



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **ESTUDO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DO POLIPROPILENO MOLDADO POR INJEÇÃO EM INSERTOS DE RESINAS**

**Jorge Francisco de Araújo, [jorge.fco@hotmail.com](mailto:jorge.fco@hotmail.com)**  
**Neri Volpato, [nvolpato@utfpr.edu.br](mailto:nvolpato@utfpr.edu.br)**  
**Paulo André de Camargo Beltrão, [beltrao@utfpr.edu.br](mailto:beltrao@utfpr.edu.br)**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), PPGEM/DAMEC/NUFER, Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba - PR, CEP 80230-901.

**Resumo:** *A fabricação de moldes-protótipos para a injeção de plástico através da usinagem de materiais alternativos (resinas poliméricas), com o auxílio de sistema CAD/CAM/CNC, visa à obtenção de protótipo funcional a um custo e tempo reduzidos. Esta alternativa auxilia no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), pois permite a realização de testes de engenharia e a análise da forma final do produto antes de construir a ferramenta definitiva. Observa-se, que há poucas informações sobre as propriedades dos materiais injetados em moldes de resina, que garantam o uso das mesmas, no desenvolvimento de novos produtos ou na produção de pequenos lotes de protótipos. Neste trabalho, foram realizados a injeção de corpos de prova de Polipropileno (PP) H301 em moldes de resinas RenCast 6470 e RenShape 5166. Foram realizados então ensaios mecânicos de tração, impactos e dureza. As propriedades destes foram comparadas às de corpos de prova injetados em moldes de aço. O objetivo deste trabalho foi de analisar possíveis variações destas propriedades do moldado quando injetados em molde de resina e em aço. Os resultados obtidos mostraram variações das propriedades dentro das faixas permitidas, pelas especificações fornecidas em literaturas e também em outras pesquisas realizadas. Desta forma, os materiais em estudo podem ser usados como uma opção viável para a confecção de molde-protótipo para PP, reduzindo tempo e custo de fabricação.*

**Palavras-chave:** *molde-protótipo, protótipo funcional, injeção de plástico, polipropileno*

### **1. INTRODUÇÃO**

O avanço tecnológico do setor industrial ocorre de uma forma muito rápida. Diante desse contexto, as empresas buscam novas alternativas para se adequarem às demandas de mercado, sinalizadas por produtos competitivos. Para acompanhar essa evolução, é necessário explorar novas alternativas no desenvolvimento de produtos, visando à redução de custos, melhoria da qualidade, redução do prazo de produção, que são fundamentais para sobrevivência das empresas (Silva, 2001).

Com o uso de protótipos físicos no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), essas reduções podem ser atingidas, pois os mesmos mostram o que se pretende produzir, diminuindo assim a possibilidade de erros na concepção do produto. Segundo Carvalho e Volpato (2007), o protótipo de um produto ou componente é parte essencial no PDP, pois possibilita que a análise de sua forma e funcionalidade seja feita em uma fase anterior à produção de ferramental definitivo.

Os protótipos podem ser produzidos pelas tecnologias de Prototipagem Rápida (RP). Conforme Carvalho e Volpato (2007), um grande diferencial da RP em relação aos demais processos de adição é a facilidade de sua automatização, dispensando moldes e ferramentas diminuindo a intervenção do operador durante o processo.

Especificamente no desenvolvimento de um novo produto, que será fabricado pelo processo de injeção de plástico, muitas vezes é necessária a fabricação de molde de injeção não definitivo (molde-protótipo), para a injeção de protótipo funcional. Este protótipo deve desempenhar todas as funções do produto e auxiliar na aprovação da peça final, podendo ser usados em teste de engenharia, obtendo uma leitura real das propriedades adquiridas após o processo de manufatura do mesmo (Volpato et al, 2006).

O emprego das tecnologias de RP para obtenção de moldes-protótipos deu origem à área de Ferramental Rápido (RT), que é definida como um conjunto de processos de fabricação para construir moldes-protótipos, em um espaço de tempo reduzido (King e Tansey, 2002).

Um molde-protótipo quando feito de aço tem um custo muito alto e o tempo de produção muito longo, o que muitas vezes inviabiliza o investimento para a sua produção.

