

ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DE EMBALAGENS CONVENCIONAIS PARA ALIMENTOS ÁCIDOS SUBMETIDOS A FREEZER E MICROONDAS

Rafael Ghesla Silvestrim^{1*}, André Luis Catto¹, Ruth Marlene Campomanes Santana¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Escola de Engenharia – Laboratório de Materiais Poliméricos LAPOL (rafaelsilvestrim@gmail.com)

Resumo: A vida atual da sociedade é muito agitada, onde a rapidez e praticidade são fundamentais. E nisso, as embalagens descartáveis de polímeros termoplásticos contribuem muito com o seu dia-a-dia. Dependendo da embalagem, pode-se armazenar, congelar, descongelar, aquecer e servir alimentos. Assim, saber se uma embalagem é considerada inerte quimicamente é fundamental para saber qual delas é adequada para o contato direto com o alimento, aquecimento em micro-ondas e qual apresenta uma alta resistência sob baixíssima temperatura. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo da degradação das embalagens convencionais, com alimento de natureza ácida, em freezer e micro-ondas. Foram utilizadas amostras de PP, PEAD e EPS as quais estiveram 72 horas armazenadas no freezer e após passaram por 40 ciclos de micro-ondas, estes processos foram feitos com molho de tomate dissolvido em água, com um pH de 5. Estas amostras foram caracterizadas por ensaios físicos, reológicos, ópticos e morfológicos. Os resultados das análises mostraram que o EPS não é recomendado para usar em alimentos ácidos, por outro lado, o PP e PEAD obtiveram ótimos resultados.

Palavras-chave: *degradação, poliolefinas, EPS, micro-ondas, embalagens.*

Introdução

Muitos materiais poliméricos são utilizados para a produção de embalagens cuja finalidade é o armazenamento de alimentos. Atualmente, a embalagem representa um dos segmentos industriais que mais se desenvolveu nos últimos anos. Seu faturamento passou de R\$ 16,3 bilhões, em 2000, para R\$ 31,5 bilhões, em 2007, atingindo um crescimento de 93,3% em sete anos. Esses valores representam cerca de 1,5% do PIB brasileiro [1]. As embalagens plásticas estão tão presentes na vida das pessoas, que segundo levantamentos feitos em grandes cidades brasileiras [2], os principais polímeros encontrados nos resíduos sólidos urbanos são os polietilenos de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD), o polipropileno (PP), o politereftalato de etileno, PET e o policloreto de vinila, PVC. Outros tipos de polímeros encontrados correspondem apenas 11% do total [2].

Dentre esses materiais poliméricos podem-se citar o PP e o PEAD, polímeros semicristalinos que, além de serem materiais de baixo custo, se caracterizam por apresentar baixa densidade, boa claridade e resistência à altas temperaturas (ponto de fusão de 135 e 170°C respectivamente), boas propriedades que possibilitam uma fácil moldagem por injeção [3]. E no caso específico do PP, este se enquadra como um polímero adequado para a utilização em freezer e micro-ondas [3]. Por outro lado o poliestireno expandido (EPS), cujas cadeias consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno, podem ser aplicadas em embalagens industriais, artigos de consumo (caixas térmicas, pranchas, porta-gelo etc.) e até mesmo na agricultura. É na construção civil, porém, que sua utilização é mais difundida [4].

Porém, dependendo das condições de exposição destes materiais, eles podem sofrer algum tipo de degradação e portanto é importante entender um pouco sobre degradação. A degradação ou alteração das propriedades de um polímero é resultante de reações químicas de diversos tipos, que podem ser intra ou intermoleculares. Pode ser um processo de despolimerização, de oxidação, de reticulação ou de cisão de ligações químicas. A degradação pode ser causada por eventos diferentes, dependendo da natureza química do material, da forma de processamento e do seu uso [5].

Diante disso, um aspecto importante a ser analisado é a estabilidade térmica do polímero, visto que sua utilização em freezer e micro-ondas (MO) envolve tanto temperaturas baixas como altas, respectivamente [6]. A temperatura elevada é um dos parâmetros mais importantes e preocupantes em relação à degradação do material e a migração de espécies químicas (tanto da embalagem como do alimento), uma vez que essa última é controlada principalmente por processos de difusão [7].

Quando um polímero se encontra em contato com um líquido, tal como alimentos ou produtos químicos, em condições de temperaturas elevadas, em geral, dois processos de transferência de massa podem ocorrer simultaneamente: o líquido pode penetrar pelas paredes do polímero, enquanto que os aditivos, monômeros e espécies de baixo peso molecular provenientes do polímero podem se difundir para fora do mesmo [6,7].

