

POLIBILIDADE DA RESINA RENSHAPE 5166 VISANDO APLICAÇÃO EM MOLDE DE INJEÇÃO¹

José Luiz Martins Guimarães²
 Neri Volpato³
 Giuseppe Pintaúde⁴

Resumo

Para o desenvolvimento de um produto, geralmente faz-se necessário o uso de protótipos, os quais pela sua funcionalidade, em muitos casos devem possuir as mesmas propriedades do produto final. Em decorrência de seu caráter temporário, faz-se uso do molde-protótipo na concepção de um protótipo funcional. Vários tipos de resinas são utilizadas para a confecção de inserto de molde-protótipo. Uma destas opções que vem sendo pesquisada é a aplicação da resina RenShape 5166, obtendo-se resultados satisfatórios. Todavia, durante a injeção de ABS (acrilonitrila, butadieno e estireno) não foi possível obter um resultado positivo, sendo registradas ocorrências de falha por quebras da resina, ainda nas injeções iniciais. O acabamento superficial obtido no fresamento CNC é uma das hipóteses presumidas para esta disfunção. Neste contexto, a presente pesquisa tem o objetivo de averiguar a polibilidade da resina RenShape 5166. Desta forma, realizou um estudo de caracterização do material e uma análise do comportamento da superfície no processo de lixamento e polimento. Como material de referência, o aço ferramenta P20 foi utilizado. Constatou-se que mais etapas de lixamento são necessárias na resina do que no aço, de modo a se obter o mesmo nível de rugosidade. Este efeito possui relação direta com a quantidade e tamanhos das cargas minerais presentes na resina.

Palavras-chave: Molde-protótipo; Injeção; Ren Shape 5166; Acabamento superficial.

POLISHING OF RENSHAPE 5166 RESIN AIMING ITS APPLICATION IN INJECTION MOLD

Abstract

In order to develop a product, usually the use of prototypes is necessary, which for their functionality, in many cases they must have the same properties of the end item. As a result of its temporary character, the use of the mold-prototype in the conception of a functional prototype becomes necessary. Many kinds of resin are used to produce the insert of mold-prototype. An option that has been search for the production of these molds is the resin RenShape 5166, resulting in suitable results. However, when the ABS is injected, a positive result was not possible, being registered occurrences of imperfection for resin in additions, still in the early injections. The surface finishing obtained from the CNC is one of the hypotheses assumed for this malfunction. In this context, the present research has the objective to verify the polishing process of the RenShape 5166 resin. Therefore, the resin was characterized with respect to its properties. Tool steel was used as reference material (P20). More steps of sanding are required for resin in comparison with steel, in order to obtain the same level of roughness. This effect has explained by the amount and sizes of mineral charges presents in the resin.

Key-words: Mold-archetype; Injection; Ren Shape 5166; Superficial finishing.

¹ *Contribuição técnica ao 66º Congresso Anual da ABM, 18 a 22 de julho de 2011, São Paulo, SP, Brasil.*

² *Especialista em Desenvolvimento de produtos e processos plásticos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Av. Sete de Setembro, 3165 - Curitiba/PR, Brasil - CEP 80230-901*

³ *PhD, UTFPR.*

⁴ *Dr. em Engenharia, UTFPR.*



1 INTRODUÇÃO

Constantemente, as organizações vêm concentrando suas buscas por novas tecnologias que visam à redução de custos e a produção de um produto em menor tempo,^(1,2) considerando-se que o desenvolvimento do mesmo requer a aplicação de protótipos com características e funcionalidade semelhantes ao produto final.

Uma maneira de se obter pequenos lotes de protótipos do mesmo material da peça final de produção é fazer uso de um molde-protótipo. Na produção de um molde para injeção termoplástica, a operação de acabamento superficial é uma etapa muito importante favorecendo-se a obtenção de superfícies lisas e com baixa rugosidade.⁽³⁾

Para molde-protótipo não é diferente, deve-se conservar as mesmas propriedades entre os protótipos injetados e os componentes obtidos por meios de produção do produto final, respeitando as condições similares de injeção.⁽⁴⁾

Para a confecção de molde-protótipo, a técnica de usinagem é uma alternativa que pode ser adotada, por meio de materiais metálicos e não metálicos, buscando a minimização do tempo e custos de produção, assegurando a qualidade dos produtos. O Núcleo de Prototipagem e Ferramental – NUFER, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, desenvolve pesquisas nas quais se aplica a resina RenShape 5166 para confeccionar molde-protótipo.⁽⁵⁾

Em pesquisa realizada por Derenievicki⁽⁵⁾ foi constatado que a resina RenShape 5166 apresentou bom desempenho em injeção de polipropileno. Na ocasião, foram efetuadas 100 injeções com a aplicação de desmoldante. Em contrapartida, na injeção de ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno foram registradas falhas por quebras (lascamento) e aderência do produto ao inserto, logo em suas injeções iniciais.

