



**FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E NEGÓCIOS
DE SERGIPE – FANESE
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

JOSIAS GONÇALVES JUNIOR

**OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO OPERACIONAL DE MOLDES
PLÁSTICOS COM AUXÍLIO DA FMEA**

Aracaju – SE

2011. 1

JOSIAS GONÇALVES JUNIOR

**OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO OPERACIONAL DE MOLDES
PLÁSTICOS COM AUXÍLIO DA FMEA**

Aracaju – SE

2011. 1

JOSIAS GONÇALVES JUNIOR

**OTIMIZAÇÃO NO PROCESSO OPERACIONAL DE MOLDES
PLÁSTICOS COM AUXÍLIO DA FMEA**

Monografia apresentada à banca examinadora da Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe – FANESE, como requisito para cumprimento curricular e elemento obrigatório para obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção, no período de 2011.1.

Prof. Esp. José Ricardo Menezes Oliveira
1º Examinador (Orientador)

Prof. Esp. André Maciel Passos Gabillaud
2º Examinador

Prof. Dsc. Jefferson Arlen Freitas
3º Examinador

Aprovado com média:_____

Aracaju (SE), _____ de _____ de 2011.

Dedico este trabalho aos meus pais, minha esposa e meus irmãos, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos que mais precisei, e também aos meus professores, que ministraram o curso, cujas idéias, reflexões e posturas me auxiliaram bastante para elaboração dessa monografia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido forças para enfrentar essa batalha e ter conseguido superar todas as dificuldades enfrentadas durante a jornada de estudante, que não foi fácil, mas que valeu muito.

Há pessoas muito especiais na minha vida, sem eles seria impossível chegar a aonde cheguei. Sempre me dando força, carinho, educação, me ensinando sempre a viver com honestidade, e estando sempre do meu lado, tanto nas horas difíceis como nas horas de alegrias. Obrigado meu pai (Josias Gonçalves), e minha mãe (Telma Maria Cirilo Gonçalves). Essa vitória não é só minha, é de vocês também. Amo muito vocês, meu pai e minha mãe, vocês são tudo na minha vida.

Agradeço a minha esposa (Sueli V. M. Gonçalves), que esteve sempre ao meu lado, me apoiando e dando força nos momentos difíceis, TE AMO.

Agradeço aos meus irmãos Paulinho, Marquinhos e Rosangela, que tiveram compreensão quando em momentos importantes não estive reunido com eles, principalmente pelo motivo da distância.

Agradeço aos queridos avós maternos: Florita e Paulo Cirilo, e aos meus avós paternos Maria de Lurdes (in memorian) e Antônio Gonçalves (in memorian), obrigado por vocês serem meus avós.

Agradeço a minha cunhada Sara e seu esposo Jorge que sempre me deram apoio e estiveram ao meu lado. Sara você é minha irmã do coração.

Agradeço aos meus irmãos na fé, que compreenderam a minha ausência em muitas situações, e com isso todos oraram por mim nesta empreitada.

Agradeço a todos os professores da faculdade, em especial a Ricardo Oliveira Meu orientador, Helenice Garcia, Jefferson Arlen, Mário Celso, Marcos Aguiar e André Gabillaud. Obrigado a todos vocês por terem passado os seus conhecimentos para que eu tivesse um bom aproveitamento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Processo de moldagem plástica por injeção.....	17
Figura 02: Injetora horizontal.....	18
Figura 03: Injetora ROMI.....	19
Figura 04: Molde de injeção plástica.....	21
Figura 05: Sistema de injeção desbalanceado.....	25
Figura 06: Sistema de injeção balanceado.....	25
Figura 07: Modelo de formulário.....	28
Figura 08: Modelo de gráfico de pareto.....	31
Figura 09: Produto com agulha quebrada.....	39
Figura 10: Cabeçalho do formulário.....	40
Figura 11: Análise das funções, falhas e efeitos.....	40
Figura 12: Análise das ocorrências, controle e detecção.....	40
Figura 13: Ações recomendadas.....	41
Figura 14: Material proposto para ação recomendada (Aço VND).....	42
Figura 15: Agulha original comercializada.....	42
Figura 16: Novo modelo de agulha.....	43
Figura 17: Agulhas na posição de trabalho.....	43
Figura 18: Moldes com agulhas novas.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Custo de manutenção.....	31
Tabela 02: Tempo médio de manutenção.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Características dos componentes do molde.....	21
Quadro 02: Elementos especiais na liga de aço.....	23
Quadro 03: Descrição da escala de severidade.....	33
Quadro 04: Escala de avaliação de ocorrência.....	34
Quadro 05: Escala de detecção.....	35

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Ocorrências de parada de máquina	37
Gráfico 02: Ocorrências nos moldes	37
Gráfico 03: Quantitativos de ocorrências no molde espalhador	38
Gráfico 04: Custos referentes à manutenção do molde	39
Gráfico 05: Comparação entre as agulhas	46
Gráfico 06: Relação entre os custos	47

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE GRÁFICOS.....	xi
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
1.3 Justificativa.....	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
2.1 Processo de Injeção Plástica	17
2.2 Análise e Descrição para Projeto de Moldes	19
2.2.1 Detalhamento do molde.....	20
2.2.2 Materiais para cavidade	22
2.2.3 Disposição das cavidades	24
2.3 FMEA	26
2.3.1 Construção da FMEA	26
2.3.2 Preenchimento do formulário	27
2.4 Gráfico de Pareto	21
3 METODOLOGIA	32
3.1 Métodos e Procedimentos	32
3.2 Critérios para Aplicação do FMEA.....	33
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	36
4.1 Problemas Ocorridos no Setor de Injeção Plástica	36
4.2 Aplicação da FMEA	40
4.3 Cálculos para Determinação do Custo da Agulha Substituta	45
5 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS.....	50

RESUMO

Este estudo foi desenvolvido em uma Fábrica de Chuveiros elétricos inicialmente no período de Estágio na Empresa, visa a otimização no processo operacional dos moldes plásticos com o auxílio da ferramenta FMEA. No período de 02 de março a 01 de abril de 2009, foram coletados e analisados dados de ocorrências que ocasionavam parada de produção dos moldes de injeção plástica, provocando atraso na produção. O desenvolvimento do estudo foi de suma importância para que se propusessem ações de melhorias, reduzindo assim a parada de produção. Com base no estudo, a revisão da literatura forneceu uma análise sistemática. Foram construídos gráficos de Pareto, com dados coletados no período de estágio, a fim de detectar o molde com maior índice de ocorrências, tornando-se então objeto de estudo para a aplicação da FMEA, que através de análise quantitativa possibilitou a recomendação de ações para redução de paradas de produção e melhorias no processo de injeção plástica. As ações voltadas para substituição da agulha resultou em melhoria significativa na produtividade, e nos custos operacionais da manutenção do molde que ocasionava a maior parada da máquina injetora, reduzindo em 35% os custos de manutenção.

Palavra-chave: Moldes de injeção Plástica, Processo Operacional, FMEA.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o mercado consumidor está cada dia mais exigente com relação aos produtos adquiridos, os clientes mais conhecedores de seus direitos, e o mercado mais competitivo. Empresas buscam de diversas formas, o modelo de produção que lhe proporcione uma forma de produzir com o mínimo de custo possível, maximizando seus lucros na indústria.

Após a Revolução Industrial, o crescimento das indústrias e suas tecnologias não pararam de crescer, inovações surgiram, e com elas materiais substitutos. Nos dias atuais os materiais sintéticos estão revolucionando os produtos que anteriormente tinham uma matéria prima como base. Com o passar dos anos, os materiais termoplásticos foram ocupando espaços que anteriormente era do aço, vidro, e madeira. Os materiais plásticos como matéria prima aumentaram a velocidade de produção dos produtos, e desta forma reduziram os custos produtivos. Além disso, são materiais com um custo menor para a indústria, e possuem uma densidade menor que a do aço, e suas formas podem ser mais complexas. Uma cadeira de plástico, por exemplo, pode ter diversos acabamentos sem alterar a velocidade do processo, diferente das produzidas anteriormente com outros materiais. (ALBUQUERQUE, 1999)

O processo de fabricação de chuveiros dentro de uma unidade fabril é complexo, no entanto o processo de injeção plástica através de um molde é distinto, para a concepção de um produto através de injeção plástica é necessário considerar aspectos como a estética do produto, a facilidade de moldagem, a facilidade de extração, a facilidade de execução do molde, e a economia do material. O processo de injeção plástico compõe-se de três elementos fundamentais; uma injetora, um molde e a matéria prima. A injetora tem por finalidade a fundição da matéria prima. E a recebe em um compartimento, no qual através de resistências de alta potência, é feita a fundição dos grãos, tornando os grãos em forma líquida para que seja introduzido no molde. (HARADAS, 1991)

O Molde de Injeção Plástico, antes de ser fabricado passa por diversas análises para que sua construção seja da forma mais adequada possível, atendendo as especificações técnicas do produto. Na fase em que o molde é projetado, considera-se os materiais utilizados na construção das matrizes, o tipo de extração do produto de dentro do molde, onde será sua linha de fechamento, quantos produtos serão extraídos por ciclo de máquina, e onde será a refrigeração do molde para aumentar sua produtividade. A produtividade do molde varia de acordo com sua concepção, afetando também a produtividade do setor de injeção. (GLANVILL, 1970).

