

Avaliação e melhoria no processo de injeção de PEAD

G.CORRÊA¹ e P. J. MELO¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química
E-mail: guilherme.correa95@gmail.com

RESUMO – O processo de injeção de polímeros é um dos principais métodos utilizados na produção de peças e componentes industriais para eletrodomésticos, eletroeletrônica, indústrias automotivas e de calçados. Ele é realizado em três etapas sucessivas: aquecimento do material polimérico a uma temperatura superior ao seu ponto de fusão, injeção do material fundido em um molde metálico e resfriamento das peças injetadas. A geometria das peças e o controle das etapas do processo são fatores que influenciam na ocorrência de defeitos no produto final. Em peças volumosas verificam-se defeitos de retração da superfície ou a formação de bolhas no interior das mesmas. Neste trabalho, o problema de formação de bolhas em PEAD injetado foi estudado e reduzido, de 30% para menos de 3%, através do controle das variáveis de solidificação tais como tempo e temperatura. As condições do processo de injeção e a umidade também podem contribuir para a redução da formação de bolhas.

1. INTRODUÇÃO

Materiais poliméricos são usados em praticamente todos os bens de consumo comercializados atualmente e o seu uso propiciou uma verdadeira revolução nas indústrias manufatureiras nos últimos 60 anos (Canevarolo, 2006). O incremento de consumo destes materiais nos últimos anos foi tão elevado que, em 1973, o volume mundial de produção de polímeros superou o de produção de aço, segundo (Mano e Mendes 2001) e (Wiebeck e Harada, 2005).

A preocupação com o descarte de grandes quantidades de termoplásticos, decorrente do elevado consumo de embalagens descartáveis, torna-se uma questão crucial a partir do ano 2000 quando a reciclagem em larga escala se consolida por imposição de legislações ambientais (Ana e Wiebeck, 2011). A otimização dos processos de fabricação com reaproveitamentos e reciclagem contribuem para a redução de custos e também com a redução do descarte destes materiais.

O processo de produção por injeção gera um volume relativamente grande de aparas, rebarbas ou resíduos de usinagem das peças, que podem ser reaproveitados. A reciclagem de peças usadas é também uma prática difundida e recorrente na maioria das empresas produtoras de peças injetadas. O

presente trabalho foi desenvolvido para uma empresa produtora de peças injetadas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) onde mais de 95% da matéria prima usada no processo é oriunda de reaproveitamentos e material reciclado.

2. CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL POR RIOS-X E ANÁLISE TÉRMICA

2.1 Análise de difração de Raios – X

Esta análise mostra um espectro de intensidade (counts) x ângulo (two-theta), de difração de raios-X de ângulo rasante, que possibilita determinar os picos característicos do material cristalino analisado e sua cristalinidade. O espectro abaixo mostra dois picos característicos, com valores de 2θ em torno de 21,8 e 24,1 que são compatíveis com o material estudado, o PEAD. O índice de cristalinidade situa-se em torno de 73% e os cristalitos tem tamanho médio de 200 Angstroms.

