

INSTRUÇÕES PARA O PROJETO DETALHADO DE COMPONENTES DE PLÁSTICO INJETADOS USANDO DFMA

Márcio F. Catapan¹; **Fernando A. Forcelini**²; **Cristiano V. Ferreira**³

¹ Universidade Positivo – Departamento de Eng^a Mecânica

Endereço: Rua Pedro Viriano P. Souza, n 5200

CEP: 81270-330 – Curitiba – Paraná

catapan@up.edu.br

² Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

CEP: 88040-970, Florianópolis, SC

forcellini@deps.ufsc.br

³ SENAI - CIMATEC

Rua do Migrante, s/n, Centro

CEP: 42800-000 - Camaçari - Bahia

cristiano@cimatec.fieb.org.br

Resumo: *Os componentes de Plástico Injetados (CPI) são geralmente alternativas econômicas, eficientes e precisas para a produção em massa de produtos. No entanto, o processo de desenvolvimento destes componentes é complexo, principalmente na fase de projeto detalhado. Esta fase inicia-se com um a concepção selecionada na fase de projeto conceitual, a qual apresenta um elevado grau de abstração. Como resultado do projeto detalhado tem-se o desenho/projeto do componente. No projeto detalhado ocorrem modificações na forma do componente, visando principalmente sua manufaturabilidade, montabilidade e moldabilidade. Atualmente, existem trabalhos sobre metodologias de desenvolvimento de CPI que tratam desde o projeto informacional deste componentes até a fabricação do molde de injeção. Entretanto, estas metodologias se mostram abrangentes, requerendo o desenvolvimento de trabalhos que focam a utilização de métodos de DFMA (Projeto para Manufatura e Montagem) no auxílio à definição da forma do componente de forma mais criteriosa e sistêmica. Sob este escopo, o objetivo desse trabalho é instruir, de forma de metodologia, algumas diretrizes do projeto detalhado para a definição da forma em CPI, sob a abordagem do DFMA. Assim, pode-se minimizar a possibilidade de retrabalhos ou reprojeto do componente, ainda na fase do Projeto Detalhado.*

Palavras-chave: *Componentes de plástico injetado, metodologia, Projeto detalhado e DFMA.*

1. INTRODUÇÃO

O estágio atual de desenvolvimento no setor de plásticos vem mostrando a posição alcançada por este tipo de material, na produção de bens de consumo, especialmente os obtidos pelo processo de moldagem por injeção.

Na busca constante da eficiência operacional e melhor produtividade, o primeiro passo dado pelas organizações foi melhorar o sistema produtivo. Com a evolução técnica, atualmente, muitas empresas passaram a implementar programas de garantia da qualidade na

conformidade do produto. No entanto, sobressaem-se àquelas empresas que desenvolvem produtos diferenciados e com qualidade.

Frente a isso, muita atenção está sendo direcionada ao processo de projeto, pois a qualidade não pode ser inserida num produto a não ser que tenha sido projetada nele. Um dos principais resultados foi à descoberta da importância dos custos de manufatura e montagem. Elevou-se então, o mérito dos princípios de uma das metodologias de projeto mais importantes, o DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*), originado na Europa nos anos 70, cujo objetivo é simplificar o produto a fim de reduzir custos (Souza, 1998).

Neste sentido, este artigo apresenta-se na forma de expor alguns parâmetros de projeto mais evidentes para a definição da forma em componentes de plástico injetados na fase de projeto detalhado, organizando os conhecimentos de forma sistêmica, sob a ótica do DFMA.