Os Custos de uma indústria estão diretamente relacionados à sua produtividade. Quando por algum motivo sua produtividade está baixa, seus custos estão inversamente proporcionais. No setor de injeção plástico os custos podem aumentar significativamente quando a produtividade está abaixo do programando. Um dos fatores que podem reduzir a produtividade é a parada prematura de um molde em funcionamento, seja ela por quebra da máquina ou quebra do molde.

A matéria prima utilizada na fabricação dos moldes é de suma importância, pois cada material possui em suas propriedades, características diferentes para cada necessidade de aplicação. Cada elemento do molde tem sua função e material apropriado para que no conjunto funcione sem apresentar falhas. Objetivando que o processo de injeção funcione com uma maior confiabilidade, será utilizada a técnica de análise sistemática de falhas FMEA, que proporciona o prognóstico de problemas, buscando a eliminação de falhas potenciais.

Desta forma através da pesquisa busca-se analisar o molde de injeção plástica e suas avarias, que ocasionam parada inesperada da produção. O molde de injeção é o responsável pela forma final do produto que irá para o mercado consumidor. É de suma importância a identificação dos modos de falhas, pois deve-se restringir as causas, proporcionando o aumento na produtividade do molde de injeção e formar a finalidade do produto em conformidade com as especificações técnicas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Implementar melhoria no processo operacional dos moldes plásticos em uma indústria de chuveiro.

1.1.2 Objetivos específicos

Identificar através de abordagem sistêmica os fatores críticos de ocorrências de falhas na fabricação de componentes de um chuveiro;

Determinar o impacto das falhas potenciais sobre os Custos Operacionais de Fabricação;

Propor ação de melhoria na área de manutenção dos moldes;

Promover aumento na produtividade mantendo a qualidade do produto final.

1.2 Justificativa

Nos dias atuais as empresas procuram minimizar os custos na produção. Com a redução de seus custos podem oferecer seus produtos ou serviços com maior poder competitivo, levando assim a vantagem de precificação sobre seus concorrentes.

Para que seja alcançado o objetivo da fabricação de um produto em conformidade com as especificações de projeto, devem-se analisar todos os itens necessários, e as suas interações nos diversos processos de fabricação, para que não ocorram divergências com relação aos objetivos de atendimento às necessidades do consumidor. Nesta perspectiva, analisaram-se as ocorrências que ocasionam parada do molde no processo de injeção plástico numa Indústria de Chuveiros durante o período de um mês, e em seguida constrói-se uma planilha, pela qual verificam os problemas que ocorrem com maior frequência, e

conseqüentemente aumentam os custos operacionais, relativos principalmente a mão de obra, parada de produção, utilização de materiais e redução na produtividade.

O desenvolvimento da pesquisa é de suma importância para que se possam propor ações de melhorias no molde que contabiliza o maior número de avarias, como quebras de componentes, riscos, amassados, dentre outros, utilizando a ferramenta FMEA “*Failure Mode and Effects Analysis*” (Análise de Modos de Efeitos de Falhas).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na revisão da literatura, está a base conceitual deste trabalho que contém informações sobre o procedimento do setor de injeção plástica, local em que a matéria prima é fundida e dada forma ao produto. Após o setor de injeção plástica, será detalhado o processo de projetos para moldes de injeção, detalhamento para construção de moldes com especificações de aços. E em seguida, a ferramenta de Análise de Falhas e Efeito FMEA que tem como função principal a prevenção de falhas, antes que elas ocorram.

2.1 Processos de Injeção Plástica

Segundo Galdames e Carpinetti (2004), no processo de injeção plástica para a fabricação de produtos seja qual for à dimensão ou o perfil, são introduzidos os grânulos do polímero no compartimento da máquina injetora onde serão fundidos, e em estado líquido, injetados no molde por um cilindro conforme a figura 1.

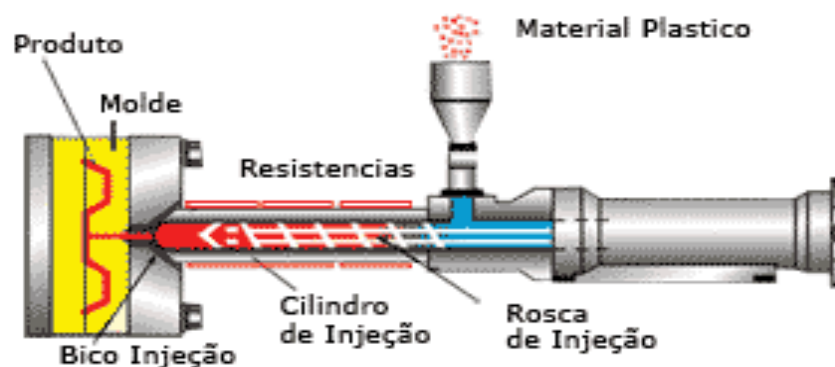


Figura 1 – Processo de moldagem plástica por injeção
Fonte: Galdames e Carpinetti (2004)

Segundo Cominatto (1997), devem ser observados alguns parâmetros de controle de injeção como:

- Tempo de ciclo: é o tempo para que seja completado o processo de um produto;
- Velocidade de injeção: é o tempo necessário para preencher a cavidade do produto;
- Tempo de resfriamento: é o tempo em que a máquina aguarda para que o material solidifique no perfil do produto;
- Temperatura do molde: é controlado pela quantidade de água que passa no sistema de refrigeração do molde;
- Temperatura da máquina: define a temperatura do material antes de ser injetado no molde;
- Pressão de injeção: é a pressão com que o material é injetado no molde;
- Pressão de recalque: é a pressão que atua durante o processo de solidificação do material, garantindo que as cavidades sejam preenchidas.

De acordo com Galdames e Carpinetti (2004), ainda que os operadores da máquina tenham grande conhecimento e experiência nos processos de fabricação utilizados pela empresa, eles perdem muito tempo e material para encontrar as regulagens ideais. Existem moldes e máquinas injetoras de diversos tamanhos conforme a Figura 02 e Figura 03.



Figura 02: Injetora Horizontal
Fonte: empregosemsp



Figura 03: Injetora ROMI
Fonte: Plasticoville

Conforme a Figura 03, observa-se que o tamanho da máquina pode variar de acordo com as dimensões do molde a ser injetado.

2.2 Análise e Descrição para Projetos de Moldes

O processo de fabricação de chuveiros dentro de uma unidade fabril é complexo, no entanto o processo de injeção plástica é distinto. De acordo com Provenza (2005), para a fabricação de um produto produzido através de injeção plástica é necessário ter em sua concepção as seguintes considerações:

- Estética do produto;
- Facilidade de moldagem;
- Facilidade de extração;
- Facilidade de execução do molde;
- Economia do material.

Segundo Provenza (2005), em muitos casos será suficiente apenas uma leve modificação do produto para simplificar a execução e reduzir os custos, sem alterar a estética e sua eficiência. Após a definição do produto a ser injetado, inicia-se o projeto de construção do molde que deve seguir uma relação de requisitos como:

- Quantidade e posicionamento das cavidades: refere-se à quantidade de produtos que será obtido a cada abertura do molde;

- Abertura do molde: é determinada de modo a usinar facilmente as partes do molde, extrair facilmente a peça moldada e não deixar marcas na peça moldada.
- Alimentação: é o fornecimento de material plástico às cavidades do molde, através de bucha de injeção para os canais de distribuição e, destes para as cavidades do molde;
- Resfriamento: depois de injetado o material do molde, para acelerar a solidificação e extrair o produto, é preciso resfriar convenientemente o molde. A maioria dos moldes são resfriados com água que circula através das passagens existentes nos próprios moldes;
- Aquecimento: vários materiais termoplásticos, como o acrílico e o nylon, não moldam satisfatoriamente em moldes frios. Nestes casos é necessário aquecer o molde para conseguir bons resultados;
- Contração do plástico: entende-se por contração ou encolhimento, diferença entre as dimensões da peça injetada, após alcançar o equilíbrio térmico em temperatura ambiente, e o tamanho em que a peça foi injetada.
- Ciclo de moldagem: é o intervalo total de tempo entre o instante em que o molde se fecha durante um ciclo e o período correspondente em que encerra no ciclo seguinte;
- Força de fechamento; é a força de fechamento mensurada em tonelada que exerce na linha de fechamento do molde mantendo o molde fechado, já que existe a pressão de injeção que é a que provoca o enchimento das cavidades do produto exerce uma força oposta a do fechamento.

2.2.1 Detalhamento do Molde

A indústria de plástico tem se expandido extraordinariamente nestes últimos anos, em especial o setor de injeção plástica. Com a exigência do mercado consumidor em produtos cada vez mais acessíveis, com o aumento da demanda dos produtos, a busca por menores custos produtíveis e a evolução na pesquisa de materiais substitutos ao aço, contribuiu para o crescimento do setor.