Em decorrência de haver poucas pesquisas relacionadas sobre a interferência entre o acabamento superficial e aderência do componente moldado em molde-protótipo polimérico, verificou-se a necessidade da realização de um estudo mais aprofundado dos diversos tipos de acabamento superficiais. Um dos objetivos é assinalar para a validação ou não do uso da resina RenShape 5166. Sendo que neste trabalho foi realizado a pesquisa da interferência do acabamento superficial tendo como parâmetro comparativo o aço P20, utilizado amplamente na confecção de moldes de injeção termoplástica.

2 EXPERIMENTAL

2.1 Resina Renshape 5166

A resina RenShape 5166 é composta de uma base termofixa de poliuretano, enchimento com cargas de minerais e Trihidrato de Alumínio - ATH ou de Alumina como é comercialmente chamada, sendo o ATH esférico dispersado aleatoriamente na matriz, propiciando a isotropia e a adesão aos materiais da resina.⁽⁶⁾ O ATH contribui para elevar a força compressiva total, propiciando a resistência à compressão durante o processo de moldagem.⁽⁶⁾ Este material é produzido pela técnica de derramamento, precedida por uma etapa de homogeneização, gerando durante o processo bolhas de ar.⁽⁷⁾ Estas bolhas são oriundas de gases encapsulados, durante o processo de mistura (ar), ou o (CO₂) gerado pela própria reação dos componentes (Poliol+Isocianato). Para a remoção do mesmo, utiliza-se o

vácuo, fazendo com que os gases aprisionados migrem para a superfície e sejam retirados por um processo mecânico de desbaste.⁽⁷⁾

Sua placa apresenta boa resistência e durabilidade, sendo indicada para confecção de peças protótipo e moldes-protótipos, com resultados excelentes na definição de borda, estabilidade dimensional e resistência ao impacto.⁽⁸⁾ A resina RenShape 5166 é fornecida em placas nas dimensões 1524 mm x 508 mm x 50,8 mm, sendo uma de suas faces usinada, em decorrência de seu processo de produção ser pelo sistema de derramamento, eliminando-se grande parte dos poros oriundos do processo.

O material tem uma base de poliuretano termofixo, com enchimento em carga de Trihidrato de Alumínio ATH e outras cargas minerais. A pirólise da ATH esférica foi realizada de acordo com a norma ASTM D 2584 para obter percentil do peso da carga. A fração em massa de ATH é estimada em 68,7%.⁽⁶⁾

2.2 Metodologia

Para os ensaios de caracterização de carga mineral, porosidade e de acabamento superficial da resina RenShape 5166, foram retirados três corpos de prova da mesma placa, do lado da base da placa do lado não usinado. Os ensaios foram realizados no laboratório de materiais da UTFPR. Os ensaios foram realizados nos mesmos equipamentos, com o mesmo operador, com intuito de obter uma boa repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados.

As análises e interpretação dos acabamentos superficiais foram realizadas com base nas médias de seis medições longitudinais e seis transversais, relativas ao movimento da etapa de lixamento de cada fase de acabamento.

2.3 Caracterização da Resina RenShape 5166

2.3.1 Análises micrográficas

As análises micrográficas de CP's da resina RenShape 5166 foram efetuadas com a geometria em formato de paralelepípedo, cuja dimensão é de 35 mm x 20 mm x 15 mm. O processo de lixamento ocorreu com lixas d'água 220, 320, 400, 500, 600, 1200, 2000 e 2500, com o uso de água corrente. O polimento foi realizado manualmente com dois tipos de massa de polir: Creme nº. 01 e Branca nº. 02, produzidas pela empresa Sherwin Williams.

