



AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DO ESPAÇO-LIVRE NA RESISTÊNCIA AO EMPILHAMENTO DE EMBALAGENS CELULÓSICAS

Lucas Amaral **Rota**¹; Tiago Bassani Hellmeister **Dantas**²

Nº 14241

RESUMO – Atualmente, muitas das empresas usuárias de embalagens celulósicas para transporte (caixas de papelão), na busca pela redução de custos, trabalham com o mínimo possível ou nenhum espaço-livre (espaço entre abas superiores da caixa e faces superiores das embalagens primárias). Quando isto se aplica a sistemas nos quais a embalagem primária não possui suficiente resistência à compressão, ocorrem danos que podem levar a perdas. Nos casos em que o conjunto de embalagens primárias apresenta resistência elevada, o empilhamento pode todo ser suportado pelas próprias primárias, como no caso de latas e embalagens de vidro. Na situação intermediária, ou seja, quando a embalagem primária apresenta boa resistência, mas não suficiente para suportar toda a carga de empilhamento, é possível fazer com que as primárias e a secundária trabalhem em conjunto, a fim de aumentar a resistência do mesmo, reduzindo-se os custos com a embalagem secundária, mas sem comprometer a integridade do produto. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a comprovação da viabilidade de utilização do espaço-livre adequado entre embalagens primárias e secundárias, com ensaios de compressão dinâmica baseados na norma NBR 6739, avaliando-se cada item, individualmente e também em conjunto, sem e com espaço-livre. Foram avaliados cinco conjuntos (embalagem secundária + primária). Os resultados mostraram que a resistência dos conjuntos é maior do que a resistência das embalagens primária e secundária individualmente. porém, apenas um deles comprovou a hipótese proposta. Nos demais conjuntos avaliados, a ausência de espaço-livre resultou em valores de resistência maiores, quando comparados aos conjuntos com espaço-livre.

Palavras-chaves: Espaço-livre; embalagem; resistência à compressão; empilhamento.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBITI): Graduação em Engenharia de Alimentos, Unicamp, Campinas-SP; lucasamaralr94@gmail.com
2 Orientador: Pesquisador CETEA / ITAL, Campinas-SP; tiago@ital.sp.gov.br.



ABSTRACT – *Currently, many of the users of cellulosic transport packaging (corrugated paperboard boxes), in pursuit of lower costs, work with minimal or no headspace (space between the top flaps of the box and the top faces of the primary packaging). When this applies to systems where the primary packaging does not have sufficient compressive strength, damages may occur, leading to loss of product. In cases where the set of primary packaging has a high resistance, the whole stack can be supported by the primary ones, as in the case of cans and glass containers. In the intermediate situation, i.e. when the primary package shows good resistance, but not enough to support the entire stacking load, it is possible to make the primary and secondary packages work together, increasing the resistance of this set, reducing the costs of the secondary package, but with no endanger the product integrity. Thus, this study aimed to prove the feasibility of using the adequate headspace, with dynamic compression testes based on NBR 6739 standard, evaluating each package item individually and also in sets, with and without headspace. Five samples were evaluated (primary + secondary package sets), but only one proved the proposed hypothesis. Results showed that the sets resistance is higher than individual packages resistance. However, only one of the sets proved the proposed hypothesis. In the other evaluated sets, the absence of headspace presented higher resistance values, when compared to the set with headspace.*

Key-words: Headspace; packaging; compressive strength; stacking.

1 INTRODUÇÃO

A indústria de embalagens no Brasil é de grande importância e considerada um dos termômetros da economia. O valor bruto da produção física de embalagens atingiu 46,9 bilhões de reais em 2012 (DADOS, 2013). Dentro deste volume, o segmento de materiais celulósicos (exceto madeira) foi responsável por 33,2% da produção. Assim, torna-se evidente a importância da otimização das caixas de papelão ondulado (embalagens secundárias) no que diz respeito ao seu desempenho ou resistência à compressão, fator este presente nas etapas de armazenamento e transporte, em função da necessidade de empilhamento das caixas para menor ocupação de área na distribuição.

Um errôneo conceito comumente existente na área de embalagens é a questão do espaço-livre, ou seja, o espaço existente entre o produto (embalado ou não) e a parte superior interna da caixa. Geralmente, os profissionais da área buscam a minimização ou eliminação deste espaço, com o objetivo de reduzir gastos pela redução de material consumido, isto é, caixas mais “justas”



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

implicam em menores custos. Porém, isto se aplica somente no caso de produtos ou embalagens primárias com elevado valor de resistência à compressão, que sejam autossustentáveis por si só. Nesta situação, apenas a embalagem primária é responsável pela resistência ao empilhamento, sendo que a embalagem secundária tem apenas a função de aglomeração das primárias, facilitando seu manuseio. Exemplo de tais produtos são embalagens para refrigerantes, enlatados, frascos para óleo de cozinha, dentre outros.

