



(Re) CONHECENDO O PET

Rita de Cássia Campos Pereira, Andréa Horta Machado e Glaura Goulart Silva

Este trabalho tem como objetivo oferecer ao professor um material de apoio para a abordagem de questões ambientais em aulas de química. O tema escolhido foi a embalagem de refrigerantes conhecida como PET. No artigo discute-se a relação entre a constituição e as propriedades desse material e seu uso crescente.

► PET, educação ambiental, plásticos ◀

Recebido em 12/9/01, aceito em 26/11/01

Podemos observar, no nosso cotidiano, que boa parte dos materiais usados em residências, hospitais, escolas, comércio etc. vem sendo substituída por materiais plásticos. Uma das substituições mais visíveis foi a das embalagens de refrigerantes, que passaram de garrafas de vidro para recipientes de plástico. O Quadro 1 apresenta alguns dados que comprovam esse fato.

A partir dessa substituição, um novo termo virou sinônimo de embalagem de refrigerante: PET. É comum entrarmos em uma padaria ou supermercado e escutarmos as pessoas falando: “*me dá uma X-cola PET*” ou “*promoção: refrigerante PET por um real*”.

Mas, será que o PET é usado somente como embalagem de refrigerante? Seríamos capazes de entrar em um supermercado, ou até mesmo em nossas casas, e identificarmos se uma embalagem plástica é do tipo PET ou não?

Para facilitar a identificação dos materiais plásticos, em 1994 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) determinou que cada tipo de plás-

Quadro 1: Distribuição percentual das embalagens de refrigerante usadas no Brasil (1990-1998).

Embalagens	Porcentagem		
	1990	1996	1998
Vidro não retornável	<1	<1	<1
Vidro retornável	87	27	10
PET não retornável	3	59	74
PET retornável	<1	5	3
Latas	<1	6	9

tico recebesse uma numeração específica e que esse número viesse dentro do triângulo que simboliza reciclagem. As embalagens de PET são identificadas pelo número 1. Na maioria das embalagens, o triângulo é aplicado em alto relevo na parte inferior do recipiente. Confira na Figura 1 a simbologia utilizada para identificar o PET.

Símbolos do mesmo tipo são utilizados para identificação de outros tipos de plástico, mudando apenas a numeração. A relação entre o número utilizado no símbolo e o tipo de plástico é apresentada a seguir:

- 2: PEAD (polietileno de alta densidade)
- 3: PVC (poli(cloreto de vinila))

- 4: PEBD (polietileno de baixa densidade)
- 5: PP (polipropileno)
- 6: PS (poliestireno)
- 7: outros

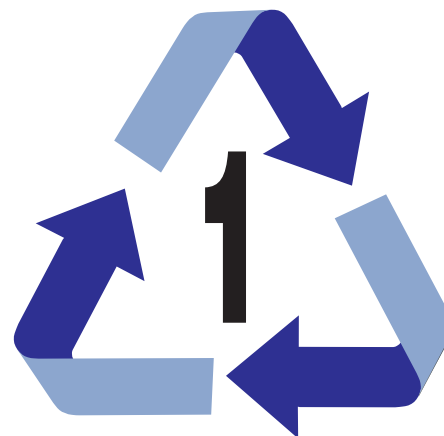


Figura 1: Símbolo de reciclagem para embalagens PET.

A seção “Química e sociedade” apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais. Neste número a seção apresenta dois artigos.

O que é o PET?

Muitos materiais existentes na natureza resultam da união de pequenas moléculas produzindo outras, bem maiores, chamadas de macromoléculas ou polímeros. As moléculas menores são chamadas de monômeros. As proteínas, os açúcares e o DNA são exemplos significativos de polímeros naturais.

Mas os polímeros não existem apenas nos seres vivos. Eles podem ser adquiridos em supermercados, estão presentes ao nosso redor, são utilizados em vestimentas, fazemos refeições em sua companhia e são encontrados nos travesseiros e colchões, só para citar alguns exemplos. Entre os polímeros sintéticos mais usados estão as borrachas e os plásticos. A palavra *plástico* significa “adequado à moldagem”.

A sigla PET deriva das primeiras letras do nome científico dado a esse plástico: poli(tereftalato de etileno). O PET é classificado como um termoplástico quando são analisadas suas propriedades de solubilidade e fusibilidade. Termoplásticos são aqueles que não sofrem alterações em sua estrutura química durante o aquecimento até a sua fusão. Os termoplásticos, após serem resfriados, podem ser novamente fundidos. Isso significa que, depois de moldado, o PET pode ser remoldado.

O PET é usado na fabricação de fibras têxteis (como o Tergal®), filmes (para adesivos, por exemplo) e embalagens para refrigerantes, águas e sucos. Diversos outros líquidos podem estar embalados em PET: óleos comestíveis, medicamentos, cosméticos, produtos de higiene e limpeza, destilados, isotônicos e cervejas, entre outros.

Como se obtém o PET?