2. PROCESSO DE PROJETO DE COMPONENTES DE PLÁSTICO INJETADOS

O processo de moldagem por injeção é um dos principais processos na área de fabricação de peças de plástico. Cerca de 32% das peças de plástico produzidas no Brasil são fabricadas por este processo (Mascarenhas, 2002). A capacidade de produzir peças complexas em grande quantidade e de modo preciso é responsável para isso. Apesar de seu grande uso, as condições de moldagem de peças por injeção durante a realização de seu ciclo, podem levar ao surgimento de efeitos ou fenômenos comprometendo a estrutura da peça, suas tolerâncias dimensionais ou até mesmo sua aparência. O conhecimento destes efeitos pela equipe de projeto pode auxiliar no desenvolvimento do produto na sua fase de projeto detalhado, especialmente na determinação de formas específicas, nas análises de moldabilidade, montabilidade e manufaturabilidade, as quais podem ser realizadas com auxílio dos métodos de DFMA.

Segundo Ferreira (2002), o processo de desenvolvimento de componentes de plástico injetados, caracteriza-se por ser uma atividade multidisciplinar, interdisciplinar e realizada em um ambiente fragmentado. Multidisciplinar, por considerar informações provenientes de distintos campos de conhecimento. Interdisciplinar, pelo projeto do componente injetado envolver a iteração e interação de informações relativas a estes campos de conhecimento. E, ambiente fragmentado, pela natureza da organização das empresas envolvidas nesta atividade, isto é, geralmente existe uma empresa responsável pelo projeto do componente; outra, responsável pelo processo de injeção e; uma terceira, que executa o desenvolvimento do molde de injeção, conforme a Fig. 01. Além disto, é importante ressaltar que, em alguns casos o projeto do molde é terceirizado pela empresa fabricante do molde.

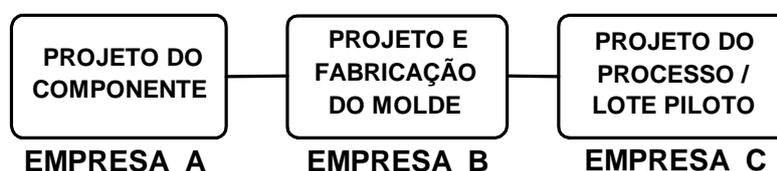


Figura 01. Ciclo de desenvolvimento de componentes de plástico injetados (Back, 1998)

Trata-se portanto, de um processo de desenvolvimento justificando a adoção de um ambiente de engenharia simultânea, pois é um processo intrinsecamente multidisciplinar dividido em três grandes fases distintas e com forte inter-relação. Além disto, é normalmente executado por mais de uma empresa que apresentam um baixo grau de integração. O projeto do processo de fabricação envolve a determinação dos parâmetros de processo e somente é concluído com a fabricação e aprovação do lote piloto do produto.

Considerando estes aspectos, é importante que o projeto de componentes injetados seja realizado de modo sistemático, procurando integrar os diferentes campos de conhecimento e os setores envolvidos, de acordo com os princípios da engenharia simultânea. Em outras palavras, para assegurar uma boa qualidade do projeto do componente, deve haver uma harmonia entre a forma do componente com: as especificações de projeto, processo, molde, material de injeção e custo, conforme ilustrado na Fig. 02.

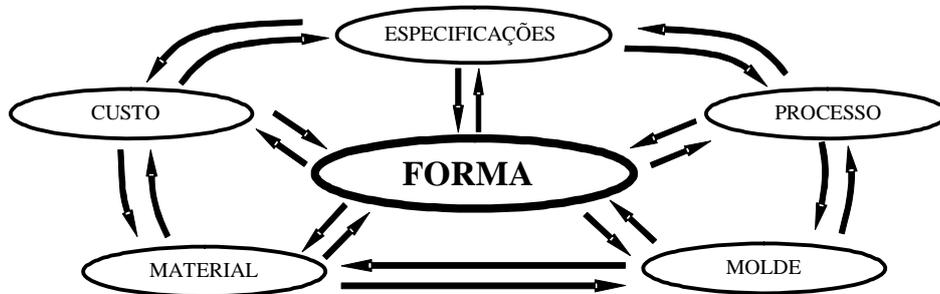


Figura 02. Interdependência de especificações de projeto, Catapan (2006)

O projeto de um componente de plástico é influenciado por fatores relativos ao tipo de material, condições de manufaturabilidade, moldabilidade e os relacionados ao serviço para o qual o componente foi projetado (ex: montabilidade). Tratando-se de componentes de plástico, a avaliação da moldabilidade do componente torna-se importante, pois esta avaliação pode minimizar os problemas que normalmente ocorrem na produção (Daré, 2001). Desta forma, pode-se antecipar e anular as causas destes problemas, garantindo a qualidade do componente e o atendimento às especificações de projeto. Atualmente, existem distintos programas computacionais que possibilitam a análise da moldabilidade do produto, entretanto a mesma é realizada quando o produto encontra-se em fase adiantada de desenvolvimento.