Quando se trabalha com produtos não autossustentáveis, o espaço-livre se torna essencial para sua proteção. De forma geral, as embalagens celulósicas, quando submetidas a esforços de compressão, sofrem uma deformação, que será permanente caso se ultrapasse seu limite de resistência. Neste caso, a ausência de espaço-livre em uma situação de compressão pode implicar em danos ao produto e/ou à embalagem primária, mesmo que não ocorram danos na embalagem secundária. Exemplos de tais produtos são pacotes de biscoito, salgadinhos, frutas e hortaliças. Assim, o espaço-livre deve ser igual à deformação da caixa no ponto de sua máxima resistência à compressão.

A situação intermediária trata dos produtos que são parcialmente autossustentáveis, ou seja, aqueles que apresentam alguma resistência ao empilhamento, mas ainda precisam da embalagem secundária para suportar a carga de empilhamento. Assim, o estudo teve como objetivo demonstrar a importância da especificação adequada do espaço-livre, obtendo-se, com isso, maior resistência frente aos esforços de compressão, em função do trabalho conjunto da embalagem secundária com as embalagens primárias. Isso possibilitaria a utilização de uma embalagem secundária de menor resistência, com a consequente redução de custos, desde que isso não afete a integridade do produto e/ou da embalagem primária.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Amostras de caixas de papelão ondulado e cartuchos

As amostras de caixas de papelão ondulado utilizadas foram identificadas como 3B, 3C, 4C, C e ML, e as amostras de cartuchos em papel cartão foram identificadas como N e P. As amostras do tipo 3B, 3C e 4C foram fornecidas pela empresa Rigesa (Valinhos, SP) em dezembro de 2013. As amostras de caixas C e ML e as amostras de cartuchos foram obtidas no próprio CETEA (sobras de amostras de ensaios diversos, porém sem uso).



2.2 Determinação das dimensões das caixas de papelão ondulado

O dimensionamento externo das embalagens primárias foi realizado utilizando-se um paquímetro digital Mitutoyo, modelo CD-8 e resolução de 0,01mm; o dimensionamento interno das secundárias foi realizado com um calibre de caixas Regmed, modelo C-INT e resolução de 0,1mm.

2.3 Resistência das embalagens à compressão dinâmica

As avaliações de resistência das amostras à compressão foram realizadas de acordo com a norma NBR 6739 (2009) – “Embalagem de papelão ondulado – Embalagem de transporte vazia ou com o seu conteúdo – Ensaio de compressão usando aparelho de compressão.”

Os ensaios de resistência à compressão dinâmica foram realizados utilizando-se uma mesa de compressão Lansmont, modelo 152-50K Touchtest, com célula de carga de até 2.200 kgf e sistema hidráulico de aplicação de força, e uma máquina universal de ensaios Instron, modelo 5966-E2, operando com célula de carga de 1kN e velocidade de 10 mm/min.

Foram realizados dois tipos de ensaios: compressão individual das embalagens primárias, secundárias e conjuntos de embalagens primárias; e compressão dos conjuntos formados pelas embalagens primárias e secundárias, com e sem espaço-livre. Todos os ensaios de compressão foram realizados após condicionamento a 23°C e 50% de umidade relativa durante, no mínimo, 48 horas.

2.3.1 Compressão individual das embalagens primárias e secundárias

Devidamente condicionadas, as amostras foram submetidas às compressões individuais, obtendo-se os valores de força máxima e deflexão no ponto de resistência máxima de cada uma. Devido às baixas resistências e às pequenas dimensões, as embalagens primárias N e P foram comprimidas no equipamento Instron, enquanto as demais, na mesa de compressão Lansmont; nesta última, também foram ensaiados os conjuntos de cartuchos N e P.

2.3.2 Compressão do conjunto formado por embalagens primárias e secundárias

Obtidos os resultados da primeira etapa, foram realizadas as compressões dos conjuntos de embalagens primárias e secundárias. Para realizar estes testes, utilizaram-se estruturas de madeira com altura ajustável, feitas sob medida para cada uma das embalagens secundárias, possibilitando as compressões com e sem espaço-livre. O espaço-livre foi definido com base nos valores de deflexão das embalagens secundária e primária. Porém, na compressão das

embalagens primárias (cartuchos) foram obtidos dois valores de deflexão: os individuais e os valores do conjunto dos mesmos. Em algumas amostras foram utilizados os valores de deflexão do conjunto, em outras apenas os valores de deflexão individual, e, em um caso, foram utilizados os valores de deflexão individual e em conjunto da embalagem primária. As Figuras 1 e 2 apresentam exemplos dos sistemas montados para os ensaios sem e com espaço-livre.