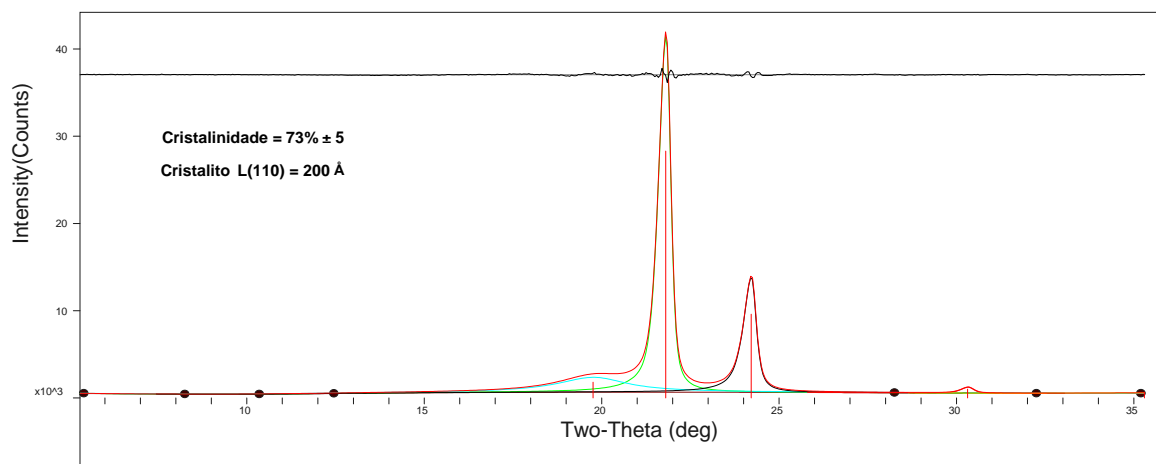


Figura 1 – Espectro de difração de raio-X de ângulo rasante, com radiação $K\alpha$ Cu.

2.2 DSC (Differential Scanning Calorimetry, ou calorimetria exploratória diferencial)

As análises de DSC mostram o fluxo de calor sobre a amostra ao longo de um intervalo de temperaturas percorrido pelo equipamento. Assim, transições exotérmicas aparecem para cima e transições endotérmicas aparecem para baixo, segundo Lucas *et al* (2001). No diagrama mostrado na figura 2, verifica-se que o material funde a 136°C e apresenta um índice de cristalinidade de 74%, que

são compatíveis com os resultados da análise de raios-X e também as propriedades do PEAD, que tem temperatura de fusão de 135°C e elevado índice de cristalinidade.