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da dose de exposição de micro-ondas na degradação de embalagens de PP, PEAD e EPS em alimentos de natureza ácida. Os parâmetros estudados foram a acidez do alimento e o número de ciclos de exposição no forno de MO. Para avaliar a degradação das amostras foram feitas caracterização das propriedades físicas, ópticas e morfológicas.

Parte Experimental

Materiais

Os materiais utilizados neste trabalho foram o polietileno de alta densidade (PEAD) proveniente de embalagens de iogurtes, o polipropileno (PP) de embalagens específicas para freezer e micro-ondas e o poliestireno expandido (EPS) de embalagens utilizado para isolar a temperatura dos alimentos. Utilizou-se um freezer, de uma geladeira convencional e um forno de micro-ondas (MO) da marca Brastemp com potência de 700 w.

Processamento

As embalagens termoplásticas ficaram armazenadas por 72h no freezer convencional, posteriormente descongeladas no forno micro-ondas. Estas passaram por aquecimento na potencia máxima no microondas, atingindo um total de 40 ciclos de 2min, a cada 10 ciclos. Foram tomadas as dimensões das embalagens antes e após exposição. Os testes foram realizados com molho de tomate dissolvido em água, com um pH igual a 5, para simular um alimento ácido em armazenamento.

Caracterização

Após os ciclos as embalagens foram caracterizadas pelas suas propriedades físicas e morfológicas. Para verificar a degradação dos recipientes, primeiramente mediu-se a temperatura final que o líquido atingiu, com o intuito de verificar se a temperatura se manteria constante ao longo de 40 ciclos. Foi realizado o teste de densidade pelo método de deslocamento, baseada na norma ASTM D792-91. No caso das amostras de EPS foi determinado a densidade aparente a partir da massa e volume da amostra. O ensaio ótico foi realizado usando o espectrofotômetro Spectro-Guide da marca BYK onde além de mensurar o brilho e opacidade foram obtidos os parâmetros colorimétricos: a, b e L; parâmetros a, b e L, sendo o valor “a” da variação da coloração de verde (-a) para o vermelho (+a); o valor “b” de azul (-b) para amarelo (+b) e o valor “L” representa a luminosidade, onde variam de preto “0” para branco “100”⁽¹⁰⁾. O índice de fluidez foi realizado no equipamento plastômetro, da marca CEAST, modelo 7026.000, de acordo com a norma ASTM D-1238. Por último foram realizadas as imagens das amostras usando o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), da marca JEOL JSM 6060.

Resultados e Discussão

Propriedades físicas

Na Tabela 1 são apresentadas as densidades e as dimensões de altura, das embalagens de PEAD, PP e EPS virgens e após expostas a 40 ciclos em MO, onde não é observado mudanças significativas da altura das amostras, porém cabe mencionar que já nos primeiros 20 ciclos começou a vazar o líquido pelos cantos inferiores da base da embalagem de EPS como mostrado na Figura 1-c, devido provavelmente as condições do meio (acidez, temperatura entre os mais importantes). A temperatura final, atingida pela água em cada embalagem, após os 40 ciclos foram: Tf(PEAD) = 90°C ; Tf(PP) = 64°C e Tf(EPS) = 70°C.

Observa-se que a densidade das poliolefinas tiveram um pequeno aumento após os 40 ciclos de exposição em MO, e que o EPS se manteve constante.

Tabela 1 - Resultados das densidades e dimensões de embalagens antes e após exposição a MO.

Amostras	*0 ciclos		40 ciclos	
	Densidade (g/cm ³)	Altura (mm)	Densidade (g/cm ³)	Altura (mm)
PEAD	0,9489 ± 0,0013	120,24	0,9554 ± 0,0004	121,37
PP	0,9017 ± 0,0026	41,2	0,9141 ± 0,0015	41,2
EPS	0,0248	62,14	0,0248	61,73