Em cada fase de acabamento foram feitas análises de microscopia óptica de modo a se quantificar a porosidade da resina por meio do software acoplado ao microscópio Image ProPlus®. Da mesma forma, a quantificação volumétrica da carga mineral foi realizada, seguindo o mesmo padrão de análise da porosidade.

2.3.2 Microscopia eletrônica de varredura - MEV

Em decorrência da observação de pontos brancos em relação ao todo da resina, conforme demonstrado na (Figura 3) do item 4.1, decidiu-se realizar a caracterização morfológica da resina poliuretana por MEV acoplado com o aparelho de espectroscopia de energia dispersiva com raios-X (EDX), efetuando uma análise comparativa dos pontos brancos com a superfície original (marrom). Foi efetuada a análise de MEV no CP de dimensão 23 mm x 37 mm x 20 mm, sendo esta submetida ao tratamento com e sem recobrimento de ouro, buscando melhor visualização do material. Para tanto, fez-se uso do equipamento da marca SuperScan SS-550 Shimadzu e parâmetro de voltagem de aceleração 15 KV.

A análise qualitativa foi em EDX, tendo como finalidade identificar e comparar os elementos da composição poliuretânica. Após preparação da amostra por 1 minuto no metalizador a ouro EDX, sendo este acoplado ao MEV. A aceleração foi de 15KV, corrente de 1nA Detector ev/ch de 10 eV/Ch Shaping time: 10usec. Buscou-se a obtenção de imagens da estrutura superficial com boa definição, sendo a superfície original analisada como veio de fábrica e, num segundo momento, usinada e submetida ao acabamento como se segue: superfície original, superfície usinada, conforme Derenievicki⁽⁵⁾ (profundidade de corte 3 m/min, velocidade de corte 100 m/min e avanço de 0,1 mm/faca.), lixas #220, #320, #400, #500, #600, #1200, #2000, #2500 e massas de polir n^o. 1 e n^o. 2.

2.3.3 Cargas minerais

A metodologia adotada para análise quantitativa da carga mineral foi à análise da imagem obtida por microscopia óptica, sendo em seguida a mesma importada para o *software* Image Pro-Plus, inserindo-se a imagem da amostra.

2.4 Rugosidade

Com o propósito de compreender o efeito do acabamento superficial, realizou-se uma análise comparativa da resina RenShape *versus* o aço P-20 utilizado nos moldes de injeção termoplástica. Seguiu-se a mesma metodologia, desde a etapa inicial do corte do CP até o polimento final, sendo reportadas para todas as etapas os parâmetros de rugosidade Ra (rugosidade média aritmética) e Rq (rugosidade média quadrática), definidas por exemplo em Gadelmawla et al.⁽⁹⁾

Para a análise dos CP's obedeceu-se a seqüência a seguir: Separaram-se 15 CP's que foram submetidos ao experimento, sendo cortados ao meio pelo equipamento disco de corte (ABRASPAS 250 x 1,5 x 31,75 – 35 A 60 MB., R – RPM 4575 – Motor 1700 RPM). Posteriormente, foram submetidos à etapa de lavagem com álcool etílico e secagem na secadora de Amostras Drybox, por 2 minutos.

Para as análises de rugosidade superficial na face em estudo foram efetuadas três medições, nos sentidos longitudinais e transversais aos riscos, por meio do rugosímetro Taylor Robson Precision, modelo Subtronic 25 com um *cut off* de 4 mm. Com a análise de rugosidade, buscou-se obter um posicionamento sobre a superfície analisada, em decorrência do tipo de acabamento. Os CP's foram preparados conforme o item 3.1.3, deste artigo, sendo realizada a cronometragem do processo de preparação do CP's em relação ao aço P-20.

Durante a fase de testes preliminares, adotou-se uma metodologia para avaliar os CP's, com o objetivo de obter dados científicos do acabamento superficial da resina RenShape 5166. Foi construído um fluxo para o acabamento superficial dos CP's, sendo avaliada a rugosidade dos mesmos. Dando prosseguimento à investigação, seguiu-se a mesma diretriz, buscando sanar o problema de aderência da resina acima citada no polímero ABS.

3 RESULTADOS

3.1 Composição Química Semi-quantitativa

Através da análise micrográfica realizada, após a fase de acabamento superficial da resina RenShape 5166, verificou-se a presença de alguns pontos brancos dispersos na superfície do material (Figura 1).

