
CHOQUE MECÂNICO NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS E EMBALAGENS

Durante a distribuição embalagens são manuseadas de diversas maneiras. Elas são derrubadas, jogadas, chutadas ou mesmo movimentadas de forma grosseira. Embalagens podem cair de esteiras ou empilhadeiras e chocar-se com o chão ou outro substrato. Elas também estão sujeitas a uma variedade de impactos causados por veículos nas operações de arranque e parada; ao

encontrar um buraco ou lombada, etc. Em cada forma de impacto a embalagem pode encontrar um objeto como o chão, a carroceria do caminhão, a superfície do palete, outra embalagem, entre outros. Estes impactos resultam em um choque mecânico nos dois objetos.

Um choque mecânico ocorre quando uma grandeza de um objeto, posição, velocidade ou aceleração muda subitamente. O choque pode ser

caracterizado por um ganho rápido em aceleração, seguido de uma perda igualmente rápida em um curto período de tempo. O gráfico aceleração versus tempo, para a maioria dos choques é complexo, conforme mostrado na Figura 1a. O choque é mais facilmente entendido quando trocamos o gráfico complexo por uma aproximação conforme mostrado na Figura 1b. Um choque de uma embalagem pode se dar em um tempo de 0,020 segundos (20 milissegundos) e apresentar uma amplitude de aceleração de 150 vezes a aceleração da gravidade (150g's).

Um choque mecânico pode ser entendido como

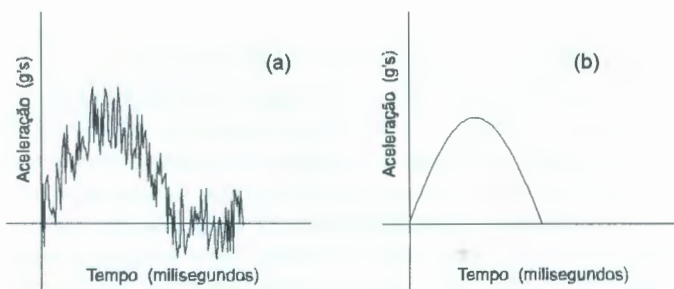


FIGURA 1. Representação gráfica de um choque mecânico.

uma carga aplicada subitamente e durante apenas uma fração de segundo. Se nosso corpo recebesse um choque de 200g's, sentiríamos como se nós pesássemos cerca de 14.000kg por um instante. Nossos músculos e tendões provavelmente absorveriam esse choque sem maiores consequências, já no caso de embalagens e produtos esse nível de choque pode ser suficiente para causar danos.

A Figura 2 mostra um corpo em uma queda livre que parte de uma altura h , normalmente submetido à aceleração da gravidade g , encontra o solo com uma velocidade de impacto (V_I) dada por:

$$V_I = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Imaginando uma bola de basquete, perceberemos claramente que ao chocar-se com a quadra a bola "pinga", isto é, ao chocar-se com uma velocidade V_I , ela imediatamente adquire uma velocidade V_R (velocidade de "ricocheteio"), inferior à velocidade V_I , porém suficientemente alta para retomar às mãos do jogador que continua o bate-bola. Com uma embalagem acontece algo muito semelhante, sendo que obviamente a altura de "ricocheteio" de uma embalagem é menor que de uma bola de basquete.

Chama-se **coeficiente de restituição** e a

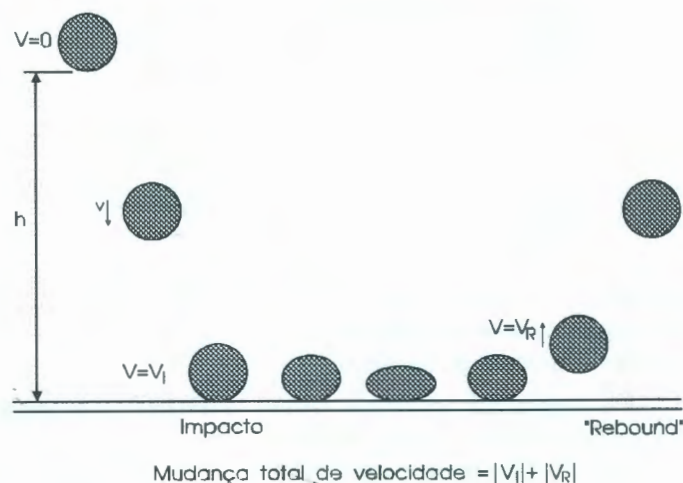


FIGURA 2. Queda-livre de um corpo.

relação entre a velocidade de "ricocheteio", V_R , e a velocidade de impacto V_I , ou seja:

$$e = \frac{V_R}{V_I} \quad \text{ou} \quad V_R = e \cdot V_I$$

Os valores de e variam teoricamente entre 0 e 1, sendo que na prática são encontrados valores típicos entre 0,3 e 0,5.