Segundo Ferreira *et al.* (2003), uma característica do projeto de produtos de plástico injetado é o fato do mesmo ser realizado levando em conta, informações, estabelecidas com base em regras, recomendações, estratégias e princípios de solução, normalmente, obtidas a partir do conhecimento de especialistas. Por outro lado, estas informações são consideradas de forma isolada, na forma de conhecimento tácito, pois não consideram a natureza multidisciplinar e interdisciplinar das mesmas.

O desenvolvimento inicial do componente injetado é realizado com base em recomendações de projeto, informações subjetivas e utilizando-se da experiência de especialistas. Entretanto, as metodologias de projeto de sistemas técnicos não consideram estes aspectos, uma vez que o desenvolvimento do sistema é realizado, principalmente, com base no seu desdobramento funciona, conforme Catapan (2006). Além disto, estas metodologias não contemplam o modo pelo qual o componente injetado é desenvolvido e também não possuem procedimentos e ferramentas capazes de minimizar a ocorrência dos problemas citados por Chin et al (1996) que, revela os mais comuns, como: relacionados ao desenvolvimento de componentes injetados são a inadequada geração, avaliação e exploração da viabilidade técnica e econômica das alternativas de concepção do componente. Logo, há uma ineficiente avaliação do componente em relação à facilidade de produção, aos custos do processo de injeção e ao projeto do molde de injeção.

Apesar de existirem várias propostas de metodologias de projeto de produtos, cada uma delas com suas particularidades, percebe-se que todas possuem elementos similares. Segundo

Ogliari (1999), as diferenças existentes entre as metodologias, ocorrem normalmente na terminologia empregada pelos autores e no detalhamento dos processos de projeto. A partir das similaridades entre as metodologias clássicas, pode-se estabelecer um modelo de consenso para o processo de desenvolvimento de produtos. Este modelo pode ser visualizado na Fig. 03.

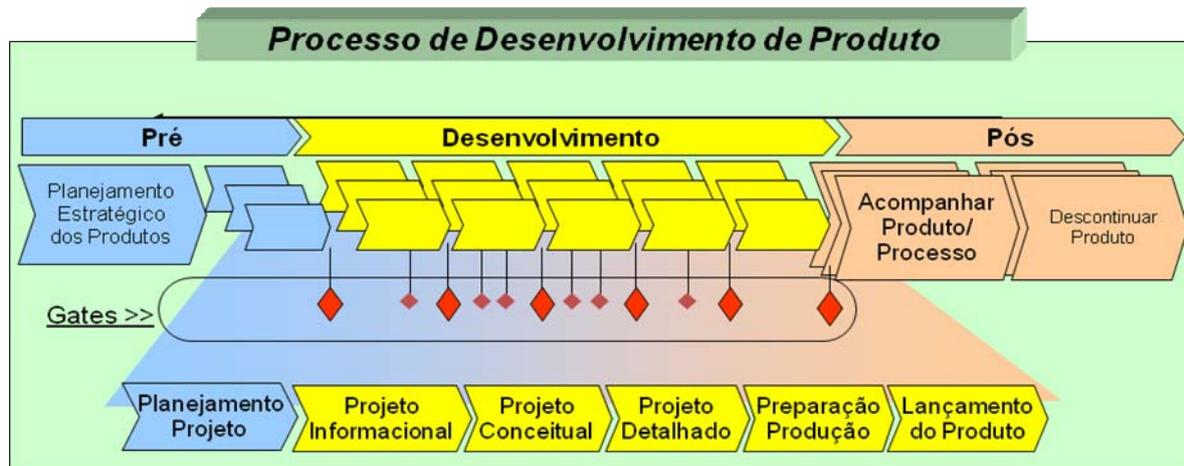


Figura 03: Processo de Desenvolvimento de Produtos (Rozenfel *et al*, 2006)