Uma opção para se obter moldes-protótipos é através do processo de usinagem com auxílio dos sistemas CAD/CAM/CNC (*Computer Aided Design/Manufacturing/Computer Numerical Control*), na produção de insertos (macho e cavidade) para moldes combinando a tecnologia com material de fácil usinabilidade (Volpato et al, 2003).

O uso de resinas poliméricas, a base de epóxi ou poliuretano, na fabricação de insertos para moldes é uma opção importante, uma vez que o custo do molde e as suas características de fabricação impactam no custo total dos protótipos e no tempo de obtenção dos mesmos (Volpato et al, 2006).

Nesse sentido, um dos pontos importante é a identificação de materiais alternativos (resinas poliméricas) para a fabricação de insertos, para serem usados em moldes de injeção. Alguns trabalhos nessa área já foram realizados, mas não foi dada muita ênfase às propriedades dos moldados (Amorim, 2006 e Derenievicki, 2007).

Volpato et al (2006) apresentaram uma proposta de um banco de dados para auxiliar na seleção de materiais para molde-protótipo obtido por usinagem. Segundo os mesmos autores, a geração dos dados para alimentar o banco de dados poderá ser feita através de resultados experimentais. Este banco vem sendo desenvolvido pelo Núcleo de Prototipagem e Ferramental (NUFER), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Entretanto, tão importante quanto conhecer as propriedades das resinas que serão usadas na confecção dos moldes-protótipos, é o conhecimento das propriedades dos moldados. Isto porque, é através da propriedade do moldado que se pode afirmar se um determinado material serve para a fabricação de moldes de injeção, para a produção de protótipos para testes funcionais.

Neste trabalho foram estudadas as propriedades mecânicas através de ensaios de tração, impacto e dureza, em peças de PP H301 produzidas pelo processo de injeção em moldes de resinas poliméricas (RenCast 6470 e RenShape 5166) e de aço ABNT 1045, fabricados por usinagem com auxílio de sistemas CAD/CAM/CNC.

## 2. PROPRIEDADES DO PP EM MOLDES-PROTÓTIPOS

A seguir são apresentados alguns estudos realizados sobre algumas propriedades do PP, moldados em moldes de materiais alternativos.

Ahrens et al (2002) estudaram os processos de fabricação dos insertos de ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), resina epóxi e aço 1045, o polímero para injeção foi também PP H301. O corpo de prova moldada foi o de tração utilizado para avaliar a variação da resistência mecânica através da dureza. A dureza para os injetados em moldes de aço foi 69 Shore D e nos moldes de ABS e resina a dureza média foi 68 Shore D.

Foggiatto et al (2004) também estudaram as propriedades mecânicas por meios de ensaios de dureza e tração em peças de PP injetadas em moldes de ABS e aço. Os resultados mostraram a viabilidade de fabricar pequenos lotes de peças em PEBD (Polietileno Baixa densidade) e PP com propriedades mecânicas bastante similares às encontradas em peças moldadas em moldes metálicos.

Utilizando moldes também em ABS para injeção de corpos de prova em PP, visando a caracterização das propriedades mecânicas através de ensaios de tração, Foggiatto (2005) mostra que em seus experimentos os valores médios de resistência a tração foram de 27,5 MPa e o módulo de elasticidade de 641 MPa.

Carvalho e Santos (2007) estudaram a caracterização da resistência mecânica do PP utilizado na fabricação de cadeiras de plástico. Através de ensaio mecânico de tração, foram estudados o módulo de elasticidade, tensão de ruptura e outros. O módulo elasticidade obtido foi de 333 MPa e a tensão máxima na ruptura foi de 32 MPa.

Bareta (2007), em seu estudo sobre materiais alternativos para moldes-protótipos, observou uma redução da resistência ao impacto de 15% dos moldados em molde de resina. Neste trabalho, os corpos de prova para ensaio de impacto foram extraídos de uma peça injetada. Segundo o autor essa redução pode ser explicada através da análise da morfologia das peças moldadas, como por exemplo, a forma, tamanho e orientação do esferulito. Pois, quanto maior tamanho do esferulito a resistência ao impacto é menor. Esse aumento do esferulito é gerado pelo resfriamento lento. Onde o tempo de resfriamento foi maior no molde resina do que no molde metálico.

