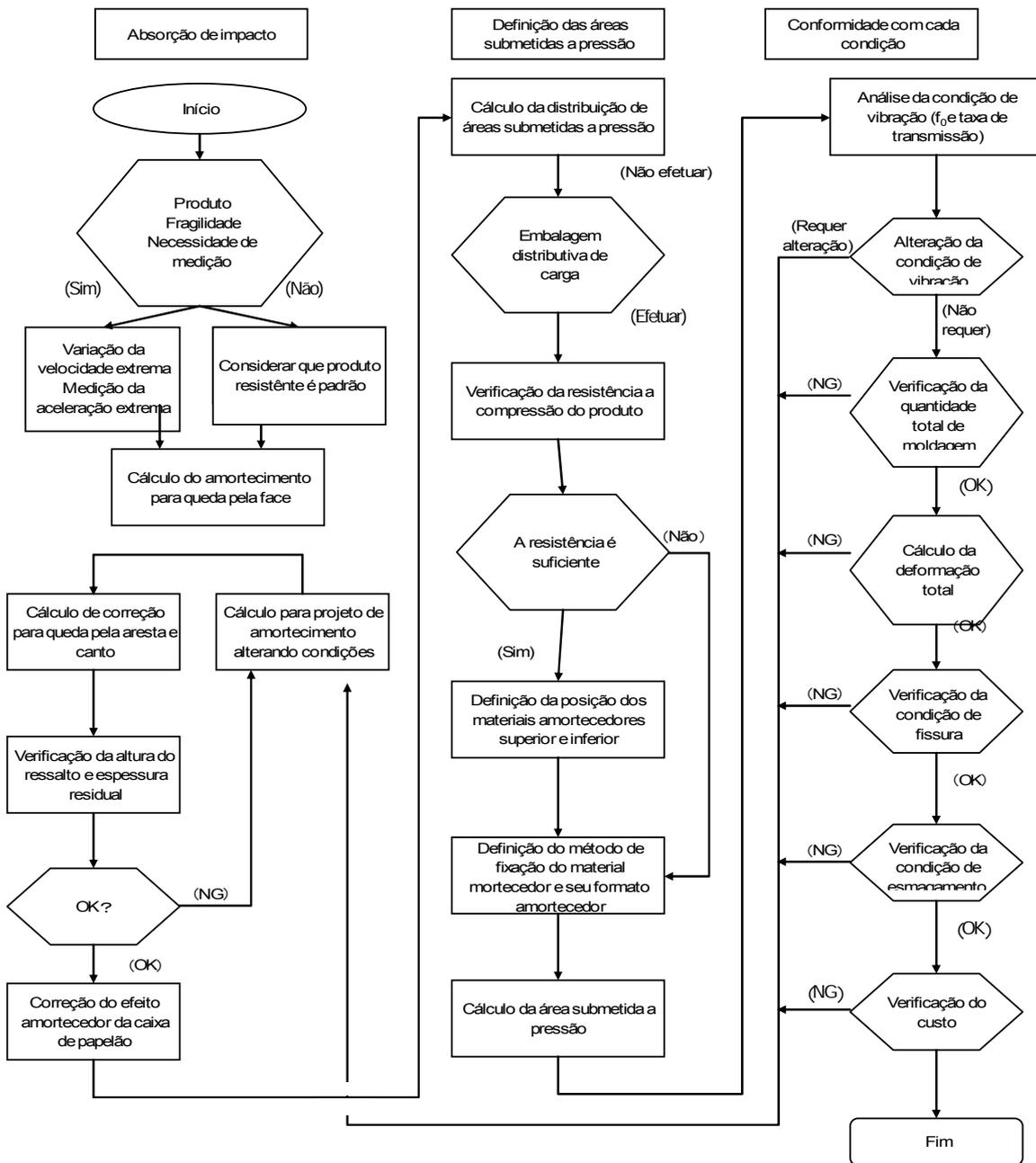


6.3 Guia de orientação para projeto de embalagens

O primeiro objetivo da embalagem é proteger com segurança o produto a ser embalado, desde o local de fabricação até chegar ao consumidor final. Os fatores que prejudicam os produtos durante o transporte são variados, tais como: impacto de queda no manuseio de carga; vibração do compartimento de carga dos meios de transporte; carga de pressão de empilhamento durante o armazenamento; variação de temperatura e umidade; e outros. Entretanto, o fator, que oferece maior dano, são os impactos de queda gerada na carga e descarga. O maior objetivo do projeto de embalagem acolchoada é proteger o produto embalado da força externa impactante gerada no manuseio da carga. Embalagem acolchoada significa atenuar o impacto da força externa para evitar danos no produto embalado causados pelo choque externo, de tal maneira que o impacto passe a ser um choque suportável pelo produto embalado. A embalagem acolchoada é uma técnica de embalagem empregada principalmente para produtos industrializados e essa técnica é composta por três etapas:

- (1) **Cálculo para projeto de acolchoamento**: definição da espessura necessária para acolchoamento e da área submetida a pressão;
- (2) **Definição da configuração do acolchoamento**: definição da maneira de encostar o acolchoamento no produto;
- (3) **Elaboração de desenhos do projeto**: passar para o desenho a especificação do acolchoamento.

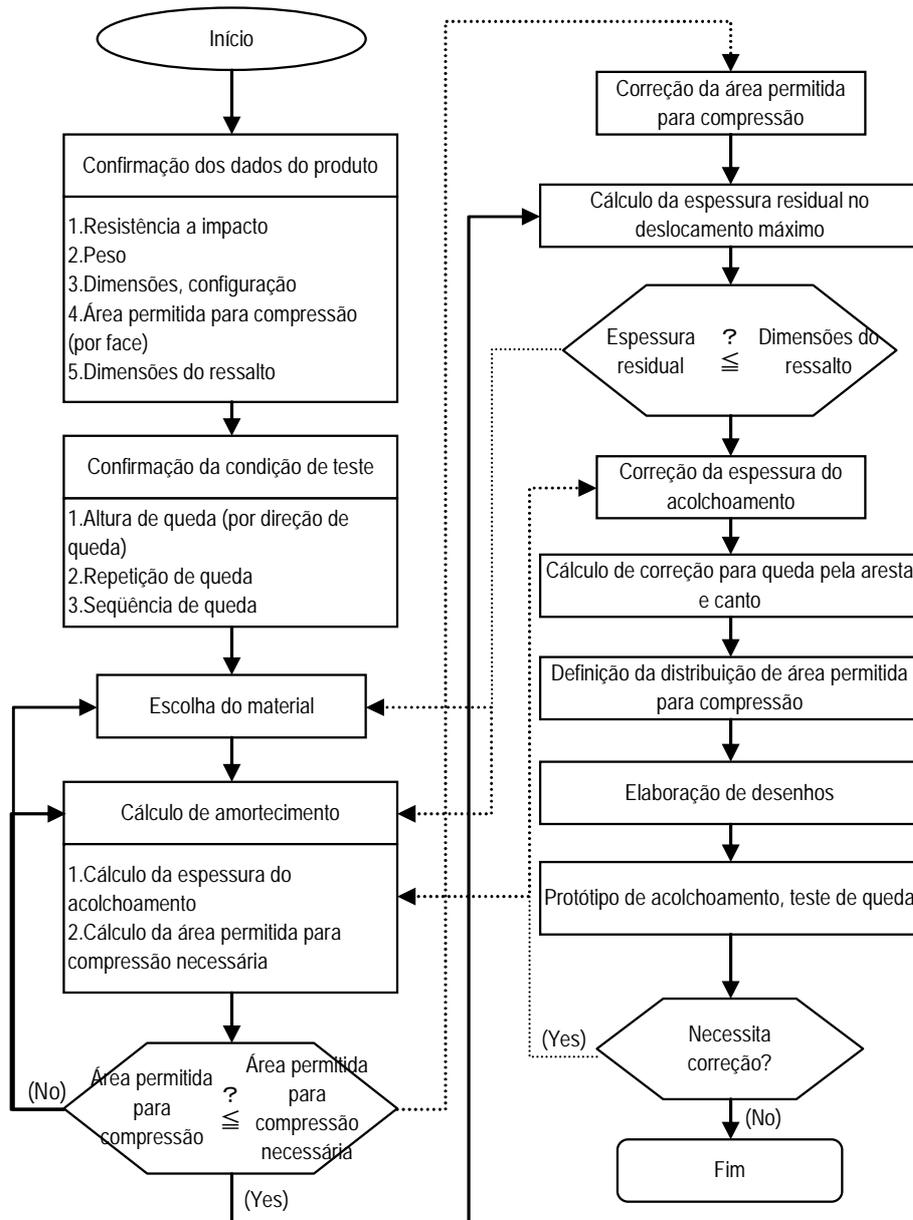
Segue o fluxograma do procedimento de projeto de embalagem e de acolchoamento, para ilustrar a maneira de pensar o projeto de embalagem acolchoada.



Fonte: Escola Técnica de Embalagem, 39a turma, “Técnicas de embalagem acolchoada e Métodos de teste de carga embalada, Kiyohide Hassegawa, Empresa Jornalística Nikkan Kogyo.

Figura 6.3-1 Fluxograma de procedimento de projeto de embalagem acolchoada

Segue o fluxograma de projeto de acolchoamento desdobrado a partir do fluxo geral de procedimento de projeto de embalagem. Definidas as condições iniciais, o projeto de acolchoamento pode ser facilmente executado aplicando os gráficos necessários e calculando segundo a seqüência do fluxograma. Entretanto, para queda pela aresta ou canto não há métodos consolidados e os valores são definidos experimentalmente. Em relação ao coeficiente de correção de propriedade de acolchoamento de caixas externas, como de papelão, os valores variam conforme o tipo de material, o formato da caixa e outros fatores. Portanto, para efetivar o projeto de acolchoamento, requer bom conhecimento sobre o produto e certa experiência no projeto de acolchoamento.



Fonte: Escola Técnica de Embalagem, 39a turma, “Técnicas de embalagem acolchoada e Métodos de teste de carga embalada, Kiyohide Hasegawa, Empresa Jornalística Nikkan Kogyo.