A primeira amostra de PET foi desenvolvida por uma companhia britânica, em 1941. As pesquisas para aplicação desse material tiveram seu auge somente após a Segunda Grande Guerra, no anos 50, em laboratórios dos EUA e Europa. Inicialmente, o PET foi utilizado quase totalmente na indús-

tria de tecido. No início dos anos 70, começou a ser utilizado pela indústria de embalagens. No Brasil, o material foi introduzido na década de 60 e seguiu a mesma trajetória do restante do mundo, sendo utilizado primeiro na indústria de tecido. Apenas em 1993 passou a ser utilizado no mercado de embalagens, inicialmente para refrigerantes.

O PET é obtido industrialmente a partir de transformações químicas especiais chamadas reações de polimerização. Numa reação de polimerização, moléculas menores (monômeros) reagem e formam moléculas bem maiores. No caso do PET, os reagentes mais utilizados para formar os monômeros são substâncias orgânicas: um ácido dicarboxílico e um glicol. Exemplos desses reagentes podem ser observados na Figura 2.

A reação de produção do PET inicia-se com a esterificação dos monômeros. A seqüência de condensação desses monômeros leva à formação do PET. Essa seqüência de condensação é chamada de policondensação. Tem-se como subproduto dessa reação química a água. Um esquema dessa reação pode ser encontrado em artigo de Wan *et al.* (2001), publicado no *Caderno Temático de Química Nova na Escola* número 2, sobre novos materiais.

Os polímeros resultantes dessa reação poderão ter massas molares médias variáveis. A seleção da massa molar média é fundamental para a utilização do PET como matéria-prima na produção de produtos de plástico. Por exemplo, uma indústria de tecido irá utilizar o PET com

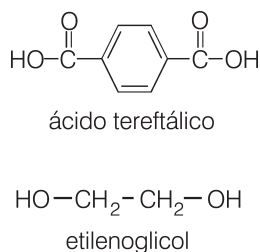


Figura 2: Exemplos de reagentes que dão origem ao PET.

massa molar média de 12 kg/mol a 20 kg/mol, que é adequado para a produção de fibras têxteis e filmes. Já nas indústrias de embalagens, a utilização do PET com massa molar média entre 30 kg/mol e 35 kg/mol é ideal para a fabricação de embalagens sopradas (garrafas).

O controle da massa molar que se quer obter é feito por meio da variação de parâmetros do processamento, como, por exemplo, a temperatura. Para isto, a amostra de PET é submetida a um tratamento térmico em reatores que possuem atmosfera inerte, pois o poli(tereftalato de etileno) é sensível à degradação térmica, especialmente na presença de água e/ou ar (oxigênio). A presença de oxigênio induz um processo de degradação oxidativa e a degradação térmica com umidade provoca a quebra das cadeias, reduzindo a massa molar do polímero.

Propriedades do PET

Além da faixa de massa molar do material de partida e da temperatura do processamento, outros parâmetros são importantes na seleção do material PET com as características adaptadas para o uso como embalagem. Para a utilização no armazenamento de bebidas gasosas, deve ser feito sobre o polímero um procedimento que induza a orientação das longas cadeias em dois eixos (bi-orientado), sem aumento significativo de cristalização. Esse processo vai garantir boas propriedades mecânicas, transparência e baixa permeabilidade ao gás CO₂.

A relação entre as quantidades de fase cristalina (aquela que apresenta organização a longa distância) e amorfa no material constitui uma propriedade central na definição do seu uso. O PET é um material intrinsecamente semicristalino, ou seja, quantidades variáveis de suas cadeias podem organizar-se em cristais ou se manterem amorfas, de forma similar aos vidros. Para conhecer algumas características sobre polímeros amorfos em sua fase rígida (vítreo) ou, após a transição vítreo, em sua fase polimérica flexível, consulte o artigo de Wan *et al.* (2001).

A sigla PET deriva das primeiras letras do nome científico dado ao polímero sintético poli(tereftalato de etileno)

A utilização do PET com massa molar média entre 30 kg/mol e 35 kg/mol é ideal para a fabricação de embalagens sopradas (garrafas)

Se o processo de obtenção de artefatos que têm como matéria-prima o PET seguir o seu curso normal, as macromoléculas do polímero estarão organizadas de tal forma que o seu “grau de cristalinidade”, ou seja, a quantidade relativa de fase organizada, será alto (>50% da massa total). Isto não é adequado ao uso do PET como embalagem pois, quanto maior o grau de cristalinidade, mais quebradiço fica o material. O ideal é a utilização do PET bi-orientado que apresenta um grau de cristalinidade <50% em massa.

No caso do PET, a temperatura característica da transição da fase amorfa, ou transição vítrea, é em torno de 75

°C. Isto significa que sua fase amorfa, que está presente em teor superior a 50% em massa, é rígida à temperatura ambiente e flexível acima de 75 °C.