Um molde bem projetado deverá garantir a continuidade do fluxo plástico, resistir às pressões de modelagem, resfriar de acordo, proporcionar o acabamento desejado ao produto e permitir a sua fácil extração. A Figura 04 mostra em detalhes os nomes das placas e detalhes do molde de injeção plástica. (GLANVILL, 1970)

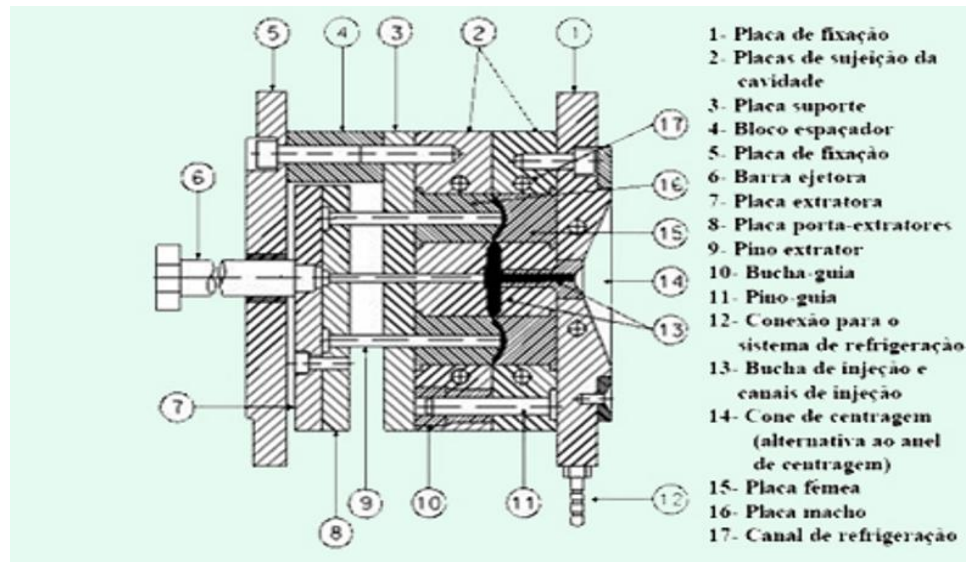


Figura 04: Molde de injeção plástica
 Fonte: Glanvill (1970)

No Quadro 01 estão relacionadas algumas características dos componentes de um molde. Se qualquer uma destas características não for bem observada, a peça terá qualidade inferior à especificada.

Componentes do molde	Características
Base do molde (1 e 5)	Mantém a cavidade corretamente posicionada em relação ao bico da máquina.
Pino guia (11)	Mantém o alinhamento entre as duas metades do molde.
Bucha de injeção e Canais de injeção (13)	Controla a entrada do material para a parte interna do molde.
Cavidades e macho (2)	Controlam o tamanho, a forma e a superfície da peça.
Sistema de refrigeração (17)	Controla a temperatura das superfícies do molde para solidificar o material.

Pinos de retorno	Retornam os extratores à posição inicial quando o molde se fecha para o próximo ciclo.
Mecanismo de extração (7,8 e 9)	Extraí a peça rígida da cavidade.
Saídas	Permitem a saída de gás e ar.
Barra ejetora (6)	Aciona a placa extratora para remoção da peça.
Anel de centragem	Centraliza o canhão da máquina no molde
Gaveta, pino, lateral	Formam os furos, rasgos, rebaixo e roscas no produto final.

Quadro 01: Características dos componentes do molde

Fonte: Denton (1970)

2.2.2 Materiais para Cavidades

Segundo Harada (2004) a seleção dos materiais com os quais se confeccionará as cavidades depende dos seguintes fatores:

- Precisão requerida;
- Número esperado de produção;
- Processo de obtenção da cavidade escolhida;
- Acabamento e tratamento térmico disponível.

É importante observar que os materiais empregados na construção das cavidades e dos machos requerem normalmente tratamento térmico como, normalização, recozimento, têmpera, revenimento, cementação, dentre outros. (PROVENZA, 2005)

Os aços normalmente empregados são:

- Aços de baixo teor de Carbono, temperados, cementados e polidos. Usados nos moldes de injeção especialmente para polietileno de baixa densidade.
- Aços Ni-Cr e Ni-Cr-Mo, de fácil usinagem. Endurecidos em óleo ou ar, resistente ao desgaste conforme exemplos:

Villares: VCO, VMO, VH13.

Phoenix: ENC 1

- Aços de alto teor de Carbono e Cromo, usados para moldes que requerem mínima distorção e máxima resistência a brasão conforme exemplos:

Villares: VC-130, VC131, VND.

Phoenix: Triumphator.

O Quadro 02 identifica os efeitos dos elementos especiais na liga de aço em geral:

Elemento	Efeitos
Silício	Dureza
Carbono	Endurecedor
Manganês	Desoxidante
Níquel	Tenacidade e resistência
Cromo	Dureza e melhora o polimento
Vanádio	Purificador e aumenta a resistência à fadiga
Molibdênio	Amplia a margem de tratamento térmico
Tungstênio	Dureza e resistência ao calor

Quadro 02: Elementos e efeitos na liga de aço
Fonte: Harada (2004)

A escolha incorreta de um aço determina inúmeras vezes em graves conseqüências. Para selecionar o aço adequado a cada componente do molde ou até de um estampo de corte, deve-se levar em consideração a função dos diversos esforços que ocorrerá com a peça. Por esse motivo é muito importante o acompanhamento de um especialista em materiais e tratamento térmico. Para um rendimento satisfatório de um molde, é levada em consideração a sua resistência, na qual é determinada pelo material e tratamento térmico. (AÇOESPECIAL, 1995)

De acordo com os catálogos de materiais da Empresa Villares Metais, o aço VH13 é um aço indicado para trabalho a Quente, como molde para injeção de plástico. Além de possuir características como:

- Alta resistência a trinca ocasionado por fadiga térmica;
- Boa tenacidade, usinabilidade e polibilidade;
- Boa estabilidade térmica;
- Boa resistência ao desgaste.

Sua composição é formada de 0,4% de carbono, 1,0% Silício, 0,35% manganês, 5,2% cromo, 1,5% molibdênio e 0,9% vanádio.

O aço VH13 é fornecido recozido e com dureza máxima de 235 HB. Suas aplicações mais comuns são em matrizes e punções de forjamento em prensa, facas para corte a quentes e peças de menor porte ou pouco complexas. Sua têmpera deve ser entre 1010 e 1030°C. e ser resfriado em óleo apropriado e aquecido entre 40 e 70°C., o revenimento deve ser imediatamente após a têmpera. (AÇOESPECIAL, 1995)

O aço VND ou O1 é fornecido com 220 HB de dureza e é especialmente utilizado para alto rendimento em ferramentas de corte como também para régua. (AÇOESPECIAL, 1995)

2.2.3 Disposição das Cavidades

Segundo Brito (1986), a distribuição das cavidades dentro do molde deve considerar os diferentes caminhos que o material injetado percorre para atingi-las. Como mostra a Figura 05, enquanto as cavidades localizadas mais próximas ao ponto de injeção estão quase cheias, as que estão nas extremidades ainda estão praticamente vazias.

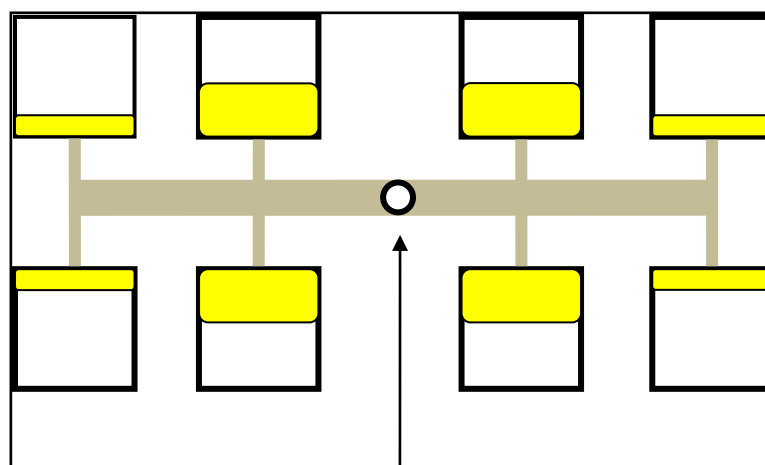


Figura 05: Sistema de injeção desbalanceado
Fonte: Brito (1986)

Neste caso, as cavidades terão diferentes propriedades em um mesmo molde. Para obter propriedades com características idênticas, é necessário distribuir as cavidades conforme a Figura 06.