No estudo da influência do desempenho térmico de moldes de resina para injeção de PP, Salmoria et al (2008) analisaram também a resistência a tração e dureza das peças moldadas em molde de epóxi/alumínio e em aço. Neste estudo, o comportamento dos corpos de prova foram semelhantes, tantos os injetados em molde de resina como em molde de aço.

Ressalta-se que ainda não foram encontrados estudos das propriedades do PP injetados em moldes de resinas RenCast 6470 e RenShape 5166.

## 3. METODOLOGIA

Para o alcance os objetivos do trabalho, duas resinas poliméricas foram utilizadas na confecção de insertos para a injeção do PP. A Fig. (1) mostra, de forma esquemática, os caminhos utilizados neste estudo e as seções seguintes detalham os estudos realizados com o moldado.

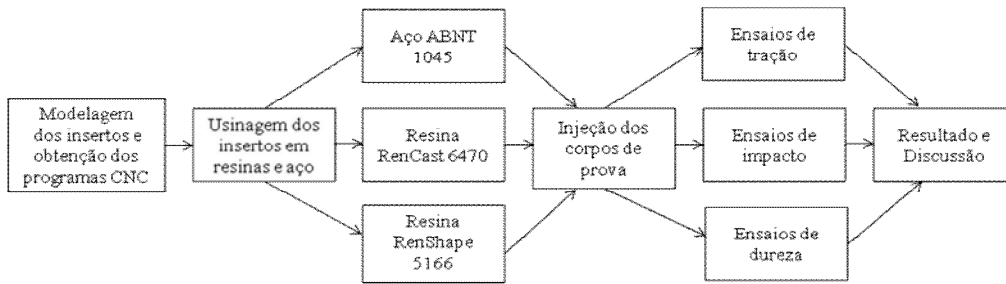


Figura 1. Fluxo dos métodos utilizados no trabalho.

### 3.1 Modelagem dos insertos

Para a realização deste estudo a geometria escolhida foi do corpo de prova de tração segundo a norma NBR 9622 (Fig. 2). Este foi modelado no sistema CAD 3D (Solid Edge V19), e utilizado para obter os insertos em bloco de 75 x 130 x 50 mm (cavidade) e 75 x 130 x 25mm (lado do macho). Após a modelagem, a geometria dos insertos foram transportadas para o sistema CAM PowerMill 6.0, para definição de processo e programa de usinagem.

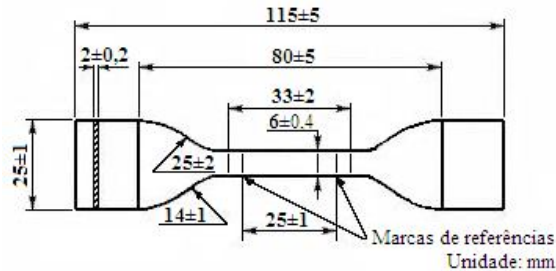


Figura 2. Corpo de prova de tração (NBR 9622, 1986).

Para a realização dos ensaios de resistência ao impacto, decidiu-se utilizar também os corpos de prova de tração. Nesse caso as amostras foram confeccionadas dos corpos de prova de tração, com o auxílio da usinagem convencional Fig. (3). Os corpos de prova utilizados nesse ensaio ficaram fora das especificações estabelecida na norma NBR 8425, a espessura recomendada pela norma varia de 3,2 a 12,7 mm, sendo que para este ensaio a espessura usada foi de 2,2 mm. Em função disto, os resultados dos ensaios foram analisados de forma comparativa em corpos de prova injetados em moldes de resinas e de aço.

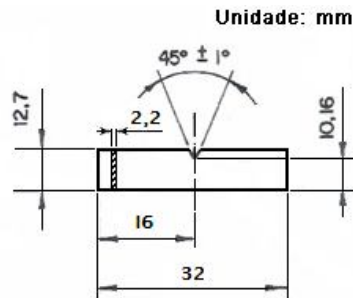


Figura 3. Corpo de prova usado no ensaio de impacto.

### 3.2 Materiais dos insertos

Os materiais selecionados para os insertos foram o aço 1045, que foi utilizado como referência, e as resinas RenCast 6470 e RenShape 5166.