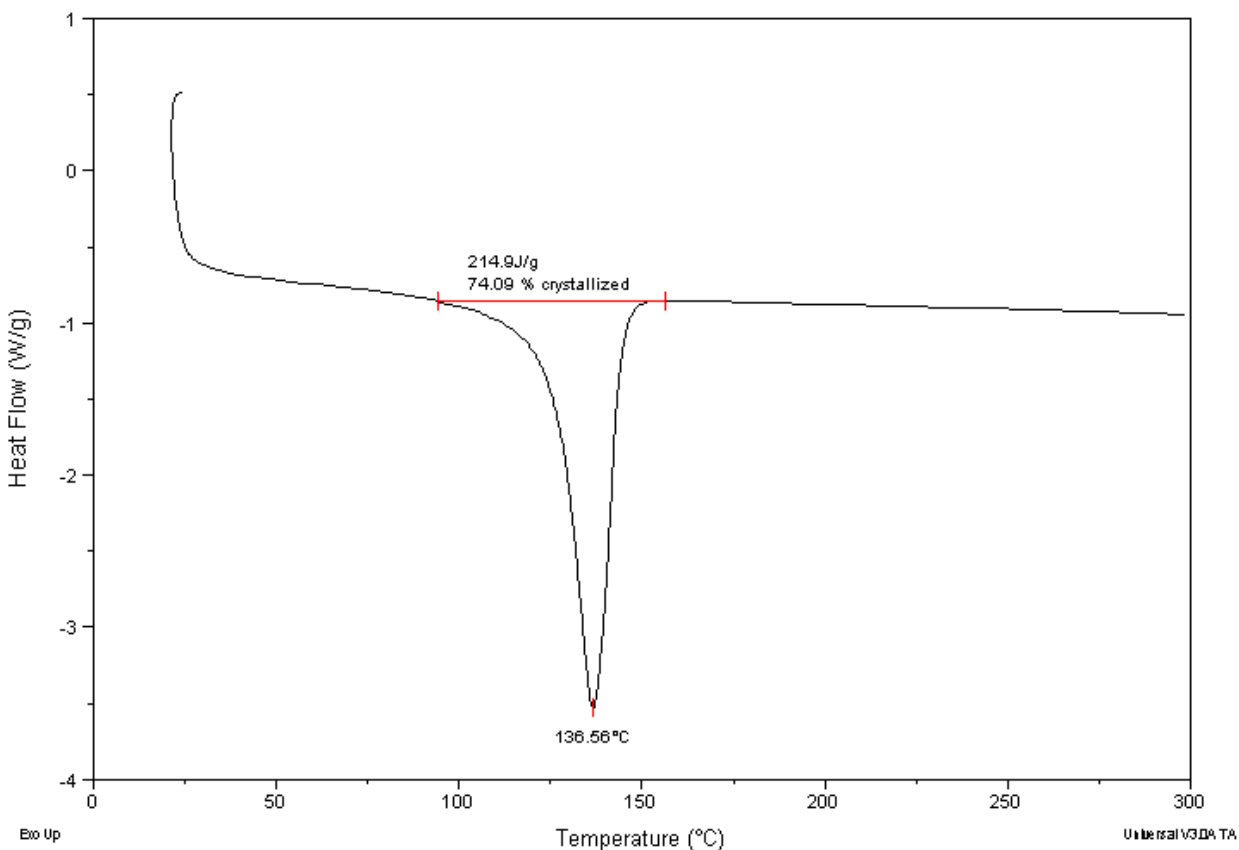


Figura 2 – Análise de DSC realizada em uma amostra do material usado como matéria prima do processo de injeção. Velocidade de varredura de 10°C/min.

2.3 TGA (*Thermogravimetric Analysis*, ou Análise Termogravimétrica)

As análises de TGA mostram a perda de massa das amostras em função da temperatura, como decorrência de volatilizações e degradações. Na figura 3, abaixo, se verifica uma degradação quase total da amostra entre 400°C e 500°C e um resíduo de 1,17% que se mantém em temperaturas superiores a 600°C .