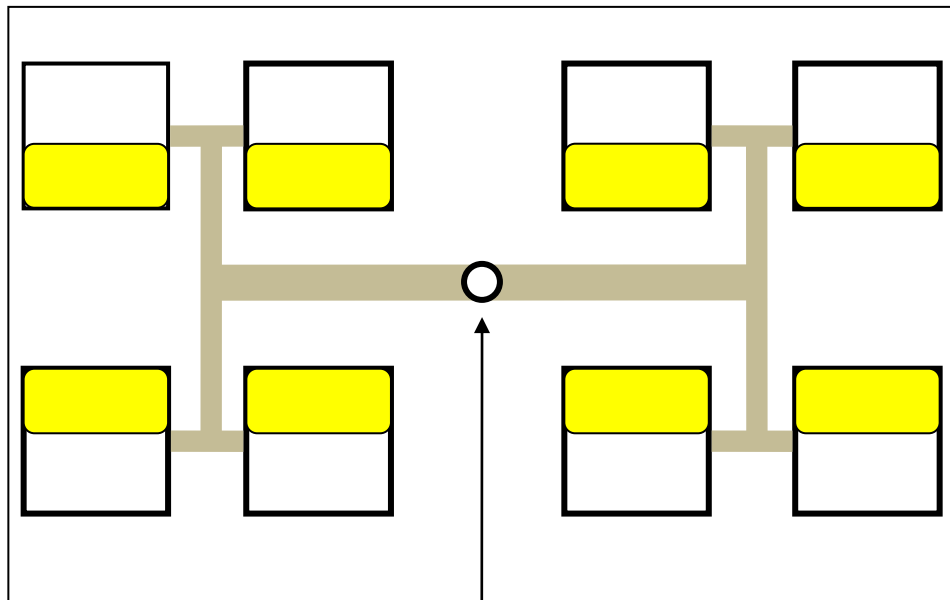


Figura 06: Sistema de injeção balanceado
Fonte: Brito (1986)

O comprimento excessivo do canal (caminho que o material percorre até o produto) produzirá uma queda de pressão devido ao resfriamento rápido do material de moldagem durante o percurso do canal, acarretando alta pressão próxima ao canal de injeção e pressão mais baixa na extremidade do canal de distribuição. O posicionamento das cavidades no molde colabora não só para o melhor preenchimento das cavidades, mas também no tamanho do molde.

Segundo Cominatto (1997), a falha de injeção pode ocasionar defeitos nos produtos. Isso ocorrer quando a pressão é insuficiente ou o material sofreu resfriamento durante o percurso até a cavidade do produto.

2.3 FMEA

Segundo Palady (1997), FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) que traduzida para o português significa Análise dos Modos de Falha e Efeitos, é um método analítico utilizado para previsão de falhas. A FMEA implica na eliminação de

problemas antes que eles apareçam em um produto, ou durante o processo de fabricação, e seu desenvolvimento é formalmente documentado permitindo assim, que todas as análises de falhas sejam registradas, e seus projetos sejam melhorados.

Com o passar do tempo surgiram dois tipos de FMEA: FMEA de projeto (DFMEA – *Design Failure Modes and Effects Analysis*), e o FMEA de processo (PFMEA – *Process Failure Modes and Effects Analysis*), ambos com o mesmo objetivo. O que diferencia as análises, é que uma relaciona-se ao projeto e a outra ao processo (HELMAN e ANDERY, 1995).

De acordo com Palady (1997), os elementos básicos de todos os FMEAs são divididos em cinco partes:

- I. Selecionar o projeto de FMEA com maior potencial;
- II. Perguntar como, por que, o que acontece quando falha?
- III. Implementar uma planilha para identificação de falhas mais importantes;
- IV. Definir as falhas que serão tratadas em primeiro lugar;
- V. Acompanhamento das recomendações sugeridas no FMEA.

2.3.1 Construção da FMEA

Segundo Coutinho (1964), deve-se construir uma equipe de FMEA com pessoas que detenham de conhecimento em diversas áreas, facilitando assim a análise das falhas mais graves ou as que ocorrem com maior frequência. Todos os membros devem votar quanto à severidade da falha para que haja um consenso no grupo, afim de não desmotivar a equipe. A responsabilidade pelo FMEA deve ser atribuída a um indivíduo, e não a uma equipe, porém, o desenvolvimento do FMEA deve refletir os esforços de uma equipe.

O time de desenvolvimento deve possuir conhecimento multifuncional, pois, quando pessoas com diferentes pontos de vista analisam o que apenas uma pessoa fez, podem ser evidenciadas falhas em potencial, que apenas uma pessoa não percebeu.

De acordo com Helman e Andery (1995), a aplicação da FMEA é dividida em quatro etapas:

1. Planejamento: a descrição dos objetivos, formação da equipe, planejamento das reuniões;
2. Análise de Falhas em Potencial: tipo de falha e potencial, efeito do tipo de falha, causa possível da falha;
3. Avaliação dos Riscos: são calculados os coeficientes de prioridade por meio da multiplicação de três índices:
 - Severidade;
 - Ocorrência;
 - Detecção.
4. Melhorias: medidas de prevenção total de falhas, medidas que dificultam a ocorrência de falhas, medidas que aumentam a detecção da causa de falha.

2.3.2 Preenchimento do formulário

Segundo Scapin (2007), a utilização do formulário é um procedimento para priorização das falhas baseada nos índices de ocorrência, probabilidade de detecção e risco dessas falhas. É de suma importância o preenchimento do formulário que serve também de histórico do projeto. Existem vários formatos do formulário do FMEA, com o objetivo de adequar-se melhor as características de uma organização. Na maioria dos formulários são contidos onze elementos: cabeçalho, funções, modo de falhas, efeitos, severidade, causas, ocorrência, controles, detecção, ações recomendadas e status, conforme a Figura 07.

FMEA - Análise de Efeitos e Modos de Falha										
Cabeçalho #1										
Funções #2	Modos de Falha #3	Efeitos #4	Severidade #5	Causas #6	Ocorrência #7	Controles #8	Deteção #9	Ações Recomendadas #10	Status #11	

Figura 07: Modelo de Formulário
Fonte: Scapin (2007)

2.3.2.1 cabeçalho

No cabeçalho deve ser preenchida a descrição do projeto, processo ou serviço. Os membros da equipe, a data do início e suas atualizações com aprovações, que atividade ou departamento podem ser afetados pelas mudanças.

2.3.2.2 funções

No preenchimento das funções devem ser citadas todas, de uma forma direta e objetiva. “A incapacidade de identificar todas as funções do projeto tende a resultar em uma lista incompleta de falha. Existe um projeto que desempenhe uma única função” (Palady, 1997).

Segundo Helman e Andery (1995), deve-se ter em mente que as falhas serão sempre uma inadequação a essa função, ou seja, uma redução do nível de desempenho esperado.

2.3.2.3 modos de falha

Para que seja obtido o modo de falha sem que ocorram dúvidas se é um modo de falha, efeito ou causa, basta considerar os modos de falha como oposto da função (SCAPIN, 2007). É importante a simplicidade para a resposta do modo de falha.

De acordo com Helman e Andery (1995), entende-se por modos de falha os eventos que levam associados a eles uma redução parcial ou total da função do produto ou processo.

2.3.2.4 efeitos

Para um melhor preenchimento, a equipe deve solicitar ativamente a contribuição do cliente. “Às vezes, mesmo estando próximo ao problema, não consegue enxergá-lo” (PALADY, 1997).

Segundo Scapin (2007), entende-se por efeitos das falhas as formas como os modos de falha afetam o desempenho do sistema, do ponto de vista do cliente.

2.3.2.5 severidade

Essa avaliação de severidade é medida na escala de 1 a 10, o número 1 indica que o efeito não é sério aos olhos do cliente, ou que talvez nem seja notado o efeito. O número 10 indica os piores efeitos, podendo afetar a segurança do cliente ou o financeiro da empresa se o custo da falha for alto (HELMAN E ANDREY, 1995).

2.3.2.6 causas

Para cada modo de falha, devem-se listar todas as causas possíveis que poderiam resultar nesse modo de falha. A origem da causa pode ser qualquer local entre o projeto e o cliente (SCAPIN, 2007).

2.3.2.7 ocorrências

Segundo Palady (1997), ocorrência é a probabilidade de uma causa vir a ocorrer. O índice de ocorrência tem um significado mais importante que apenas seu

valor. A única forma de reduzir o índice de ocorrência é a remoção ou controle do modo de falha. A probabilidade de ocorrência é estimada em uma escala de 1 a 10.

2.3.2.8 controles

Colocam-se nesta coluna os tipos de controles que foram planejados ou que estão em vigor para garantir que todos os modos de falha sejam identificados e eliminados (MOURA, 1995).

De acordo com Helman e Andery (1995), deve-se registrar as medidas de controle implementadas durante a elaboração do projeto ou no desenvolvimento do processo que objetivem a prevenção de ocorrências e detecção de falhas.

2.3.2.9 detecção

Nessa coluna é mensurado de um a dez o grau de detecção. Essa detecção é referente à chance de detectar o problema, antes que este chegue ao cliente.

Segundo Coutinho (1964), o índice de detecção deve ser atribuído olhando-se para o conjunto modo de falha e efeitos.

2.3.2.10 ações recomendadas

As ações recomendadas servem para prevenir os problemas, reduzir a severidade, melhorar a detecção interna e prevenir o modo de falha (MOURA, 1995).