O sistema poliuretano fundível (RenCast 6470) é normalmente fornecida em dois componentes (resina e endurecedor) para ser preparado pelo usuário. Neste estudo foi fornecido preparado pelo fabricante em blocos de 95 x 150 x 65 mm, com carga de alumínio DIN 100, fabricado na proporção 80:100:150pp (Resina+Endurecedor+Al).

A RenShape 5166 é fornecida pelo fabricante em placas, a base de poliuretano sem carga de alumínio. A carga utilizado nesta resina não é revelada pelo fabricante.

### 3.3 Processo de usinagem dos insertos

Para a usinagem dos insertos foi utilizado um Centro de Usinagem Cincinnati Milacron Arrow 500 de 3 eixos com comando FANUC. Foram usinados três pares de insertos, um para cada material dos insertos. A Fig. (4) mostra a usinagem do contorno externo e da cavidade dos insertos.



**Figura 4. Usinagem dos insertos na resina RenCast 6470.**

As ferramentas utilizadas na usinagem foram fresas de topo de aço rápido (4 cortes:  $\varnothing$  4 mm,  $\varnothing$  20 mm e ponta esférica de 2 cortes  $\varnothing$  2mm) e as condições de corte indicadas pelo fabricante. Ressalta-se que não houve acabamento superficial da superfície moldante.

### 3.4 Polímero para injeção

O PP usado na injeção dos corpos de prova foi o H 301, de fabricação da Braskem. Este é um polímero de médio índice de fluidez, com distribuição normal de peso molecular e aditivado para uso geral (Braskem, 2009). Segundo o fabricante é indicado para o processo de moldagem por injeção, apresentando excelente processabilidade com boa estabilidade do fundido. A Tab. (1) apresenta algumas propriedades típicas, segundo boletim técnico Braskem (2009).

**Tabela 1. Propriedades do polipropileno H 301 (Braskem, 2009).**

Propriedades	Unidades	Valores
Densidade	g/cm <sup>3</sup>	0,905
Resistência à tração no escoamento	MPa	32
Dureza Rockwell (escala R)	-	100
Resistência ao impacto Izod a 23°C	J/m	24

### 3.5 Injeção dos corpos de prova

No processo de injeção foi utilizada uma injetora de plástico - HAITIAN HTF58X, com força de fechamento 580 KN; capacidade de injeção (PS) 80g; pressão máxima de injeção 184 MPa e altura máxima do molde 320 mm. A Tab. (2) apresenta os parâmetros utilizados para a injeção dos corpos de prova tanto nos insertos de aço como nos de resinas.

Após o ajuste da máquina através do método da injeção progressiva, foram injetadas 20 peças em cada par de inserto, do modelo de corpos de prova de tração de acordo com a especificação da Norma NBR 9622. Estes corpos foram usados nos ensaios de tração, impacto e dureza.

**Tabela 2. Injeção de corpos de prova em PP de: tração, impacto e dureza.**

Parâmetros	Insertos		
	Aço 1045	RenCast 6470	RenShape 5166
Temperatura de injeção (°C)	200	200	200
Pressão de fechamento (MPa)	100	30	30
Pressão injeção (MPa)	35	27	25
Velocidade de injeção (mm/s)	20	22	20
Tempo de injeção (s)	5	5	5
Pressão de recalque (MPa)	23	20	20
Velocidade de recalque (mm/s)	8	10	10
Tempo de recalque (s)	3	3	3
Tempo de resfriamento (s)	5	10	10
Pressão de dosagem (MPa)	80	80	80
Curso de dosagem (mm)	11	15	15
Temperatura nas zonas de aquecimento (°C): 200, 195, 190, 185			

### 3.6 Ensaio de resistência a tração

Os ensaios de tração foram realizados conforme especificados na norma NBR 9622, em uma máquina universal de ensaios de tração EMIC DL 3000 com célula de 30 KN. A obtenção dos dados resultantes dos ensaios foi através do *software* Mtesc versão 2.02. A velocidade utilizada no ensaio foi de 50 mm/min. Foram ensaiados 5 corpos de prova por par de inserto.

