

# RELAÇÕES DO PROCESSO DE ROTOMOLDAGEM COM A ERGONOMIA NO USO E NA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS PLÁSTICOS

**Andrei Zwetsch Cavalheiro**

Universidade Federal de Santa Catarina, EMC/POSMEC/CIMJECT, Campus Universitário,  
Trindade - Cx Postal 476 - 88040-900 - Florianópolis/SC, andrei\_cavalheiro@bol.com.br

**Eugenio Andrés Diaz Merino**

Universidade Federal de Santa Catarina, PPGEP/CETC - EGR/CCE, NGD/Campus Universitário,  
Trindade - Cx Postal 476 - 88040-900 - Florianópolis/SC, merino@cce.ufsc.br

**Abstract.** On product development process, costs reduction, performance and aesthetics are commonly preferred to ergonomic *design* considerations. Compared to injection or blow molding, large hollow or opened plastic parts produced by rotational molding process can be considerably more complex, and allows ergonomic *features* design without increasing manufacturing costs. Since ergonomics has to be considered not only during its use, but in the whole product development steps, product conception should be oriented to a ergonomic manufacturing. However, minimizing hard, repetitive or hazardous manufacturing operations typically means additional costs. In this sense, is to be highlighted the rotational molding rare ability in produce large one-part products, which means a low cost solution to eliminate non-ergonomic assembling operations. Focusing product use and manufacture ergonomics, this work presents rotational molding primary characteristics to product development personnel and compares its performance, aesthetical and economical pros and cons with competing process.

**Key-words:** rotational molding, product ergonomics, plastic products development.

ao processo considerado mais vantajoso e notas decrescentes para os demais, conforme aumentam os seus respectivos graus de desvantagem. Por considerarem peças e condições genéricas, as avaliações são apenas uma referência inicial para o projetista, pois num caso prático o número de variáveis a serem analisadas é grande. Devido às amplas variedades de geometrias, requisitos técnicos do produto, graus de sofisticação de equipamentos, materiais e condições de processamento, o projetista deve montar sua própria tabela de avaliação.

#### 4 CONCLUSÕES

Por suas características, a rotomoldagem permite que produtos de geometria complexa possam ser produzidos a baixo custo, em comparação com artigos plásticos soprados, termoformados ou injetados e, muitas vezes, com peças produzidas com outros materiais. Portanto, a rotomoldagem permite que as equipes de projeto de produto considerem características ergonômicas que, em outros casos, dificultariam ou inviabilizariam a fabricação. Entretanto, para que a rotomoldagem seja tomada como solução, é preciso avaliar como os requisitos do produto podem ser atendidos.

Assim, a equipe de projeto precisa conhecer e avaliar: 1) as vantagens da rotomoldagem quanto à eliminação de operações de montagem e acabamento, que tanto reduzem custos como melhoram o caráter ergonômico da fabricação; 2) as limitações do processo, especialmente quanto ao pequeno volume de produção e às propriedades do produto intrínsecas aos restritos polímeros comercialmente rotomoldáveis; 3) as limitações de projeto em função do processamento; 4) o custo do aumento da complexidade geométrica em cada processo, que, associado ao volume de produção possível, pode indicar ao projetista o ponto a partir do qual a rotomoldagem passa a ser economicamente viável e preferível. A capacidade de avaliação desses itens determinará o sucesso do projeto e do produto. Portanto, o gerenciamento do processo de desenvolvimento do produto deve permitir o trabalho integrado do ergonomista e do processista desde as fases iniciais.

A preocupação com o impacto ambiental, que há algumas décadas era quase que completamente ignorada, hoje ocupa espaços importantes em decisões e projetos governamentais e privados, além de ter grande destaque na mídia popular. Pela força do desenvolvimento humano, a ergonomia deverá seguir a mesma rota, tornando-se um diferencial de qualidade perceptível pelo consumidor.