Se definirmos h_I como sendo altura que resultou em V_I e h_R como sendo a altura resultante de V_R podemos definir e , como sendo:

$$e = \frac{\sqrt{2gh_R}}{\sqrt{2gh_I}} \quad \text{ou} \quad e = \sqrt{\frac{h_R}{h_I}} \quad \text{ou} \quad \sqrt{h_R} = e \sqrt{h_I}$$

ou ainda

$$h_R = e^2 h_I$$

Como e é sempre menor que a unidade, podemos concluir que mesmos valores altos para coeficientes de restituição resultam em diferenças grandes em h_R e h_I .

Define-se **troca de velocidade**, V , para um impacto, como sendo a soma absoluta dos valores das velocidades de impacto e "ricocheteio", ou seja:

$$\Delta V = |V_I| + |V_R|$$

ou

$$\Delta V = (1+e)V_I = (1+e)\sqrt{2gh_I}$$

Como $0 < e < 1$

$$\sqrt{2gh_I} < \Delta V < 2\sqrt{2gh_I}$$

Danos em embalagem são atribuídos a três fatores envolvidos em choque mecânico:

- aceleração de pico,
- duração,
- troca de velocidade,

sendo que o conhecimento de quaisquer dois destes fatores permite o cálculo do terceiro.

É possível se fazer uma modelagem simplificada de um produto embalado conforme mostrado na Figura 3. Neste caso M representa a massa do produto e k representa o fator mola do acolchoamento usado. Normalmente este fator mola representa a flexibilidade existente em uma embalagem qualquer.

A seqüência mostrada na Figura 3 dá uma idéia do que acontece durante um choque mecânico. Partindo do repouso o sistema embalagem/produto ganha velocidade gradativamente. A partir do instante do impacto começa ocorrer uma deformação do sistema que vai acumulando parte da energia de queda. A seguir o sistema passa por um alívio da deformação que irá ocasionar o fenômeno do ricocheteio.

Este mesmo procedimento pode ser reproduzido em um equipamento de choque com as vantagens de se ter todas as grandezas envolvidas, tais como pico de aceleração, troca de velocidade, velocidade de impacto, duração do choque, deformação do sistema,

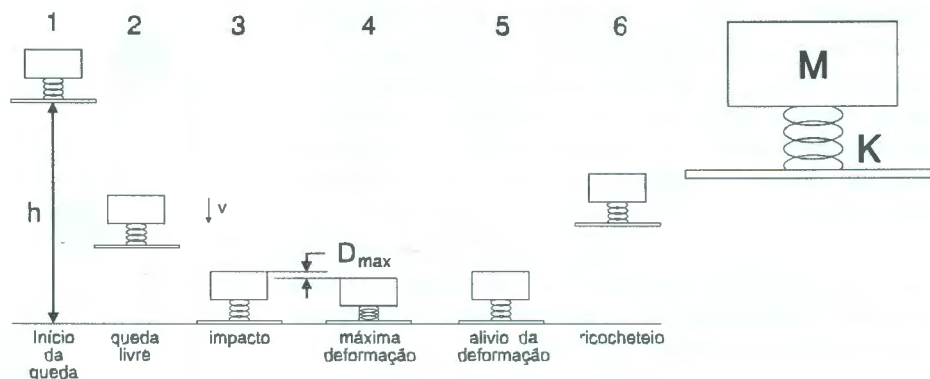


FIGURA 3. Modelagem simplificada de um produto embalado.

etc., perfeitamente conhecidas e controladas.

O Laboratório de Embalagens de Distribuição - LED do CETEA/ITAL está plenamente capacitado para a realização de ensaios de impacto, bem como para realizar o levantamento da curva de fragilidade de qualquer sistema de embalagem, seja ele um frasco plástico, uma garrafa de vidro, um equipamento eletrônico ou um sistema mecânico, e com isto desenvolver o produto e/ou um sistema de proteção adequado que assegure o bom desempenho do conjunto quando em uso e/ou durante sua distribuição.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRADENBURG, R.K.; LEE, J.J.L. Mechanical Shock. In: **Fundamentals of packaging dynamics**. Minneapolis: MTS Systems Co., 1985. cap.6, p.73-101.

BORDIN, M.R., GARCIA, A.E.