



ESTUDO DA DEGRADAÇÃO DO PET VIA MICROONDAS

Karine L.Miranda¹, Ruth M.C. Santana^{1*}

1 - Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Campus do Vale, Porto Alegre - RS

**ruth.santana@ufrgs.br*

Resumo: Os primeiros fornos de microondas (MO) para aquecimento de alimentos foram desenvolvidos na década de 50. Desde lá, ocorreu um grande avanço na tecnologia, materiais e designer dos recipientes que são utilizados nestes fornos. Por isso, neste trabalho tem-se como objetivo avaliar a influência da dose de exposição de microondas na degradação da embalagem de PET de diferentes volumes. Os parâmetros estudados foram o volume do recipiente e o número de ciclos de exposição no forno de MO. Para isso, foram selecionadas garrafas de PET pós-uso de diferentes volumes (0,5; 2,0 e 5,0L). Estas embalagens foram submetidas ao forno de microondas por 50 ciclos em períodos de 90 segundos cada. Para avaliar a degradação das garrafas foram feitas caracterização das propriedades físicas (avaliação visual e densidade) e propriedades térmicas (DSC e TGA). Resultados mostraram que o as garrafas de 2L apresentaram maior estabilidade térmica e dimensional.

Palavras-chave: *PET, microondas, degradação, aquecimento.*

Study of the PET degradation via Microwaves

Abstract: The first ovens of microwaves for food heating had been developed in the decade of 50. Since there, it occurred a great advance in the technology, materials and designer of the containers that are used in these ovens. Therefore, in this work it is had as objective to evaluate the influence of the dose of exposition of microwaves in the degradation of the packing of PET of different volumes. The studied parameters had been the volume of the container and the number of cycles of exposition in the microwaves oven.. For this, bottles of PET had been selected after-use of different volumes (0,5; 2,0 and 5,0L). These packings had been submitted to the oven of microwaves for 50 cycles in periods of 90 seconds each. The heating efficiency was evaluated through the pursuing of the temperature after each cycle, and the degradation of the material was characterized by the analyses, physics and thermal properties. Results had shown that the bottles of 2L had presented greater thermal and dimensional stability.

Keywords: *PET, microwaves, degradataion, heating.*

Introdução

A partir da descoberta das microondas (MO) por Spencer em 1945, até o desenvolvimento do primeiro forno de microondas industrial levou-se apenas dois anos [1-2]. Em 2008, verificou-se que mais de 90% dos lares americanos possuíam fornos de microondas [3]. A popularidade deste eletrodoméstico se deve ao rápido tempo de preparo dos alimentos e a economia de energia envolvida no processo. Antes considerado um luxo, atualmente os aparelhos de microondas se tornaram uma necessidade prática para um mundo acelerado.

O magnetron presente no forno de MO é o responsável pela produção das ondas eletromagnéticas não ionizantes com frequência de aproximadamente 2,5GHz e comprimento de onda de 12 cm. As



ondas em torno desta frequência não são em geral absorvidas por materiais cerâmicos e plásticos, e são refletidas pelos metais, por isso as paredes do forno de MO são fabricadas utilizando metais como matéria-prima. As microondas penetram nos alimentos e vão sendo absorvidas principalmente pela água, gordura e açúcares que os compõem, provocando dessa forma movimentos de rotação e vibração nas moléculas dessas substâncias que como consequência provoca o aquecimento do alimento [4]. Porém dependendo da consistência dos alimentos, eles precisam ser armazenados numa embalagem (recipiente).

A embalagem que envolve o alimento tem a função de armazenar, proteger, preservar e é responsável também pelo marketing do produto [5]. O PET (politereftalato de etileno) foi desenvolvido em 1941, porém as garrafas produzidas com este material somente foram fabricadas a partir da década de 70, após a verificação dos aspectos de segurança e meio ambiente deste material [6]. Algumas das características que tornam o PET a matéria-prima preferencial para a fabricação de garrafas é a sua propriedade de barreira para gases e umidade, assim como amplo intervalo da temperatura de trabalho (-40 a 220 °C), excelente resistência à tração, boa resistência ao impacto/perfuração e a transparência.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência da dose de exposição de microondas na degradação da embalagem de PET de diferentes volumes. Os parâmetros estudados foram o volume do recipiente e o número de ciclos de exposição no forno de MO. Para avaliar a degradação das garrafas foram feitas caracterização das propriedades físicas (avaliação visual e densidade) e propriedades térmicas (DSC e TGA).

