

AValiação de concepções alternativas de componentes de PLÁSTICO INJETADOS: SISTEMÁTICA E FERRAMENTA COMPUTACIONAL

André Ogliari

Nelson Back

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Mecânica, Núcleo de Desenvolvimento Integrado de Produtos, 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: ogliari@emc.ufsc.br.

Resumo

Após a geração de concepções alternativas para o produto iniciam-se processos para selecionar aquela que será levada adiante nas demais fases do projeto, ou seja, no projeto preliminar e detalhado do produto. Na literatura existem vários métodos de apoio à seleção de concepções para o produto que levam em conta a natureza qualitativa das informações durante o projeto conceitual. Esses métodos, em geral, propõem o confronto entre determinados critérios de avaliação (geralmente as necessidades ou requisitos de projeto) contra as soluções conceituais desenvolvidas. Ocorre, entretanto, que as características das soluções sendo avaliadas nem sempre são claramente estabelecidas, cabendo ao projetista observá-las e emitir pareceres sobre o atendimento, ou não, de determinado critério. Diante dessas observações propôs-se um método de valoração de concepções que considera o confronto dos requisitos de projeto com as qualidades da concepção. As qualidades da concepção correspondem as suas “habilidades”, ou seja, a adequacidade desta em dado processo do ciclo de vida. São exemplos de qualidades de uma concepção, sua competitividade, funcionalidade, projetabilidade, moldabilidade, entre outras. Já, os requisitos de projeto constituem em resultados obtidos na especificação da tarefa de projeto sob o método da “casa da qualidade”. Sob tais proposições estabeleceu-se uma sistemática para a avaliação de concepções, cujos procedimentos foram implementados em ferramenta computacional. Os resultados dessa implementação serão apresentados com aplicações voltadas à concepção de gabinetes moldados por injeção de plástico.

Palavras-chave: Concepção de produtos, Avaliação de concepções, Produtos de plástico injetados

1. INTRODUÇÃO

O estabelecimento de concepções para o produto, geralmente empregando-se o método morfológico (Pahl & Beitz, 1996), não implica que todas elas serão promissoras para as demais fases do projeto. Faz-se necessário estabelecer aquela mais adequada, considerando-se critérios técnicos e econômicos. Para tal devem ser prescritos determinados procedimentos sob os quais as concepções estabelecidas possam ser avaliadas.

Em parte, a avaliação das concepções ocorre durante a combinação de princípios de solução numa matriz morfológica. Nesse caso os princípios de solução, sendo selecionados para constituírem dada concepção, são confrontados, individualmente, contra critérios de compatibilidade entre princípios, realizabilidade física, economicidade, entre outros. A avaliação das concepções geradas, como um todo, é conduzida em etapas posteriores.

No processo de avaliação de concepções, em função da natureza e forma de representação das concepções geradas, cabe ao projetista analisar as características de cada uma delas e emitir pareceres sobre sua adequabilidade, ou não, com relação a um conjunto de critérios de avaliação (geralmente as necessidades ou requisitos de projeto). Esse processo pode apresentar certas dificuldades uma vez que, normalmente, as concepções apresentam-se de maneira abstrata, sob informações qualitativas e insuficientes, dificultando a percepção de suas características e a comparação com os critérios de avaliação. Isso pode ser observado nos exemplos de concepções alternativas mostrados na Figura 1.

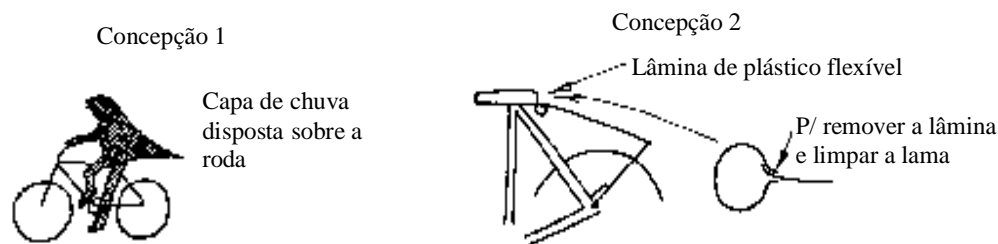


Figura 1. Concepções alternativas para um pára lama de bicicleta (Ullman, 1992)