#### 5 REFERÊNCIAS

1. IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: E. Blücher, c1990. 465p.
2. WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho: ergonomia: método & técnica**. São Paulo: FDT, 1987. 189p.
3. BEALL, Glenn. **Rotational Molding**. Munich: Hanser, 1998. 244p.
4. BOTHUM, Gene. Aesthetics, Industrial Designers and Designing for Rotational Molding. In: ANTEC, 2000, Orlando. **Proceedings**...Brookfield, Society of Plastics Engineers, 2000.
5. RUBIN, I., **Handbook of plastic materials and technology – capítulo 91**. New York: Wiley-Interscience, 1993;1 PLÁSTICOS EM REVISTA.
6. CRAWFORD, R.J., THRONE, J. **Rotational molding technology**. Norwich: Plastics Design Library / William Andrew, 2002. 376 p. ISBN 1-884207-85-5.
7. ONO, M.M. **Fatores da globalização e da diversidade cultural no desenvolvimento de produtos**. In: 3º CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2001, Florianópolis. **Anais**...Florianópolis: UFSC, 2001. 1 CD.
8. MADAK. Ableware Independent Living from Madak Inc. Produced by Maddak Inc. Disponível em: <<http://63.125.198.12/index.asp>>. Acesso em: 25 nov. 2003.
9. SOLAR PLASTICS, INC. Produced by Solar Plastics, Inc. Disponível em: <http://www.solarplastics.com/solarplastics/>. Acesso em: 28 nov. 2003.

a ausência de pressão de moldagem permite o emprego de moldes de baixo custo e elimina a orientação molecular, por outro ela limita a qualidade do acabamento superficial do rotomoldado. Uma vez que o material não é compactado contra a parede do molde o produto rotomoldado perde em brilho e, mesmo com moldes finamente polidos, apresenta maior rugosidade. Deve-se ainda considerar que o resfriamento da peça rotomoldada é lento e assimétrico em relação à sua espessura, pois o material perde calor apenas para o lado do molde. Isso é fonte de tensões residuais que podem empenar a peça, especialmente em grandes paredes planas.

Os quadros 1 e 2 resumem e esquematizam a comparação dos principais processos de moldagem de artigos plásticos sob diversos itens, alguns dos quais já discutidos nas seções anteriores. Embora as avaliações sejam qualitativas, os quadros facilitam a compreensão da posição que a rotomoldagem no contexto das possibilidades de desenvolvimento de produtos plásticos.

Quadro 1 – Comparação qualitativa geral entre os principais processos de moldagem de plásticos.

Item comparativo	ROTOMOLDAGEM	INJEÇÃO	EXTRUSÃO-SOPRO	TERMO-FORMAÇÃO	PRFV MANUAL
<b>Custo do molde</b>	baixo	muito alto	alto	médio	muito baixo
<b>Volume de produção</b>	baixo	alto	alto	alto	muito baixo
<b>Custo do material</b>	maior	padrão	igual	maior	menor
<b>Rejeito de material</b>	muito baixo	muito baixo	alto	muito alto	baixo
<b>Gama de polímeros adequados</b>	pequena	muito grande	restrita	grande	pequena
<b>Uso de fibras e cargas de reforço</b>	difícil	adequada	inadequado	incomum	---
<b>Custo da mão-de-obra</b>	maior	padrão	pouco maior	pouco maior	bem maior
<b>Intervenção humana</b>	intensa	muito baixa	razoável	baixa	intensa
<b>Insalubridade da produção</b>	razoável	baixa	baixa	baixa	alta
<b>Investimento em equipamentos</b>	razoável	alto	alto	razoável	muito baixo
<b>Custo energético</b>	maior	padrão	igual	maior	muito menor
<b>Trabalho de acabamento</b>	pouco	nenhum	razoável	razoável	grande
<b>Tolerância dimensional</b>	menor	padrão	menor	menor	menor
<b>Acabamento superficial</b>	razoável	ótimo	bom	bom	razoável
<b>Lead-time</b>	baixo	alto	alto	razoável	muito baixo
<b>Complexidade geométrica possível</b>	alta	alta	limitada	razoável	razoável
<b>Custo da complexidade geométrica</b>	baixo	alto	alto	médio	alto

Quadro 2 – Comparação da complexidade geométrica entre processos (adaptado de (3)).