### 3.7 Ensaio de resistência ao impacto

Nos ensaios de impacto em corpos de prova entalhados foram seguidas as orientações estabelecidas na norma NBR 8425, que prescreve os procedimentos a serem seguidos na usinagem dos entalhes. Na realização dos ensaios foi utilizada uma máquina de ensaio EMIC Elco modelo N34 – 45BR; ensaios de impacto Izod, com energia nominal do pêndulo de 2,70 J e velocidade de impacto de 3,45 m/s (Fig. 5). Foram ensaiados 5 corpos de prova por par de inserto.



Figura 5. Ensaio de impacto em corpo de prova em PP.

### 3.8 Ensaio de dureza

O método de determinação da dureza por penetração dos materiais plásticos foi seguido de acordo com a prescrição na norma NBR 7456. O equipamento utilizado foi o durômetro Shore D – Zwick. A Fig. (6) mostra o posicionamento do corpo de prova na máquina de medir dureza. Conforme pode ser observado, foi utilizado três corpos de prova sobrepostos na realização dos ensaios. A razão pela qual é que, segundo a norma, o corpo de prova deve ter no mínimo 3 mm de espessura. Como o corpo de prova tinha uma espessura de 2,2 mm, foram utilizados três corpos de prova sobrepostos. Também foram ensaiados 5 corpos de prova por par de inserto.



Figura 6. Ensaio de dureza em corpo de prova em PP.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

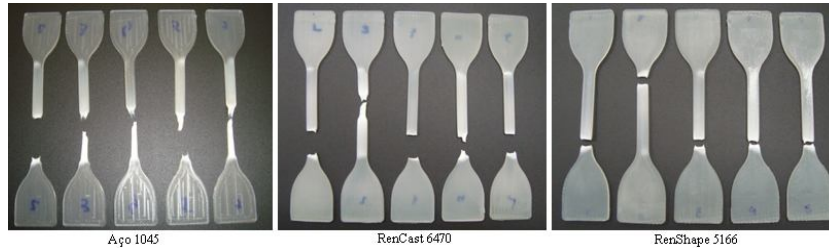
Os resultados obtidos neste estudo estão apresentados nas seções a seguir.

### 3.1 Ensaios de resistência à tração

Os resultados referentes aos ensaios de tração estão apresentados na Tab. (3) e Tab. (4). A Fig. (7) mostra o comportamento dos corpos de prova injetados em moldes de materiais diferentes.

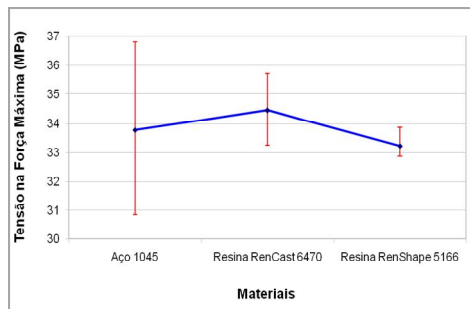
**Tabela 3. Tensão na força máxima do PP injetados em moldes de aço 1045 e resinas.**

Tensão na força máxima (MPa)			
Material	Aço 1045	RenCast 6470	RenShape 5166
Média	33,78	34,46	33,23
Desv. Pad.	1,928	0,931	0,360



**Figura 7. Corpos de prova injetados em moldes de aço e resinas após os ensaios de tração.**

A Figura (8) demonstra o gráfico comparativo do comportamento dos corpos de prova durante o ensaio de tração, tomando como parâmetro a tensão na força máxima.



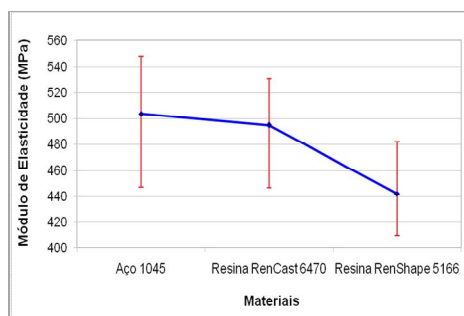
**Figura 8. Tensão na força máxima do PP injetado em moldes de aço 1045, RenCast 6470 e RenShape 5166.**

**Tabela 4. Ensaio de tração em corpos de prova de PP injetados em moldes de aço 1045 e resinas.**

Módulo de elasticidade (MPa)			
Material	Aço 1045	RenCast 6470	RenShape 5166
Média	503,7	494,7	442,2
Desv. Pad.	36,831	32,448	24,631

Os valores de tensão máxima suportada pelo corpo de prova de tração estão dentro da faixa de tensão comumente encontrada para PP injetado de acordo com Callister (2002), que varia de 31 MPa a 41,4 MPa. O menor valor encontrado foi 33,31 MPa para o inserto de resina 5166 e o maior foi 36,69 MPa para o inserto de aço.