Diante dessas observações entende-se que se faz necessário um conjunto padronizado de características para representar as concepções geradas, procurando-se uniformizar o processo de avaliação. Em outras palavras, faz-se necessário uma base comum de características para confrontá-las com os critérios de avaliação. Propõe-se que tais características sejam constituídas através de elementos qualificadores, os quais deverão ser estabelecidos conforme as fases do ciclo de vida do produto. Esses qualificadores corresponderão a certas “habilidades” de cada concepção, em dada fase ou processo do ciclo de vida do produto. São exemplos de qualificadores, a competitividade, funcionalidade, projetabilidade, moldabilidade, entre outros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Existem vários métodos para a avaliação de concepções, os quais levam em conta a natureza abstrata, qualitativa e insuficiente das informações que as compõem. Ullman (1992), por exemplo, propõe que as concepções do produto sejam avaliadas sob o julgamento da viabilidade (baseado na experiência dos projetistas), disponibilidade tecnológica (baseado no estado da técnica), exame "passa/não passa" (baseado na comparação das características de cada concepção contra as necessidades de projeto) e através da matriz de decisão ou método de *Pugh* (obtenção de escores para cada concepção do produto, comparado-as com as necessidades de projeto, levando-se em conta uma concepção de referência). Demais métodos de avaliação são descritos em Pahl & Beitz (1996) e Back (1983) e consideram o confronto das características de cada concepção alternativa contra determinados critérios de avaliação (geralmente os requisitos de projeto).

Nessas abordagens, em geral, não fica muito claro, ou explícito, quais são as características das concepções geradas, as quais deverão ser confrontadas com os critérios de avaliação. Ainda, em alguns casos, as características consideradas encontram-se num nível de detalhamento nem sempre obtido na fase do projeto conceitual do produto.

Na matriz de decisão, por exemplo, (Ullman, 1992), as diferentes idéias desenvolvidas para o produto são confrontadas com os critérios de avaliação. Essa idéias são representadas, em geral, na forma de esquemas, conforme pode ser observado na Figura 2. Esses esquemas indicam a natureza da solução proposta, seus principais elementos e as relações entre eles.

