

# A UTILIZAÇÃO DO DFMA NA DEFINIÇÃO DA FORMA EM COMPONENTES DE PLÁSTICO INJETADOS NA FASE DE PROJETO PRELIMINAR

**Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Florianópolis, SC, forcellini@emc.ufsc.br

**Cristiano V. Ferreira, Dr. Eng.**

Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, SENAI – BA, Salvador, BA, cristiano@cimatec.fieb.org.br

**Marcio Catapan, Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Florianópolis, SC

## **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 preliminar. Esta fase inicia-se com uma concepção selecionada na fase de projeto conceitual, a qual apresenta um elevado grau de abstração. Como resultado do projeto preliminar tem-se o leiaute definitivo do componente. No projeto preliminar 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 sistemática. Sob este escopo, o objetivo desse trabalho é identificar os parâmetros de projeto de maior relevância na definição da forma em CPI, sob a abordagem do DFMA, segundo um processo metodológico para a fase de projeto preliminar. Assim, pode-se minimizar a possibilidade de retrabalhos ou reprojetos do componente na fase de projeto preliminar.*

**Palavras Chaves:** componente plástico injetado, projeto preliminar e método do 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 da 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 resultado foi à descoberta da importância dos custos de montagem, manufatura, fabricação, quantidade de componentes do produto, garantia de qualidade e até de despesas gerais de almoxarifado. Elevou-se então, o mérito dos princípios de uma das metodologias de projeto mais importantes, com 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 preliminar, organizando os conhecimentos 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 do ciclo de injeção 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 preliminar, especialmente na determinação de formas específicas, nas análises de moldabilidade, montabilidade e manufaturabilidade, as quais podem ser realizadas com auxílio dos conhecimentos em 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 e as especificações de projeto, processo, molde, material de injeção e custo, conforme ilustrado na Fig. 02.

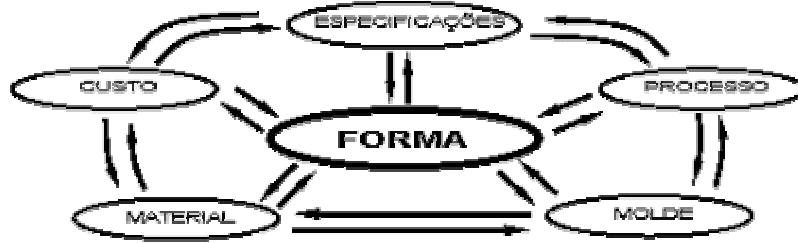


Figura 02. Interdependência de especificações de projeto, adaptado de Ferreira (2002)

O projeto de um componente de plástico é influenciado por fatores relativos ao tipo de material, condições de manufaturabilidade, de 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 funcional. 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 all (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 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 projeto de produtos. Este modelo pode ser visualizado na Fig. 03.



Figura 03: Modelo de consenso para o projeto sistemático de produtos (Ogliari, 1999)

Daré (2001) faz algumas considerações quanto à adequação das metodologias genéricas ao projeto de componentes de plástico injetados. Este autor, 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 injetado, pesquisadores propuseram algumas sistemáticas, sendo que a maioria delas seguem 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 preliminar considerando a abordagem de DFMA.

### **3. O 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) e Forcellini (2003), 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**

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 preliminar, 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 Ferreira (2002) e Malloy (1994), com a conclusão do projeto conceitual, inicia-se a fase de projeto preliminar. 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 as especificações das medidas, dos materiais e dos processos de fabricação das partes constituintes do sistema técnico ou, simplesmente, dos componentes. O projeto preliminar 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 moldabilidade e manufaturabilidade, 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).

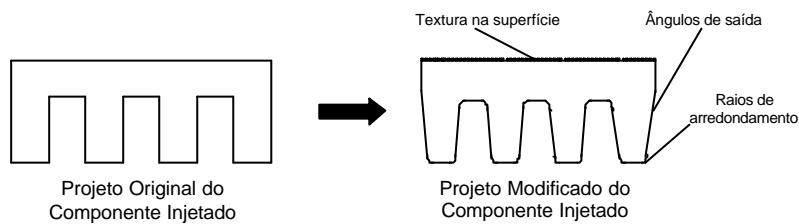


Figura 04. Comparação do projeto original para o projeto modificado de um componente de plástico injetado, visando a sua manufaturabilidade, adaptado de Malloy (1994)

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*<sup>1</sup> para facilitar a montagem do componente no sistema técnico.