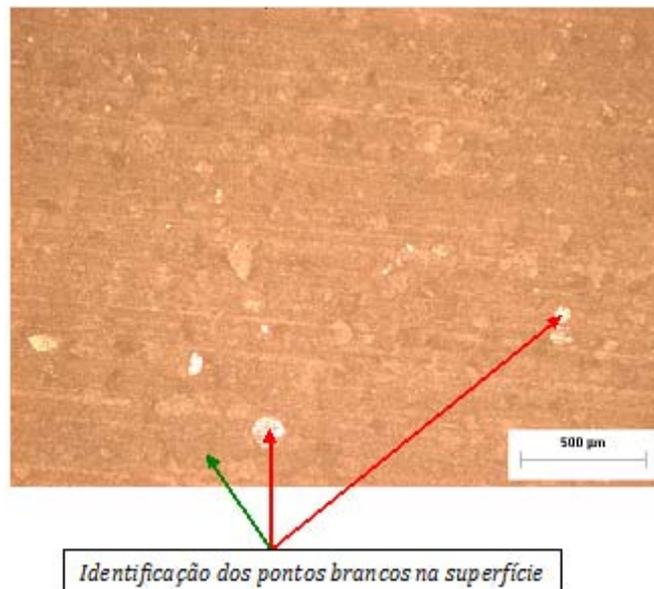


Figura 1. Aspecto da superfície após o processo de lixamento com lixa grana 500.

Por meio da análise do MEV em acoplamento do espectrômetro EDX, obteve-se um espectrograma, no qual se foram identificados alguns elementos utilizados na formulação da resina RenShape 5166. A Figura 2 apresenta o Espectrograma da resina RenShape 5166, na região do ponto branco identificado acima.

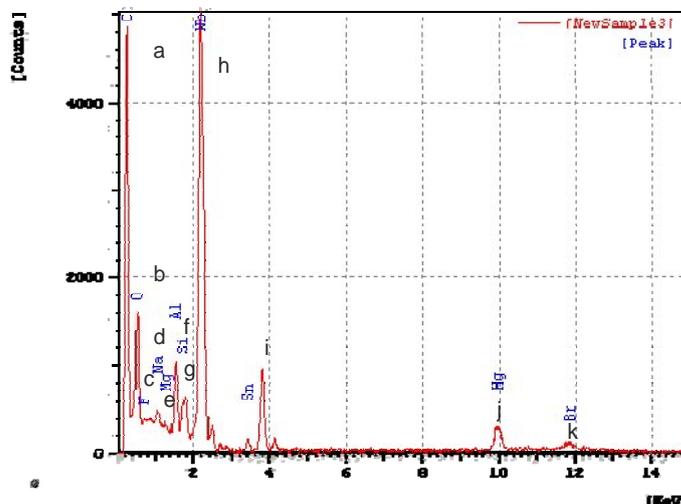


Figura 2. Espectrograma da resina RenShape 5166 com acabamento superficial no ponto (Branco).

As letras identificadas na Figura 2 correspondem à seguinte simbologia: 1- Componentes orgânicos básicos da resina poliuretana RenShape (a, b); 2-Agente de expansão reagido – (c); 3 - Catalisadores organometálicos usados na reação polimerização – (d, i, j); 4- Cargas minerais (d, e); 5- Retardantes de chama (k); 6- Reagentes da análise ou banho ouro (h); 7- Componentes de silício do surfactante de silicone (g); 8- Carga de alumina-ATH (f); 9- Contaminante da amostra, (Ge) possível (Hg) (J). A Figura 3 apresenta o espectrograma da resina RenShape 5166, com acabamento superficial no ponto marrom, comparativo ao todo da resina.