Figura 6.3-2 Fluxograma de projeto de acolchoamento

6.3.1 Comparação com a Norma JIS

6.3.1.1 JIS para embalagens industriais

A JIS (Norma Industrial Japonesa) estabeleceu uma série de normas sobre embalagem e logística, reunidas em “Normas relativas à embalagens industriais”. Essas normas são divididas em: terminologia empregada, embalagens em geral, materiais e recipientes, especificação de embalagens e métodos de ensaio. O item de maior volume de norma é materiais/recipientes, seguido de métodos de ensaio. A nomenclatura das normas JIS segue a codificação apresentada a seguir. Os números finais de quatro dígitos indicam o ano de estabelecimento ou revisão. As normas JIS são revisadas aproximadamente a cada cinco anos, para se adequarem às mudanças de ambiente social, evolução tecnológica e às normas internacionais.

(Exemplo)



Em geral, as normas JIS são compostas por texto da norma e explicações e, dependendo da natureza da norma, complementadas com anexos (regulamentares) ou anexos (referências). O texto principal e os anexos (regulamentares) compõem o corpo principal da norma JIS, porém, os anexos (referências) e as explicações não fazem parte do corpo principal da norma.

Segue a lista de normas JIS relativas a embalagens industriais.

Tabela 6.3.1-1 JIS relacionada à embalagens industriais

| Classe | Subclasse | Código | Denominação |
|-----------------------------|-----------|---------------|--|
| Embalagens/ Terminologia | | Z 0108 : 1996 | Terminologia de embalagem |
| | | Z 0102 : 2004 | Terminologia de sacos de papel Kraft |
| | | Z 0103 : 1996 | Terminologia de anticorrosivos |
| | | Z 0104 : 1990 | Terminologia de papelão |
| | | Z 0106 : 1997 | Terminologia de papelão |
| | | Z 0107 : 1974 | Terminologia de caixas de madeira |
| | | Z 0109 : 1992 | Terminologia de fitas e etiquetas adesivas |
| | | Z 0111 : 2006 | Terminologia de distribuição de produto |
| | | P 0001 : 1998 | Terminologia de papel, chapas de papel e celulose |
| Embalagens em geral | | Z 0105 : 1998 | Carga embalada – dimensão de módulo de embalagem |
| | | Z 0150 : 2001 | Embalagem – símbolos de orientação de manuseio de cargas embaladas |
| | | Z 0152 : 1996 | Símbolos de cuidados no manuseio de produtos embalados |
| | | Z 0161 : 1984 | Dimensões de carga unitária |
| | | Z 0650 : 1995 | Norma geral do sistema de carga unitária |
| | | X 0501 : 1985 | Código de barras para codificação de produtos em comum |
| | | X 0502 : 1994 | Código de barras para codificação de mercadorias em circulação |
| Materiais/ Recipientes | Madeira | Z 1402 : 2003 | caixa de madeira |
| | | Z 1403 : 2003 | Engradados |

Capítulo 6 - Estabelecimento de parâmetros para teste de embalagens (diretrizes de orientação)

| Classe | Subclasse | Código | Denominação |
|---------------|----------------------------------|--|---|
| | | Z 1406 : 1978 | Caixas de madeira aglomerada sarrafeadas |
| | | Z 1407 : 1989 | Caixas com cinta de aço |
| | | Z 1408 : 1989 | Engradados com cinta de aço |
| | Papéis laminados | Z 1514 : 1994 | Papel laminado de polietileno |
| | Papelão/ Chapas de papel | P 3902 : 2005 | Calços para caixas de papelão |
| | | P 3904 : 2005 | Papel de reforço central de papelão |
| | | Z 1516 : 2003 | Papelão para embalagem externa |
| | | Z 1506 : 2003 | Caixa de papelão para embalagem externa |
| | | Z 1507 : 1989 | Modelos de caixa de papelão |
| | Sacos de papel | Z 1531-1 : 2004 | Sacos de papel Kraft – dimensões e métodos de sua medição |
| | | Z 1531-2 : 2004 | Sacos de papel Kraft – tolerância dimensional de sacos de uso geral |
| | | Z 1531-3 : 2004 | Sacos – Método de amostragem de sacos vazios para teste |
| | | Z 1532 : 1998 | Sacos de papel Kraft – métodos de teste de resistência da colagem do fundo |
| | | Z 1505 : 2004 | Sacos de papel Kraft – para cimento |
| | Plásticos | Z 1509 : 2004 | Sacos de papel Kraft – para amido de batata |
| | | Z 1702 : 1994 | Filme de polietileno para embalagem |
| | | Z 1703 : 1976 | Garrafas de polietileno |
| | | Z 1706 : 1995 | Potes de polietileno |
| | | Z 1712 : 1997 | Filme de polipropileno estirado para embalagem |
| | | Z 1713 : 1997 | Filme de polipropileno não-estirado para embalagem |
| | | Z 1714 : 1997 | Filme de nylon estirado para embalagem |
| | | Z 1715 : 1997 | Filme de tereftalato de polietileno (PET) estirado para embalagem |
| | | Z 1716 : 2004 | Folha e filme de tereftalato de polietileno (PET) não-estirado para embalagem |
| | | Z 1707 : 1997 | Norma geral de filmes de plástico para embalagem de alimentos |
| | | Z 1709 : 1995 | Filme para embalagem por corrugação |
| | | Z 1529 : 2004 | Filme adesivo para impressão |
| | | K 6734 : 2000 | Plásticos – folhas do tipo cloreto de polivinila rígido, dimensões e características – Parte 2: folhas até 1mm de espessura |
| | | Z 1533 : 1995 | Fio plano para tecido poliolefinico |
| | | Z 1534 : 1999 | Sacos de polietileno para embalagem reforçada |
| | | Z 1711 : 1994 | Sacos de filme de polietileno |
| | | Z 1655 : 1993 | Recipientes retornáveis de plástico |
| | | Metais | Z 1520 : 1990 |
| | H 4160 : 2006 | | Folhas de alumínio e ligas de alumínio |
| | Z 1600 : 2006 | | Tambores abertos de aço |
| | Z 1601 : 1994 | | Tambores de aço para líquidos |
| | Z 1602 : 2003 | | Latas de chapa metálica, de 18 litros |
| | Z 1604 : 1995 | | Metais de fechamento de tambores de aço |
| | Z 1607 : 2003 | | Tampas metálicas e metais de fechamento |
| | Z 1620 : 1995 | | Baldes de aço |
| | Z 1571 : 1999 | Latas metálicas para alimentos enlatados | |
| | Matérias de acolchoamento | L 3203 : 2002 | Feltro de juta |
| | Materiais de amarração e selagem | Z 1511 : 2004 | Fita crepe de papel (para embalagem) |
| Z 1512 : 1995 | | Fita crepe de tecido (para embalagem) | |
| Z 1522 : 1994 | | Fitas adesivas de celofane | |
| Z 1523 : 1994 | | Fitas adesivas de papel | |
| Z 1524 : 1994 | | Fitas adesivas de tecido para embalagem | |
| Z 1525 : 1991 | | Fitas adesivas de PVC para embalagem | |
| Z 1528 : 1991 | Fitas adesivas dupla-face | | |

Capítulo 6 - Estabelecimento de parâmetros para teste de embalagens (diretrizes de orientação)

| Classe | Subclasse | Código | Denominação |
|----------------------------|------------------------|--|---|
| | | Z 1541 : 1998 | Fitas adesivas dupla-face extra-forte |
| | | Z 1539 : 1991 | Fitas adesivas de polipropileno para embalagem |
| | | Z 1527 : 2002 | Cintas de polipropileno |
| | | Z 1701 : 1995 | Cintas de borracha |
| | | L 2701 : 1992 | Cordas de sisal |
| | | L 2703 : 1992 | Cordas de vinylon |
| | | L 2704 : 1992 | Cordas de nylon |
| | | L 2705 : 1992 | Cordas de polietileno |
| | | L 2706 : 1992 | Cordas de polipropileno |
| | | L 2707 : 1992 | Cordas de poliéster |
| | Antioxidantes | Z 1519 : 1994 | Antioxidantes voláteis |
| | | Z 1535 : 1994 | Papéis antioxidantes voláteis |
| | | Z 1708 : 1976 | Folhas de plástico pintáveis e moldáveis |
| | | Z 1705 : 1976 | Materiais protetores oleosos antioxidantes |
| | | Z 2246 : 1994 | Óleos antioxidantes |
| | | Z 1901 : 1998 | Fitas adesivas de PVC anticorrosivos |
| | | Z 1902 : 2000 | Fita anticorrosiva de petrolato |
| Especificação de embalagem | Z 0701 : 1997 | Secantes de sílica-gel para embalagem | |
| | Z 0301 : 1989 | Métodos de embalagem contra umidade | |
| | Z 0302 : 1955 | Embalagens impermeáveis | |
| | Z 0303 : 1985 | Norma geral de método de embalagem antioxidante | |
| Métodos de ensaio | Z 0305 : 1998 | Método de lavagem química de aços | |
| | Z 0402 : 1995 | Métodos de teste de adesividade de caixas de papelão | |
| | Z 0403-1 : 1999 | Caixas de papelão – Parte 1: método de teste de resistência à compressão plana | |
| | Z 0403-2 : 1999 | Caixas de papelão – Parte 2: método de teste de resistência à compressão perpendicular | |
| | Materiais/ recipientes | K 6767 : 1999 | Plásticos expandidos – Polietileno – Métodos de ensaio |
| | | K 6768 : 1999 | Métodos de ensaio de resistência à tração a úmido de filmes e folhas plásticas |
| | | K 7112 : 1990 | Plásticos – Métodos de medição de densidade e peso específico de plásticos não-expandidos |
| | | K 7114 : 2001 | Métodos de ensaio de resistência de plásticos a produtos químicos |
| | | Z 0221 : 1976 | Métodos de teste de permeabilidade de materiais de embalagem |
| | | Z 0235 : 2002 | Métodos de teste de avaliação de acolchoamentos para embalagem |
| | | Z 0240 : 2002 | Métodos de teste de avaliação de acolchoamentos estruturais para embalagem |
| | | Z 0208 : 1976 | Métodos de teste permeabilidade de matérias de embalagem contra-umidade (método do copo) |
| | | Z 0237 : 2000 | Métodos de ensaio de fitas e etiquetas adesivas |
| | | Z 0238 : 1998 | Métodos de ensaio de sacos de embalagem flexível de selagem a quente e recipientes semi-rígidos |
| | | Z 0218 : 1997 | Métodos de teste de adesividade de fita crepe |
| | | Embalagens e cargas | Z 0119 : 2002 |
| | Z 0170 : 1998 | | Métodos de teste de estabilidade de carga unitária |
| | Z 0201 : 1989 | | Método de codificação de recipientes para ensaio |
| | Z 0200 : 1999 | | Carga embalada – Norma geral de métodos de teste de avaliação |
| | Z 0202 : 1994 | | Carga embalada – Métodos de teste de queda |
| | Z 0203 : 2000 | | Carga embalada – Preparação para testes |
| | Z 0205 : 1998 | | Carga embalada – Métodos de teste de impacto horizontal |
| | Z 0212 : 1998 | | Carga embalada e Recipientes – Métodos de teste de compressão |

| Classe | Subclasse | Código | Denominação |
|--------|-----------|---------------|---|
| | | Z 0215 : 1996 | Métodos de teste de resistência da costura de sacos de papel Kraft costurados |
| | | Z 0216 : 1991 | Métodos de teste de chuva de cargas embaladas e recipientes |
| | | Z 0217 : 1998 | Sacos de papel Kraft – Métodos de teste de queda |
| | | Z 0222 : 1959 | Métodos de teste de permeabilidade de recipientes de embalagem contra umidade |
| | | Z 0232 : 1994 | Carga embalada – Métodos de teste de vibração |