Característica	ROTOMOLDAGEM	INJEÇÃO	EXTRUSÃO-SOPRO	TERMOFORMAÇÃO
<b>Custo de undercut</b>	10	4	8	6
<b>Capacidade de formar produtos ocos</b>	10	1	8	8
<b>Custo de produção de multicamadas</b>	10	4	7	6
<b>Possibilidade de camada de expandido</b>	10	8	1	7
<b>Capacidade de moldar paredes duplas</b>	10	0	0	7
<b>Capacidade de moldar de</b>				
<b>cegos longitudinais*</b>	9	10	8	7
<b>passantes longitudinais</b>	9	10	1	1
<b>cegos laterais</b>	10	7	6	5
<b>passantes laterais</b>	10	7	0	0
<b>Capacidade de moldagem de nervuras</b>	6	10	2	4
<b>Uniformidade de espessura</b>	8	10	4	5
<b>Custo da mudança de espessura da peça</b>	10	2	9	7
<b>Capacidade de moldar roscas internas</b>	5	10	6	4
<b>Capacidade de moldar roscas externas</b>	7	10	9	4
<b>Uso de insertos fixados pela moldagem</b>	10	8	4	1
<b>Capacidade de moldar raios e ângulos pequenos</b>	6	10	4	6
<b>Média:</b>	<b>8,75</b>	<b>6,94</b>	<b>4,81</b>	<b>4,88</b>

\* furos na direção de abertura do molde

As avaliações da complexidade geométrica alcançável e do seu custo, ou seja, estimativas de aumento de custo do molde ou dificuldade técnica de processo para modificar a forma do produto, são detalhadas no quadro 2. Para cada item comparativo, o critério de avaliação atribui uma nota 10

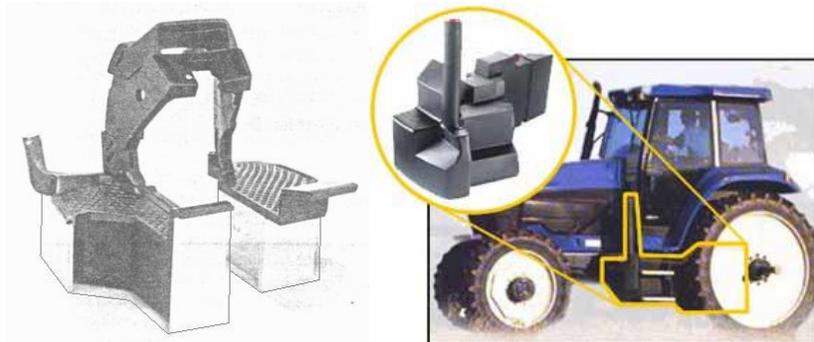


Figura 3 – Aplicação da rotomoldagem ao projeto de veículos agrícolas: à esquerda, projeto integral de vários componentes de trator<sup>(3)</sup> e, à direita, um tanque desenvolvido por Solar Plastics<sup>(9)</sup>.

O tanque plástico da figura 3 exemplifica também a vantagem que os plásticos possuem sobre outros materiais em relação à possibilidade de pigmentação como substituição à operação de pintura. Ainda no quesito insalubridade, a rotomoldagem apresenta vantagem à moldagem de plástico reforçado com fibra-de-vidro, que envolve o manuseio de reagentes tóxicos.

Em contrapartida, dentre os processos de transformação de termoplásticos, a rotomoldagem é o que ainda exige trabalho manual intenso, pois o desenvolvimento tecnológico atual ainda não viabilizou economicamente, para a grande maioria das aplicações, a automatização das operações de abertura e fechamento do molde, carregamento de material no molde e extração do moldado.

### 3.3 Avaliação da Rotomoldagem como Solução Ergonômica no Desenvolvimento de Produtos

Uma vez que as qualidades técnicas e estéticas do produto, ao lado das ergonômicas, devem ser consideradas no projeto do produto, suas limitações e possibilidades devem ser conhecidas pela equipe de projeto. Assim, essa seção do trabalho compara a rotomoldagem com outros processos sob diversos aspectos, de forma qualitativa e genérica.

Conforme já comentado, as propriedades que determinam o desempenho técnico do produto dependem fundamentalmente das propriedades intrínsecas da matéria-prima selecionada e das modificações causadas pelo seu processamento.

Para ser rotomoldável, a matéria-prima precisa preencher, simultaneamente, os seguintes requisitos: 1) ter viscosidade baixa na condição de cisalhamento zero, já que praticamente não há pressão sobre o material durante a moldagem; 2) possuir estabilidade térmica suficiente para suportar os longos tempos de aquecimento sem que ocorra degradação significativa; 3) ter baixa elasticidade, para tornar mais rápida a sinterização das partículas do pó e reduzir o tempo de molde no forno; 4) ter custo competitivo, incluindo-se os custos de pulverização e preparação.