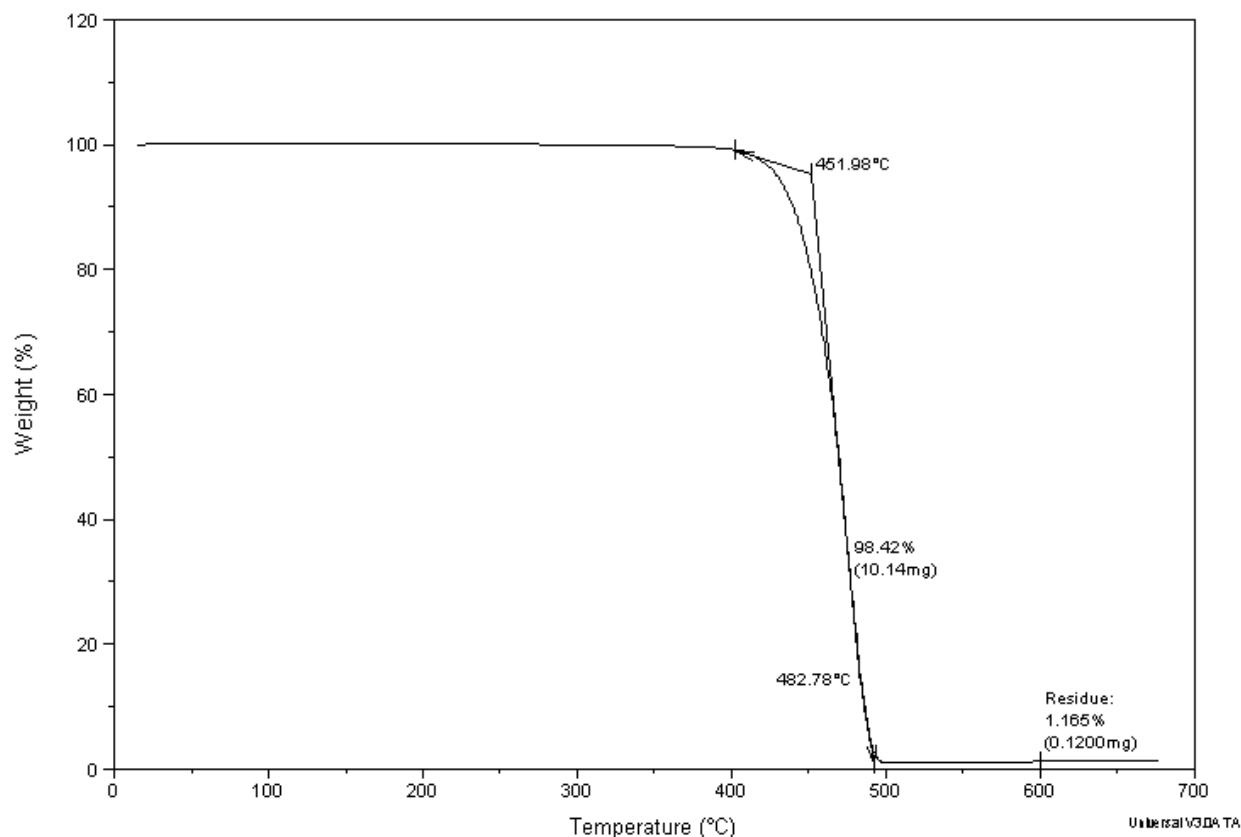


Figura 3 – Análise termogravimétrica de amostrado do material usado como matéria prima do processo de injeção. Velocidade de varredura de 10°C/min.

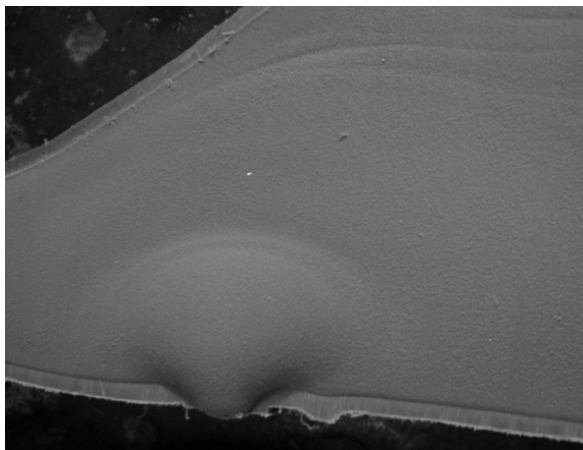
3. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para verificar a ocorrência de defeitos nas peças injetadas foram coletadas amostras diárias das linhas de produção e, posteriormente, avaliadas quanto à formação de bolhas ou retração. Os resultados apresentados foram realizados ao longo de seis meses de acompanhamento da produção, nas condições de processamento que a empresa operava e após alteração das variáveis tempo e temperatura de solidificação.

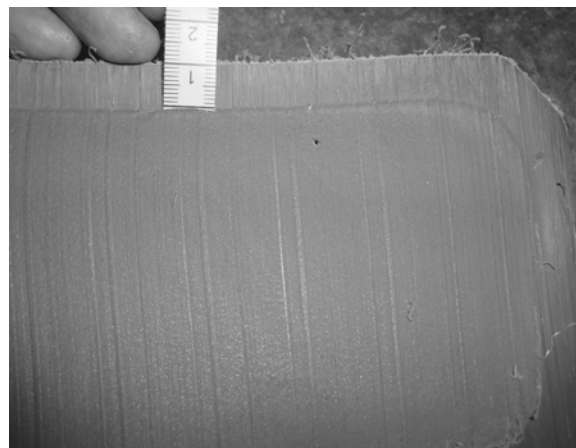
3.1 Imagens das amostras antes da alteração das variáveis do processo

Aproximadamente 30% das amostras avaliadas apresentaram a formação de bolhas no interior das peças injetadas. Este problema era decorrente, provavelmente, das condições inadequadas de temperatura e tempo de solidificação bem como da matéria prima utilizada sem o controle de umidade. A figura 4 mostra as fotografias da evolução da solidificação com o tempo e os tipos de

defeitos que se formavam.