Daré (2001) faz algumas considerações quanto à adequação das metodologias genéricas ao projeto de componentes de plástico injetados. O autor ainda considera que o projeto de componentes deva ser tratado de uma forma particular, justificando o estudo e proposições de metodologias específicas, embora se possa utilizar muitas recomendações e ferramentas propostas pelas metodologias genéricas.

Considerando a necessidade de uma abordagem mais específica para o projeto de componentes de plástico injetados, pesquisadores propuseram algumas sistemáticas, sendo que a maioria delas segue a filosofia imposta pela engenharia simultânea, na qual suas etapas são realizadas simultaneamente. Alguns autores como Malloy (1994), Back (1998), Ferreira (2002) justificam que a condução do processo de desenvolvimento dentro de um ambiente de engenharia simultânea é fundamental para corresponder as atuais exigências em relação à redução no tempo de desenvolvimento de novos produtos.

Neste sentido, nota-se que o principal problema, reside no fato das metodologias não oferecerem suporte a fase de projeto detalhado considerando a abordagem de DFMA.

3. O DFMA (PROJETO PARA MANUFATURA E MONTAGEM)

O DFMA, *Design for Manufacturing and Assembly*, é uma filosofia que utiliza diversos conceitos, técnicas, ferramentas e métodos para aperfeiçoar a fabricação de componentes ou simplificar a montagem de produtos, utilizando para tal, desde a análise de valores de tolerâncias, a complexidade do produto, número mínimo de componentes necessários, layout do produto dentre outros. O DFM (Projeto para manufatura), traduz a busca durante o projeto, em tornar mais fácil à manufatura dos componentes que formarão o produto depois de montado. Enquanto DFA (Projeto para montagem) avalia todo o produto, não só as peças individualmente, e tende a simplificar a estrutura do produto enquanto mantém o projeto flexível procurando o mais eficiente uso da função do componente. Tornando a montagem do produto o menos custosa e mais otimizada possível.

Deve-se ressaltar a necessidade de avaliar bem a necessidade de um componente, devendo sempre procurar reduzir ao máximo o número de componentes no produto final. Para

tal, pode-se fazer uso de três regras básicas para verificar a necessidade de determinado componente (Souza, 1998):

1. Existe necessidade de movimento relativo entre as partes?
2. Existe necessidade de especificação de diferentes materiais por razões físicas/químicas?
3. O componente deve ser desmontável para facilitar manutenção?

Outro aspecto importante é a verificação da possibilidade de integrar funções em componentes quando possível, pois, componentes com funções integradas não precisam ser montados e, geralmente possuem menor custo de fabricação comparados com a soma dos custos das peças separadas.

Segundo Souza (1998), Forcellini (2003) e Catapan (2006), de um modo geral, o projeto para montagem tem como principais diretrizes:

- Projetar para um número mínimo de componentes;
- Utilizar componentes e processos padronizados;
- Desenvolver uma abordagem de projeto modular;
- Utilizar uma montagem empilhada/unidirecional;
- Facilitar alinhamento e inserção de todos os componentes;
- Eliminar parafusos, molas, roldanas;
- Eliminar ajustes;
- Utilizar e promover o trabalho em equipe (engenharia simultânea).

Já o projeto para manufatura tem:

- Compara o uso de diferentes combinações de materiais e processos de fabricação selecionados para as partes de uma montagem;
- Procurar padronizar materiais, acabamentos e componentes;
- Componentes com forma ergonômica;
- Determina o impacto no custo com o uso destes materiais e processos.