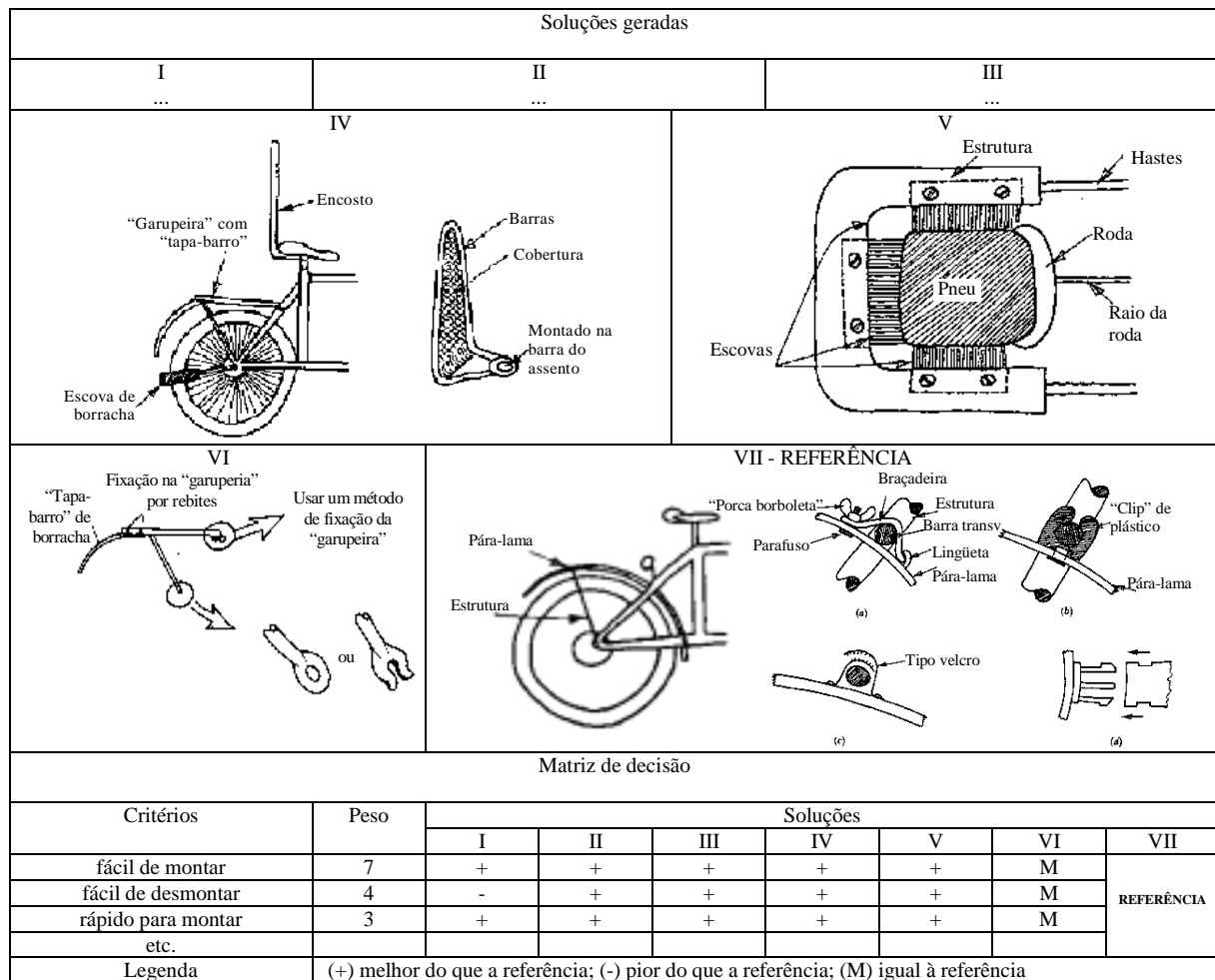


Figura 2. Exemplo parcial de uma matriz de decisão (adaptado de Ullman, 1992)

Nesse exemplo pode-se verificar que, as características das soluções sendo avaliadas não são explicitamente definidas. Por exemplo, trata-se do número de elementos da solução? serão os tipos de elementos? ou serão os princípios de funcionamento das soluções? Essas características dependem, em parte, do entendimento ou da percepção do projetista sobre cada uma das soluções propostas. Como as soluções são diferentes em sua natureza e representação e não existe uma base de caracterização comum, muitas características poderão ser desconsideradas, ou relegadas, no processo de avaliação.

Nas propostas de Back (1985) e Pahl & Beitz (1996), por sua vez, sob o método da matriz de avaliação, embora se prescreva uma base de características para confrontar as soluções geradas com os critérios de avaliação, conforme exemplo mostrado na Figura 3, aquelas características pressupõem, em parte, informações, as quais nem sempre são disponíveis na fase de concepção do produto. São características mais apropriadas para a avaliação na fase do projeto preliminar do produto.

As concepções alternativas que são avaliadas constituem-se, normalmente, de uma estrutura de princípios de solução, os quais foram estabelecidos para cada uma das funções do produto. Ocorre, entretanto, que esses princípios não se apresentam de maneira padronizada, podendo-se encontrá-los sob diferentes níveis de abstração e formas de representação. Poder-se-á encontrar, por exemplo, princípios para a fixação de componentes na forma de linhas esquemáticas, indicando uma dada fixação, bem como na forma de um componente definido, tal como um dado tipo de parafuso ou rebite. Isso resultará em diferentes percepções das soluções sendo avaliadas.

Base de comparação ou de confronto com os critérios de avaliação		Solução S1				Solução S2			
		consumo de combustível (g/kwh)	relação peso/potência (kg/kw)	facilidade de fundição das peças	vida (km)	consumo de combustível (g/kwh)	relação peso/potência (kg/kw)	facilidade de fundição das peças	vida (km)
Critérios de avaliação	Peso (p _i)	240	1,7	regular	80.000	300	2,7	bom	95.000
pequeno consumo de combustível	0,30	v ₁₁ = 3				v ₁₂ = 2			
baixo peso	0,15		4			2			
fácil fabricação	0,10			1				1	
vida longa	0,20				2				3
etc.	p _n								
	$\sum p_i v_{ij}$	(3 x 0,30) + (4 x 0,15) + (1 x 0,10) + (2 x 0,20) = 2				(2 x 0,30) + (2 x 0,15) + (1 x 0,10) + (3 x 0,20) = 1,6			