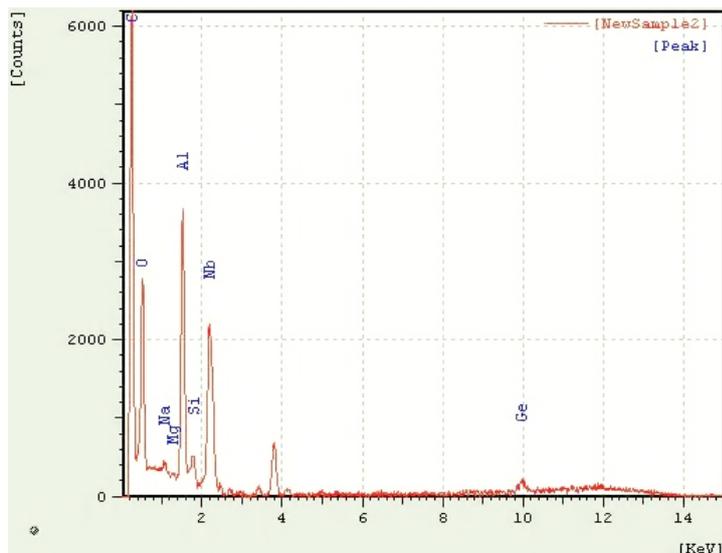


Figura 3. Espectrograma da resina RenShape 5166 com acabamento superficial no ponto (Marrom).

Ao comparar os dois espectrogramas, constata-se que as regiões acima mencionadas são constituídas de elementos básicos de componentes da formulação poliuretana, tais como: catalisadores, surfactantes, cargas minerais, retardantes de chama, da resina RenShape 5166. Uma espécie de carga mineral facilmente identificado foi a Alumina – ATH.

Os pontos brancos evidenciados nas fotos podem ser ocasionados por uma falha de processamento, de homogeneização de algum tipo de carga, pigmento ou antioxidante a base de (Br) mal dispersado, comumente utilizado em formulações de poliuretano, para evitar a oxidação prematura do produto (amarelamento).

Os produtos acima mencionados caracterizam-se pela não alteração das propriedades do material formulado,⁽⁷⁾ sendo percebido o seu comportamento durante acabamento superficial dos pontos (marrom e branco) que foram desgastados igualmente sem notar-se a ocorrência do deslocamento ou lascamento do ponto branco. Desta forma, indicaram-se as mesmas propriedades em ambos os lados analisados, conforme Vilar.⁽⁷⁾

3.2 Microscopia Quantitativa

3.2.1 Porosidade

À medida que o acabamento superficial do CP era realizado, constatava-se o surgimento de pequenos poros localizados em alguns pontos (Figura 4), ilustrando a dimensão do poro.

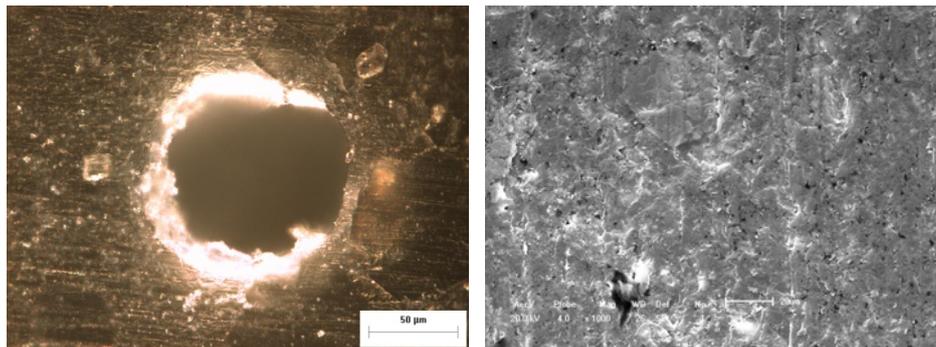


Figura 4. (Esq.) Poro visto por microscopia óptica 50µm e (Dir.) Superfície porosa vista por MEV 20 µm.

A presença de poros também foi observada por Park e Colton,⁽⁶⁾ constituído nos principais pontos para o aumento da fragilidade da referida resina. Também foi efetuada a análise microscópica da região acima citada, observando-se a presença de vazios como sendo poros. Nas micrografias obtidas (Figura 4), é possível visualizar riscos do acabamento das lixas, todavia a magnitude do diâmetro e a profundidade de cada poro são extensas em comparação à da profundidade dos riscos. De posse de uma imagem da área onde foi registrada a porosidade, a mesma foi analisada, binarizando-a, sendo que posteriormente houve quantificação dos poros, conforme a Figura 5).



Figura 5. Medidas da porosidade através da foto microscópica (esquerda), binarizada (centro) e à (direita) análise da área e contagem dos poros.