Tais características limitam as opções técnica e economicamente viáveis para a produção de rotomoldados com a qualidade desejada. Por isso, no Brasil, usa-se quase que somente o polietileno linear de média densidade (PELMD), além do PVC, empregado exclusivamente em brinquedos infláveis e bonecas. Embora bastante versátil, o polietileno é bastante inferior aos chamados plásticos de engenharia em termos de rigidez, tenacidade, estabilidade dimensional, capacidade de pintura e impressão, resistência a solventes apolares e transparência. A adequação de produtos em polietileno a aplicações que exigem maior rigidez pode ser conseguida com o aumento da espessura. Entretanto, o tempo de ciclo aumenta aproximadamente com o quadrado da espessura e mais matéria-prima é consumida. Alternativas são a moldagem de peças com nervuras, moldagem de camadas de material expandido ou posterior preenchimento com espuma de poliuretano.

Apesar da restrição de matérias-primas adequadas, a rotomoldagem é o processo que menos deforma as moléculas do material durante a conformação. Ou seja, se o plástico fundido não precisa ser pressionado a escoar por canais e cavidades nem ser estirado, praticamente não há orientação molecular. Com isso, não são criadas as tensões internas que tornam o produto mais suscetível a distorções, tenso-fissuramento ambiental, fluência e ruptura por flexão ou impacto. Se, por um lado,

modificações de tamanho, detalhes e acessórios, podem respeitar os padrões regionais e as diferentes necessidades objetivas e subjetivas de usuários de um mesmo mercado.

A figura 1 mostra assentos elevados para vasos sanitários, projetados para aumentar conforto e segurança no uso, principalmente para pessoas com debilitação física. A variedade de modelos abrange as necessidades de diferentes grupos de pessoas. Geometrias complexas, especialmente em produtos de peça única, podem contribuir também para a ergonomia cognitiva no uso, como no caso de estojos, maletas e armários com divisões e espaços internos especificamente projetados para guardar diferentes utensílios de forma organizada, compacta e de fácil acesso.



Figura 1 - Diversos modelos de assentos elevados para vasos sanitários, adaptado de Madak<sup>(8)</sup>.

### 3.2 Rotomoldagem Auxiliando a Ergonomia no Processo de Fabricação do Produto

O relativo baixo custo do aumento da complexidade geométrica é um fator importante para o processo produtivo não só pelo ganho econômico direto como também pela consideração da ergonomia nessa fase do ciclo de vida do produto. De modo geral, pode-se dizer que quanto maior a complexidade geométrica que uma técnica de fabricação pode garantir, menor é o número de componentes e operações secundárias envolvidas no processo.

Um exemplo prático das vantagens da rotomoldagem nessa abordagem foi apresentado por Beall<sup>(3)</sup>. O tanque de combustível metálico mostrado na figura 2 necessitava do dobramento de duas chapas metálicas e sete operações de soldagem para união de suas 32 peças. Uma alternativa, em plástico rotomoldado, foi projetada em peça única, eliminando toda a montagem. Nesse exemplo, pode-se questionar a precisão dimensional e a durabilidade do adaptador de mangueira e dos filetes de rosca da abertura superior. Contudo, componentes metálicos podem ser posicionados no molde, para serem incorporados ao corpo plástico do produto automaticamente durante o ciclo moldagem.

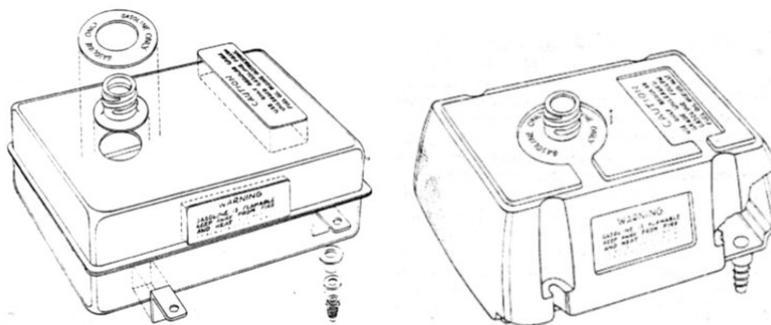


Figura 2 - Tanque metálico original (à esquerda) e o projeto orientado à rotomoldagem (à direita).