4. PROPOSTA DE ORGANIZAR OS CONHECIMENTOS DO PROCESSO DE COMPONENTES DE PLÁSTICO INJETADO NA ÓTICA DO DFMA, EM FORMA DE INSTRUÇÕES DE PROJETO.

Nesse item será possível visualizar nas Fig. 04 e Fig. 05 que existem dificuldades na elaboração do desenho preliminar em componentes de plástico injetados na fase de projeto detalhado, devido aos possíveis retrabalhos desde a forma da concepção do produto até a forma do produto final. Ao final desse item será possível identificar onde será possível atribuir os métodos de DFMA para essa fase de projeto.

Segundo Rozenfeld *et al* (2006), com a conclusão do projeto conceitual, inicia-se a fase de projeto detalhado. Nesta fase, a equipe de projeto deve procurar aprimorar a forma e as dimensões da concepção selecionada, visando testar a sua compatibilidade espacial. Posteriormente, esta concepção será novamente avaliada segundo aspectos técnicos e econômicos. Como resultado, têm-se projeto do produto definido. O projeto detalhado envolve a modificação da forma do componente injetado visando a sua manufatura. Também, são avaliados aspectos estruturais e de moldabilidade do componente, tendo como resultado, o projeto modificado do componente.

Para apresentar como o componente injetado pode ser modificado, visando a sua manufacturabilidade e moldabilidade, será considerado o produto ilustrado na Fig. 04. O projeto inicial do componente (ilustração à esquerda) foi modificado (ilustração à direita), através da alteração dos raios de arredondamento e dos ângulos de saída da ferramenta, visando melhorar a sua moldabilidade e o processo de fabricação e, da inclusão de uma textura com o objetivo de melhorar a aparência do componente (Malloy, 1994).

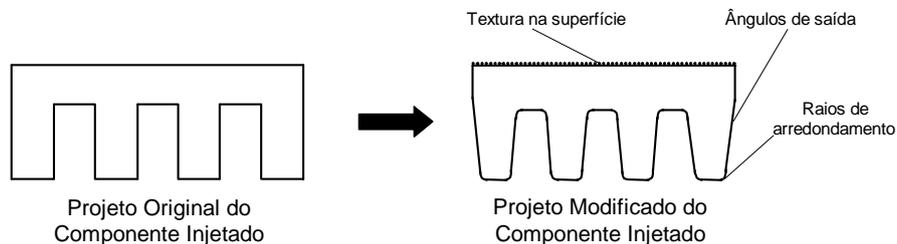


Figura 04. Comparação do projeto original para o projeto modificado de um componente de plástico injetado, visando a sua manufacturabilidade, adaptado de Malloy (1994)

Para apresentar como o componente de plástico injetado pode ser modificado, visando a sua montabilidade, será considerado o produto ilustrado na Fig. 05. O projeto inicial do componente (ilustração à esquerda) foi modificado (ilustração do meio) através da eliminação de alguns parafusos para alteração com encaixe e um parafuso, mais uma alteração ocorreu (ilustração à direita), através da eliminação de todos os parafusos e acrescentando *snap-fits* (elemento de fixação por encaixe construído de material plástico flexível) para facilitar a montagem do componente no sistema técnico.

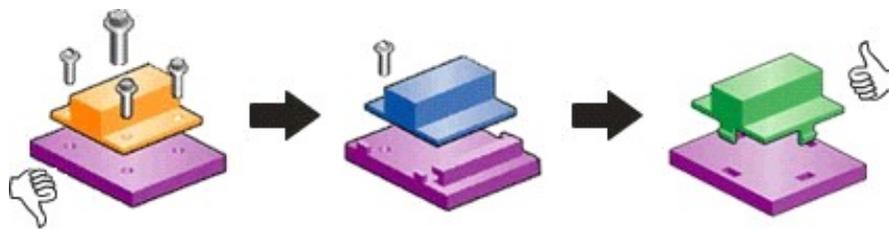


Figura 05. Comparação do projeto original para o projeto modificado de um componente de plástico injetado, visando a sua montabilidade. (GE Plastic, 2003)

Os autores Ferreira (2002) e Malloy (1994) colocam que na fase de projeto detalhado é realizado retrabalhos visando implementar modificações na forma do produto devido às geometrias da concepção serem inadequadas em relação a sua manufacturabilidade, moldabilidade e as interfaces do componente com o sistema técnico (produto já montado quando necessário), podendo aumentar o tempo de projeto e conseqüentemente, seu custo.