Ao término da análise, constatou-se a presença de 118 objetos ou poros, para uma área total dos poros de $19.895 \mu\text{m}^2$, em perímetro integral analisado de $2.872.322 \mu\text{m}^2$, que significa 0,693% de poros, considerado ínfimo, em relação ao todo analisado. A microporosidade de tamanho médio de 10 µm pode auxiliar no início da fratura da superfície,⁽⁶⁾ todavia devido ao baixo índice de porosidade ao longo da superfície, probabilidade de tal evento ocorrer é expressivamente baixa. Durante a fragilidade da fratura da resina, ocorre a deformação plástica ao longo das bordas onde a absorção da energia da tensão é elevada, na maioria das regiões da superfície do produto.⁽⁶⁾

3.2.2 Carga mineral

A mesma metodologia aplicada na porosidade foi seguida para a análise da carga mineral, utilizando a mesma imagem, sendo em seguida realizada a quantificação de carga, de acordo com o tamanho das mesmas, conforme demonstrado na Figura 6.

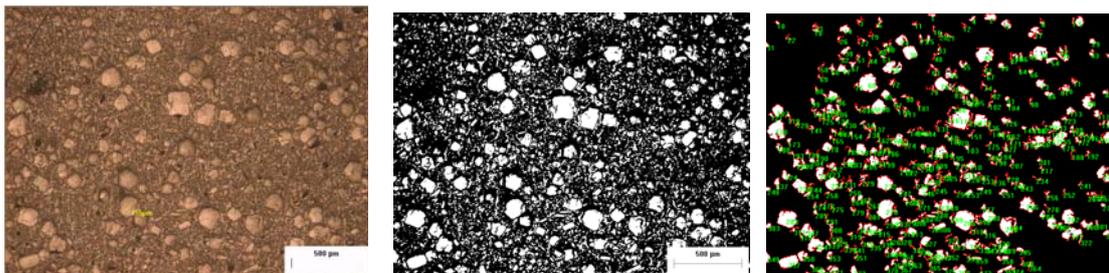


Figura 6. Imagem da superfície original (esquerda), binarizada (centro) e a (direita) quantificação da carga por tamanho em (μm).

Após a análise quantitativa, foram pesquisados 6908 objetos na amostra, sendo 66,79% partículas menores que $10\ \mu\text{m}$; 13,54% $10\ \mu\text{m}$ a $20\ \mu\text{m}$; e 5,04% de $30\ \mu\text{m}$ a $40\ \mu\text{m}$. Conforme análise de MEV e informações do fabricante, outros tipos de cargas minerais são adicionados conjuntamente a Alumina – ATH.

Park e Colton⁽⁶⁾ mencionam que a resina a RenShape 5166 pode possuir 68,3% de fração em massa de Alumina ATH. A Figura 7 apresenta a distribuição percentual de carga mineral analisado na resina RenShape 5166.

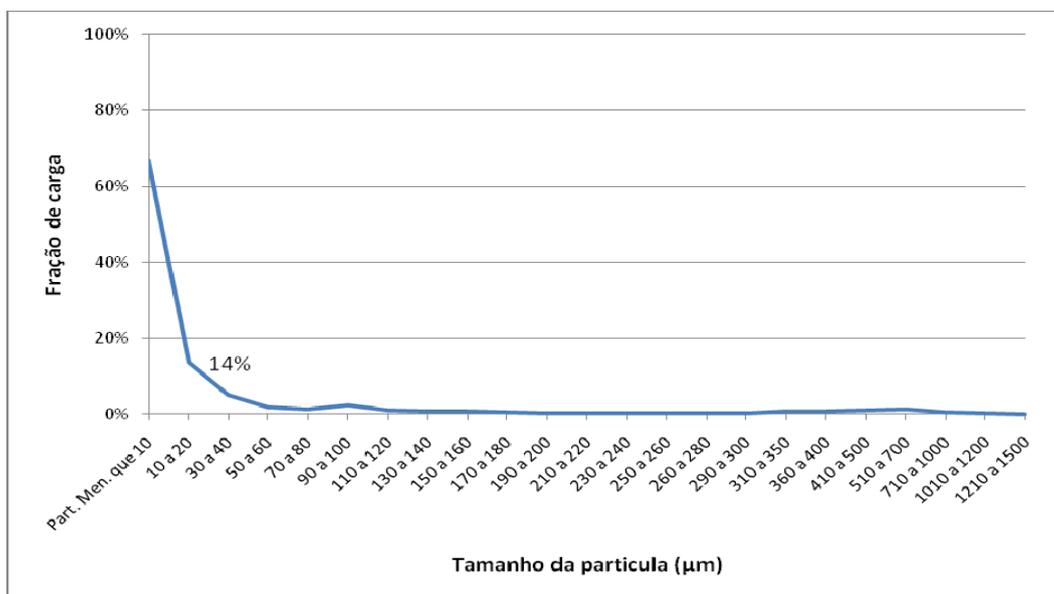


Figura 7. Distribuição de tamanhos de carga mineral na resina *Ren Shape* 5166, em percentil.