No presente estudo da JICA, a proposta de uma norma para Mercosul foi elaborada a partir dos resultados de análise de dados coletados no estudo de ambiente de transporte e do Projeto-modelo para desenho de embalagem melhorada, tendo como referência a Norma JIS. Essa proposta da Norma Mercosul é apresentada no Capítulo 6, Item 6.3.3 deste relatório.

6.3.1.2 Avaliação do teste de carga transportada de laticínios, em conformidade com as normas JIS e ISO

(1) Padrão de avaliação de testes de carga transportada de laticínios (proposta)

Para estar em conformidade com a JIS e a ISO e outras, deve atender as seguintes normas:

Teste de carga embalada e transportada de laticínios (padrão de avaliação do teste de recipientes e embalagens para laticínios)

JIS Z 0232 (2004) ISO 8318 (2000) , ISO 13355 (2001)

Carga embalada – Métodos de teste de vibração

| Vibração aleatória | |
|--------------------------------|--|
| Condições de teste | • Executar dentro das condições de teste compatíveis com o nível de garantia, levando em consideração a densidade de espectro de força de aceleração (G ² /Hz), valor de overall rms* (m/s ²) do valor efetivo de aceleração e outros fatores, obtidos a partir dos dados medidos no teste do estudo de ambiente de transporte do Mercosul. |
| Densidade de espectro de força | G ² /Hz (m ² /s ²) |
| Valor de overall rms | m/s ² (G) |
| Tempo de aplicação da vibração | min 【executar considerando a distância de transporte de equipamentos de logística】 |
| Direção de vibração | Direção vertical (ISO 8318, ISO 13355 não especifica direção horizontal) |
| Limite de frequência | Hz |

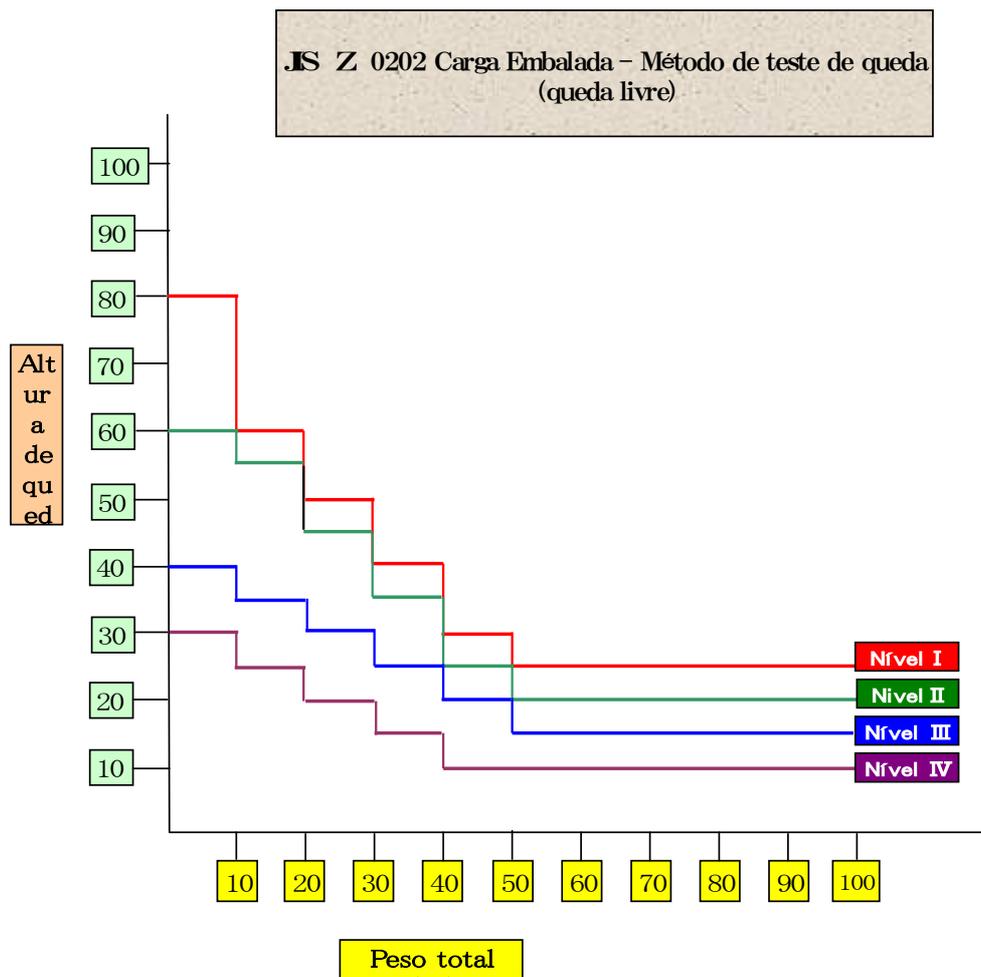
* rms (root mean square) é o valor efetivo geral

Classes de condições de circulação do produto (proposta) “Padrão de avaliação de Testes por Categoria (proposta)” (Relatório de Andamento)

Unidade: %

| | A (Good) | B (Medium) | C (Bad) |
|---------|----------|------------|---------|
| Grade 1 | 100 | — | — |
| Grade 2 | 80 | 10 | 10 |
| Grade 3 | 60 | 20 | 20 |
| Grade 4 | 40 | 30 | 30 |
| Grade 5 | 20 | 40 | 40 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA



【 Classes de condição de circulação do produto 】

De acordo com o modo de transporte, armazenamento e manuseio de carga, as condições de circulação do produto são classificadas em quatro

Nível I : Muita transferência de carga, com risco de receber forças externas extremamente alto

Nível II : Muita transferência de carga, com risco de receber forças externas relativamente alto

Nível III: Transferência de carga e intensidade da força externa no nível imaginado usualmente

Nível IV: Pouca transferência de carga, sem risco de receber forças externas

JIS Z 0202 (1994) ISO 2248 (1985), ISO 8568 (1989)

Carga embalada – Métodos de teste de queda

Teste de queda livre

| Peso total (kg) | Altura de queda (cm) | | | |
|----------------------|----------------------|----------|-----------|----------|
| | Nível I | Nível II | Nível III | Nível IV |
| menos de 10 | 80 | 60 | 40 | 30 |
| de 10 a menos de 20 | 60 | 55 | 35 | 25 |
| de 20 a menos de 30 | 50 | 45 | 30 | 20 |
| de 30 a menos de 40 | 40 | 35 | 25 | 15 |
| de 40 a menos de 50 | 30 | 25 | 20 | 10 |
| de 50 a menos de 100 | 25 | 20 | 15 | 10 |

Obs.: Para peso total de 100kg a menos de 1.000kg, é melhor o teste de queda pela aresta, com a caixa apoiada de um lado. Para peso total de 50kg a menos de 100kg, pode ser o teste de queda pela aresta, com a caixa apoiada de um lado.

Teste de queda pela aresta, com a caixa apoiada de um lado

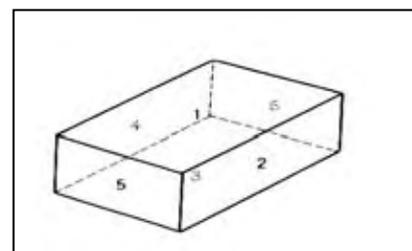
| Peso total (kg) | Altura de queda (cm) | | | |
|-------------------------|----------------------|----------|-----------|----------|
| | Nível I | Nível II | Nível III | Nível IV |
| de 50 a menos de 200 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| de 200 a menos de 500 | 40 | 30 | 20 | 15 |
| de 500 a menos de 1.000 | 30 | 20 | 15 | 10 |

Seqüência e repetição de queda de corpos retangulares

| Seqüência de queda | Local submetido à queda | Repetição |
|--------------------|---|-----------|
| 1 | Canto em contato com a face inferior. Exemplo: canto 2-3-5 | 1 |
| 2 | Aresta em contato com a face inferior e lateral menor Exemplo: aresta 3-5 | 1 |
| 3 | Aresta em contato com a face inferior e lateral maior Exemplo: aresta 2-3 | 1 |
| 4 | Aresta em contato com a lateral maior e menor Exemplo: aresta 2-5 | 1 |
| 5~10 | Todas as 6 faces | 6 |
| | Total | 10 |

Obs.:

1. Dependendo do tipo de carga embalada, poderá suprimir parte do teste de queda pela aresta ou face.
2. Poderá alterar a seqüência de queda, pelo acordo entre entregador e receptor da carga.
3. Os cantos e as arestas testadas devem ser pontos frágeis do conteúdo embalado.