Nota: *amostra congelada (72h) e descongelada por MO

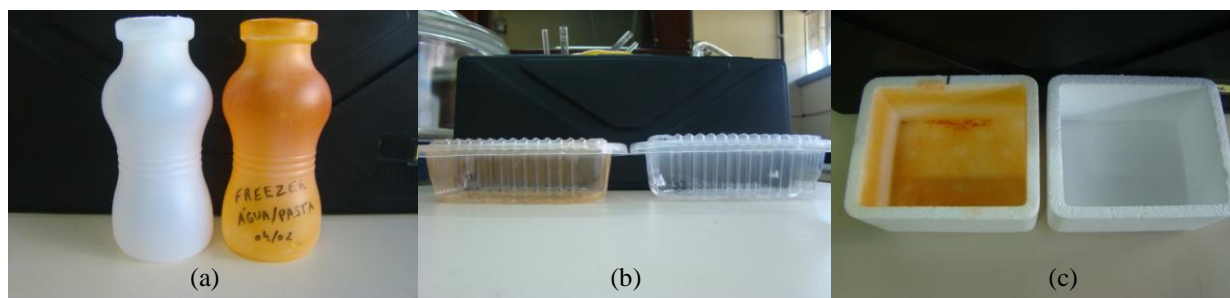


Figura 1: Embalagens PEAD (a), PP (b) e EPS (c) antes e após exposição a MO.

Propriedades ópticas

Na Figura 2 são mostrados os resultados das propriedades ópticas das amostras antes e após exposição a MO, onde é possível observar uma pequena perda de brilho e um grande aumento da opacidade na amostra de PEAD após exposição. Já nas amostras de PP e EPS, as mudanças em ambas propriedades foram pequenas.

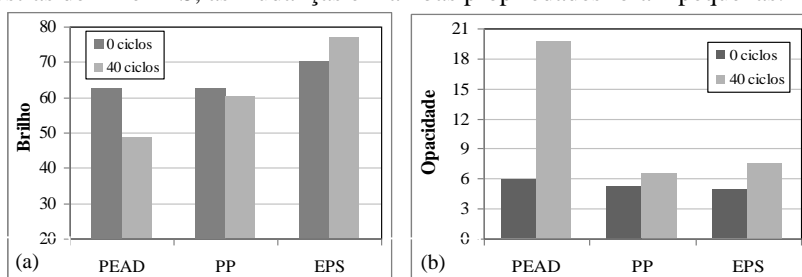


Figura 2: Resultados das propriedades ópticas das amostras: (a) Brilho (b) Opacidade.

Com relação à mudança de coloração das amostras, na Tabela 2 são mostrados os resultados dos parâmetros a, b e L, onde é observado que a maioria das amostras após os 40 ciclos de exposição a MO apresentaram uma tendência vermelho amareladas sendo mais intensas no PEAD e EPS. Com relação à luminosidade, todas apresentaram um escurecimento sendo também mais intenso nas amostras de PEAD e EPS.

Tabela 2 – Resultado do ensaio óptico.

Amostras	0 ciclos (virgem)			40 ciclos		
	a	b	L	a	b	L
PEAD	$-1,34 \pm 0,113$	$0,21 \pm 0,071$	$52,62 \pm 2,1284$	$27,44 \pm 0,891$	$59,56 \pm 4,023$	$29,12 \pm 0,0495$
PP	$-1,01 \pm 0,006$	$0,59 \pm 0$	$67,49 \pm 0,0153$	$-0,85 \pm 0,042$	$0,98 \pm 0,053$	$60,31 \pm 0,7275$
EPS	$0,56 \pm 0,089$	$0,59 \pm 0,101$	$70,25 \pm 0,2228$	$23,43 \pm 1,068$	$51,74 \pm 0,750$	$57,10 \pm 0,3394$

Índice de fluidez do fundido, MFI

Na Figura 3 são mostradas os resultados do índice de fluidez das amostras (PEAD, PP e EPS) antes e após 40 ciclos em MO, onde pode ser visualizado, que o PP foi o que apresentou um aumento de 82,19 % após exposição em MO, o que pode indicar que houve um início de degradação pelas condições expostas, provavelmente houve ataque na carbono terciário sensível a cisão da cadeia.

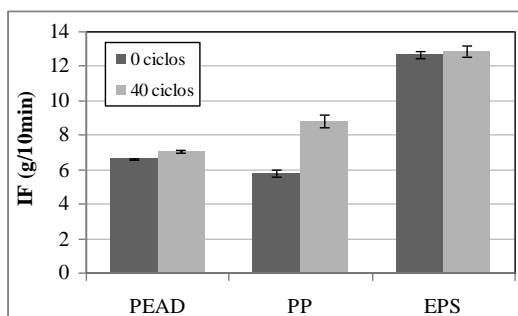


Figura 3 - Resultados do MFI das amostras antes e após 40 ciclos de MO.

Propriedades morfológicas

Na Figura 4 são apresentadas as imagens da superfície das amostras sem alimento (superior) e após exposição a MO e remoção do alimento (inferior), onde pode ser observado mudanças consideráveis na morfologia da superfície interna das amostras de EPS e PP após exposição. Estes resultados indicam que o PEAD apresentou maior resistência ao pH do alimento testado e ao MO do que as outras testadas, devido provavelmente a seu maior grau de cristalinidade, confirmado indiretamente pelo aumento da densidade e opacidade.