Beall<sup>(3)</sup> apresenta outro exemplo de um projeto que integra funções variadas num único corpo moldado (figura 3). Trata-se de um componente de trator agrícola, que reúne em peça rotomoldada única dois tanques de combustível, apoio para os pés, duto de entrada de combustível, estrutura do painel e dutos de ventilação da cabine. Além de reduzir o número de peças, o componente tornou o veículo mais leve, aumentou o isolamento térmico e diminuiu o nível de ruído na cabine.

As vantagens dos chamados projetos integrais vão além da diminuição de operações insalubres e repetitivas. O tanque de combustível mostrado na figura 3 exemplifica a economia de espaço permitida pelo produto rotomoldado no desenvolvimento de módulos e sistemas. A complexa geometria necessária para o encaixe do tanque no restrito espaço existente entre os demais sistemas do veículo seria inviável para tanques metálicos (economicamente) e ou soprados (tecnicamente).

Destas características, e do fato do resfriamento ocorrer por apenas um dos lados do moldado, decorrem a maioria das vantagens e desvantagens do processo. Em comparação com os processos concorrentes, as principais vantagens são o baixo custo do ferramental, a simplicidade do maquinário, a freqüente ausência de problemas microestruturais decorrentes de cisalhamento e compactação do material fundido, a distribuição razoavelmente uniforme da espessura da parede, a possibilidade de modificar espessura do produto sem alteração do ferramental, o baixíssimo volume de matéria-prima não transformada em produto a cada ciclo e a simplicidade de produção de moldados complexos. As principais desvantagens, contudo, são os altos tempos de ciclo (tipicamente acima de 20 minutos), o pequeno número de matérias-primas adequadas ao processo, o custo decorrente da pulverização, a baixa automatização e o menor controle dimensional.

### **3 RELAÇÕES ENTRE ROTOMOLDAGEM E ERGONOMIA**

Do ponto de vista ergonômico, quando comparada a processos que empregam metais, cerâmicos, madeira, etc., as vantagens da rotomoldagem começam por aquelas intrínsecas às propriedades dos plásticos. A baixa densidade, por exemplo, pode preponderar na etapa de seleção do material para produtos orientados à minimização do esforço do usuário durante seu manuseio ou deslocamento. E, na comparação específica com o metal, os isolamentos térmico e elétrico dos plásticos influem diretamente no conforto térmico e na segurança do usuário. Embora a rotomoldagem colabore com a ergonomia sob diversas óticas, as próximas seções do trabalho enfocarão a flexibilidade desse processo quanto às formas do produto.

#### **3.1 Rotomoldagem Auxiliando a Ergonomia Física do Produto Durante seu Uso**

O projeto ergonômico deve considerar não apenas a função principal do produto, mas prever o seu uso incidental e facilitar funções como manutenção e limpeza. Deve-se conceber um produto com formas e acessórios adequados ao deslocamento, manuseio, conforto, pega, acesso interno, fixação, segurança e armazenamento, entre outras formas de uso.

Para contemplar todos esses requisitos simultaneamente e ainda considerar as qualidades técnicas e estéticas, o produto ergonômico ideal pode se tornar geometricamente bastante complexo, resultando em maior dificuldade tanto na fabricação do ferramental de produção quanto, normalmente, no processo de fabricação. Portanto, pode-se dizer que as características ergonômicas terão um custo embutido no preço do produto.

Das vantagens técnicas da rotomoldagem, duas relacionam-se mais fortemente com o processo de desenvolvimento de produtos: a simplicidade de produção de peças com formas complexas e o baixo custo do molde. A facilidade de fabricação do molde faz com que o custo da complexidade geométrica seja significativamente menor para o produto rotomoldado do que para os injetados, soprados e termoformados. Das concorrentes diretas, apenas as peças de plástico reforçado com fibra-de-vidro (PRFV) moldadas à mão ou com pistola exigem ferramental ainda mais simples.

Em função dessas características, a rotomoldagem é considerada por Beall<sup>(3)</sup> e Bothum<sup>(4)</sup> como o processo ideal para confecção de produtos plásticos em peça única ou com o menor número possível de componentes, o que reduz folgas e desníveis em encaixes, arestas agudas e elementos de fixação. Dada a natureza de alguns produtos, como brinquedos, esse tipo de risco deve ser minimizado a níveis regulados por normas ou pelo próprio desejo do consumidor. Ao contrário da fabricação de produtos metálicos, onde a geração de raios de arredondamento envolve operações de maior complexidade, a fabricação de produtos sem cantos vivos e arestas agudas é facilitada pela rotomoldagem. Antes, raios de arredondamento em peças plásticas são uma necessidade de processo, já que evitam tensões residuais e formação de microestrutura heterogênea.