De acordo com Helman e Andrey (1995), devem-se registrar as ações conduzidas para bloqueio da causa da falha ou diminuição da sua gravidade ou ocorrência.

2.3.2.11 situação das recomendações

Nesta coluna descreve-se a situação atual das ações recomendadas pelo engenheiro responsável, a fim de garantir que todas as recomendações sejam

eficazes em termos de custos e viáveis antes de serem realmente aprovadas (MOURA, 1995).

De acordo com Palady (1997), as organizações não devem investir em despesas que não foram capazes de gerar um retorno de qualidade ou confiabilidade para os clientes, a organização e a sociedade.

2.4 Gráfico de Pareto

Segundo Scapin (2007), o gráfico de pareto é uma ferramenta estatística, na qual se classifica e separa itens de acordo com sua prioridade, e é usado na identificação de problemas prioritários antes e após uma ação, conforme modelo da Figura 08.

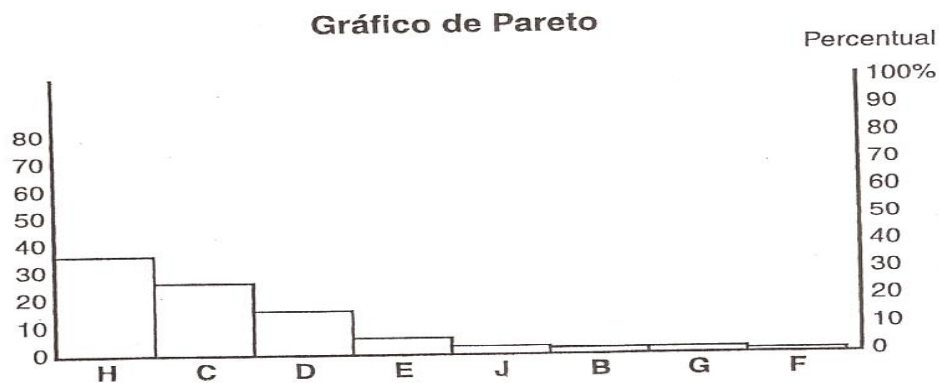


Figura 08: Modelo de Gráfico de Pareto
Fonte: Palady (1997)

De acordo com Palady (1997), esse gráfico é usado para mostrar as causas básicas que levam a um modo de falha. Pode-se avaliar dados existentes em projetos semelhantes usando a análise de Pareto para organizar esses dados de diários, formulários de inspeção ou relatórios de garantia. A mensagem subjacente sustentada pelo princípio de Pareto é de que apenas algumas causas identificadas contribuirão para a maioria dos modos de falha em potencial. Elas são conhecidas como causas básicas e devem ser transferidas para o formulário do FMEA.

3 METODOLOGIA

Uma Metodologia é o conjunto de técnicas sistemáticas e racionais, que permite com maior segurança alcançar o objetivo (LAKATUS e MARCONI, 2003).

De acordo com Minayo (1996), o método pode se confundir com processo de desenvolvimento, ou até, com técnicas que viabilizam a apreensão da realidade e valorizam a criatividade do pesquisador.

A metodologia utilizada na análise das falhas no processo de injeção foi exploratória no sentido de observar e acompanhar a execução da tarefa, buscando informações que possa visualizar o problema existente, e explicativo na identificação dos fatores que contribuem para a existência do problema.

3.1 Métodos

O presente estudo constitui-se numa aplicação de ferramentas da Qualidade para identificação dos possíveis modos potenciais de falhas e determinação do efeito de cada uma das falhas. Esses estudos combinam tipicamente diferentes técnicas e ferramentas de coletas de dados, como documentos, questionários e observações.

Para este estudo utilizou-se o Gráfico de Pareto que é uma ferramenta estatística elaborada através de gráfico, possibilitando a visualização dos itens de maior magnitude. Através da elaboração dos gráficos detectou-se o molde que ocasionava maior parada de produção no setor de injeção plástico e o item de maior ocorrência no molde.

Após a análise dos gráficos, aplicou-se o método de análise de falhas FMEA, para detectar os problemas potenciais de forma sistemática e completa. A FMEA quando completa acaba sendo uma referência para análise de processos similares, permitindo a redução dos custos na resolução dos problemas.

3.2 Critérios para Aplicação da FMEA

Para aplicação do FMEA foram estabelecidos os seguintes critérios em relação à severidade, ocorrências e detecção:

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Índice de severidade muito alto, quando afeta a segurança do cliente ou da empresa sem aviso prévio	10
Perigoso com aviso prévio	Índice de severidade muito alto, quando afeta a segurança do cliente ou da empresa com aviso prévio	9
Muito Alto	Item inoperante, com perda das funções primárias	8
Alto	Item operável, mas com nível reduzido, cliente insatisfeito.	7
Moderado	Item operável, mas com item de conforto inoperável.	6
Baixo	Item operável, desempenho reduzido, cliente com alguma insatisfação.	5
Muito baixo	Defeito notado pela maioria dos clientes.	4
Menor	Defeito notado pela média dos clientes.	3
Muito menor	Defeito notado por clientes acurados.	2
Nenhum	Sem efeito	1

Fonte: Moura (1995)

Quadro 03: Descrição da Escala de Severidade

Na avaliação referente à severidade houve a necessidade de refletir a gravidade do efeito da falha sobre o cliente, assumindo que o tipo de falha ocorra. A atribuição do índice de gravidade deve ser feita observando para o efeito da falha, e analisando o quanto este pode incomodar o cliente.

Para avaliação das ocorrências, foi utilizada como referência os valores pré determinados, de acordo com Moura (1995), como mostra o Quadro 04.

Extremamente remoto altamente improvável	1
Remoto, improvável	2
Pequena chance de ocorrência	3
Pequeno número de ocorrência	4
Espera-se um número ocasional de falhas	5
Ocorrência moderada	6
Ocorrência freqüente	7
Ocorrência elevada	8
Ocorrência muito elevada	9
Ocorrência certa	10

Fonte: Moura (1995)

Quadro 04: Escala de Avaliação de Ocorrência

Foi utilizado o Quadro de avaliação de Ocorrência, para mensurar o valor para preenchimento da tabela do FMEA, conforme a quantidade de ocorrências coletadas no período.

No momento de mensurar valores referentes à Detecção, foi utilizada uma escala de detecção proposta por Helman e Andery (1995), conforme Quadro 05:

É quase certo que será detectado	1
Probabilidade muito alta de detecção	2
Alta probabilidade de detecção	3
Chance moderada de detecção	4
Chance média de detecção	5
Alguma probabilidade de detecção	6
Baixa probabilidade de detecção	7
Probabilidade muito baixa de detecção	8
Probabilidade remota de detecção	9
Detecção quase impossível	10

Fonte: Helman e Andrey (1995).
 Quadro 05: Escala de Detecção

A detecção é o índice que avalia a probabilidade de a falha ser detectada antes que o produto chegue ao destino, ou que o processo se concretize.

Em posse dessas referências é possível mensurar valores para conclusão do preenchimento da tabela do FMEA, chegando ao objeto de estudo e propondo ações de melhorias ao processo.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O setor de trabalho que está sendo estudado apresenta problemas de parada de produção por diversos fatores, na qual por consequência provoca atraso na produção. Apresenta-se aqui o estudo de avaliação do sistema envolvido, sua relação de causas, e ações recomendadas como proposta para solucionar as falhas detectadas.

4.1 Problemas Ocorridos no Setor de Injeção Plástica

Para que o processo de injeção plástica ocorra em conformidade com as especificações técnicas, diversos fatores devem ocorrer como programados, citam-se para este caso os seguintes critérios:

- A matéria prima não pode conter umidade, pois esta influencia no processo de fusão;
- Não deve haver contaminações, como por exemplo: materiais ferrosos e contaminações com materiais com diferentes composições;
- A máquina injetora deve estar em perfeitas condições de uso, para que não ocorra desperdício de matéria prima ou avarias no molde de injeção;
- A regulagem da máquina para o processo de injeção deve ser padronizada assim que for alcançada a regulagem satisfatória, ou seja, que o produto seja obtido dentro dos parâmetros pré-estabelecidos; e,
- Avaliação do principal fator que influencia na parada das máquinas injetoras: os moldes de injeção.

A partir do tratamento dos dados coletados entre 02 de março de 2009 e 01 de abril de 2009, foi elaborado um Gráfico de Pareto, para uma melhor visualização das ocorrências ocasionadas no setor de injeção, com base nas ordens de serviço solicitadas.