Figura 3. Exemplo parcial de uma matriz de avaliação (adaptado de Back, 1983)

A padronização de princípios de solução, e as conseqüentes concepções, não é uma tarefa simples, pois cada princípio pode ser desenvolvido de diferentes maneiras, dependendo do domínio de aplicação e do tipo de projeto (veja Roth, 1995). Entretanto, é possível estabelecer uma estrutura de caracterização comum para qualificá-los. Essa estrutura baseia-se nas fases do ciclo de vida do produto e pressupõe que cada princípio de solução seja caracterizado conforme suas “habilidades” em dada fase do ciclo de vida do produto. Assim, por exemplo, diferentes princípios de solução terão uma qualidade do tipo “fabricabilidade”, a qual poderá apresentar valores do tipo boa, média ou ruim, para cada um deles.

Sob as considerações anteriores e entendendo-se que os pareceres emitidos pelos projetistas no processo de avaliação das concepções alternativas devem se dar sob uma mesma base de caracterização, propôs-se um método de valoração de concepções que considera um conjunto comum de qualidades para caracterizá-las. No processo de avaliação, essas qualidades serão confrontadas com os requisitos do projeto, obtendo-se através de algoritmos apropriados, valores de importância para cada concepção gerada. Com esses valores as concepções podem ser categorizadas em ordem de importância e auxiliar a equipe de projeto na seleção daquela que será levada adiante nas demais fases do projeto.

3. MÉTODO DE VALORAÇÃO DE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS

No método proposto cada concepção do produto é constituída por uma estrutura de princípios de solução. Cada princípio de solução, por sua vez, é caracterizado por um conjunto de qualidades, as quais são estabelecidas na geração do princípio e valoradas com base numa escala qualitativa (qualidade boa = 5, média = 3 e ruim = 1). Dessa maneira, cada concepção do produto será caracterizada e valorada pelo conjunto das qualidades de seus princípios de solução, resultando num valor global para cada concepção, conforme exemplo mostrado na Figura 4.

O valor global da concepção, por si só, estabelece um parâmetro de seleção daquela mais apropriada para o projeto, entretanto esse valor não leva em conta os critérios de avaliação e seus respectivos pesos de importância. No método proposto o valor global de cada concepção é associado aos graus de relacionamentos existentes entre os requisitos de projeto (critérios de avaliação) e as qualidades das concepções. Os graus de relacionamentos entre os requisitos e as qualidades são estabelecidos através de uma escala qualitativa do tipo: forte relação = 5, média relação = 3, fraca relação = 1 e nenhuma relação = 0. Dessa associação, através de algoritmos apropriados, resulta um valor final para cada concepção alternativa do produto, possibilitando categorizá-las em ordem de importância.

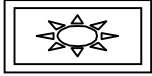
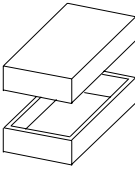
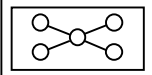

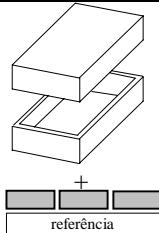
Funções	Concepção 1											
enclausurar componentes internos 	Princípio de solução 1 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>qualidades do princípio</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>competitividade</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>funcionalidade</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>projetabilidade</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>etc.</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	qualidades do princípio	Valor	competitividade	5	funcionalidade	5	projetabilidade	5	etc.	...
qualidades do princípio	Valor											
competitividade	5											
funcionalidade	5											
projetabilidade	5											
etc.	...											
arranjar componentes internos 	Princípio de solução 2 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>qualidades do princípio</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>competitividade</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>funcionalidade</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>projetabilidade</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>etc.</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>	qualidades do princípio	Valor	competitividade	3	funcionalidade	5	projetabilidade	1	etc.	...
qualidades do princípio	Valor											
competitividade	3											
funcionalidade	5											
projetabilidade	1											
etc.	...											
etc.	Princípio de solução k											
Características da concepção 	<table border="1"> <thead> <tr> <th>qualidades da concepção</th> <th>Valor Global</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>competitividade</td> <td>5 + 3 + ...</td> </tr> <tr> <td>funcionalidade</td> <td>5 + 5 + ...</td> </tr> <tr> <td>projetabilidade</td> <td>5 + 1 + ...</td> </tr> <tr> <td>etc.</td> <td>...</td> </tr> </tbody> </table>		qualidades da concepção	Valor Global	competitividade	5 + 3 + ...	funcionalidade	5 + 5 + ...	projetabilidade	5 + 1 + ...	etc.	...
qualidades da concepção	Valor Global											
competitividade	5 + 3 + ...											
funcionalidade	5 + 5 + ...											
projetabilidade	5 + 1 + ...											
etc.	...											