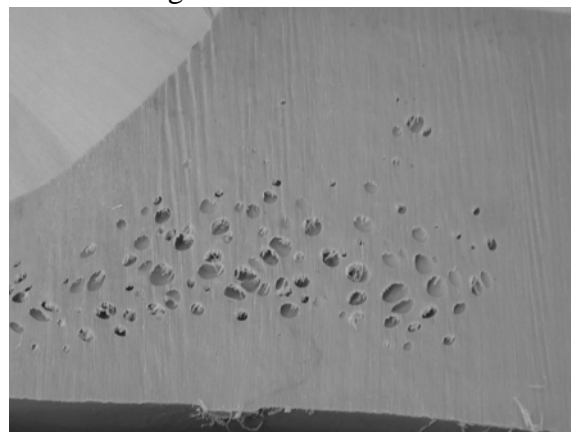
(a) Após a desmoldagem



(b) Após 30 minutos de imersão em água



(c) Após 120 minutos ao ar



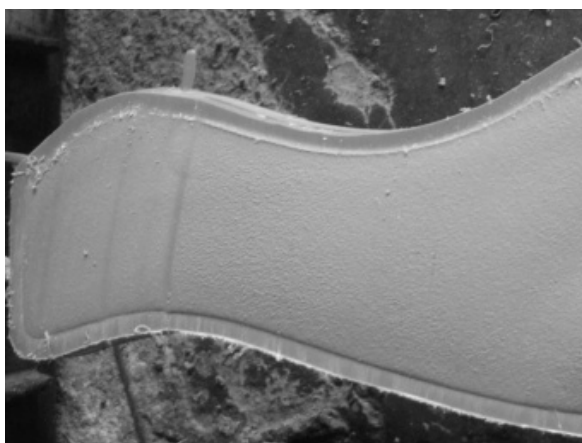
(d) Após 240 minutos ao ar

Figura 4 – fotografias mostrando a ocorrência de falhas ao longo do processo de solidificação das peças injetadas

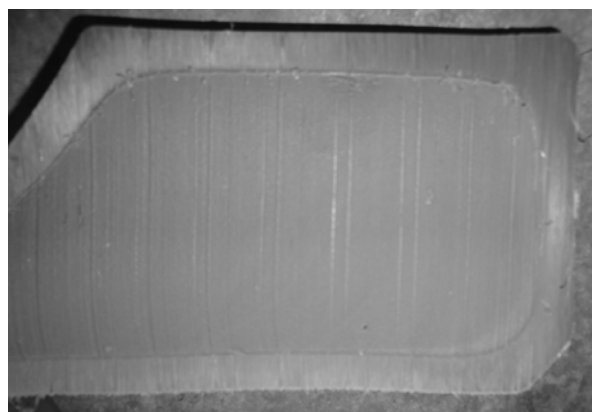
Nestas imagens verifica-se o início da solidificação durante o resfriamento do molde, quando solidifica uma camada de aproximadamente 0,4 cm de espessura (4a). Após a desmoldagem as peças ficam imersas em água durante 30 minutos e a espessura da camada solidificada aumenta para 1,0cm (4b) e finalmente completa-se a solidificação ao ar ambiente, quando se verifica o surgimento das bolhas (4c e 4d) no interior das peças.

3.2 Imagens das amostras após a alteração das variáveis do processo

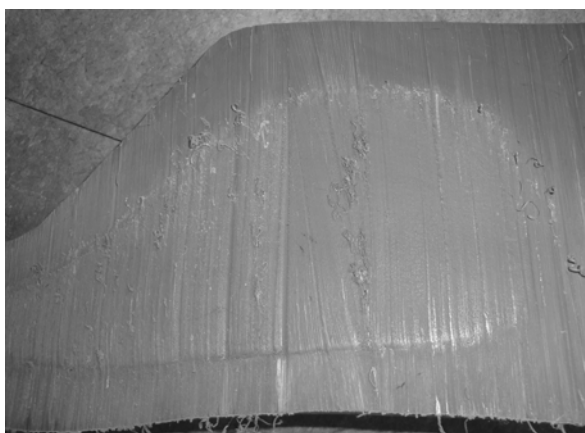
Após a alteração das variáveis do processo de injeção tais como o controle da umidade da matéria prima, temperatura e tempo de solidificação das peças injetadas, houve uma redução significativa na ocorrência de defeitos, sendo que somente 3% das peças solidificadas, sob condições controladas, apresentaram a formação de bolhas no seu interior, como mostra a figura 5. As condições de solidificação foram de 30 minutos de imersão em água à 70°C mais 240 minutos em estufa mantida a 100°C.