JIS Z 0212 (1998) ISO 12048 (1994) ISO 2234 (2000)

Cargas embaladas e recipientes – Métodos de teste de compressão

(a) Pelo método da JIS Z 0212

Utilizar os dispositivos previstos na JIS Z 0212 e efetuar o teste pelo Método de Teste A

Notas: O Método de Teste A é um teste de compressão para verificar principalmente as perdas e avarias do conteúdo embalado, por meio de carga de compressão.
É desejável que se tenha mais de três amostras de teste.
O Método de Teste B é um teste de compressão de caixas de papelão vazias para avaliar a resistência à compressão da embalagem externa em si.
É desejável que se tenha mais de cinco amostras de teste.

【Método de Teste A】

As amostras de teste devem ser preparadas conforme JIS Z 0203. Nesse caso, as condições de temperatura e umidade para preparação de teste devem ser definidas de acordo com a finalidade do teste. A compressão deverá ser aplicada no sentido oposto da direção de empilhamento, com uma carga calculada pela equação a seguir, a uma velocidade de 10±3mm por segundo. Imediatamente depois da aplicação da carga, o produto ensaiado deverá ser retirado e os resultados de teste anotados. Produto ensaiado superior a três unidades.

$$F = 9.8 \times K \times M \times (n - 1)$$

F : Carga (N)

K : Coeficiente de carga (veja tabela a seguir)

M : Peso total do produto ensaiado (kg)

n: Empilhamento máximo durante a circulação do produto

(empilhamento contado do último de baixo até o primeiro de cima)

| Coeficiente de carga | | | |
|---|--|--|---|
| Classe por carga | Classe por absorção de umidade da embalagem externa, como papelão e outros | | |
| | Quando não há risco de a embalagem externa absorver a umidade, ou quando não há necessidade de levar isso em consideração. | Quando há risco da embalagem externa absorver a umidade. | Quando há risco da embalagem externa absorver muita umidade, ou quando o conteúdo embalado é líquido. |
| Quando a carga é suportada apenas pela embalagem externa, como papelão e outras. | 4 | 5 | 7 |
| Quando a carga é suportada pelo conjunto formado por: conteúdo embalado, acolchoamento, embalagens interna e externa e outros. | 2 | 3 | 4 |
| Quando a carga é suportada pelo conteúdo embalado e embalagem interna, sem a preocupação de a embalagem externa ter que suportar a carga. | 1 | 1 | 1 |

Obs.: É possível aumentar ou reduzir em ±1 o coeficiente de carga, de acordo com a condição de circulação do produto (período, umidade, vibração, etc.)

JIS Z 0203 (2000) ISO 2233 (1994)

Carga embalada – Preparação de teste

| Condições de temperatura e umidade | Temperatura | | Umidade % |
|------------------------------------|-------------|-----|-----------|
| | °C | K | |
| A | -55 | 218 | - |
| B | -35 | 238 | - |
| C | -18 | 255 | - |
| D | 5 | 278 | 85 |
| E | 20 | 293 | 65 |
| F | 20 | 293 | 90 |
| G | 23 | 296 | 50 |
| H | 27 | 300 | 65 |
| I | 30 | 303 | 90 |
| J | 40 | 313 | - |
| K | 40 | 313 | 90 |
| L | 40 | 328 | 30 |

Do **【Método de Teste A】** e **【Método de Teste B】**

No Método de Teste A, o ponto de origem a ser considerado para medir o volume de compressão deve ser o ponto acrescido da carga inicial da tabela a seguir:

Carga inicial

Unidade: N(kg)

| Limite da carga aplicada | Carga inicial |
|--|---------------|
| de 100(10) a abaixo de 200(20) | 10 (1.0) |
| de 200(20) a abaixo de 1.000(102) | 25 (2.6) |
| de 1.000(102) a abaixo de 2.000(204) | 100 (10.2) |
| de 2.000(204) a abaixo de 10.000(1020) | 250 (25.5) |
| de 10.000(1020) a abaixo de 20.000(2041) | 1,000 (102) |
| de 20.000(2041) a abaixo de 100.000(10204) | 2,500 (255) |

No Método de Teste B, o ponto de origem a ser considerado para medir o volume de compressão de caixa de papelão deve ser o ponto acrescido da carga inicial da tabela a seguir:

Unidade: N(kg)

| | |
|---|-------------------------------|
| Caixas de papelão dupla-face | 196N (20kgf) |
| Caixas de papelão corrugado dupla-face composto | 392N (40kgf) |
| Outros casos | Definir entre os interessados |

(2) Padrão de avaliação do teste de recipientes e embalagens de laticínios (proposta)

【Introdução】

Das leis e regulamentos sobre segurança e higiene de “Recipientes e embalagens de laticínios” existentes no Japão, são destacadas aqui duas normas que integram “Normas e padrões de recipientes e embalagens”, da Lei de Produtos Alimentícios e Higiene:

- 1 Normas gerais e específicas, da Notificação no 370 do Ministério do Bem-Estar e Saúde;
- 2 Norma que distingue recipientes e embalagens para laticínios de recipientes de embalagens para produtos alimentícios em geral, da portaria ministerial no 52, do Ministério do Bem-Estar e Saúde.

Em especial, os recipientes e as embalagens de laticínios do gênero: leite, leite processado, leite especial, leite de cabra esterilizado, leite desnatado, leite em pó composto (leite em pó para bebê), cremes, leite fermentado, bebida com lactobacilos e bebida Láctea, deverão ser submetidos aos “testes de resistência” que seguem, conforme determinação ministerial sobre leite e derivados, acima mencionadas:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| (a) Teste de resistência de selagem | (c) Teste de resistência ao estouro |
| (b) Teste de porosidade | (d) Teste de resistência a incisão |

O contexto dessa exigência é a preservação da qualidade do conteúdo embalado pela manutenção da resistência física de recipientes e embalagens contra impactos de vibração, queda, compressão e outras forças geradas no processo de transporte (circulação do produto), ao longo do percurso de fabricante de laticínios até o consumidor.

【Sugestões】

A embalagem utilizada para transporte de laticínios são caixas de papelão ou engradados de plástico, sem nenhum acolchoamento. Por essa razão, é fundamental verificar a qualidade da embalagem, depois dos testes de vibração e de queda de cargas embaladas e transportadas de laticínios, pela observação de danos ocorridos nos recipientes ou embalagens e o vazamento do conteúdo embalado. Por exemplo, quando se escolhe: (1) rodovias de Categoria 4 ou 5 com muito C (Bad), conforme classificação obtida pelo estudo de ambiente de transporte e circulação do produto; ou (2) níveis maiores de exigência para transporte, armazenamento e manuseio de carga dentre as classes de condição estabelecidas pela norma JIS Z 0202 e, em especial, quando se trata de conteúdo líquido, recipientes que combinam tampas de folha de alumínio para bebidas com lactobacilos e bebidas lácteas e recipientes para leite fermentado, como iogurte cremoso, necessitam de projetos de embalagem cuidadosos. Para o projeto de embalagens com lacre de alumínio, que valorizam o equilíbrio entre a preocupação com “facilidade de abrir” do desenho universal e “resistência adequada de selagem”, o “Teste de Resistência” normalizado pela portaria ministerial sobre leite e derivados do Japão torna-se fundamental. De fato, nos mercados do Mercosul, as tampas de alumínio são fortemente coladas para evitar vazamento durante o transporte, provocando o rasgo da tampa ao abrir (veja as fotos). Paralelamente, nos testes de vibração e de queda de cargas embaladas da JIS Z, é estabelecida a obrigatoriedade do “Relatório de teste”, anotando a existência ou não de deformação, avaria, trinca, vazamento e outras falhas. Em razão disso, recomenda-se a adoção do (b) Teste de porosidade, dentre os

testes de resistência previstos na JIS, como ferramenta de avaliação da embalagem, depois do “teste de vibração” e “teste de queda”.

Além disso, recomenda-se que seja analisada a possibilidade de introduzir – (a) Teste de resistência de selagem – nos critérios de avaliação dos produtos embalados e transportados, para categoria de produtos do Mercosul correspondentes àqueles regulamentados pela portaria ministerial sobre leite e derivados do Japão, bem como, a introdução de teste de resistência a estouro das embalagens de papel para leite.

Padrão de teste da portaria ministerial sobre leite e derivados

| Produto-alvo | Item de teste |
|--|--|
| Leite, leite processado, leite especial, leite de cabra esterilizado | Resistência de selagem Porosidade |
| Creme | Resistência a estouro |
| Leite fermentado, bebida com lactobacilos, bebida láctea | Resistência de selagem Porosidade Resistência a estouro ou a incisão*1 |

Parâmetros do padrão de teste

| Item de teste | | Condição de teste | Critério de aprovação | Observações |
|----------------------|-------------------------|--|---|--|
| Teste de resistência | Resistência de selagem | 13.3kPa manter por 10 segundos | Não vazar | |
| | Porosidade | Solução de azul de metileno Repousar por 30 minutos | Não apresentar manchas no papel de filtro | |
| | Resistência a estouro*1 | Produtos refrigerados ≤ 300ml | ≥ 196kPa | Produtos mantidos a temperatura ambiente*2 (392kPa) |
| | | Produtos refrigerados > 300ml | ≥ 490kPa | (Produtos mantidos a temperatura ambiente *2 784kPa) |
| | Resistência a incisão*1 | | ≥ 9.8N | |

Notas: *1 Para produtos de leite fermentado, efetuar um dos dois testes: resistência à incisão ou resistência a estouro.
*2 Produtos envasados e embalados mediante esterilização (assépticos)

Nota especial: os padrões de teste citados são para recipientes e embalagens de papel, papel/Al/PE e plásticos, como PE, PS, PET, e para recipientes com tampa de folha de alumínio para vedação.