Figura 4. Exemplo de caracterização de uma dada concepção

Sob a estrutura de caracterização, conforme exemplificada na Figura 4, define-se o Valor Global da Concepção (VGC) através da Equação 1, a seguir.

$$VGC^i = \sum_{j=1}^{nQ} \left(\sum_{k=1}^{nPS} VQ_{kj}^i \right) \quad (1)$$

onde

VGC^i = valor global da concepção i;

VQ_{kj}^i = valor da qualidade j, do princípio de solução k, da concepção i;

nQ = número de qualidades do princípio de solução k, e

nPS = número de princípios de solução da concepção i.

Diante dos valores globais de cada concepção, conforme a Equação 1, é possível obter indicativos sobre qual delas será mais adequada para o projeto em questão. De fato, isso pode ser considerado se as qualidades desejadas para o produto apresentarem as mesmas importâncias. Entretanto, dependendo dos requisitos de projeto, algumas qualidades serão mais importantes, em detrimento de outras, de modo que o VGC não é suficiente para valorá-las. Em outras palavras deve-se agregar ao VGC quais são as qualidades desejadas para o produto e seus respectivos pesos de importância.

As qualidades desejadas para o produto podem ser estabelecidas relacionando-se os requisitos de projeto com as qualidades que caracterizam as concepções, sob as seguintes considerações:

- se um dado requisito de projeto apresenta algum grau de relacionamento com uma dada qualidade, significa que esta qualidade será desejada e deverá ter um peso maior do que aquelas que não apresentam relacionamentos com aquele requisito;
- a relação entre um dado requisito e uma dada qualidade expressa o quanto o requisito é dependente da qualidade para ser satisfeito. Assim, por exemplo, **menor tempo de injeção** (requisito) é dependente da **moldabilidade** (qualidade) do produto. Em outras palavras, se o produto tem uma moldabilidade adequada, ele satisfaz a um menor tempo de injeção.

- os graus de relacionamentos entre os requisitos e as qualidades podem ser estabelecidos sob a seguinte escala de valores: relacionamento forte = 5; relacionamento médio = 3 e relacionamento fraco = 1;

Sob as considerações anteriores, define-se o Peso da Qualidade Desejada para o Produto (PQDP) como a soma dos graus de relacionamentos de cada qualidade com os requisitos de projeto. O estabelecimento desses pesos levam em conta, ainda, a classificação ou a importância dos requisitos de projeto, a qual pode ser obtida numa matriz da “casa da qualidade” (Ogliari et al., 1999). Nesse caso, a importância dos requisitos é considerada sob o Fator de Classificação do Requisito (FCR).

Dessa maneira, o Peso das Qualidades Desejadas para o Produto (PQDP) é determinado, conforme a Equação 2, a seguir.

$$PQDP_j = \sum_{n=1}^{nR} FCR_n * grRQ_{nj} \quad (2)$$

onde:

PQDP_j = peso da qualidade j desejada para o produto;

FCR_n = fator de classificação do requisito n;

grRQ_{nj} = grau de relacionamento entre o requisito n e a qualidade j e

nR = número de requisitos de projeto.

Na Equação 2, o Fator de Classificação do Requisito (FCR) é determinado, conforme a Equação 3, a seguir.

$$FCR_n = \frac{nR - (pRC_n - 1)}{nR} \quad (3)$$

onde

pRC_n = posição do requisito n na classificação da “casa da qualidade”.