Experimental

Materiais

Para este trabalho utilizou-se garrafas PET de 0,5 e 5,0 L provenientes de água mineral e garrafas de 2,0 L de refrigerantes. Estas embalagens foram escolhidas devido a grande variedade de modelos e formatos nas quais são encontradas. Para realizar o processo de degradação utilizou-se um forno de microondas da marca Brastemp com potência de 700W.

Metodologia



11º CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍMEROS

16 a 20 de Outubro de 2011
Campos do Jordão - SP

As garrafas após serem lavadas e secas tiveram o rótulo e a tampa removidos. Em seguida foram cortadas, deixando-as a uma altura hábil de 7,5 cm. Antes de introduzir a embalagem no forno de MO, as mesmas eram preenchidas com volume de água de 100 mL. Para cada ensaio realizado, o recipiente com água foi colocada no forno de MO por um tempo de permanência de 90 segundos (considerado 1 ciclo). Após, o recipiente era removido e a temperatura do líquido era mensurada. Este processo foi realizado repetidamente por 50 ciclos.

Tabela 1 – Características das embalagens utilizadas no forno de microondas.

Garrafa de PET	Altura (cm)	Volume do recipiente (L)	Volume de líquido (mL)
Charrua	7,5	0,5	100
Coca-cola	7,5	2	100
Fonte-Ijuí	7,5	5	100

Caracterização

As amostras após exposição às microondas foram caracterizadas pelas suas propriedades físicas e térmicas. 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 50 ciclos. Para avaliar possíveis mudanças de densidade nas amostras, por picnometria, baseada na norma ASTM P-MB-1160 foram determinadas às densidades. A análise térmica foi realizada por calorimetria exploratória diferencial (DSC) da TA Instrument, em atmosfera de nitrogênio, taxa de aquecimento de 10°C/min, e na faixa de temperatura de 25 à 280°C. As análises termogravimétricas (TGA) foram realizadas em um equipamento da TA Instrument, com taxa de aquecimento de 20°C/min, em atmosfera inerte de nitrogênio e faixa de temperatura de 25 à 1000°C.

Resultados e Discussão

Propriedades físicas

Na Fig. 1 são apresentados os recipientes de PET antes e após a exposição às microondas por 50 ciclos. Observa-se na Fig. 1-a, que o recipiente da garrafa de 0,5 L, após 50 ciclos, sofreu uma grande contração quando comparada com o recipiente sem exposição (diminuição da altura e seção transversal). Cabe mencionar que esta contração iniciou-se já na primeira exposição (ciclo 1); assim



como foi possível visualizar o amarelamento da embalagem. Já na Fig. 1-b, constata-se que aos 50 ciclos, o recipiente da garrafa de 2L, não obteve contração significativa e sim deformação na borda superior (seção do corte), isto ocorreu próximo aos 50 ciclos. Na amostra da garrafa de 5L, observou-se uma contração e deformação pronunciada desde o primeiro ciclo. Aos 50 ciclos a deformação foi completa, resultado que indica à péssima estabilidade a exposição de microondas deste material, devido a possível degradação.



Figura 1 - Embalagens de PET, de 7,5 cm de altura, antes e após exposição em microondas por 50 ciclos. Em (a) 0,5L, (b) 2L e (c) 5L.

Na Fig. 2 são apresentados os resultados de densidade obtidos por picnometria, onde as amostras das garrafas de 0,5 e 5,0L, após os 50 ciclos de exposição a microondas tiveram um pequeno aumento na densidade, comportamento contrário ao do recipiente de 2L. Esse aumento de densidade pode ser justificado pela deformação e pela retração sofrido pelo material, o que indica que ocorreu aglomeração das moléculas, sem ordenamento a longas distâncias, pois não houve aumento da cristalinidade como será visto a seguir.

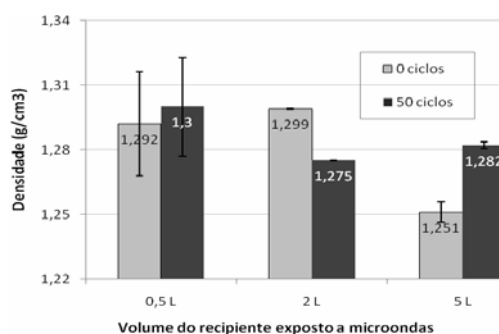


Figura 3- Densidade das embalagens de PET antes e após exposição em microondas por 50 ciclos.