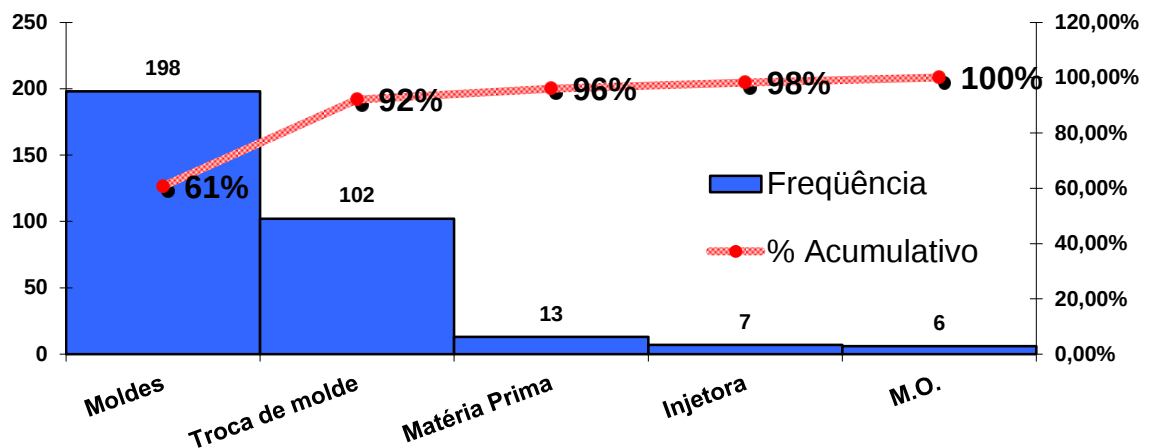
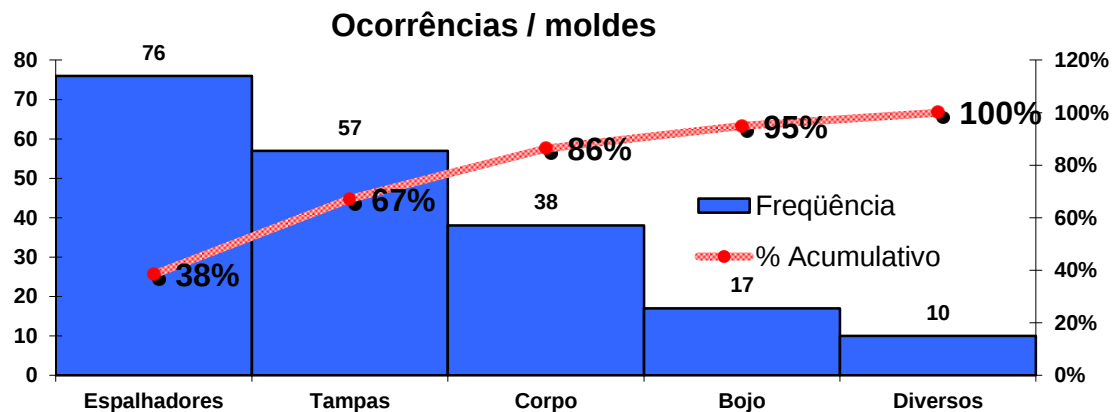


Gráfico 01: Ocorrências de parada de máquina

Após a elaboração do Gráfico 01, detectaram-se os maiores quantitativos de incidência para ocorrência de parada da máquina injetora. Com os dados obtidos e mensurados no Gráfico 01, foi elaborado o Gráfico 02 cujo principal objetivo dá-se para verificação do índice de frequência das ocorrências de inconformidades dos moldes.



Observação: A coluna Diversos é o somatório de ocorrências de menor valor.

Gráfico 02: Ocorrências nos moldes

Foi observado que no período de trinta dias, o conjunto de moldes que mais ocasionava parada de produção foram os moldes dos espalhadores. Através desses dados formulou-se um novo Gráfico especificando as causas de parada do molde conforme demonstra o Gráfico 03.

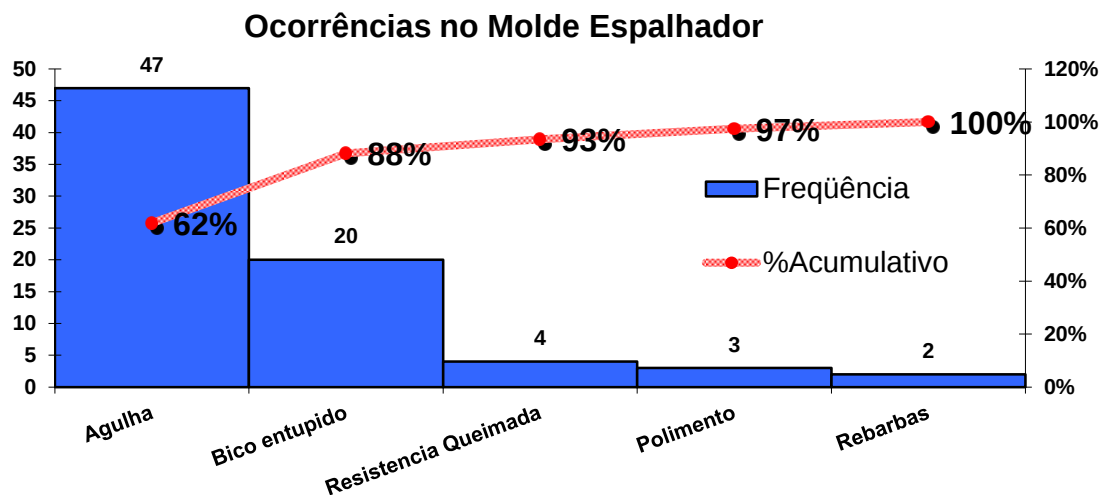


Gráfico 03: Quantitativos de ocorrências no molde espalhador

Conforme os dados do Gráfico 03, a ocorrência que mais ocasiona a parada do molde espalhador é a quebra de agulha. A partir dos dados obtidos no Gráfico de Pareto construiu-se a tabela do FMEA, a fim de avaliar as condições qualitativas em que ocorre a quebra da agulha para definição de uma estratégia que possa ser implementada visando o aumento de produtividade e redução nos custos de manutenção, otimizando o processo.

No período de coleta de dados foram obtidas as seguintes informações referentes aos custos de manutenção, constantes nas tabelas 01 e 02:

Tabela 01: Custos de Manutenção

Item	Custo (em R\$)
Valor unitário da agulha	37,00
Valor da mão de obra/hora trabalhada	35,00
Valor unitário da resistência	300,00

Tempo médio de máquina parada para execução de serviço:

Tabela 02: Tempo Médio de Manutenção

Operação	Tempo (horas)
Troca de resistência	2
Troca de agulha quebrada	2
Serviço de polimento	4
Limpeza de bico entupido	3
Eliminação de rebarbas	8

Com os dados coletados referentes ao custo foi elaborado o Gráfico 04 que demonstra os maiores custos para a manutenção das ocorrências no molde.

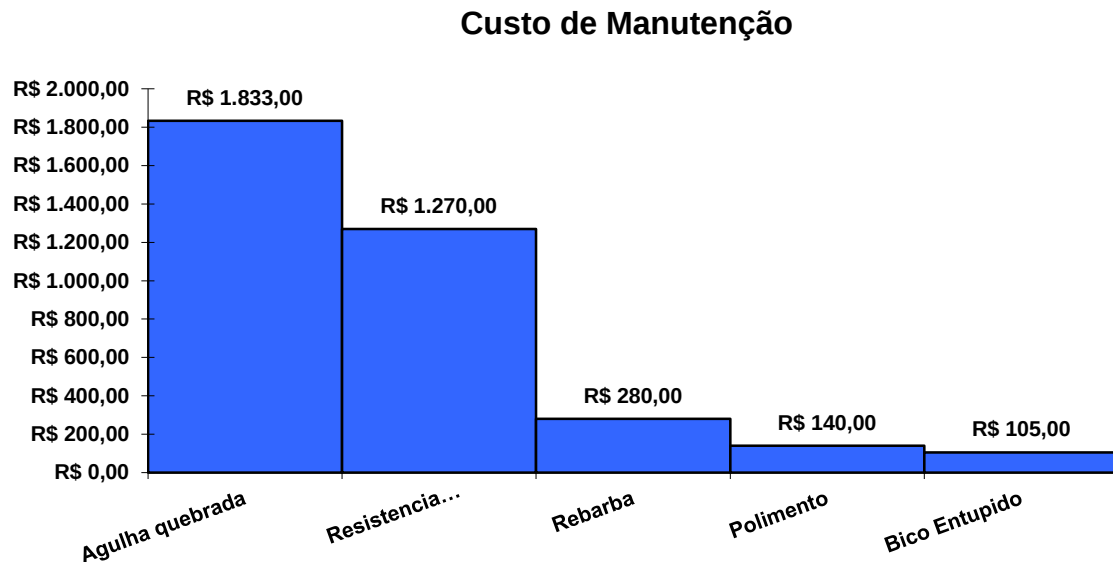


Gráfico 04: Custos referentes à manutenção do molde

Pode-se confirmar que a Agulha Quebrada corresponde aos maiores custos de manutenção. Esta situação está expressa na figura 09, na qual se explicita um produto injetado com uma agulha quebrada fixada em um dos furos, obstruindo o fluxo. É comum nestas circunstâncias que uma parte da agulha danificada fique presa ao molde.



Figura 09: Produto com agulha quebrada

4.2 Aplicação da FMEA

Com base nas informações coletadas aplicou-se uma análise qualitativa objetivada a identificação dos modos de falha, através de um formulário de FMEA.