3.3 Rugosidade

As Figuras 8 e 9 apresentam a variação da rugosidade com o nível de acabamento aplicado.

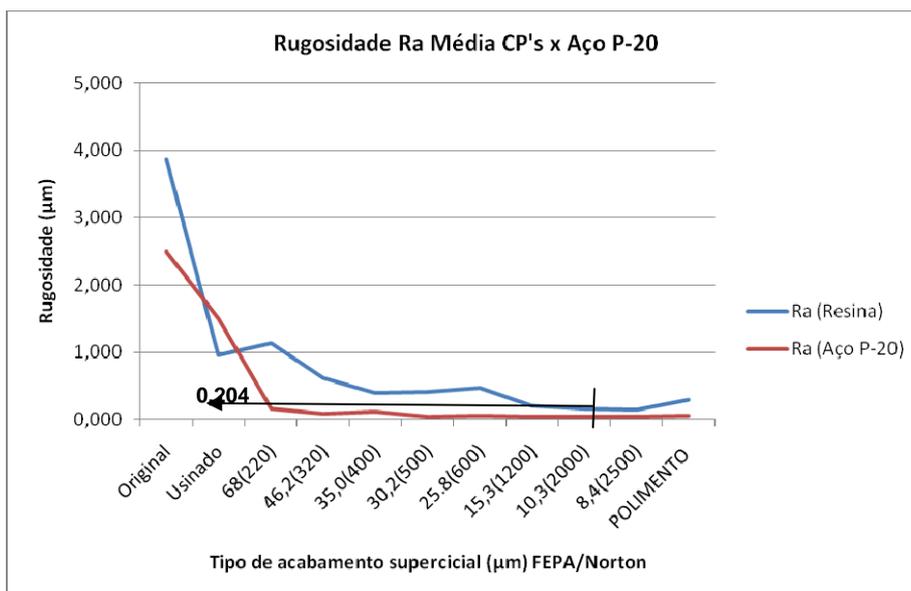


Figura 8. Medida de Rugosidade Ra com avaliação feita na média nos sentidos longitudinal e transversal.

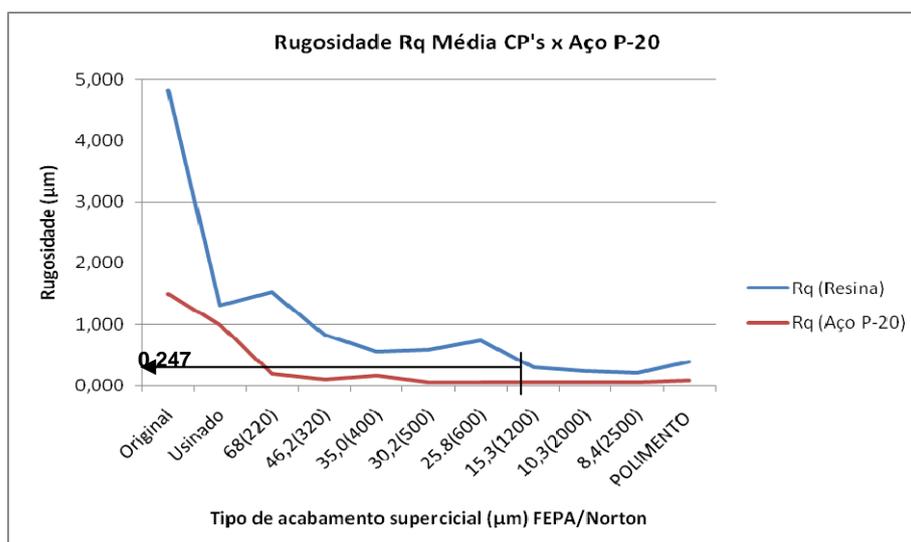


Figura 9. Medida de Rugosidade Rq com avaliação seguindo a média nos sentidos longitudinal e transversal.