Adição de novos padrão de avaliação de testes de resistência, para ensaios de avaliação de embalagem e transporte de laticínios no Mercosul (proposta)

- (1) No método de avaliação de vazamento pelo “teste de porosidade”, utilizando solução de azul de metileno e repouso por 30 minutos, ficou evidenciado que o contato do dedo com a solução dificulta muito o gotejamento da solução, e ainda, a aderência com o piso viabiliza o gotejamento. Por essa razão, a sugestão é introduzir o “método de avaliação de teste imerso em água, empregando o dessecador a vácuo de acrílico”, que permite detectar com precisão e rapidez a presença ou não de porosidade, em substituição ao “teste de porosidade” efetuado depois do “teste de vibração” e “teste de queda”.
- (2) Tornar o teste de resistência de selagem um dos itens do critério de avaliação de teste de “recipientes e embalagens de laticínios”.
- (3) Analisar a possibilidade de introduzir o teste de resistência a estouro de recipiente de papel para leite.

| Item de teste | | Condição de teste | Critério de aprovação | Observações |
|-------------------------|-------------------------|--|---|---|
| Teste de resistência | Resistência de selagem | 13.3kPa (0.1357kgf/cm ²) (100mmHg) Manter 10 segundos | Não vazar | |
| | Porosidade | Solução de azul de metileno Repousar por 30 minutos | Não apresentar manchas no papel de filtro | |
| | Resistência à estouro*1 | Produtos refrigerados ≤ 300ml | ≥ 196kPa (2kgf/cm ²) | (Produtos mantidos a temperatura ambiente*2 392kPa) (4kgf/cm ²) |
| | | Produtos refrigerados > 300ml | ≥ 490kPa (5kgf/cm ²) | (Produtos mantidos a temperatura ambiente *2 784kPa) (8kgf/cm ²) |
| Resistência à incisão*1 | | ≥ 9.8N (1kgf/cm ²) | | |

Notas: *1 Para produtos de leite fermentado, efetuar um dos dois testes: resistência à incisão ou resistência a estouro.

*2 Produtos envasados e embalados mediante esterilização (assépticos)

(3) Iniciativas para revisão da Portaria ministerial no 52, do Ministério do Bem-Estar e Saúde (portaria ministerial sobre leite e derivados)

A portaria ministerial sobre leite e derivados teve como origem o posicionamento do leite e produtos derivados de leite como “alimento nutricional para bebês, crianças e pessoas portadoras de doença”. Com o passar dos anos, diversificaram-se os alimentos, e ampliou-se a oferta geral de utensílios e recipientes de embalagem. Em razão dessa mudança, foram manifestadas intenções, no sentido de integrar as normas sobre utensílios e recipientes de

embalagem em uma única norma, para garantir a segurança de produtos alimentícios como um todo, e não apenas de laticínios.

A atual portaria ministerial sobre leite e derivados prevê a realização de testes de resistência. Porém, não se pode dizer que os itens de teste em vigor atendem as variadas formas de embalagem e transporte dos produtos. Por essa razão, há uma tendência voltada para efetuar, num futuro próximo, uma revisão de grande envergadura, incluindo os testes de resistência.

6.3.2 Estrutura e função da AMN (Asociación Mercosur de Normalización)

6.3.2.1 Situação atual de funcionamento da AMN

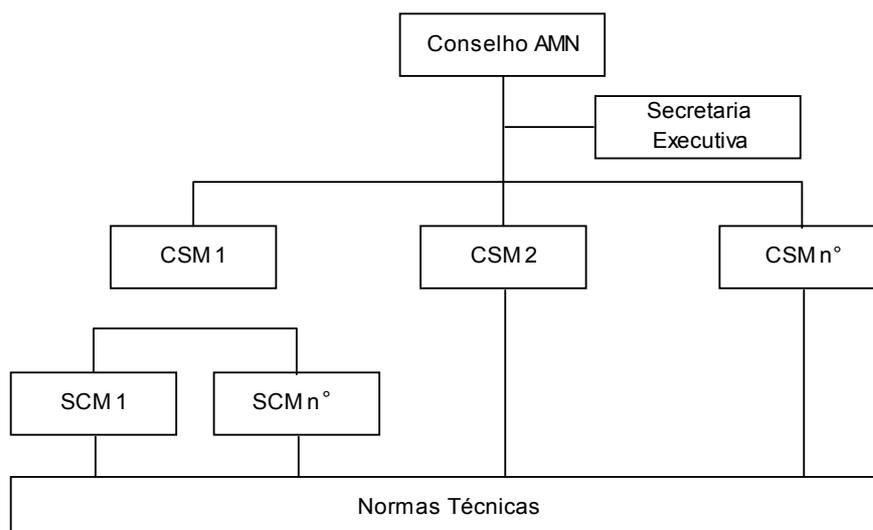
(1) AMN

A Asociación Mercosur de Normalización – AMN foi estabelecida a partir do regulamento sancionado em 01/06/1996, que criou o Comitê Mercosur de Normalización registrado sob o No. 268974/96 (CNPJ 01295577/0001-30 e C.C.M. 2483930-2). Posteriormente, em 04/04/2000, por meio do acordo firmado pelo Grupo de Mercado Comum, a denominação do comitê foi alterada para AMN, que passou a ser a única instituição responsável pelo procedimento de normalização espontânea dentro do Mercosul.

(2) Instituições de cada um dos países que integram a AMN

- Argentina : IRAM (Instituto Argentino de Normalización y Certificación)
- Brasil : ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
- Paraguai : INTN (Instituto Nacional de Tecnología y Normalización)
- Uruguai : UNIT (Instituto Uruguayo de Normas Técnicas)

Segue o organograma da AMN:



Notas:

CSM - Comités Sectoriales Mercosur

comité representativo de ONNs (Organismos Nacionales de Normalización) de cada país.

SCM - Subcomités Sectoriales Mercosur

Fonte: AMN, Missão de Estudo da JICA

(3) Atuais setores de CSM

- 01 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Electricidad
- 02 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Siderurgia
- 03 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Electrónica y Telecomunicaciones
- 04 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Juguetes
- 05 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Cemento y Concreto
- 06 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Máquinas y Equipamientos Mecánicos
- 07 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Automotriz
- 09 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Plásticos para Construcción Civil
- 12 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Celulosa y Papel
- 13 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Calidad
- 16 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Gestión Ambiental
- 17 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Aaccessibilidad
- 18 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Tecnología Gráfica
- 20 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Análisis Clínicos y Diagnóstico In Vitro
- 21 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Vidrios Planos
- 22 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Evaluación de la Conformidad
- 23 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Turismo
- 24 : Comitê Sectorial MERCOSUR de Ensayos No Destructivos

(4) Papel do CSM

A AMN desenvolve as normas por intermédio de CSMs, que representam os setores produtivos da sociedade. Os CSMs têm autoridade para dirigir os estudos e processos para proposição da norma, de acordo com o programas setorial de normas. As normas elaboradas pela CSM têm prioridade dentro dos ONNs e são aprovadas pelos países-membro. A AMN é responsável pelas normas elaboradas pelas CSMs e quando os objetivos da norma não são atendidos, responderá pela revogação, alteração e anulação dessas normas. Paralelamente, as CSMs poderão constituir SCMs (Subcomités Sectoriales Mercosur).

(5) Objetivos da norma

- 1) **Padronização:** Facilitar os processos e meios de manufatura de produtos e prestação de serviços;
- 2) **Economia:** Inibir o aumento da diversidade de produtos e reduzir os procedimentos. Da mesma forma, reduzir os custos e oferecer condições de mercado mais favoráveis aos consumidores e fabricantes.
- 3) **Comunicação:** Aumentar a credibilidade do comércio e serviços e oferecer informações mais eficazes a fabricantes e consumidores;
- 4) **Segurança e saúde:** Proteger a vida e a saúde das pessoas;
- 5) **Proteção ao consumidor:** Oferecer à sociedade meios eficazes para comprovar a qualidade dos produtos e serviços;
- 6) **Remoção de barreiras comerciais e técnicas:** Facilitar o comércio internacional, por meio da revogação de normas e regulamentos existentes, que causam conflitos com produtos e serviços de outros países.

(6) Informações sobre regimentação

Na reunião oficial do Subgrupo 3 (STG3) realizada entre 30/10 e 01/11 de 1991, em Montevideu, convidando os representantes de ONNs dos quatro países-membro do Mercosul, foi criado o CMN, como uma instituição privado não-governamental e sem fins lucrativos aprovado pelo Mercado Comum, por meio da Resolução No 2/92. Posteriormente, com a constituição do Grupo de Mercado Comum em 04/04/2000, esse comitê (CMN) teve a denominação alterada para AMN (Asociación Mercosur de Normalización), passando a ser a única organização responsável pela manutenção autônoma de normas dentro da zona do Mercosul. Essa associação tem por objetivo desenvolver e promover normas e atividades relacionadas, conforme segue:

- Integração econômica e comercial: obter benefícios pela circulação de bens e oferta de serviços, promovendo facilidades para cooperação nas áreas de ciência e tecnologia, de economia e social.

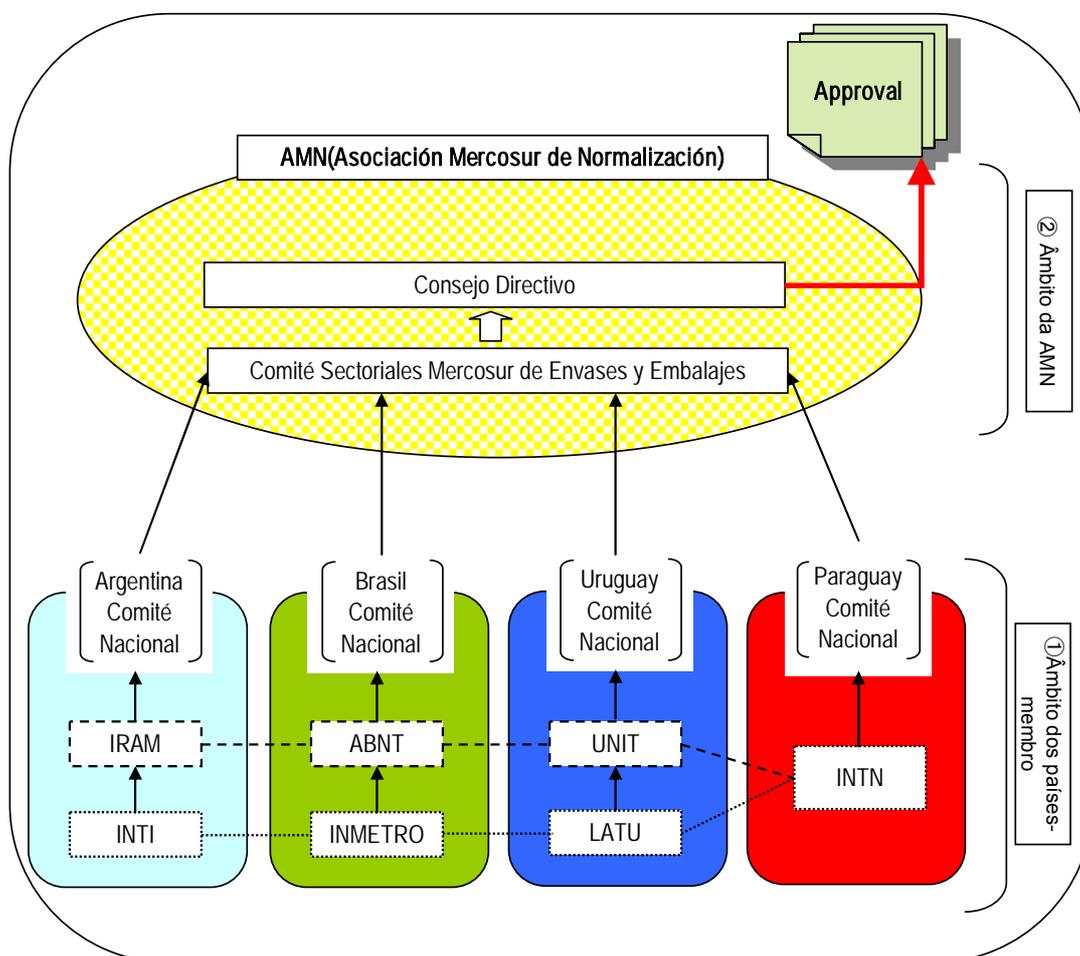
- Promover a melhoria da qualidade de produtos e serviços dos países-membro do Mercosul, com ênfase no desenvolvimento produtivo e técnico-científico.
- A AMN, por meio de CSMs que representam o setor produtivo, promove atividades relacionadas ao planejamento, orienta sobre estabelecimento de objetivos e processo de avaliação do programa de normas setorial e coordena o processo de normas a serem aprovadas pela AMN. Até o presente, foram regulamentados 439 itens da Norma Mercosul e, nas CSMs, mais de 600 itens estão sendo preparados para regulamentação.