Segundo Ono<sup>(7)</sup>, em função da globalização, as estratégias empresariais para o desenvolvimento de produtos podem se encontrar diante do impasse entre a padronização de componentes e produtos, para racionalização de custos, e a consideração dos aspectos culturais e antropométricos regionais. Considerando-se o baixo custo dos moldes, a rotomoldagem é o processo mais propenso a viabilizar economicamente a produção de famílias de produtos plásticos que, com pequenas

No âmbito da etapa de produção, a rotomoldagem se destaca pela maior capacidade de compatibilizar a relação normalmente contraditória entre redução de custos de produção e ergonomia no ambiente fabril. Esse processo possibilita aos projetistas soluções ditas “integradas”, ou seja, produtos em peça única que, se feitos com outros materiais ou por outros processos de transformação, precisariam de um grande número de componentes e operações. Devido à sua versatilidade, a rotomoldagem pode ser entendida como um importante aliado na integração do trinômio técnica-estética-ergonomia. Entretanto, até poucos anos, o processo não despertava o interesse dos desenhistas industriais, que, como citado por Bothum<sup>(4)</sup> o consideravam uma simples técnica de produção de reservatórios d'água e tanques de uso agrícola, mesmo que o setor venha, há mais de uma década, desenvolvendo peças bastante técnicas, como componentes para as indústrias automobilística, aeronáutica e militar, ou artigos de forma complexa para várias aplicações. No Brasil, entretanto, a observação do mercado demonstra que as características do processo são ainda pouco conhecidas e exploradas pelos profissionais da área de desenvolvimento de produtos.

Em função do panorama apresentado, este trabalho apresenta as características do processo aos profissionais do desenvolvimento de produtos, com enfoque sobre a ergonomia de produto no uso e na fabricação. Com uma abordagem essencialmente qualitativa, este trabalho pretende: 1) propor o processo de rotomoldagem de artigos plásticos como técnica de baixo custo para o desenvolvimento de produtos com características referentes à ergonomia física no uso; 2) propor a rotomoldagem de artigos plásticos como um processo de fabricação ergonômico, pela redução de operações de montagem manual de componentes e eliminação de operações insalubres; 3) discutir as vantagens e desvantagens da rotomoldagem em relação aos processos concorrentes e mostrar, de forma resumida e qualitativa, a aplicabilidade do processo como ferramenta “ergonomicamente amigável”.

## 2 O PROCESSO DE ROTOMOLDAGEM

A rotomoldagem, também conhecida como moldagem rotacional ou vazamento rotacional, é um processo de transformação de plásticos adequado à manufatura de uma vasta gama de artigos ocos, vazados ou abertos. Beall<sup>(3)</sup> e Rubin<sup>(5)</sup> afirmam que, do ponto de vista tecnológico, não há limites quanto às dimensões dos produtos. As características do processo conferem às peças propriedades que lhes permitem competir com artigos de plástico reforçado com fibra-de-vidro e com termoplásticos moldados por sopro, injeção e termoformagem. Mesmo sendo um dos menos sofisticados métodos de transformação de plásticos, o amadurecimento tecnológico da rotomoldagem vem sendo confirmado pelas inovações em equipamentos, materiais, técnicas de acabamento e controle de processo, apresentadas nos últimos anos.

Em termos gerais, o processo se desenvolve em quatro etapas: 1) um molde bipartido aberto é carregado com uma quantidade pré-determinada de plástico em pó e manualmente fechado com auxílio de grampos ou parafusos; 2) um ou mais moldes são posicionados em um forno e rotacionados biaxialmente, de modo que o material, ao atingir sua temperatura de adesão, começa a ser depositado sobre a superfície interna, formando camadas relativamente uniformes; à medida que as camadas se formam, as partículas fundem e sinterizam; ao longo do processo, as bolhas resultantes do ar entre as partículas são total ou parcialmente eliminadas, densificando a massa de plástico fundido aderida ao molde; 3) ainda em rotação, evitando escoamento e resfriamento não uniformes, os moldes são removidos do forno e resfriados pelo ar ambiente, por ar forçado ou por aspersão d'água; 4) terminado o tempo previsto para o resfriamento do moldado, os movimentos rotativos são cessados e os moldes são abertos, para que as peças sejam removidas manualmente.