A Fig. (9) apresenta o gráfico do comportamento dos corpos de prova durante o ensaio de tração, onde o parâmetro observado é o Módulo de Elasticidade em peças em PP moldadas.



**Figura 9. Módulo de elasticidade do PP injetado em moldes de aço 1045, RenCast 6470 e RenShape 5166.**

Nos ensaios de tração o comportamento dos produtos moldados Fig. (8), a média da tensão de ruptura na força máxima foi maior no molde resina RenCast 6470, seguida de aço e menor de resina RenShape 5166. Mas se observa também uma variação maior de limite mínimo e máximo dos moldados em aço em referência aos de resinas.

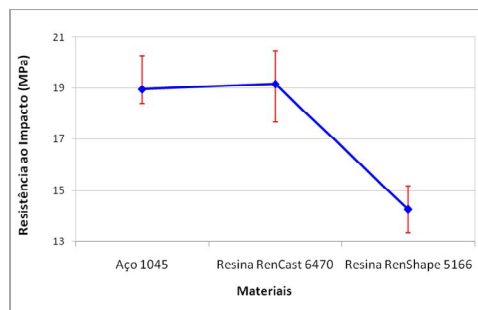
### 3.2 Ensaio de resistência ao impacto

A Tab. (5) apresenta os dados obtidos no ensaio de impacto.

**Tabela 5. Resistência ao impacto do PP injetado em molde de aço e de resinas.**

Resistência ao impacto (J/m)			
Material	Aço 1045	RenCast 6470	RenShape 5166
Média	18,96	19,16	14,27
Desv. Pad.	0,752	0,950	0,814

O gráfico da Fig. (10) faz uma comparação do comportamento do material durante o ensaio de impacto, em corpos de prova injetados em PP.



**Figura 10. Comparativo da resistência ao impacto do PP injetado em moldes de aço 1045, RenCast 6470 e RenShape 5166.**

Observa-se que houve uma redução dos valores obtidos nos ensaios de impacto, em relação ao valor de referência especificado pelo fabricante Braskem (Tab. 1), que é de 24 J/m. Comparando-se os valores médios obtidos nos moldes de aço e de resinas, houve uma redução aproximada de 24%.

Bareta (2007), em seu estudo sobre materiais alternativos para moldes-protótipos, também observou uma redução da resistência impacto dos moldados em molde de resina, mas esta foi em torno 15%. Segundo o autor essa redução pode ser explicada através da análise da morfologia das peças moldadas, como por exemplo, a forma, tamanho e orientação do esferulito.

O comportamento dos corpos de prova moldados em molde de aço e na resina RenCast 6470 estão aproximadamente iguais. No entanto, os moldados na resina RenShape 5166 apresentaram uma redução de 6 MPa.

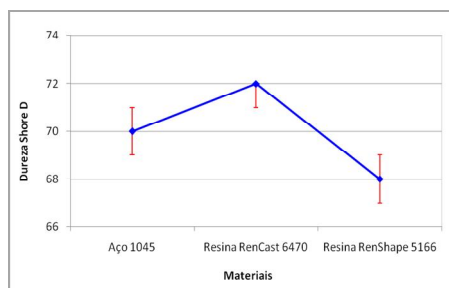
### 3.3 Ensaio de dureza

A Tab. (6) apresenta os valores obtidos durante os ensaios de dureza.

**Tabela 6. Ensaios de dureza Shore D do PP injetado em molde de aço e de resinas.**

Dureza Shore D			
Material	Aço 1045	RenCast 6470	RenShape 5166
Média	70	72	68
Desv. Pad.	0,800	0,490	0,632

A Fig. (11) apresenta uma comparação dos resultados através dos ensaios de dureza nos corpos de prova em PP.