(7) Relação com a instituição central do Mercosul (Subgrupos de Trabalho)

Conforme mencionado no item anterior, AMN é uma organização privada sem relação com a estrutura funcional do órgão central criado pelo tratado de Mercosul. Será referido no Capítulo 8, que o processo de aprovação de normas comuns para Mercosul não recebe nenhuma instrução ou influência do órgão central do Mercosul. Entretanto, existem casos em que são estabelecidos convênios com os subgrupos de trabalho subordinados ao GMC, tais como: STG3 (Technical Regulation and Conformance Evaluation), STG5 (Transportation), ou ainda, com a CCT (Technical Cooperation Committee), que coordena as cooperações técnicas, promovendo discussão conjunta de acordo com a necessidade. Esses subgrupos realizam quatro reuniões anuais, e cada reunião é realizada em um dos países-membro do Mercosul, que será o país-sede, com a finalidade de analisar, principalmente, os itens relacionados aos fatos que geram impactos profundos no corpo humano e a vida das pessoas, por meio de um processo denominado Resolução. Diferentemente de normas e padrões (standards) de competência da AMN, os subgrupos discutem a legalização dentro do tratado de Mercosul para viabilizar a aplicação de pena em casos de infração. Paralelamente, é realizada a reunião de cúpula a cada seis meses. Segue, como referência, o mais recente organograma do órgão central do Mercosul.

6.3.2.2 Procedimento para aprovação da Norma Comum do Mercosul

Um dos objetivos do presente estudo para desenvolvimento foi elaborar e propor a Norma Mercosul para projeto de embalagens (diretrizes de orientação), e esse objetivo estava limitado a esse âmbito. Entretanto, houve uma unanimidade entre as contrapartes dos quatro países do Mercosul para encaminhar e oficializar a proposta da norma (diretrizes de orientação) elaborada pela Missão de Estudo, junto a AMN (Asociación Mercosur de Normalización). A Figura 6.3.2-1 a seguir mostra o procedimento necessário para tal, desde o encaminhamento da norma (diretrizes de orientação) a AMN, até sua aprovação oficial.



Fonte: JICA Study Team

Figura 6.3.2-2 Processo de requerimento da Norma Comum Mercosul (do requerimento de cada país até a aprovação pela AMN)

Segundo AMN, o procedimento usual é encaminhar o pedido para criação de um comitê relacionado ao assunto (para o caso em questão seria um CSM: Comitê Setorial de Embalagem), feito por um dos países-membro da AMN, e o pedido de criação do comitê é analisado no

âmbito de cada país. Em cada país, o trabalho de análise será conduzido centrado nos órgãos diretivos da AMN, que são: IRAM (Argentina), ABNT (Brasil), INTN (Paraguai) e UNIT (Uruguai). Posteriormente, a aprovação ou não da criação do CSM será comunicada oficialmente, por escrito (formulário regulamentar), ao representante-solicitante, respeitando o prazo estabelecido no regimento interno da AMN. Quando a criação do novo comitê é aprovada, esse comitê (no caso o Comitê Sectorial MERCOSUR de Envases y Embalajes) analisará a Norma de Embalagem Mercosul (diretrizes de orientação) encaminhada, convidando especialistas da iniciativa privada, para aprovar ou não a sua adoção como Norma Comum do Mercosul. Por ser a proposta uma norma para todos os países-membro, terá prioridade sobre as normas internas de cada país-membro.

Aprovada pelo Comitê Setorial de Embalagem, a Norma de Embalagem Mercosul (diretrizes de orientação) será submetida à votação do Conselho Diretivo AMN para sua aprovação. Esse conselho é composto por quatro representantes, de órgãos diretivos dos países-membro da AMN. Em geral, o processo leva aproximadamente um ano, desde o encaminhamento da proposta até aprovação.

Até o presente, quase todas as normas aprovadas foram propostas do Brasil e da Argentina. São raras as propostas encaminhadas pelo Paraguai e Uruguai, por serem países com poucas normas internas. O recurso financeiro da AMN é proveniente dos órgãos responsáveis pela normalização de cada país-membro e tem a seguinte composição: Brasil 60%, Argentina 30%, Paraguai 5% e Uruguai 5%.

A título de referência, é apresentada na tabela a seguir a quantidade de normas regulamentadas desde a fundação da AMN, bem como, a quantidade de normas atualmente analisadas pela AMN, por comitê. Segundo AMN, a frequência das atividades dos comitês difere de um para outro. De fato, a julgar pela quantidade de normas o CSM-02, Comitê Setorial de Siderurgia, com 198, é disparadamente o primeiro, seguido de CSM-05, Comitê Setorial de Cimento e Concreto (72) e, CSM-06, Comitê Setorial de Máquinas e Equipamentos (70), com domínio do setor produtivo industrial. Por outro lado, comitês recém-criados, como CSM-23, Comitê Setorial de Turismo, não apresentaram ainda nenhuma proposta de norma.

Tabela 6.3.2-1 Quantidade de normas, por comitê (situação em julho/2006)

| Comitê Sectorial MERCOSUR (CSM) | Órgão responsável | Normas aprovadas | Normas em processo de aprovação final | Normas em votação | Normas encaminhadas |
|--|-------------------|------------------|---------------------------------------|-------------------|---------------------|
| Geral | | 1 | 0 | 0 | 0 |
| CSM 01 Comitê Sectorial MERCOSUR de Electricidad | ABNT | 51 | 0 | 7 | 162 |
| CSM 02 Comitê Sectorial MERCOSUR de Siderurgia | IRAM | 198 | 4 | 104 | 185 |
| CSM 03 Comitê Sectorial MERCOSUR de Electrónica y Telecomunicaciones | ABNT | 0 | 0 | 0 | 51 |
| CSM 04 Comitê Sectorial MERCOSUR de Juguetes | IRAM | 7 | 0 | 0 | 0 |
| CSM 05 Comitê Sectorial MERCOSUR de Cemento y Concreto | ABNT | 72 | 0 | 2 | 22 |
| CSM 06 Comitê Sectorial MERCOSUR de Máquinas y Equipamientos Mecánicos | ABNT | 70 | 1 | 3 | 44 |
| CSM 07 Comitê Sectorial MERCOSUR de Automotriz | IRAM | 42 | 2 | 4 | 65 |
| CSM 09 Comitê Sectorial MERCOSUR de Plásticos para Construcción Civil | ABNT | 4 | 0 | 1 | 12 |
| CSM 12 Comitê Sectorial MERCOSUR de Celulosa y Papel | ABNT | 29 | 0 | 1 | 1 |
| CSM 13 Comitê Sectorial MERCOSUR de Calidad | IRAM | 12 | 0 | 0 | 8 |
| CSM 16 Comitê Sectorial MERCOSUR de Gestión Ambiental | ABNT | 5 | 0 | 0 | 2 |
| CSM 17 Comitê Sectorial MERCOSUR de Aaccessibilidad | IRAM | 0 | 0 | 0 | 34 |
| CSM 18 Comitê Sectorial MERCOSUR de Tecnología Gráfica | ABNT | 5 | 0 | 0 | 3 |
| CSM 20 Comitê Sectorial MERCOSUR de Análisis Clínicos y Diagnóstico In Vitro | ABNT | 7 | 0 | 0 | 7 |
| CSM 21 Comitê Sectorial MERCOSUR de Vidrios Planos | ABNT | 5 | 0 | 0 | 2 |
| CSM 22 Comitê Sectorial MERCOSUR de Evaluación de la Conformidad | IRAM | 3 | 3 | 4 | 8 |
| CSM 23 Comitê Sectorial MERCOSUR de Turismo | ABNT | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CSM 24 Comitê Sectorial MERCOSUR de Ensayos No Destructivos | IRAM | 3 | 0 | 0 | 7 |
| Total | | 514 | 10 | 126 | 613 |

Fonte: AMN

Recomenda-se ainda para “Norma Comum Mercosul (proposta)”, apresentada no item 6.3.3 a seguir, a elaboração de MERCIS E 000: Terminologia de embalagem e MERCIS E 200: Normas gerais de metodologia de ensaios, em língua espanhola e portuguesa pelas contrapartes, para serem apresentadas na ocasião do requerimento a AMN e outros órgãos, em um futuro próximo.

6.3.3 Norma Comum Mercosul (proposta)

6.3.3.1 Método de codificação de cargas embaladas

1. Âmbito de Aplicação

A presente norma estabelece o método de codificação de cargas embaladas e recipientes submetidos aos ensaios.