No preenchimento do formulário foram especificadas as áreas envolvidas, o tipo de análise, e o responsável pelo estudo. O formulário de FMEA serve não só para a análise como também como documento que poderá ser acessado auxiliando na resolução de problemas futuros. O preenchimento básico da planilha é demonstrado na Figura 10.

FMEA - Análise de Efeitos e Modos de Falha		
ÁREAS ENVOLVIDAS Injetora / Ferramentaria		APROVAÇÃO DO CLIENTE
PÁGINA 1		
(X) PROCESSO () PRODUTO	CLIENTE/PROJETO:	
RESP. PROJETO JOSIAS GONÇALVES	EQUIPE:	DATA DA REVISÃO:

Figura 10: Cabeçalho do Formulário

Analisando o item com a maior freqüência e custo mais elevado, foram preenchidas as colunas Funções, Modos de Falhas, Efeitos e Severidade do formulário da FMEA. No preenchimento foi determinada a função primária do sistema que é promover que os produtos saiam com os furos uniformes. Suas falhas freqüentes são as de quebra de agulha e agulha amassada, gerando furo tampado e furo irregular. Para o preenchimento referente à severidade foi utilizada uma tabela de referência genérica, como demonstra a Figura 11.

ANÁLISE DA AGULHA DO MOLDE SELECIONADO			
FUNÇÕES	MODO DE FALHA	EFEITOS	SEVERIDADE
Promover o perfil com furo uniforme	Quebra da agulha	Furo tampado	7
	Furo irregular	Jato de água torto	5

Figura 11: Análise das Funções, Falhas e Efeitos

As razões que possibilitam as ocorrências de modo de falha são que no primeiro caso a agulha está com uma dureza muito alta, já no segundo caso devido à agulha estar com dureza elevada, ocasiona-se que o furo onde esta se aloja sofre desgaste.

De acordo com a Figura 12, o índice de ocorrências é igual nos dois casos e não existe nenhum tipo de controle. Quando a agulha se quebra e detecção é certa, pois o furo fica tampado impedindo a saída de água, quando o furo do encaixe da agulha está com desgaste a detecção nem sempre é perceptível, pois a saída de água acontece, mas sai com direção diferente das demais.

ANÁLISE DA AGULHA DO MOLDE SELECIONADO			
CAUSAS	OCORRENCIAS	CONTROLE	DETECÇÃO
Agulha muito dura	7	Não existe	1
Furo com desgaste	7	Não existe	5

Figura 12: Análise de Ocorrências, Controle e Detecção

Em ambos os casos foi recomendada a mesma ação, a dureza da agulha está diretamente relacionada com a quebra excessiva como também com o desgaste do componente onde ela faz o fechamento para proporcionar que o furo saia uniforme, conforme demonstra a Figura 13.

ANÁLISE DA AGULHA DO MOLDE SELECIONADO	
AÇÕES RECOMENDADAS	
Alterar a dureza da agulha para reduzir a fragilidade.	
Alterar a dureza da agulha para reduzir a fragilidade.	

Figura 13: Ações Recomendadas

Para substituição do material da agulha, foram consultadas as tabelas de fornecedores de materiais, e após análise dos materiais disponíveis na empresa com especificações próximas à desejada, foi escolhido o aço VND ou também conhecido como O1. O VND é um aço que possui uma maior quantidade de

manganes proporcionando uma maior resistência à oxidação e possui maior quantidade de carbono que age nas propriedades mecânicas do material concedendo maior dureza. A Figura 14 exhibe o material na forma na qual é comprado, com seu diâmetro estabelecido.



Figura 14: Material proposto para ação recomendada (Aço VND)

Após a proposta da ação recomendada e definição do material a ser utilizado, foi iniciado o processo de construção da nova agulha, tomando como referência a agulha original.

Para a construção da nova agulha observou-se as especificações técnicas fundamentais como: diâmetro, comprimento e cabeça para fixação, conforme Figura 15.



Figura 15: Agulha Original comercializada

O material selecionado para construção da alternativa de solução possui o diâmetro compatível às especificações (01 mm), e foi adquirido em forma de rolo, proporcionando o corte no comprimento desejado.

Para solucionar o problema de fixação foi proposta a opção de dobra, pois sua função é apenas a de evitar a movimentação da agulha, conforme a Figura 16.



Figura 16: Novo modelo de Agulha

Após a montagem da nova agulha é imperceptível qualquer diferença de forma e função, comparando-se ao produto anteriormente utilizado. Ao final de um período de 7(sete) dias que se iniciou a substituição pela nova agulha, foram

removidas todas as agulhas “antigas” nas ocorrências permanecendo as “novas” sem avarias Conforme mostra a Figura 17 e 18.



Figura 17: Agulhas na posição de trabalho

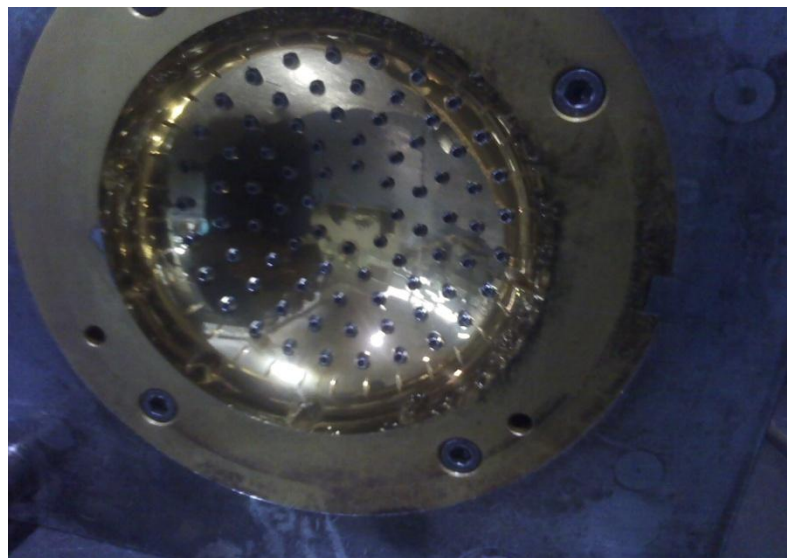


Figura 18: Molde com agulhas Novas

A partir da implementação da agulha substituta pôde-se retornar a produção, e realizar nova coleta de dados.

4.3 Cálculos para Determinação do Custo da Agulha Substituta

Foram utilizados os seguintes cálculos para obtenção dos resultados referentes à disponibilidade de agulhas por kilo de aço:

Dados:

P = Peso, determinado em Kg.

A = Área, determinada em mm².

H = Comprimento em mm

D = Densidade do aço

r = raio

V = Volume

1º Passo: Encontrar a área da agulha.

Calculo da área:

$$\begin{aligned}\text{área} &= \pi \times r^2 \\ \text{área} &= \pi \times 0,5^2 \\ \text{área} &= 0,7854 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

2º Passo Encontrar o volume da agulha.

Calculo do volume:

$$\begin{aligned}\text{volume} &= \text{área} \times h \\ \text{volume} &= 0,7854 \text{ mm}^2 \times 50 \\ \text{volume} &= 39,27 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

3º Passo: Encontrar o peso da agulha.

Calculo do peso da agulha (unidade)

$$\begin{aligned}\text{Peso} &= \text{Volume} \times \text{Densidade} \\ \text{Peso} &= 39,27 \text{ mm}^3 \times 0,00000785 \text{ kg/mm}^3 \\ \text{Peso} &= 0,000308 \text{ kg}\end{aligned}$$

4º Passo: Dividir uma unidade de Kilograma pelo peso unitário da agulha para encontrar a Quantidade de agulhas/kilograma.

$$\text{Quant.} = \frac{1 \text{ kilograma}}{\text{peso unitario}}$$

$$\text{Quant.} = \frac{1 \text{ kilograma}}{0,000308 \text{ kg}}$$

$$\text{Quant.} = 3.246 \text{ unidades}$$

Foi utilizada uma porcentagem de 5% de perda, devido aos cortes das agulhas.

Quantidade real = 3.180 unidades de agulhas novas.

Para saber o valor unitário de cada agulha, foi utilizado a formula a seguir:

$$\text{Custo unitário} = \frac{\text{Valor do kilo}}{\text{Quantidade de agulhas}}$$

$$\text{Custo unitário} = \frac{\text{R\$ 120,00}}{3180 \text{ agulhas}}$$

$$\text{Custo unitário} = \text{R\$ 0,04}$$

Custo de mão de Obra para fabricação da agulha

A mão de obra tem um custo de R\$ 35,00/hora e são fabricadas 50 (cinquenta) agulhas/ hora, portanto:

$$\text{Custo de M.O} = \frac{\text{Valor da M.O.}}{\text{Quant. Agulha}}$$

$$\text{Custo de M.O} = \frac{\text{R\$ 35,00}}{50 \text{ agulhas}}$$

$$\text{Custo de M.O} = \text{R\$ 0,70}$$

Custo total para a fabricação da agulha

Custo total = custo de material + custo de mão de obra

$$\text{Custo total} = \text{R\$ 0,04} + \text{R\$ 0,70} = \text{R\$ 0,74}$$

Após o período de um ano de implantação das novas agulhas foram obtidos os seguintes resultados:

A redução da quebra foi de 62%, com essa redução a produtividade do molde aumentou em 30%, conforme exposto no Gráfico 05.