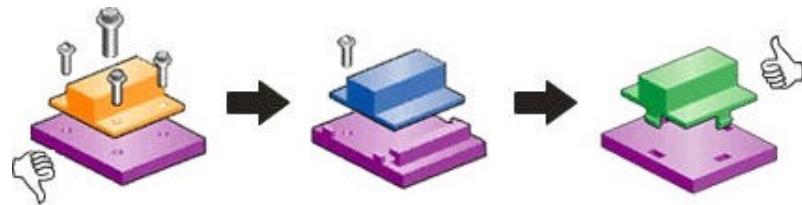


Figura 05. Comparação do projeto original para o projeto modificado de um componente de plástico injetado, visando a sua montabilidade. (GE Plastic, 2003)

<sup>1</sup> *Snap-fits*: elemento de fixação por encaixe construído de material plástico flexível.

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

Seja qual for à metodologia ou sistemática adotada, verifica-se que em se tratando do projeto preliminar 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 do projeto.

No início da fase de projeto preliminar, descrita por Daré (2001), na primeira tarefa - identificação dos parâmetros de maior relevância -, as informações obtidas na fase de projeto conceitual, isto é, as especificações de projeto de componentes injetados, a equipe de desenvolvimento de produto deve identificar os parâmetros (requisitos de projeto) de maior importância sob a abordagem 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 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 a primeira tarefa a ser realizada como: fazer uma revisão dos requisitos e restrições de projeto, definir claramente qual será a funcionalidade, usabilidade e a ergonomia do componente e definir exatamente 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: ocasiona uma contração do material não esperado, devido à má definição do material selecionado.

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 esses métodos 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 são esses parâmetros de maior relevância, seguindo a abordagem do DFMA. Com isso, na Fig. 06, serão expostas, quais são os principais parâmetros necessários para obtenção da forma exata do componente, sob uma ordem sistêmica, para eliminar as interações durante a fase de projeto preliminar.