Constatou-se que após o processo de lixamento com a lixa 600 houve um decréscimo acentuado das rugosidades Ra e Rq, sendo posteriormente estabilizadas. Isto ocorreu devido ao tipo de acabamento, sendo que o aço obteve melhor comportamento, devido à sua dureza. Verificou-se também através da análise gráfica da rugosidade que havia um desnível acentuado e de grande intensidade observado no diagrama. Após esta constatação, optou-se pela análise microscópica do CP da área analisada que originou o desnível, verificando-se a presença de vazios como sendo poros, conforme já citado na fase de caracterização do material.

Através das análises micrográficas, observaram-se riscos do acabamento das lixas conforme demonstrado nas Figuras 1 e 4, todavia, se comparados aos poros, estes se tornam insignificantes. As Figuras 8 e 9 apresentam respectivamente as médias das seis medições transversais e longitudinais relacionadas aos processos de lixamento.



4 DISCUSSÃO

Quando se analisa a possível influência do tamanho das partículas de carga mineral, conforme demonstrado na Figura 7, no acabamento superficial através das rugosidades Ra e Rq, demonstrados nas Figuras 8 e 9, percebe-se que há uma maior possibilidade de um grão abrasivo colidir com cargas minerais que tenham tamanhos menores que 20 μm . Desta forma, um grão de alumina com capacidade abrasiva de cortar a resina não possui a mesma facilidade para cortar a carga mineral, que também é de alumina. Com durezas entre grãos abrasivos e cargas semelhantes, o processo passa a depender da relação entre os tamanhos.

O resultado então é que para se obter uma superfície da resina com Ra = 0,204 μm (ou Rq = 0,247 μm) deve-se realizar um processo de lixamento até a lixa #1200, uma vez que para o aço P20 se obtêm um resultado semelhante de rugosidade Ra e Rq utilizando-se lixas com tamanhos de grãos médios de 68 μm (#220).

5 CONCLUSÃO

Constatou-se que para se obter um valor de rugosidade de aproximadamente Ra = 0,204 μm e Rq = 0,247 μm numa resina RenShape 5166 é necessário realizar um processo de lixamento até a lixa #1200, uma vez que para o aço P-20 é necessário somente o uso da lixa 68 μm (#220), obtendo-se assim o mesmo resultado de rugosidade Ra e Rq.

Conforme resultados obtidos ficam evidentes que as frações e tamanhos de cargas minerais são determinantes para o acabamento superficial da resina RenShape 5166.

REFERÊNCIAS

- 1 MASON, J., Prototyping as a key to Rapid Tooling, Rapid tooling, V.5, n.2, p.54-59, 1997.
- 2 YAN, X; GU, P., A Review of rapid prototyping technologies and systems". Computer-Aided Design, v.28, n.4, p.317-318, 1996.
- 3 HARADA, J., Moldes para injeção de termoplásticos: projetos e princípios básicos. São Paulo: Editora Artliber, 2004.
- 4 DISTRIM, 2010, Moldes protótipo e moldes de alumínio. DT2 Indústria, investigação e desenvolvimento Ltda. Disponível em <<http://www.distrim2.pt/dt2-ser.php>> acesso em 28. out.
- 5 DERENIEVICKI, O.F., Procedimento para Testar Resinas Poliméricas para a Fabricação de Moldes Protótipos Usinados, Dissertação. Mestrado do Departamento Acadêmico de Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.
- 6 PARK, Y.; COLTON, J.S., Sheet metal forming using polymer composite rapid prototype tooling, J. Eng. Mater Technol., V. 125, p. 247-55, 2003.
- 7 VILAR, W. D., Química e tecnologia dos poliuretanos. 2.ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria Técnica, 1998.
- 8 HUNTSMAN, Enriching Lives Through, 2009, *Ren Shape* - Material Composto por Usinagem CNC. Advanced Materials: São Paulo, 2009. <disponível em <http://www.huntsman.com>> acesso em 12.set.2010.
- 9 GADELMAWLA, E.S., KOURA, M. M., MAKSOUD, T.M.A., ELEWA, I. M., SOLIMAN, H.H., Roughness parameters, J. Materials Processing Technology, Volume 123, Issue 1, p. 133-145, 2002.