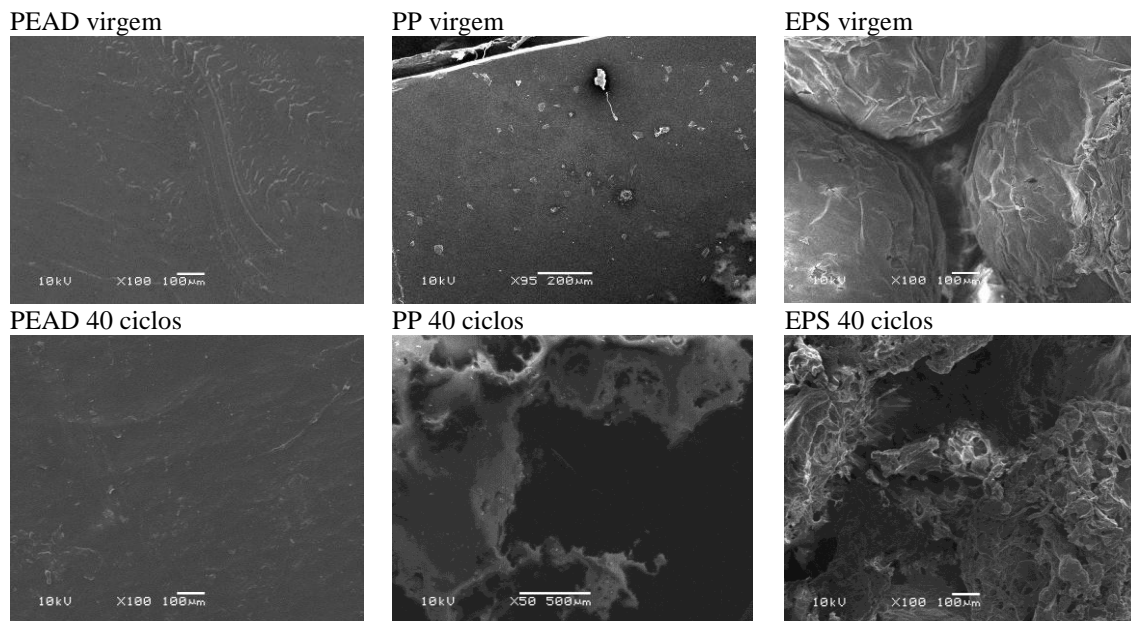


Figura 4: Imagens obtidas por MEV das superfícies internas das embalagens virgens (sem alimento) e após exposição ao MO e remoção do alimento.

Conclusão

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que todos recipientes avaliados não sofreram alterações significativas nas dimensões com as condições expostas. Por outro lado a superfície em contato com alimento das embalagens de EPS e do PP apresentaram modificações, sendo mais intensas no EPS, indicando a instabilidade deste ao pH do alimento e temperatura, originando ao ataque da superfície das esferas celulares e portanto migração do alimento ao longo da espessura da parede da embalagem. Já o polietileno de alta densidade não sofreu alterações significativas indicando boa estabilidade a alimento de natureza ácida e ao MO. Finalmente, este estudo revela que o uso frequente dos recipientes para aquecimento de alimentos ácidos em micro-ondas, bem como o congelamento em freezer pode trazer problemas de degradação mais crítica no EPS.

Agradecimentos

Os autores agradecem a UFRGS pela bolsa de IC e à SIBRATEC.

Referências

1. M.A. Carvalho. Engenharia de Embalagens: Uma Abordagem Técnica do Desenvolvimento, Novatec Editora, 2008, 288.
2. M. A. S. Spinacé e M. A. De Paoli, A TECNOLOGIA DA RECICLAGEM DE POLÍMEROS, disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n1/23041>. Acessado em 19/04/2013.
3. http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/poli/pr2a.pdf. Acessado em 22/04/2013.
4. <http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>. Acessado em 19/04/2013.
5. M.A. De Paoli, Degradação e Estabilidade de Polímeros, 2ª edição on-line, 2008, 8-10.
6. J.M. Vergnaud Problems encountered for food safety with polymer packages: chemical exchange, recycling. *Advances in Colloid and Interface Science* 78 (1998) 267-297.
7. I.D. Rosca; J.M. Vergnaud. Approach for a testing system to evaluate food safety with polymer packages. *Polymer Testing* 25 (2006) 532–543.