Outro fator a ser considerado na valoração das concepções é o Peso Relativo da Qualidade (PRQ) na concepção. Esse fator expressa o quanto uma dada qualidade se destaca na concepção, comparada com as demais qualidades. Assim, por exemplo, a **funcionalidade** pode representar 50% do valor global de dada concepção, enquanto as demais (**fabricabilidade**, **montabilidade**, etc.) representam os restantes 50% do valor global da concepção. Esse fator (PRQ) irá agregar valor a concepção no processo de valoração se as qualidades de maior peso relativo forem aquelas desejadas para o produto. Dessa maneira, o Valor da Concepção (VC) será determinado através da Equação 4, conforme a seguir.

$$VC^i = \sum_{j=1}^{nQ} PDQP_j * PRQ_j^i \quad (4)$$

onde:

VCⁱ = valor da concepção i;

PRQⁱ_j = peso relativo da qualidade j na concepção i e

nQ = número de qualidades na concepção i.

Na Equação 4, o Peso Relativo da Qualidade (PRQ) é determinado pela Equação 5, a seguir.

$$PRQ_j^i = \frac{\sum_{k=1}^{nPS} VQ_{kj}^i}{VGC^i} \quad (5)$$

onde:

VQ_{kj}^i = valor da qualidade j, do princípio de solução k, da concepção i;
 nPS = número de princípios de solução da concepção i; e
 VGC^i = valor global da concepção i, calculado pela equação 1.

Sob o método proposto estabeleceu-se uma sistemática de avaliação de concepções alternativas dedicada a produtos de plástico injetados (Ogliari, 1999), cujos principais procedimentos foram implementados em computador e testados em estudo de caso de projeto de um gabinete de plástico injetado. Exemplos dos recursos implementados e resultados do processo de avaliação serão mostrados, ao final, em conjunto com as principais considerações sobre o método proposto e estudos que se fazem necessários para a evolução da ferramenta que se apresenta.

4. SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO DE CONCEPÇÕES

Os principais procedimentos do processo de **avaliação das concepções do produto**, sob o método de valoração proposto, são mostrados na Figura 5. As entradas principais desse processo são os requisitos de projeto e as qualidades que caracterizam as concepções alternativas do produto. A saída será dada pelas concepções do produto categorizadas em ordem de importância através do Valor da Concepção (VC) determinado pela Equação 4.

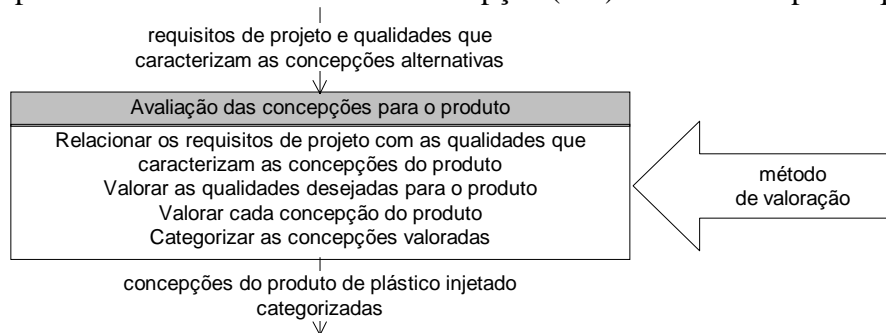


Figura 5. Sistemática de avaliação de concepções do produto (Ogliari, 1999)

De acordo com a Figura 5 o procedimento inicial consiste em relacionar os requisitos de projeto com as qualidades que caracterizam as concepções do produto. Sob tal procedimento procura-se identificar, num primeiro momento, quais são as qualidades desejadas para o produto. Em princípio, se um dado requisito de projeto apresenta algum grau de relacionamento com uma dada qualidade, significa que esta qualidade será desejada para o produto e deverá ter um peso maior do que aquelas que não apresentam relacionamentos com aquele requisito.

Algumas orientações gerais para a condução dos relacionamentos entre qualidades e requisitos são como segue: “+ ou - requisito x será atendido se a qualidade j for considerada na concepção”. Noutra forma, “um produto y cuja qualidade j é considerada proporciona (ou implica) em + ou - o requisito x?”. Sob essas orientações, por exemplo, no caso de produtos injetados, tem-se: “+ ângulo de saída será obtido se a moldabilidade for uma qualidade considerada na concepção do produto (forte relacionamento (5))”. Noutra forma, “um produto cuja moldabilidade é considerada implica em + ângulos de saída (forte relacionamento (5))”.