**Figura 11. Dureza do PP injetado em molde de aço 1045, RenCast 6470 e RenShape 5166.**

Nos ensaios de dureza o ponto médio foi maior para os corpos de prova injetados em molde resina RenCast 6470 seguido dos injetados em aço, o ponto médio inferior foram os moldados em resina RenShape 5166, com uma diferença de 4 unidade de dureza (Fig. 11). Quanto aos limites mínimos e máximos, este estão iguais para os moldados em aço e resina RanShape 5166, no caso dos moldados em resina RenCast 6470, a variação ocorreu só para o limite mínimo.

Comparando os resultados obtidos nos ensaios de tração, impacto e dureza, dos corpos de prova injetados nos moldes de resina, observa-se que o comportamento dos moldados em RenCast 6470 em relação a RenShape 5166, teve um melhor desempenho.

No caso das variações encontradas, mesmo dentro das tolerâncias permitidas, isso pode ser justificada através das considerações de vários autores citados neste trabalho que encontraram em suas pesquisas diferentes estrutura em termos de grau de cristalinidade e tipo de fases cristalinas no PP (fase alfa e beta). Estes podem influenciar nos resultados dos ensaios de peças injetadas em moldes de aço, assim como em moldes de resinas. Este comentário vale para todos os ensaios realizados neste estudo.

## 5. CONCLUSÕES

Os resultados demonstram que houve pouca variação entre as peças injetadas em moldes de aço e em molde de resinas, sendo que as propriedades estão dentro da faixa aceitável, encontrada na tabelas de dados do fabricante Braskem, em outros estudos e na literatura.

Esse estudo mostrou que, de um modo geral, as resinas RenCast 6470 e RenShape 5166 têm um bom desempenho na moldagem por injeção de PP, tornando viável sua aplicação na produção de moldes-protótipos. Desta forma, conclui-se que estas resinas podem ser usadas em moldes-protótipos usinados para a injeção de PP, tanto no desenvolvimento de novos produtos, quanto na produção de pequenos lotes de peças.

Os resultados vão auxiliar na composição de um banco de dados que vem sendo desenvolvido pelo NUFER da UTFPR, tornando-se uma contribuição importante, uma vez que estas informações não são encontradas com facilidade nas literaturas dedicada a área.

## 6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresas Huntsman e Braskem pelo material cedido para a fabricação dos moldes e polímero para injeção, a UTFPR, ao SENAI-SP, Fundação Rede Amazônica pelo uso de máquina e equipamentos para o desenvolvimento do estudo, a CAPES, SUFRAMA, FAPEAM e IFAM pelo patrocínio do programa de mestrado.

## 7. REFERÊNCIAS

- Ahrens, C. H., Ferreira, C., Salmoria, G., Volpato, N., Lafratta, F. H., Foggiatto, J. A. 2002, "Estudo da estrutura e propriedades de peças de PP moldados por injeção em ferramentas de prototipagem", Natal-RN. In: Anais do CBECIMAT 2002, CD-ROM.
- Amorim, J. R. de, 2006, "Sistemática para fresamento e montagem de posições em insertos poliméricos para moldes-protótipo", Curitiba-PR. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 139 p.
- Bareta, D. R. 2007, "Estudo comparativo e experimental de materiais aplicados a insertos macho de moldes de injeção dentro do conceito de molde híbrido", Caxias do Sul-RS, Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciências dos Materiais – Departamento de Materiais de Universidade de Caxias do Sul, 158 p.
- Braskem, 2009, "Boletim técnico", Disponível em: <[http://www.braskem.com.br/upload/porta\\_l\\_e\\_ervicos/folha\\_dados/H\\_301\\_port.pdf](http://www.braskem.com.br/upload/porta_l_e_ervicos/folha_dados/H_301_port.pdf)>, Acessado em 02 de novembro de 2009.
- Callister, W. D. Jr. 2002, "Ciência e engenharia de materiais: uma introdução", Rio de Janeiro-RJ, Quinta Edição, Editora LTC, 589 p.
- Carvalho, J., Volpato, N. 2007, "Prototipagem rápida como processo de fabricação", In: Prototipagem rápida: tecnologia e aplicações, São Paulo-SP, (Ed. Volpato, N.), Editora Blucher, pp. 1-15.