Tabela 1. Modo de utilização das embalagens primárias e secundárias para a formação do conjunto.

Conjunto		Quantidade por caixa	Direção de compressão
Embalagem secundária	Embalagem primária		
Caixa 3B	Caixa ML	1	Topo-fundo
Caixa 3C	Cartucho N	50	Topo-fundo
Caixa 3C	Cartucho P	12	Lateral-lateral
Caixa C	Cartucho N	10	Lateral-lateral
Caixa 4C	Cartucho N	28	Lateral-lateral

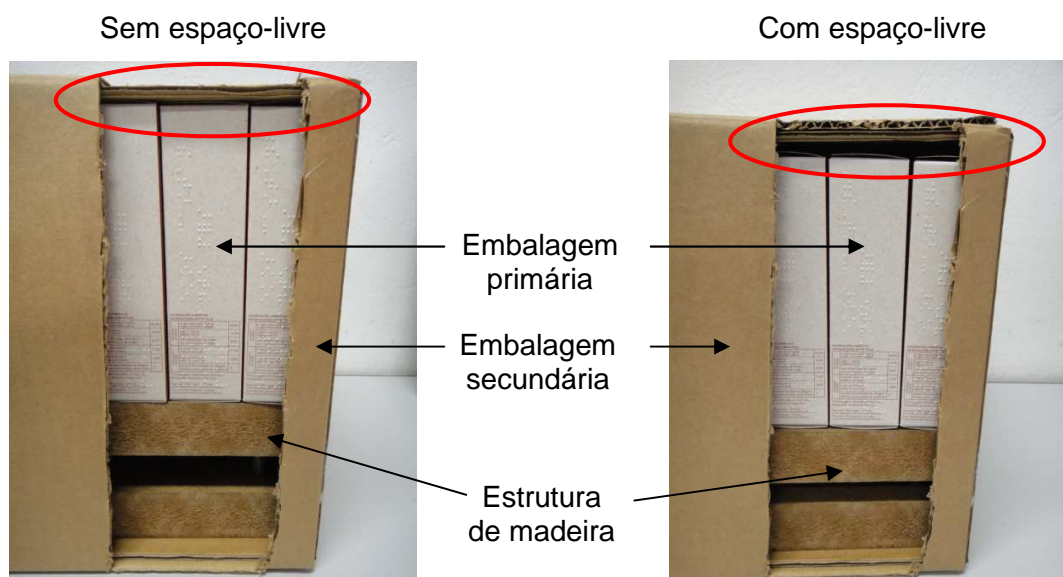


Figura 1.

Ilustração do conjunto estruturado sem EL

Figura 2.

Ilustração do conjunto estruturado com EL

Para que as embalagens primárias e secundárias atuassem em conjunto na resistência à compressão, o espaço-livre foi ajustado de forma que este fosse a diferença entre a deflexão da embalagem secundária (deflexão 2) e a deflexão da embalagem primária (deflexão 1):



$$\text{Espaço-livre} = \text{Deflexão}_2 - \text{Deflexão}_1 \quad (1)$$

Exemplo de cálculo do espaço-livre: no conjunto caixa 3C (embalagem secundária) e cartucho P (embalagem primária), calculou-se o espaço-livre a partir da equação 1, utilizando o valor das deflexões da caixa e do conjunto de cartuchos, assim:

$$\text{Espaço-livre} = 0,69 - 0,20 = 0,49 \text{ cm}$$

Portanto, a amostra foi comprimida primeiramente sem espaço-livre e depois se repetiu o procedimento usando um espaço-livre de 0,49 cm. Com base nas determinações das dimensões das embalagens, foi possível regular a altura da estrutura de madeira para realizar cada uma das compressões. Este método foi reproduzido para todas as amostras. Os resultados dos ensaios de compressão dos conjuntos foram obtidos a partir de uma média de cinco repetições.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resistências das embalagens primárias e secundárias às compressões individuais

A Tabela 2 apresenta os resultados de resistência máxima à compressão das embalagens primárias, secundárias e dos conjuntos de embalagens primárias. São apresentados também os valores de deflexão das unidades no ponto máximo de resistência. Os valores apresentados se referem à média de 5 determinações.

Tabela 2. Valores de resistência máxima e deflexão das embalagens submetidas à compressão.

