produção: operações industriais e de serviços*. Curitiba, UnicenP, 2007. Disponível em: <<http://www.paulorodrigues.pro.br/arquivos/livro2folhas.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2016.

PIRES, S. R. *Gestão da cadeia de suprimentos (supply chain management)*: conceitos, estratégias, práticas e casos. São Paulo, Editora Atlas, 2007.

ROSSI JUNIOR, J.L.; FERREIRA, P.C. *Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial*. IPEA, Rio de Janeiro, 1999.

SHINGO, S. *Sistema Toyota de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.)

TINO, V.F. *Utilização de análise de componentes principais na regulação de máquinas de injeção plástica*. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro,

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A Mentalidade enxuta nas empresas*: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro, Elsevier, 2004.