Estabelecidas as qualidades desejadas para o produto segue-se com a determinação dos pesos de importância de cada uma delas, através da Equação 2. Esse processo é realizado automaticamente através da ferramenta implementada, bem como aqueles estabelecidos pelos procedimentos para valorar cada concepção do produto e categorizá-las em ordem de importância. Exemplos desses procedimentos serão mostrados no item que segue.

5. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

Diante do método de valoração e da sistemática de avaliação propostos, procedeu-se na proposição de funcionalidades para uma ferramenta computacional de apoio ao processo de avaliação de concepções do produto, denominada de MAVAL (Matriz de AVAliação), conforme mostrado na Tabela 1. A partir dessas proposições foram desenvolvidos recursos em software, empregando-se a ferramenta de desenvolvimento *Borland Delphi 3*. Alguns desses recursos são mostrados nas figuras que seguem.

Tabela 1. Proposições para a implementação da MAVAL (Ogliari, 1999)

Método de projeto	Procedimento de projeto	Proposições teóricas	Implem comp.	Proposições aplicadas (funcionalidades para a ferramenta computacional)	Programa de auxílio ao projeto
Valoração de concepções	<ul style="list-style-type: none"> relacionar os requisitos de projeto com as qualidades que caracterizam as concepções do produto 	<ul style="list-style-type: none"> ambiente computacional para os relacionamentos entre requisitos e qualidade 	⇒	<ul style="list-style-type: none"> <i>funções</i> para importar os requisitos de projeto e as características (qualidades) das concepções geradas para o produto <i>funções</i> para relacionar os requisitos de projeto com as qualidades das concepções do produto 	MAVAL
	<ul style="list-style-type: none"> valorar as qualidades desejadas para o produto 	<ul style="list-style-type: none"> calcular o PQDP (Peso da Qualidade Desejada para o Produto), conforme as equações (2) e (3) 		<ul style="list-style-type: none"> <i>funções</i> (algoritmos) para calcular o Peso das Qualidades Desejadas para o Produto 	
	<ul style="list-style-type: none"> valorar cada concepção do produto 	<ul style="list-style-type: none"> calcular o VC (Valor da Concepção), conforme a equação (4) e os resultados do procedimento anterior 		<ul style="list-style-type: none"> <i>funções</i> (algoritmos) para calcular o Valor da Concepção 	
	<ul style="list-style-type: none"> categorizar as concepções valoradas 	<ul style="list-style-type: none"> apresentar graficamente as concepções valoradas e ordenadas 		<ul style="list-style-type: none"> <i>funções</i> para a exibição gráfica e ordenação das concepções do produto, conforme seus VCs (Valor da Concepção) 	

Na Figura 6, por exemplo, mostra-se a lista dos requisitos de projeto recuperados da matriz da “casa da qualidade”, bem como a lista das qualidades que caracterizam as concepções geradas para o produto. Observa-se, também, recursos (escala de valores) para proceder no estabelecimento dos graus de relacionamentos entre os requisitos e as qualidades que caracterizam as concepções.