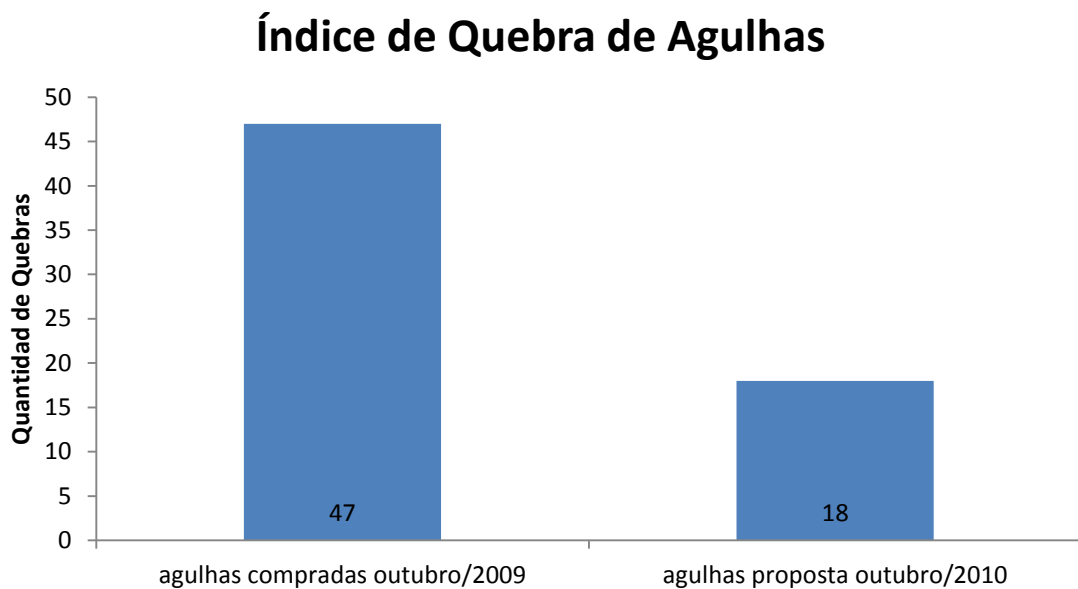


Gráfico 05: Comparação entre as Agulhas

A redução dos custos totais de manutenção referente à quebra de agulhas chegou a 65% com a fabricação das novas agulhas. Com a proposta de melhoria através de substituição da matéria prima da agulha, pode-se aperfeiçoar o processo de manutenção aumentando seus custos e melhorando sua produtividade, conforme demonstra o Gráfico 06.

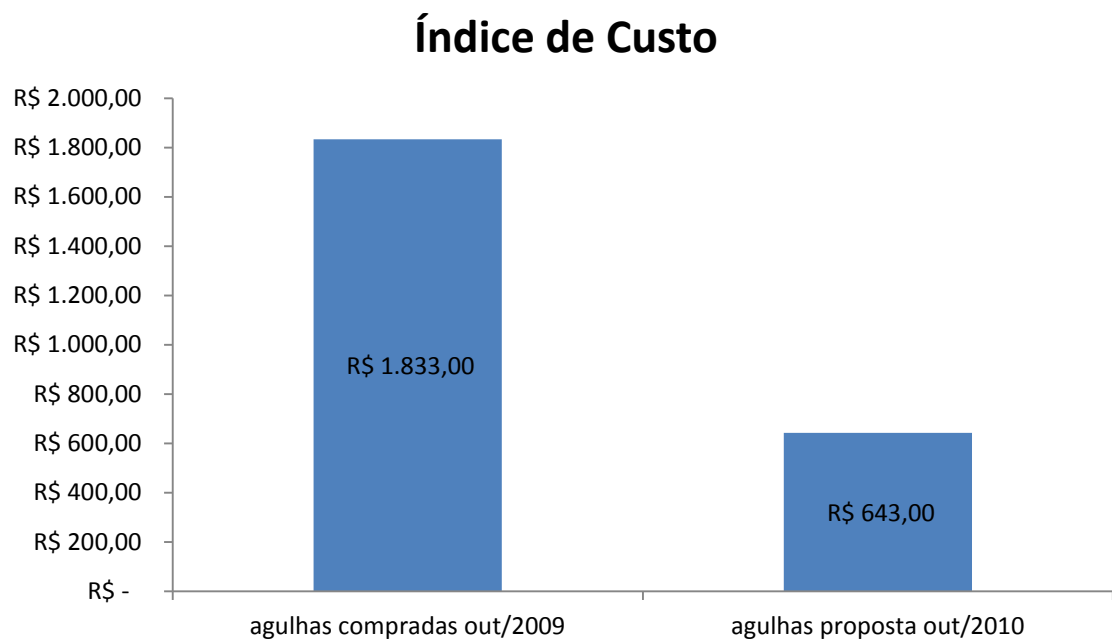


Gráfico 06: Confronto entre os Custos

5 CONCLUSÃO

A cada dia as empresas buscam uma melhoria constante em seus produtos e serviços, a fim de reduzir seus custos sem afetar a qualidade. Através da utilização da ferramenta FMEA foi possível otimizar o processo operacional dos moldes plásticos na empresa.

A utilização da FMEA permitiu uma melhor detecção das falhas, ocorrências, severidades e melhores ações recomendadas para os problemas encontrados, além de ter-se registrado como documento para futura utilização como referência para novas análises.

A proposta de substituição da agulha proporcionou otimização dos resultados para a Empresa, e colaborou significativamente para o aumento da produtividade. A redução dos custos operacionais foi da ordem de 65%, além de reduzir o número de paradas para manutenção no molde.

O emprego da FMEA neste trabalho mostrou-se importante, como um método eficiente e eficaz, tendo como vantagem a facilidade de aplicação, sem necessidade de utilização de equipamentos especiais de análise.

REFERÊNCIAS

ALBURQUERQUE, J.A.C. **O Plástico na Prática**, 2º Ed. Porto Alegre: Ed. Sangra Luzzatto, 1999.

Aço Especial Comercial LTDA, Informativo Comercial Disponível em: www.acoespecial.com.br/produtos_ferramenta_trabalho_frio.html. Acesso em 18 mai. 2011.

BRITO, M. L. **Aprenda a Moldar em Plásticos**, 1º ed. São Paulo: Ediouro, 1986.

COMINATTO, A. C. **Influências das variáveis do ciclo no produto final**. São Paulo: ASTRA S/A Indústria e Comércio, 1997.

COUTINHO, J.S. **“Failure-Effect Analysis”**, Trans. New York Academy of Sciences. 1964.

DENTON, E. N. e GLAVILL, A. B. – **Moldes de Injeção, Princípios Básicos e Projetos**, 1º ed., São Paulo: ed. Edgar Blucher, 1970.

Empregosemsp – **Empregos em São Paulo**: Disponível em <http://empregosemsp.com/vaga-para-operador-de-injetora-em-iadema/injetora-de-plastico/> . Acesso em 09 abr. 2011.

GALDAMES, E. V. C. e CARPINETTI, L. C. R. – **Aplicação da Técnicas de Planejamento e Análise de Experimentos no Processo de Injeção Plástica**, 1º ed. São Carlos: Gestão e Produção, 2004.

GLANVILL, A. B. e DENTON, E. N. – **Moldes de Injeção**, 1ºed., São Paulo: ed. Edgar Blucher, 1970

HARADA, J. **Moldes para injeção de Termoplásticos: projetos e princípios básicos**, 2º ed. São Paulo: Artliber Editora, 2004.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. **Análise de Falhas: aplicação dos métodos de FMEA – FTA**, Belo Horizonte: FCO, 1995. 156p.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Maria de Andrade. **Fundamentos de Metodologia Científica**, 5 ed. São Paulo; Atlas 2003.

MINAYO, M.C De S. **O Desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 4 ed Rio de Janeiro: HUCITEC- ABRASCO,1996.

MOURA, Cândido – **Análise de Modo Efeitos de Falha Potencial (FMEA): Manual de Referência**, 1º ed., São Paulo: ed. IQA, 1997.

MOTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros**, 3º ed. Rio de janeiro: LTC Editora, 2003.

PLASTICOVILLE – Disponível em: <http://www.plasticoville.com.br/>. Acesso em 12 abr. 2010.

PALADY, Paul – **FMEA: Análise dos Modos de Falhas e Efeitos**, 1º ed., São Paulo: ed. Imam, 1997.

PINHEIRO, João Ismael. **A arte de trabalhar com dados**, 1º ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

PROVENZA, F. **Moldes para Plásticos**, 4º ed. São Paulo: Editora Pro-Tec, 2005.

ROESCH, S. M. A. **Projetos de Estágio e de Pesquisa em Administração**. 2º. ed. São Paulo: Atlas, 1999, p.65.

SCAPIN, C. A. – **Análise Sistemica de Falhas**, 1º ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços LTDA., 2007.