2. Normas utilizadas

O significado dos principais termos empregados na norma segue a MERCIS E 000.

3. Procedimento de codificação

3.1 Embalagens retangulares

Coloque a embalagem retangular na posição normal de transporte. Quando as condições de transporte não forem conhecidas e, quando a embalagem tiver emenda (aba de emenda, por exemplo), coloque de forma que a aba fique verticalmente do lado direito. O responsável pela execução do teste deve afixar a codificação na face lateral menor da embalagem, segundo procedimento descrito a seguir (veja Figura 1):

(FACES) Identifique as faces com números: 1 para face de cima, 2 para face lateral direita, 3 para face de fundo, 4 para face lateral esquerda, 5 para face lateral menor frontal e 6 para face lateral menor posterior. Quando o recipiente ou o conteúdo embalado possui frente e atrás, adote sempre 5 para lateral menor frontal e 6 para lateral menor posterior.

(ARESTAS) Indique as arestas colocando hífen entre os números das 2 faces que compõem a aresta. Descreva os números em ordem crescente.

(Exemplo) Aresta 2—3

(CANTOS) Indique os cantos colocando hífen entre os números das 3 faces que compõem o canto. Descreva os números em ordem crescente.

(Exemplo) Canto 2—3—5

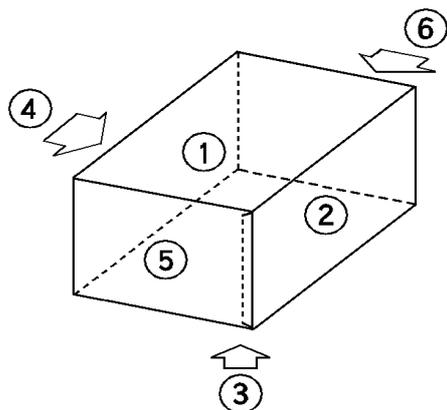


Figura 1 Codificação de embalagens retangulares

3.2 Embalagens cilíndricas

Nas embalagens cilíndricas, proceda a codificação da seguinte forma (veja Figura 2):

- (1) OMBROS (bordas): Divida o perímetro da face superior (tampa) com duas retas ortogonais. Batize os pontos do ombro dividido em quatro partes iguais, com 1, 3, 5 e 7. Na face inferior (fundo), os pontos correspondentes recebem os números 2, 4, 6 e 8. Quando houver emenda no tronco do cilindro, essa emenda deverá ser 5 – 6. Quando houver mais de uma emenda, escolha uma delas para ser 5 – 6.
- (2) LINHAS DO TRONCO: As linhas laterais do tronco, paralelas ao eixo do cilindro, serão: 1–2, 3–4, 5–6 e 7–8. Quando houver emenda no tronco, a emenda será 5–6.

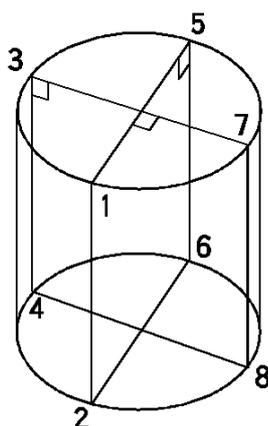


Figura 2 Codificação de embalagens cilíndricas

3.3 Embalagens de outros formatos

As embalagens de outros formatos receberão a codificação que segue o 3.2 ou 3.3.

6.3.3.2 Carga embalada – preparação para ensaio

【Introdução】

Para elaborar a presente norma, foi efetuada a tradução da ISO 2233 “Packaging-Complete, filled transport packaging for testing”, 3ª edição, publicada em 1994, e a norma foi elaborada sem alterar o conteúdo técnico e o formato da norma ISO.

1. Âmbito de aplicação

A presente norma estabelece os procedimentos de preparação, que antecedem a execução de ensaios de carga embalada, como teste de queda, teste de compressão, teste de vibração, e outros.

Essa preparação poderá ser aplicada também para ensaio de objetos que compõem a carga embalada ou matérias de embalagem, quando executada antes do ensaio.

2. Premissa

A carga embalada deverá ser mantida pelo tempo determinado sob condição de temperatura e umidade determinada.

3. Condição de temperatura e umidade

Dentre as condições de temperatura e umidade da Tabela 1, selecione uma, duas ou mais condições adequadas.

Tabela 1

| Condição de temperatura e umidade | Temperatura | | Umidade relativa % |
|-----------------------------------|-------------|-----|-----------------------|
| | ° C | K | |
| A | −55 | 218 | — |
| B | −35 | 238 | — |
| C | −18 | 255 | — |
| D | +5 | 278 | 85 |
| E | +20 | 293 | 65 |
| F | +20 | 293 | 90 |
| G | +23 | 296 | 50 |
| H | +27 | 300 | 65 |
| J | +30 | 303 | 90 |
| K | +40 | 313 | — |
| L | +40 | 313 | 90 |
| M | +55 | 328 | 30 |

4. Tolerâncias

4.1 Temperatura

4.1.1 Desvio entre valores de pico

Para condições de temperatura e umidade A, B, C e K, a tolerância máxima admitida para 10 medições de temperatura dos corpos mantidos continuamente próximos à temperatura especificada durante pelo menos 1 hora, será de $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Para outras condições de temperatura e umidade, a tolerância máxima será de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

4.1.2 Desvio do valor médio

Para todas as condições de temperatura e umidade, o valor médio deverá situar-se dentro de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ da temperatura escolhida pela Tabela 1.

- Obs.:
1. Ao utilizar a condição de temperatura e umidade D, evite chegar ao ponto de orvalho.
 2. A tolerância máxima de temperatura não é necessariamente a faixa de temperatura necessária para manter a faixa de umidade relativa requerida. Conseqüentemente, para estar em conformidade com a tolerância da umidade relativa, será necessário reduzir ainda mais a faixa de temperatura.

4.2 Umidade relativa

4.2.1 Para as condições de temperatura e umidade que especificam a umidade, a tolerância máxima admitida para 10 medições de umidade relativa dos corpos mantidos continuamente próximos à umidade relativa especificada durante pelo menos 1 hora, será de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

4.2.2 Desvio do valor médio

Para todas as condições de temperatura e umidade, o valor médio deverá situar-se dentro de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ da umidade relativa escolhida pela Tabela 1.

- Obs.:
3. O valor médio da umidade relativa poderá ser obtido a partir das 10 medições mínimas realizadas em 1 hora, ou ainda, pelos valores registrados continuamente no medidor.
 4. A variação máxima do valor de pico da umidade relativa, dentro da sala de preparação, é de $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Entretanto, nas salas de preparação projetadas com boas práticas atuais, é possível manter a variação em $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Em quase todas as cargas embaladas, a reação à variação de umidade externa é mais lenta do que a variação observada dentro da sala de preparação. E ainda, mesmo que

ocorra uma grande mudança de umidade quando a porta da sala de preparação é aberta, pode-se considerar que, desde que a umidade relativa média da atmosfera de trabalho, medida durante 1 hora em qualquer momento dentro do período de teste, esteja dentro dos 5% da umidade relativa especificada, o efeito dessa grande variação de umidade sobre o teor de água do material de embalagem é quase nulo.

5. Aparatos

5.1 Sala de preparação

A sala de preparação deverá ter meios para registrar continuamente a temperatura e umidade do espaço destinado ao trabalho, e ainda, manter as condições especificadas dentro da faixa de controle mencionada no 4. O espaço de trabalho é parte da sala de preparação, no qual deverão ser mantidas as condições de controle especificadas. Esse espaço deverá ser definido para cada sala de preparação.

5.2 Sala de secagem

A sala de secagem deverá permitir a redução do teor de água do material de embalagem utilizado na carga embalada a ser preparada para ensaio, até o valor necessário.

5.3 Medidores e registradores

Os medidores e os registradores deverão ter sensibilidade e estabilidade suficientes para efetuar medições de temperatura com a precisão de 0,1°C e, a umidade relativa, com a precisão de 1%. Na presente norma, quando o intervalo de leitura dos valores medidos for inferior a 5 minutos, o registro de medição será considerado contínuo.

O registrador deverá satisfazer a precisão acima para efetuar registros precisos, assim como, ter resposta suficientemente rápida para variação de temperatura de 4°C/minuto e variação de umidade relativa de 5%/minuto.

6. Procedimento

Escolha a condição de temperatura e umidade mais adequada para transporte e armazenamento da carga embalada a ser ensaiada. Coloque a carga embalada no espaço de trabalho da sala de preparação e mantenha-a sob condição especificada, durante o tempo escolhido, dentre as opções: 4 horas, 8 horas, 16 horas, 24 horas, 48 horas, 72

horas, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas e 4 semanas. Mantenha a carga embalada, de tal forma que a parte superior, todas as faces laterais e mais de 75% do fundo fiquem livremente em contato com a atmosfera da sala de preparação.

A contagem do período de preparação será iniciada a partir de 1 hora depois do posicionamento da carga embalada e do retorno da sala de preparação às condições especificadas.

Quando o material de embalagem é de papel ou chapa de papel que conhecidamente apresentam histerese na característica de teor de água, poderá necessitar de secagem da carga antes da preparação. Para essa secagem preliminar, coloque a carga embalada na sala de secagem por mais de 24 horas, sob condição tal que, quando a carga for transferida para o ambiente de preparação, essa carga absorverá a umidade e se aproximará do valor médio. A secagem preliminar não será necessária quando a umidade relativa especificada for inferior a 40%.

7. Relatório de teste

O relatório dos testes de queda, compressão, vibração e outros testes, aplicados em cargas embaladas preparadas segundo esta norma, deverá conter seguintes itens:

- a) Número de MELCIS.
- b) Condição de temperatura e umidade adotada na preparação (veja Tabela 1) e o tempo dedicado à preparação.
- c) Temperatura e umidade relativa do local de teste, medidas durante o ensaio.

6.3.3.3 Cargas embaladas e embalagens – Métodos de teste de compressão

1. Âmbito de aplicação

Esta norma estabelece os métodos de teste de compressão, empregando aparelhos de compressão para teste, para cargas embaladas e embalagens de metal, madeira, papelão, chapa de papel, plástico e outros materiais, ou de materiais fabricados pela combinação destes.