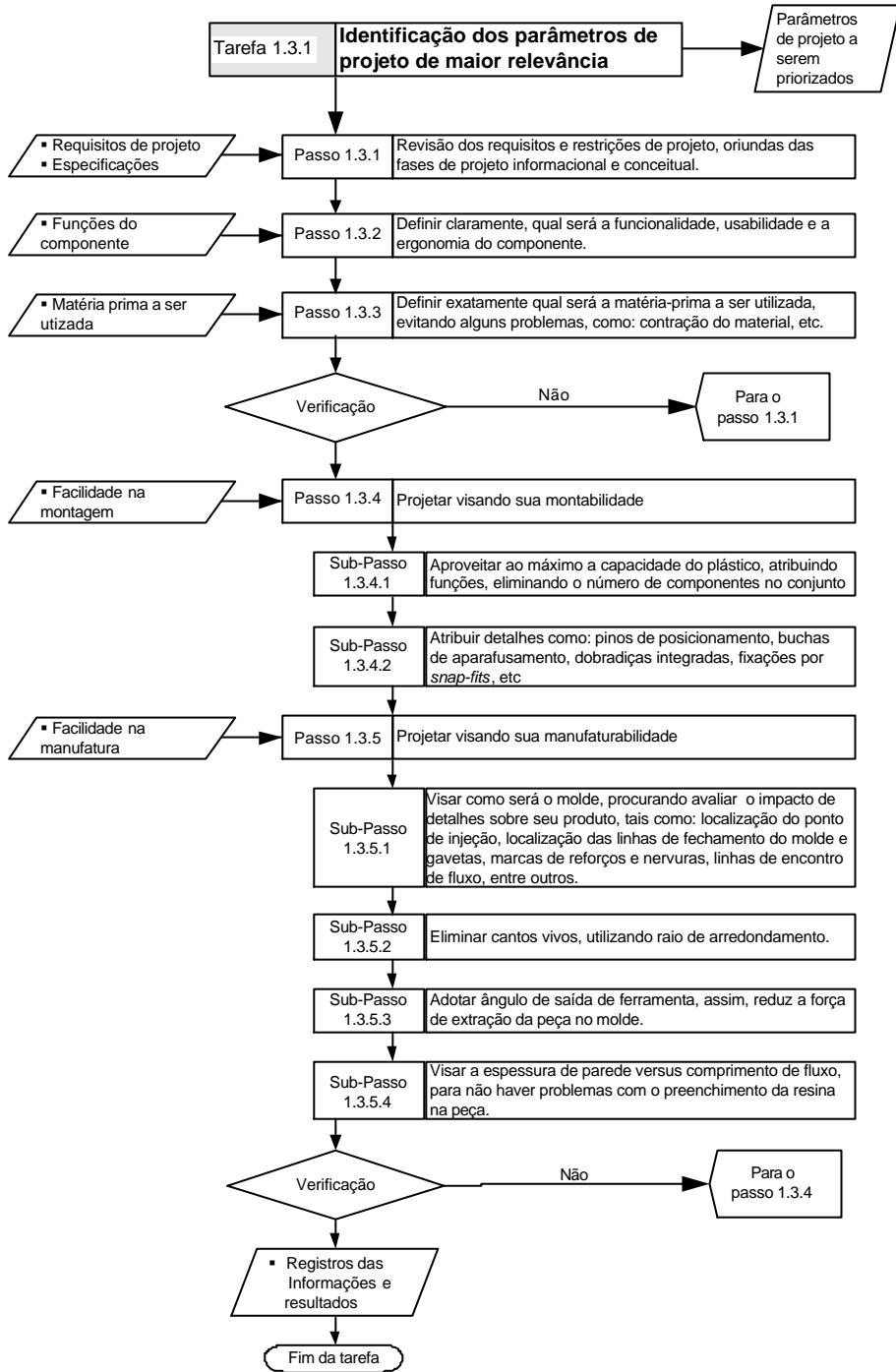


Figura 06. Parâmetros de maior relevância na definição da forma em componentes de plástico injetados, sob a ótica do DFMA.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Os números especificados na figura 6 foram extraídos do trabalho de Daré (2001). Esta figura corresponde a um segmento (parte da metodologia) proposta por Daré (2001). Sendo assim, optou-se por preservar estes números.

## **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 preliminar, proporciona uma maior possibilidade de execução de projeto integrado, segundo os preceitos da Engenharia Simultânea. Além disto, permite a redução do número de interações nesta fase de projeto, reduzindo consequentemente o tempo de desenvolvimento do produto.

Outro aspecto relevante da abordagem de 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 preliminar, ter-se-á capacidade de se projetar o componente visando implementar no produto características que auxiliem a sua manufaturabilidade e montabilidade, propiciando aumento da sua qualidade, redução de custo e assegurar prazos de lançamento de lançamento do produto no mercado.

## **6. AGRADECIMENTOS**

Este trabalho conta com o apoio financeiro do CNPq.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

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

## **7. DIREITOS AUTORAIS**

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

### **THE USE OF DFMA IN THE DEFINITION OF THE INJECTION MOLDED PLASTIC COMPONENTS FORM DURING THE PRELIMINAR DESIGN PHASE**

**Fernando Antônio Forcellini, Dr. Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Florianópolis, SC, forcellini@emc.ufsc.br

**Cristiano Vasconcellos Ferreira, Dr. Eng.**

Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia, SENAI – BA, Salvador, BA, cristiano@cimatec.fieb.org.br

**Marcio Catapan, Eng.**

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, Florianópolis, SC

### **THE USE OF THE DFMA IN THE DEFINITION OF THE FORM IN INJECTED PLASTIC COMPONENTS IN THE PHASE OF PRELIMINARY PROJECT**

#### ***Abstract:***

*The injection molded plastic components (CPI) are economic, efficient and precision alternatives for the large escale production. However, the development process of these components is normally complex, mainly in its preliminary design phase. The preliminar design phase begins considering the product conception selected in the conceputal design phase, that its presents a high abstraction level. As a result of preliminar design phase the design has the component layout defined. During the preliminar design phase, the component is modified considering its manufaturability, assembly and moldability. Nowadays, there are researches about the methodologies to support the design of injection molded component considering all design phase, i.e, informational design phase until mold manufacturing. However, these methodologies are generic requiring the research' devolopment focusing the use of DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) Methods to support the component form in a criterious and sistematic way. Considering this approach, the objective of this paper is to identify the most important design parameter to define the form of injection molded component using the DFMA methods durign the preliminar design phase. In this case, it will be possible to minimize the component' redesign during the preliminar design phase.*

***Key Words:*** *injection molded components, preliminary design phase and DFMA method.*