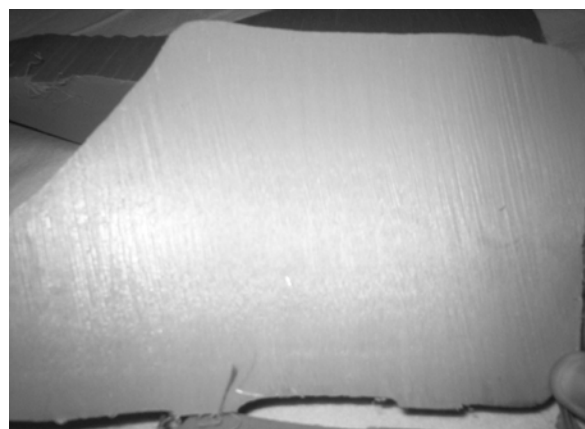
(a) Após a desmoldagem



(b) Após 30 minutos de imersão em água, a 70°C.



(c) Após 120 minutos ao ar, a 100°C



(d) Após 240 minutos ao ar, a 100°C

Figura 5 – fotografias mostrando a redução na ocorrência de falhas após o processo de solidificação das peças injetadas

A sequência de imagens mostradas na figura 5 evidencia que, com o controle da qualidade do material injetado e das condições de temperatura durante a solidificação, é possível se obter peças com baixo índice de defeitos.

4. CONCLUSÕES

Os resultados de difração de raios-X mostram que o material analisado tem um grau de cristalinidade superior a 70% e picos de difração que coincide com os picos característicos do PEAD.

As análises de DSC e TGA evidenciam que as temperaturas de fusão e degradação das amostras analisadas são compatíveis com o PEAD e não evidencia a incorporação de outros materiais poliméricos oriundos da reciclagem. O resíduo da análise da TGA pode ser atribuído à incorporação de impurezas ou a presença de pigmentos inorgânicos.

Os dados experimentais, com o controle das variáveis do processo de solidificação, mostram que é possível reduzir a ocorrência de falhas como a formação de bolhas no interior das peças. O controle da temperatura em um patamar mais elevado mantém a flexibilidade da camada solidificada e com isto pode se evitar a formação de bolhas, que se formam devido à retração do material fundido no centro da peça, ao final da solidificação.

O controle da umidade do material injetado e a degaseificação, durante a injeção, também podem contribuir com a redução da formação de bolhas. Isto foi verificado em algumas peças que após a desmoldagem, já apresentavam defeitos.

A redução dos custos de produção, com a diminuição do reprocessamento de peças defeituosas, é evidente tendo em vista a redução significativa do tempo de uso das máquinas, uso de mão de obra e redução do consumo de energia.

Portanto, a instalação de uma estufa para o controle da temperatura das peças, após a esteira com água, poderá ser uma alternativa para eliminar (ou diminuir significativamente) a formação de falhas e reduzir os custos de produção.

6. REFERÊNCIAS

CANEVAROLO, S. V. *Ciência dos Polímeros*. São Paulo: Editora Artliber-ABPol, 2006

LUCAS, E. F.; SOARES, B. G.; MONTEIRO, E. *Caracterização de Polímeros. Determinação de Peso Molecular e Análise Térmica*. Rio de Janeiro: Editora e-papers, 2001.

MANO, E.B.; MENDES, L. C. *Polímeros como Materiais de Engenharia*. Rio de Janeiro, São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2000.

MANO, E.B.; MENDES, L. C. *Introdução a Polímeros*. Rio de Janeiro: Editora Edgard Blücher Ltda, 2001.

PIVA, A. M.; WIEBECK, H. *Reciclagem do plástico*. São Paulo: Editora Artliber, 2005

WIEBECK, H.; HARADA, J. *Plásticos de Engenharia, Tecnologia e Aplicação*. São Paulo: Editora Artliber-ABPol, 2005