Conforme Beall<sup>(3)</sup> e Crawford<sup>(6)</sup> que Duas características da rotomoldagem são singulares em relação aos demais métodos de transformação de termoplásticos: 1) não há necessidade de **aplicação de pressão sobre o material plastificado** para a moldagem, que ocorre basicamente pela ação da força da gravidade; em todos os outros processos, o material é submetido à grandes forças de cisalhamento para ser conformado; 2) a fusão do material plástico e a solidificação do moldado ocorrem no mesmo local, ou seja, o **molde precisa ser aquecido e resfriado a cada ciclo**, e não há como plastificar o material rapidamente, como ocorre nos parafusos de extrusoras e injetoras.

# A ROTOMOLDAGEM AUXILIANDO O PROJETO ERGONÔMICO DE PRODUTOS PLÁSTICOS - FABRICAÇÃO E USO -

## **Andrei Zwetsch Cavalheiro**

Universidade Federal de Santa Catarina, EMC/POSMEC/CIMJECT, Campus Universitário,  
Trindade - Cx Postal 476 - 88040-900 - Florianópolis/SC, andrei\_cavalheiro@bol.com.br

## **Eugenio Andrés Diaz Merino**

Universidade Federal de Santa Catarina, PPGEP/CETC - EGR/CCE, NGD/Campus Universitário,  
Trindade - Cx Postal 476 - 88040-900 - Florianópolis/SC, merino@cce.ufsc.br

***Resumo.** No processo de desenvolvimento de produtos, freqüentemente características ergonômicas são preteridas em favor do desempenho, estética e redução de custos. O processo de rotomoldagem de artigos plásticos permite a obtenção de artigos com complexidade geométrica maior do que a normalmente conseguida pelos processos de sopro, termoformação e injeção, favorecendo a incorporação de formas ergonômicas ao produto. Uma vez que a ergonomia deve ser considerada não só no uso, mas em todas as etapas do desenvolvimento do produto, sua concepção deve ser orientada a processos produtivos que contemplem os fatores ergonômicos no chão-de-fábrica, procurando a minimização de operações insalubres. Também nesse sentido destaca-se a rotomoldagem, que, pela sua capacidade singular de produzir artigos de grande porte em peça única, compatibiliza a relação normalmente contraditória entre redução de custos e ergonomia na fabricação. Este trabalho apresenta as características da rotomoldagem aos profissionais do desenvolvimento de produtos, com enfoque sobre a ergonomia de produto no uso e na fabricação, e compara suas vantagens e desvantagens com outros processos de fabricação.*

***Palavras-chave:** rotomoldagem, ergonomia de produto, desenvolvimento de produtos plásticos*

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo Iida<sup>(1)</sup>, praticamente todos os produtos congregam três categorias de qualidades: técnica, estética e ergonômica. Mesmo que uma possa ser predominante, em decorrência da função do produto, deve haver interação entre as três categorias, com soluções concebidas desde as fases iniciais do desenvolvimento do projeto do produto<sup>(1)</sup>. Entretanto, é comum encontrar-se produtos em que a ergonomia foi preterida à redução de custos. Iida<sup>(1)</sup> e Wisner<sup>(2)</sup> apontam que a ergonomia deve ser considerada em todas as etapas do desenvolvimento do produto, envolvendo todas as fases de seu ciclo de vida. Assim, uma equipe de projeto deve conceber um produto orientado a processos produtivos que contemplem os fatores ergonômicos também no chão-de-fábrica, procurando a minimização de operações manuais pesadas, repetitivas e insalubres. Porém, Wisner<sup>(2)</sup> salienta a resistência a certas propostas de projeto, em nome dos custos de alteração do chão-de-fábrica.

O processo de rotomoldagem de artigos plásticos relaciona-se fortemente à ergonomia no uso do produto. Beall<sup>(3)</sup> afirma que, devido às suas características, pode-se obter artigos com complexidade geométrica muito maior do que o normalmente conseguido pelos processos concorrentes, facilitando a incorporação de características ergonômicas ao projeto sem que haja aumento substancial no custo da produção. Além disso, pela liberdade de controle da espessura do produto e pelo baixo custo do ferramental, é possível pensar na viabilidade econômica de linhas de produtos que contemplem diferenças culturais e antropométricas regionais.