Seja qual for à metodologia ou sistemática adotada, verifica-se que em se tratando do projeto detalhado há um consenso no sentido de empregar os conhecimentos segundo a abordagem de DFMA. No modelo proposto por Daré (2001), esses conhecimentos poderiam ser empregados nas tarefas iniciais da fase do projeto preliminar, obtendo um importante efeito na definição da forma do componente que está sendo desenvolvido, evitando retrabalhos do mesmo nessa fase de projeto. Assim, Catapan (2006) propõe uma sistemática de projeto, para a definição da forma em componentes de plástico injetados, usando o DFMA e, essa, pode ser direcionada à orientações para projetistas, em forma de instruções de projeto.

No início da fase de projeto detalhado, a equipe de desenvolvimento de produto deve identificar os parâmetros (requisitos de projeto) de maior importância sob a abordagem dos métodos de DFMA. Ou seja, priorizar aqueles parâmetros que facilitam a fabricação e a montagem do componente. Neste momento é fundamental que ocorra uma integração com os Designers, os Projetistas do Produto e a equipe responsável pela manufatura do molde, uma vez que limitações e parâmetros de processo de fabricação podem determinar características no componente. Logo, nessa tarefa, deverá haver um bom entendimento pela equipe de projeto, pois, caso não seja bem definido quais são os principais parâmetros, poderá haver interações desnecessárias nas fases posteriores entre a equipe de projeto do componente e de molde de injeção.

Seguindo a metodologia de Daré (2001), no início da fase de projeto preliminar, existe a necessidade de detalhar o início do projeto preliminar a ser realizada, como: fazer uma revisão dos requisitos e restrições de projeto, definir qual será a funcionalidade e usabilidade do componente e definir qual será a matéria-prima a ser utilizada para injetar o componente. Isso faz com que nas fases seguintes de projeto, algum problema que venha acontecer, por virtude de uma má definição dessas atividades, como por exemplo: peças como o mesmo material montadas no sistema técnico e essa terão movimentos relativos entre elas, ocasionando um desgaste excessivo do material por serem iguais.

Com esses passos realizados, é necessário que a equipe de projeto vise à manufatura, moldagem e montagem do componente final. Para isso, o DFMA é um método muito eficiente, pois, atribuindo esse método de maneira sistêmica, faz com que evite interações e retrabalhos desnecessários para as fases seguintes de projeto.

Com o exposto acima, fica claro a necessidade de explicitar quais seriam essas recomendações/instruções do Projeto Detalhado, seguindo a abordagem do DFMA. Com isso, na Fig. 06, serão expostas, quais são essas instruções para obtenção da forma preliminar do componente já no início da fase de projeto detalhado, sob uma ordem sistêmica, para eliminar as iterações durante essa fase de projeto.