Embalagem	Força (kgf)	Deflexão (cm)
Caixa 3B	244,5	0,72
Caixa 3C	273,5	0,69
Caixa 4C	294,5	0,70
Caixa C	229,7	0,74
Caixa ML	111,0	0,43
Cartucho N (topo-fundo)	14,6	0,26
Cartucho N (lateral-lateral)	18,5	0,18
Cartucho P (lateral-lateral)	20,6	0,23
Conjunto de 10 cartuchos N (lateral-lateral)	186,6	0,23
Conjunto de 28 cartuchos N (lateral-lateral)	581,0	0,25
Conjunto de 50 cartuchos N (topo-fundo)	758,1	0,85
Conjunto de 12 cartuchos P (lateral-lateral)	275,9	0,20



3.2 Resistências dos conjuntos de embalagens primárias e secundárias à compressão

A Tabela 3 apresenta os resultados individuais e dos conjuntos das embalagens.

Tabela 3. Resultados gerais das compressões das embalagens primárias, secundárias e seus conjuntos.

Conjunto	Embalagem/Procedimento	Força (kgf)	Deflexão (cm)
Caixa 3B/ Caixa ML	Caixa 3B	244,5	0,72
	Caixa ML	111,0	0,43
	Conjunto sem EL	364,7	0,84
	Conjunto com EL	307,9	0,84
Caixa 3C/ Cartucho N	Caixa 3C	273,5	0,69
	Cartucho N	14,6	0,26
	Cartuchos N – 50 unidades	758,1	0,85
	Conjunto sem EL	804,8	1,45
	Com EL (deflexão individual)	1244,9	2,25
Caixa 3C/ Cartucho P	Caixa 3C	273,5	0,69
	Cartucho P	20,6	0,23
	Cartuchos P – 12 unidades	275,9	0,20
	Conjunto sem EL	451,7	1,09
	Com EL (deflexão 12 cartuchos)	360,4	1,22
Caixa C/ Cartucho N	Caixa C	229,7	0,74
	Cartucho N	18,5	0,18
	Cartuchos N – 10 unidades	186,6	0,23
	Conjunto sem EL	429,7	0,82
	Com EL (deflexão individual)	369,4	0,98
	Com EL (deflexão 10 cartuchos)	386,9	1,05
Caixa 4C/ Cartucho N	Caixa 4C	294,5	0,70
	Cartucho N	18,5	0,18
	Cartucho N – 28 unidades	581,0	0,25
	Conjunto sem EL	864,9	1,19
	Com EL (deflexão 28 cartuchos)	537,3	1,02

Analisando-se os resultados das compressões dos conjuntos em comparação aos dados das compressões individuais, pode-se ver que, em geral, as compressões sem espaço-livre apresentaram melhores resultados, suportando uma carga maior em relação ao conjunto com espaço-livre. Apenas o conjunto caixa 3C + cartucho N, utilizando-se a deflexão individual do



8º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2014 12 a 14 de agosto de 2014 – Campinas, São Paulo

cartucho para o cálculo do espaço-livre, apresentou resultados que comprovaram a hipótese apresentada.

Apesar dos resultados não comprovarem a hipótese, alguns fatores podem ter comprometido o trabalho. Um destes fatores foi a proximidade dos valores de deflexão das caixas e dos conjuntos, fazendo com que o espaço-livre calculado fosse pequeno, o que dificulta o ajuste deste espaço-livre, com a estrutura de madeira, na montagem dos conjuntos. Outro fator, considerado o principal deles, foi a necessidade de utilização de caixas e cartuchos de mercado. Na idealização do trabalho, a proposta contemplava o dimensionamento de todo sistema de embalagem. A partir de amostras de cartucho já existentes, seriam estabelecidas caixas de dimensões similares, variando-se apenas sua altura para a avaliação da influência do espaço-livre. Porém, devido à inviabilidade de obtermos estas amostras com fabricantes de caixas de papelão, optou-se por dar continuidade ao trabalho com outras amostras, adequando-se a questão do espaço-livre com a utilização do dispositivo de madeira apresentado anteriormente. Assim, acredita-se que, com a execução adequada do experimento, da forma inicialmente prevista, seja possível a comprovação da hipótese proposta.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, não foi possível comprovar a hipótese de que o espaço-livre aumenta a resistência do conjunto (embalagem secundária + embalagens primárias) à compressão.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao apoio da minha família e dos funcionários e colaboradores do CETEA – em especial dos membros do Laboratório de Transporte e Distribuição. Agradeço também ao CNPq pela realização do projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6737**: papelão ondulado: determinação da resistência à compressão de coluna. Rio de Janeiro, 2009. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6739**: embalagem de papelão ondulado: embalagem de transporte vazia ou com o seu conteúdo: ensaio de compressão usando aparelho de compressão. Rio de Janeiro, 2009. 6 p.

DADOS de mercado; estudo macroeconômico da embalagem ABRE / FGV. Disponível em: <<http://www.abre.org.br/setor/dados-de-mercado/>>. Acesso em: 09 set. 2013.