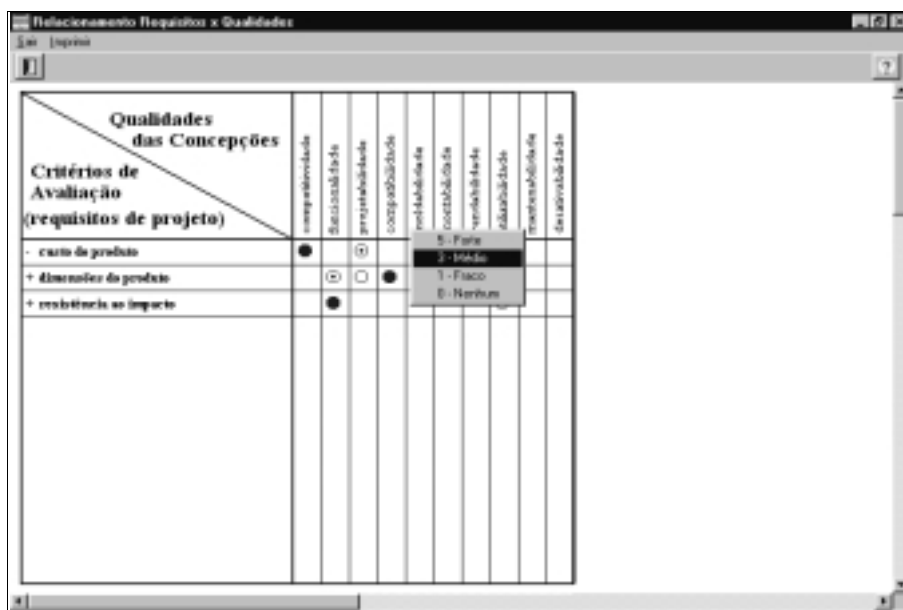


Figura 6. Recursos para a atribuição de relacionamentos entre requisitos e qualidades das concepções (Ogliari, 1999)

Sob os graus de relacionamentos atribuídos entre os requisitos e as qualidades o programa calcula o peso das qualidades desejadas para o produto (PQDP) e os valor de cada concepção (VC), e apresenta-as, de maneira ordenada, conforme mostrado na Figura 7.

Funções	Concepção 1 VC 3,268	Concepção 2 VC 3,262	Concepção 3 VC 3,249
proteção	[Icon]	[Icon]	[Icon]
reflexor	[Icon]	[Icon]	[Icon]
infusor	[Icon]	[Icon]	[Icon]
compartimento	[Icon]	[Icon]	[Icon]
expressão	[Icon]	[Icon]	[Icon]
enclausuramento	[Icon]	[Icon]	[Icon]
combustível	[Icon]	[Icon]	[Icon]

Figura 7. Classificação das concepções segundo seus valores (Ogliari, 1999)

Sob os resultados, conforme a Figura 7, dispõe-se de indicativos para decidir sobre qual concepção será conduzida nas demais etapas do processo de projeto do produto. Em princípio, conforme o método de valoração proposto, aquela de maior VC (Valor da Concepção) será a mais indicada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sob a utilização da ferramenta que se apresenta, em estudo de caso de projeto de um gabinete de plástico injetado (Ogliari, 1999), faz-se as seguintes considerações:

- trata-se de uma ferramenta simples e prática que possibilita, sob dado método de valoração, avaliar as concepções geradas para o produto, levando-se em conta os problemas técnicos a serem resolvidos (requisitos de projeto);
- constitui-se, em linhas gerais, numa ferramenta de apoio à tomada de decisão, indicando as concepções mais apropriadas para o problema, considerando a combinação dos pesos das qualidades desejadas para o produto e os pesos relativos das qualidades de cada princípio de solução;
- as potencialidades dessa ferramenta poderão ser melhoradas quanto à “explicação” dos “motivos” que levaram determinadas concepções serem “melhores” ou “piores” do que outras, possibilitando-se, assim, além de um entendimento abrangente sobre os pontos fortes e fracos de cada concepção, que aquela de maior valor possa ser evoluída em função das características das demais concepções avaliadas e
- na utilização da ferramenta deve-se promover, ainda, orientações *on-line*, seja na forma de regras, ou de exemplos, para melhor orientar o projetista durante a atribuição dos relacionamentos entre requisitos e qualidades, facilitando a determinação daquelas qualidades que são desejadas para o produto;

7. REFERÊNCIAS

- Back, N., 1983, “Metodologia de projeto de produtos industriais”, Rio de Janeiro : Ed. Guanabara Dois, 389 p.
- Ogliari, A., 1999, “Sistematização da concepção de produtos auxiliada por computador com aplicações no domínio de componentes de plástico injetados”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil, 342 p.
- Ogliari, A., Back, N., Forcellini, F.A., 1999, “Utilização da casa da qualidade no projeto conceitual de produtos e sua implementação computacional”, In: I Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento do Produto, Belo Horizonte, pp.196-208.
- Pahl, G. and Beitz, W., 1996, “Engineering design: a systematic approach”, 2. ed. Great Britain : Springer-Verlag London Limited, 544 p.
- Roth, K., 1995, “New design methods for the development of promising products”, In: International Conference on Engineering Design - ICED 95. Praha, Czech republic, pp.508-516.
- Ullman, D. G., 1992, “The mechanical design process”, Singapore : McGraw-Hill Book Co., 337 p.