- Carvalho, M. P., Santos, M. A. V. 2007, "Caracterização da resina termoplástica de polipropileno utilizada na fabricação de cadeiras plásticas", Cusco In: VIII Congresso Iberoamericano de Engenharia Mecânica, CD-ROM.
- Derenievicki F., O. 2007, "Procedimento para testar resinas poliméricas para a fabricação de moldes-protótipo usinados" Curitiba-PR, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 131 p.
- Foggiatto, J. A. 2005, "Utilização do processo de modelagem por fusão e deposição (FDM) na fabricação rápida de inserts para injeção de termoplásticos", Florianópolis-SC, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica – Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 182 p.
- Foggiatto, J. A., Ahrens, C. H., Salmoria, G. V., Pires, A. T. N. 2004, "Moldes de ABS construídos pelo processo de modelagem por fusão e deposição para injeção de PP e PEBD", Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol. 14, No. 5, pp. 349-353.
- King, D., Tansey, T. 2002, "Alternative materials for rapid tooling", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 121, pp. 313-317.
- Norma ABNT, NBR 9622. 1998, "Plásticos - Determinação das propriedades mecânica à tração", 12 p.
- Norma ABNT, NBR 8425. 1984, "Plásticos rígido - Determinação da resistência ao impacto Izod", 10 p.
- Norma ABNT, NBR 7456. 1982, "Plástico - Determinação da dureza Shore", 6 p.
- Salmoria, G. V., Ahrens, C. H., Villamizar, F. A. Y., Sabino, A. C. N. 2008, "Influência do desempenho térmico de moldes fabricados com compósito epóxi/alumínio nas propriedades de PP moldado por injeção", Polímeros: Ciência e Tecnologia, Vol. 18, No. 3, pp. 262-269
- Silva, C. E. S. 2001, "Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos", Florianópolis-SC, Tese de Doutorado em Engenharia de Produção – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 206 p.
- Volpato, N., Amorim, J. R. de, Manente, M. M. 2003, "The use of epoxy resins as insert for injection mould", São Paulo-SP, In: COBEM, 2003, 17<sup>th</sup> International Congress of Mechanical Engineering, CD-ROM.
- Volpato, N., Amorim, J. R. de, Derenievicki, O. F., Foggiatto, J. A. 2006, "Proposta de um banco de dados para auxiliar de seleção de materiais para ferramental rápido", Recife-PE, In: CONEM, 2006, Anais do IV Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CD-ROM.

## 8. DIREITOS AUTORAIS

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

# STUDY OF MECHANICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE INJECTED IN RESIN INSERTS

Jorge Francisco de Araújo, [jorge.fco@hotmail.com](mailto:jorge.fco@hotmail.com)

Neri Volpato, [nvolpato@utfpr.edu.br](mailto:nvolpato@utfpr.edu.br)

Paulo André de Camargo Beltrão, [beltrao@utfpr.edu.br](mailto:beltrao@utfpr.edu.br)

Federal University of Technology - Paraná (UTFPR), Av. Sete de Setembro, 3165, Curitiba-PR, CEP 80230-901, Brazil

**ABSTRACT:** *The prototype mold manufacturing for plastic injection using alternative materials and milling, aided by CAD/CAM/CNC systems, aims to obtain functional prototypes with a reduced cost and time. This alternative aids the Product Development Process (PDP), because it allows engineering tests and final form analyses of the product, before to build a permanent tool. Little information about the properties of materials injected by resin mold is available. This would assure their use in the development of new products or in the production of small lot of prototypes. In this project, H301 polypropylene (PP) body-tests were injected in resin molds made by RenCast 6470 and RenShape 5166. Then, mechanical tests of tensile, impact and hardness were carried out. The properties of the PP were compared to the property of the PP injected in steel. The objective of this project was to analyze possible variations of the properties when injected in resin and steel mold. The results show that the variations obtained are in the range permitted by the literature (suppliers and other researches). Therefore, the studied materials can be used as an option to build prototype mold, reducing time and manufacturing cost.*

**Keywords:** *prototype molds, functional prototype, plastic injection, polypropylene*