Propriedades térmicas

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da análise de DSC, onde é observado que todas as amostras das garrafas de PET apresentaram um aumento pronunciado da temperatura de transição vítrea (T_g) após exposição as microondas (50 ciclos) quando comparada as amostras não expostas. O que também foi percebido pelo aumento da rigidez do material ao manuseio. Verificou-se que tanto as amostras das garrafas de 0,5 e 5 L apresentaram um decréscimo do grau de cristalinidade após 50 ciclos de exposição, resultado que poderia indicar a quebra dos cristalitos em moléculas menores, confirmando a grande deformação apresentada no material após exposição mostrada na Fig.1. Para confirmar esta hipótese são necessários mais estudos. Já no caso das amostras da garrafa de 2L, observou-se um comportamento inverso, isto é, houve um aumento do grau de cristalinidade, indicando que estas possuem maiores regiões cristalinas, fato que poderia explicar porque os recipientes apresentaram pouca deformação após 50 ciclos.

Tabela 2: Resultados da análise térmica de DSC e de densidade pelo método de picnometria.

Garrafa de PET	Nº de ciclos	T_g (°C)	T_f (°C)	ΔH_f (J/g)	X_c (%)
0,5L	0	72,67	244,36	42,74	30,53
0,5L	50	101,14	243,96	39,76	28,40
2,0L	0	72,61	243,82	39,96	28,54
2,0L	50	94,75	245,84	43,00	30,71
5,0L	0	74,38	244,31	41,07	29,34
5,0L	50	95,95	243,07	38,48	27,49

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise TGA/DTG, onde é possível verificar que as amostras das garrafas de PET de 0,5 e 5L após exposição de 50 ciclos tiveram um decréscimo da temperatura do primeiro pico DTG (mais intenso) de 6 a 8°C, onde ocorre a perda de massa máxima, quando comparadas as não expostas, indicando que estas possuem menor estabilidade térmica (maiores regiões amorfas) confirmando os resultados da Fig. 1 e Tabela 2. No caso das amostras das garrafas de PET de 2L após 50 ciclos de exposição observou-se também o comportamento inverso (aumento de 28°C), o que já era esperado e confirmado pelas análises anteriores. Também foi ensaiada uma amostra de PET de 2L adicional após 50 ciclos no forno de microondas sem conter líquido em seu interior, onde verificou-se um aumento de 12°C em relação a



amostra sem exposição. Os picos 2 e 4 são pequenos ombros que a maioria das amostras apresentaram, que pode estar relacionado à degradação hidrolítica autocatalítica do PET

Tabela 3: Resultados da análise térmica de TGA/DTG.

Garrafa de PET	Ciclos	Pico 1		Pico 2		Pico 3		Pico 4	
		T1 (°C)	massa (%)	T2 (°C)	massa (%)	T3 (°C)	massa %	T4 (°C)	massa (%)
0,5L	0	446,25	84,73			549,43	13,81		
0,5L	50	438,27	27,71	461,57	56,52	548,62	9,77	555,23	5,11
2,0L	0	429,79	28,61	445,05	52,58	555,20	13,70		5,11
2,0L	50	457,25	67,52	485,79	6,25	575,09	6,66		9,57
*2,0L	*50	441,03	82,76			554,40	14,59		
5,0L	0	442,18	24,67	422,2	59,25	563,06	13,98		2,05
5,0L	50	438,19	44,42	443,43	39,98	551,19	9,20	555,68	0,90

*Amostra de PET que foi ensaiada 50 ciclos no forno de microondas sem conter líquido em seu interior.

Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que dependendo da estrutura do PET (regiões cristalinas/amorfas) a garrafa pode apresentar diferentes graus de degradação quando exposta a microondas por vários ciclos. As garrafas de PET de 2L (Coca Cola) apresentaram maior estabilidade térmica e dimensional. Porém esses resultados reforçam a importância de não utilizar esse tipo de embalagem para aquecimento em MO.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Stéfani C. do Nascimento do LAPOL pela realização das análises térmicas.

Bibliografia

1. J.A. Alic. *Beyond Spinoff: Military and Technologies in a changing world*. s.l, Harvard Business Press, 1992, 428.
2. M. Gupta; E.W.W, Leong; W.L. Wong. *Mcowaves and Metal*,. Singapore, Wiley-Interscience, 2007, 228.
3. SMECC. [Online] [Citado em: 02/04/2011.] http://www.smecc.org/microwave_oven.htm .
4. A.R. Salvetti. *A História da Luz*, Editora Livraria da Física, São Paulo, 2008, 205.
5. M.A. Carvalho. *Engenharia de Embalagens: Uma Abordagem Técnica do Desenvolvimento*, Novatec Editora, 2008, 288.
6. ABIPET. [Online] [Citado em: 01/05/11.] <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarConteudo&id=18>