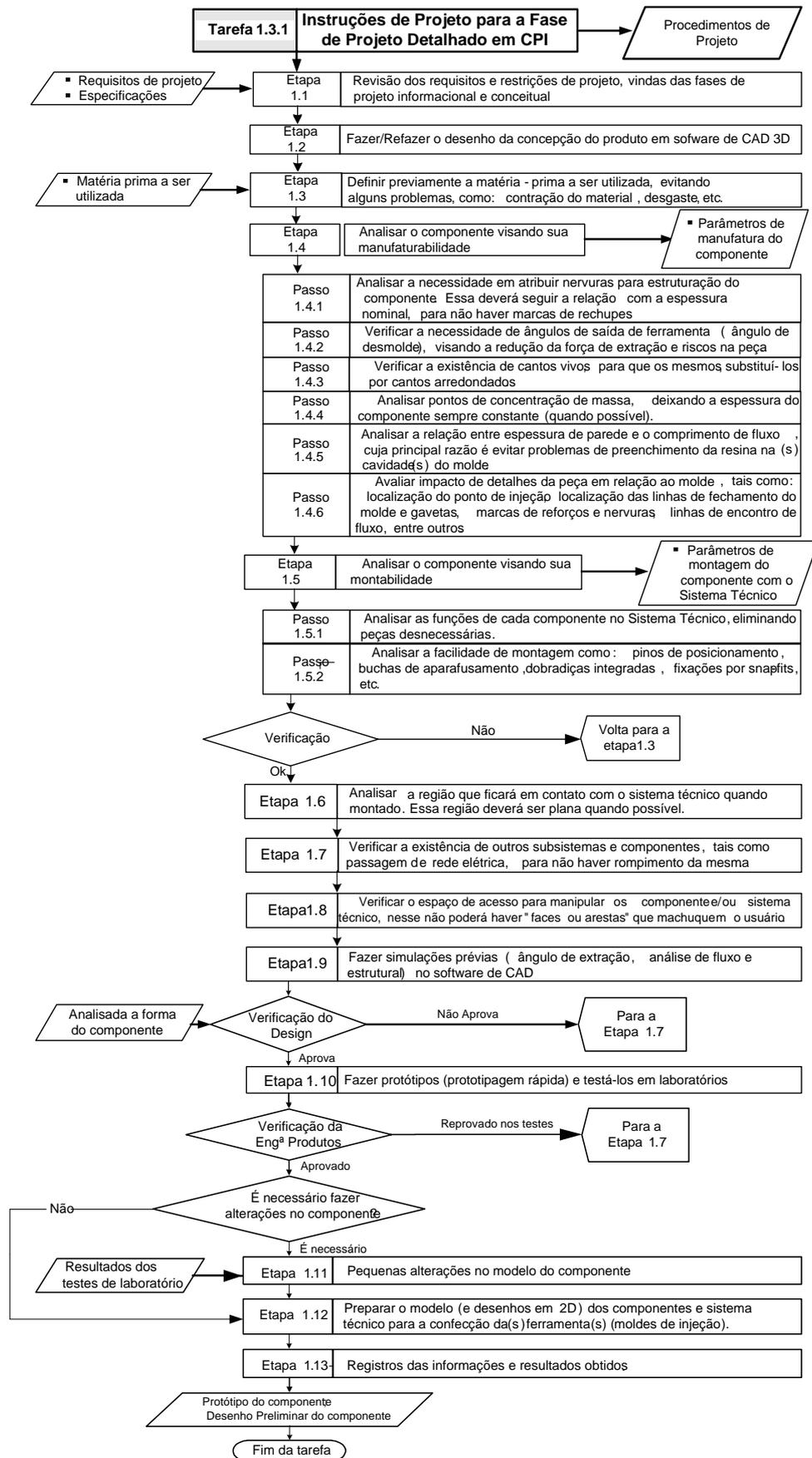


Figura 06. Instruções do Projeto Detalhado para a definição da forma em componentes de plástico injetados, utilizando do DFMA

5. CONCLUSÃO

Através desse trabalho, procurou-se demonstrar a importância e as contribuições da abordagem de DFMA aplicada ao projeto de componentes de plástico injetado, pois a utilização dos recursos provenientes desta técnica no início da fase de projeto detalhado, proporciona uma maior possibilidade de execução de projeto integrado, segundo os preceitos da Engenharia Simultânea. Além disto, permite a redução do número de iterações e interações nesta fase de projeto, reduzindo conseqüentemente o tempo de desenvolvimento do produto.