Outra propriedade, que também está ligada ao grau de orientação e cristalinidade, é a absoluta transparência, o que dá a impressão de higiene e pureza de seu conteúdo para o consumidor. A estrutura menos cristalina das macromoléculas contribui para dar à embalagem a transparência desejada e flexibilidade suficiente para garantir boa resistência ao impacto. O seu forte brilho, parecido com o do vidro, chama a atenção do consumidor e valoriza o produto embalado.

O PET apresenta também a vantagem de ser um polímero que pode receber pigmentos de diferentes cores e tons, fornecendo variadas opções na identidade da embalagem.

Reaproveitar ou reciclar embalagens plásticas é uma forma de reduzir a quantidade de lixo. Reduzindo a quantidade de lixo, estamos preservando o ambiente e reduzindo os custos para o poder público e para nós cidadãos

Outra característica importante do PET é sua baixa densidade em relação ao vidro. Isto facilita o transporte e reduz os custos a ponto de estimular a descartabilidade da embalagem. Uma carreta pode carregar 60% mais refrigerante ou suco se a carga for com garrafas PET do que se for com garrafas de vidro. A densidade do PET está entre 1,38 g/mL e 1,41 g/mL. A do vidro para embalagem é de 2,5 g/mL.

Quando falamos de refrigerante, ou de outra substância carbonatada, o PET não substituiu o vidro somente devido às propriedades citadas anteriormente. Imagine uma garrafa de refrigerante com todas es-

sas propriedades, mas que não conseguisse manter o gás da bebida. O PET bi-orientado tem a capacidade de formar uma barreira contra gases. Uma água mineral com gás pode ficar armazenada em garrafa do tipo PET pelo mesmo tempo que ficaria em uma garrafa de vidro, sem perder o seu gás. Isto se deve à baixa permeabilidade desse plástico a compostos carbonatados, comparada com outros plásticos, excluindo-se o PVC, que é igualmente muito pouco permeável a gases. Essa baixa permeabilidade deve-se às interações fortes que existem entre as cadeias macromoleculares, que dificultam significativamente a difusão de gases. A orientação das cadeias, mesmo sem cristalização, favorece um maior empacotamento das mesmas e, portanto, a baixa permeabilidade.

Todas essas características fazem do

PET um material que vem sendo cada vez mais utilizado como embalagem, como podemos observar no Quadro 2.

Não podemos esquecer que os materiais do tipo PET são 100% recicláveis! A coleta seletiva e a classificação do lixo plástico são pontos de estrangulamento para a reciclagem. O PET pode ser reciclado, por exemplo, para aplicação na produção de fios e cerdas para cordas e vassouras.

Quando vamos reciclar um material plástico, é preciso separá-lo por sua cor e por seu tipo. Se não forem separados antes de serem reciclados, os plásticos provocarão danos aos equipamentos de reciclagem e haverá perda da qualidade do produto final, inviabilizando o processo.

Reaproveitar ou reciclar embalagens plásticas é uma forma de reduzir a quantidade de lixo, estamos preservando o ambiente e reduzindo os custos para o poder público e para nós cidadãos. Um boa notícia é o fato de que a reutilização de embalagens de refrigerante para o mesmo fim já é proposto como economicamente viável na atualidade.

Rita de Cássia Campos Pereira (cassiaccp@dedalus.lcc.ufmg.br), licenciada em Química pela UFMG, é mestranda na área de Físico-Química no Departamento de Química da UFMG. **Andréa Horta Machado** (andrea@coltec.ufmg.br), bacharel e licenciada em Química pela UFMG, mestre e doutora em Educação pela Unicamp, é professora do Colégio Técnico da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte. **Glaura Goulart Silva** (glaura@lcc.ufmg.br), bacharel e licenciada em Química pela UFMG, mestre em Química pela UFMG, doutora em Eletroquímica pelo Instituto Nacional Politécnico de Grenoble (França), é professora do Departamento de Química da UFMG, em Belo Horizonte.

Para saber mais

ABEPET, <http://www.abepet.com.br>, setembro de 2000.

ABNT, Norma NBR13230, 1994.

BORGES, C. *Pack: tecnologia de embalagem, logística e design*. São Paulo: Editora Banas Ltda., 2000.

WAN, E.; GALEMBECK, E.; GALEMBECK, F. Polímeros sintéticos. In: *Cader-nos Temáticos de Química Nova na Escola*. DE PAOLI, M.-A. e MALDANER, O.A. (Eds.). n. 2, p. 5-8, 2001.

Quadro 2: Consumo de materiais para embalagens no Brasil, em toneladas.

	1990	1998	1999	2005
Plástico (exceto PET)	384	739	785	1036
PET	4	273	276	354
Papéis	1213	1917	2053	2686
Alumínio	19	184	180	225
Vidro	891	841	822	1004

Abstract: *Knowing (Recognizing) PET* – The goal of this paper is to offer to teachers supplementary material for the addressing of environmental questions in chemistry classes. The chosen theme was the packaging of soft drinks known as PET. A discussion on the relationship between this material's constitution, properties and its increasing use is presented.

Keywords: PET, environmental education, plastics