Outro aspecto relevante da abordagem do DFMA no projeto de componentes injetado é o fato de se evitar retrabalhos, uma vez que pode-se estabelecer parâmetros mais evidentes e menos subjetivos para forma do produto. Em suma, com a abordagem integrado do DFMA no projeto detalhado, ter-se-á capacidade de projetar o componente visando implementar no produto final, características que auxiliem a sua manufaturabilidade e montabilidade, propiciando aumento da sua qualidade, redução de custo e assegurar prazos de lançamento do produto no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Back, N. 1998 - **Metodologia de Desenvolvimento Rápido de Produtos de Injeção**. Departamento de Engenharia Mecânica – NEDIP – UFSC.

Catapan, M. F. **Sistematização do Projeto Preliminar em Componentes de Plástico Injetados, Uma definição da Forma Usando o DFMA**. Dissertação de Mestrado. PPGEM. CTC. UFSC. Florianópolis. 2006.

Catapan, M. F., Forcellini, F. A., Ferreira, C. V. **A utilização do DFMA na definição da forma em componentes de plástico injetados na fase de projeto preliminar**. In: CONEM - Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2004, Belém - PA.

Ching, K. e Wong, T. 1996 - *Knowledge-based Evaluation for the Conceptual Design Development of Injection Molding Parts*. Engng. Applic. Artic. Intell. 1996. V. 9.n. 4.

Daré, G. 2001 - **Proposta de um Modelo de Referência para o Desenvolvimento Integrado de Componentes de Plástico Injetados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Ferreira, C.V, Paes, A., Andrade G. 2003 - **Modelagem e sistematização do processo de desenvolvimento de produtos de plástico injetado no SENAI CIMATEC**. Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, Gramado - RS. Artigo

Ferreira, C.V. 2002 - **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetados Integrando os Processos de Projeto estimativa de Custos**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. SC. Tese.

Forcellini, F. A. 2003 - **Projeto para Manufatura. Apostila do Curso**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. UFSC: Publicação Interna.

GE-Plastics. 2003 - **Ajudando os Clientes a ganhar competitividade**. Disponível em: <<http://www.geplasticos.com.br/>> Acesso em: maio 2003.

Malloy, R.A. 1994 - **Plastic part design for injection molding: an introduction**. Munich. 1994. Hanser Publishers.

Mascarenhas, W.N. 2002 - “**Sistematização do processo de obtenção do leiaute dimensional de componentes de plástico moldados por injeção**” Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica, UFSC.

Ogliari, A. 1999 - “**Sistematização da Concepção de Produtos Auxiliado por Computador com Aplicações no Domínio de Componentes de Plástico Injetado**”. Tese de Doutorado, Florianópolis. SC. PPGEM. UFSC.

Rozenfeld, H, Forcellini, F. A., Amaral, D., Toledo, J., Silva, S., Alliprandini, D., scalice, R., **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

Sousa, A.G. 1998 - “**Estudo e análise dos métodos de avaliação da montabilidade de produtos industriais no processo de projeto**” Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Eng. Mecânica, UFSC.

Direitos Autorais

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no trabalho.

INSTRUCTIONS FOR THE DETAILED PROJECT OF INJECTED PLASTIC PARTS USING DFMA

Abstract: *The injection molded plastic components (IMPC) are generally alternative economic, efficient and necessary for the mass production of products. However, the process of development of these components is complex, mainly in the phase of detailed project. This phase is initiated with one the conception selected in the conceptual project phase, which presents one high degree of abstraction. As result of the detailed project has the drawing/project of the component. In the detailed project modifications in the form of the component occur, aiming at mainly its manufacturability, assembly and moldability. Currently, works exist on methodologies of development of IMPC that treat since the informational project of these components until the manufacture of the injection mold. However, these methodologies if show including, requiring the development of works that focal the use of methods of DFMA (Project for Manufacture and Assembly) in the aid to the definition of the component form of more systemic form. Under this target, the objective of this work is to instruct, of methodology form, some lines of direction of the project detailed for the definition of the form in IMPC, under the boarding of the DFMA. Thus, the possibility of reworks or redesign of the component can be minimized, still in the Detailed Project phase.*

Key-words: *injection molded plastic components, methodology, Detailed Project and DFMA.*