Obs.: 1. Esses métodos são indicados para testar a resistência de cargas embaladas e embalagens sujeitas à compressão de empilhamento durante o processo de circulação do produto, bem como, para testar a resistência à compressão gerada no manuseio do produto, utilizando garfos de prensagem lateral.

2. As unidades e os números indicados entre { }, na norma, são unidades convencionais, mencionados como referência.

2. Normas utilizadas

As normas a seguir, utilizadas nesta norma, passarão a fazer parte dela e serão adotadas suas versões atualizadas.

MERCIS E 001 Procedimento de codificação de embalagens ensaiadas.

MERCIS E 002 Preparação para ensaio de carga embalada.

3. Aparato

3.1 Aparelho de teste de compressão

O aparelho de teste de compressão deverá atender a seguintes condições:

- a) As placas de compressão deverão ter tamanho suficiente para suportar o produto ensaiado.
- b) A velocidade de compressão deverá ser 10 ± 3 mm por segundo. Entretanto, para produtos ensaiados de rigidez especialmente elevada, a velocidade deverá ser mais branda.
- c) É desejável que o aparelho seja calibrado uma vez por ano, por meio de procedimento adequado.

3.2 Dispositivo de registro

O dispositivo de registro deverá ter capacidade para exibir a carga aplicada e o deslocamento da placa de compressão. A precisão do aparelho deverá ser $\pm 2\%$, para carga aplicada máxima e, ± 1 mm, para deslocamento máximo da placa de compressão.

3.3 Instrumentos de medição de dimensões

Os instrumentos que medem as dimensões da embalagem deverão ter precisão de $\pm 1\text{mm}$.

4. Produto ensaiado

Os requisitos são:

- a) A codificação de produtos ensaiados segue a norma MERCIS E 001.
Embalagens diferentes de retangular e cilíndrica deverão ser codificadas de uma forma adequada, em conformidade com a norma acima mencionada.
- b) A quantidade recomendada para produto ensaiado é igual ou superior a 3, para métodos de teste A e B e, igual ou superior a 5, para método C.
- c) Pelo método C, será ensaiada uma embalagem vazia e, nos métodos A e B, a embalagem ensaiada deverá conter o produto real ou um conteúdo que se assemelhe ao produto real. A embalagem do produto ensaiado deverá ter as mesmas características da embalagem utilizada para expedição de carga e, de acordo com a necessidade, a embalagem deverá ser vedada, fechada e amarrada, ou outros procedimentos.
- d) Para produtos ensaiados acondicionados em caixa de papelão ou caixa de fibra com abas, a caixa deverá ser montada e fechada com fita ou outro material de fechamento. Quando a aba é dobrada para fora, a dobra deverá ser inferior a 90° .
- e) Antes do teste, o produto ensaiado deverá ser pesado e ter suas dimensões externas medidas.

5. Preparação

Antes do ensaio, o produto ensaiado deverá ser preparado conforme norma MERCIS E 002. A condição de temperatura e umidade de preparação deverá ser estabelecida de acordo com o objetivo do ensaio.

Efetue a imersão em água ou pulverização de água, conforme a necessidade.

6. Métodos de ensaio

6.1 Método A

Trata-se de teste de compressão de cargas embaladas, principalmente para verificar as avarias do conteúdo embalado causadas pela carga de compressão.

6.2 Método B

É o teste de compressão de cargas embaladas, principalmente para verificar as avarias do conteúdo embalado causadas pela carga de compressão lateral gerada pelos garfos de prensagem lateral.

6.3 Método C

Executa o teste de compressão de embalagens vazias, para avaliar a resistência à compressão da embalagem em si.

6.4 Procedimento

6.4.1 Teste de compressão vertical (métodos A e C)

Segue o procedimento dos métodos de teste de 6.1 e 6.3:

- Aplique a compressão face contra face.
- Coloque o produto ensaiado precisamente ao centro da placa de compressão, para que não receba carga desequilibrada.
- Para o Método A, considere o ponto de origem para medir o volume de compressão o ponto adicionado de carga inicial especificada na **Tabela 1**.

Tabela 1 Unidade de carga inicial

| Limite de aplicação de carga | Carga inicial |
|--|---------------|
| entre 100{ 10} e menor que 200{ 20} | 10{ 1.0} |
| entre 200{ 20} e menor que 1.000{ 102} | 25{ 2.6} |
| entre 1.000{ 102} e menor que 2.000{ 204} | 100{ 10.2} |
| entre 2.000{ 204} e menor que 10.000{ 1020} | 250{ 25.5} |
| entre 10.000{1 020} e menor que 20.000{ 2041} | 1.000{102 } |
| entre 20.000{2 041} e menor que 100.000{10204} | 2.500{255 } |

- No Método C, quando a amostra de teste é uma caixa de papelão, considere os seguintes pontos de origem para medir o volume de compressão: o ponto adicionado de 196N {20kgf}, para caixa de papelão corrugado dupla face e, ponto adicionado de 392N {40kgf}, para caixa de papelão multicapa corrugado de dupla face. A carga inicial de outros produtos ensaiados deverá ser definida entre as partes.
- Aplique a carga de compressão na velocidade especificada, continuamente, até atingir uma das situações descritas a seguir. Observe a carga de compressão e o volume de compressão, por meio do registrador próprio ou auxiliar e anote o estado da avaria.
 - Atingiu a carga máxima.
 - Atingiu a deformação prevista.
 - Desestruturou a carga embalada ou a embalagem, e pode ser vista internamente.

- 4) Atingiu a quebra prevista.
 5) Atingiu a carga prevista.
 f) Para Método A, calcule a carga que deverá ser escolhida para carga prevista, por meio da seguinte equação:

$$F = 9.8 \times K \times M \times (N - 1)$$

Onde, F: carga (N)

K: coeficiente de carga (pela Tabela 2)

n: empilhamento máximo

M: peso total do produto ensaiado (kg)

Tabela 2 Coeficiente de carga

| Classe por carga | Classe por permeabilidade da embalagem | | |
|---|--|---|--|
| | Quando não é necessário considerar pela ausência de risco de a embalagem externa absorver a umidade. | Quando a embalagem externa apresenta risco de absorver a umidade. | Quando a embalagem externa apresenta alto risco de absorver a umidade ou quando o conteúdo embalado é líquido. |
| Quando apenas a embalagem externa, como papelão, suporta a carga. | 4 | 5 | 7 |
| Quando conteúdo embalado, acolchoamento, embalagens interna e externa combinados suportam a carga. | 2 | 3 | 4 |
| Quando o conteúdo embalado e a embalagem interna suportam a carga, sem a necessidade da embalagem externa suportá-la. | 1 | 1 | 1 |

6.4.2 Teste de compressão horizontal (Método B)

Efetue o teste do 6.2 segundo procedimento a seguir:

- a) Para produtos que tenham a indicação da posição de pega e/ou a proibição de uso de prendedores no manuseio, aplique a carga, alinhando o eixo perpendicular da placa de compressão à direção indicada no produto. Para produtos sem nenhuma indicação, aplique a carga nas duas direções: frente e atrás, esquerda e direita.
- b) Aplique a carga face contra face.
- c) Coloque o produto ensaiado ao centro da placa de compressão, para que não receba carga desequilibrada.
- d) Aplique a carga de compressão na velocidade especificada, continuamente, até atingir uma das situações descritas a seguir. Observe a carga de compressão e o volume de compressão, por meio do registrador próprio ou auxiliar e anote o estado da avaria.
- 1) Atingiu a carga máxima.
 - 2) Atingiu a deformação prevista.

- 3) Desestruturou a carga embalada ou a embalagem, e pode ser vista internamente.
- 4) Atingiu a quebra prevista.
- 5) Atingiu a carga prevista.

7. Relatório de teste

No relatório de teste, mencione os seguintes itens:

- a) Para carga embalada, especificações do conteúdo embalado (nome, tipo, peso e, para produtos similares, mencione detalhes)
- b) Peso, dimensão, material, estrutura e método de embalagem do produto ensaiado.
- c) Quantidade de produto ensaiado.
- d) Modelo e capacidade do aparelho de teste utilizado.
- e) Métodos de teste empregado (por método, direção de compressão, formato da placa auxiliar inserida entre a placa de compressão e o produto ensaiado, posição do produto ensaiado durante o teste, diferenças apresentadas em relação aos itens especificados na norma, fixação ou não de abas internas, etc.)
- f) Condições adicionadas ao produto ensaiado antes do teste.
- g) Registro do resultado do teste [carga máxima de compressão $N\{kgf\}$, ponto de medição, tempo decorrido e variação do volume de compressão (mm) correspondente a esse tempo, existência ou não de deformação, dano e seu estado].
- h) Data do teste, temperatura e umidade relativa.
- i) Observação geral sobre o resultado do teste.
- j) Assinatura do executante do teste.
- k) Outros itens dignos de nota.

Exemplo: Teor de água do produto ensaiado, quando necessário, para embalagens de madeira ou papel.

Anexo (da norma) Teste de carga de empilhamento

1. Âmbito de aplicação: O presente anexo estabelece sobre o método do teste de compressão, com aplicação de carga estática de empilhamento sobre carga embalada por tempo determinado.

2. Aparato: Segue os seguintes requisitos:

- a) Além de atender os requisitos da norma principal, o aparelho de teste de compressão deverá atender as condições descritas a seguir.
- b) Deverá permitir a aplicação da carga determinada durante o tempo especificado.
- c) A variação da carga especificada deve ser $\pm 4\%$.
- d) Para manter a carga especificada, a placa de compressão não deve gerar movimento relativo

acima do necessário.

- e) Além de atender os requisitos da norma principal, o dispositivo registrador deverá ser capaz de registrar a carga aplicada e o deslocamento da placa de compressão durante o tempo especificado.

3. Método de teste:

Segue o seguinte procedimento:

- a) Coloque o produto ensaiado precisamente ao centro da placa de compressão, para não receber carga desequilibrada.
- b) Considere ponto de origem para medição do volume de compressão o ponto adicionado da carga inicial, especificada na Tabela 1 da norma principal, e depois, aplique a carga especificada.
- c) Com a finalidade de verificar o efeito da compressão sob condição específica de carga (1), poderá inserir, de acordo com a necessidade, uma placa auxiliar de configuração determinada, entre a placa de compressão e o produto ensaiado.

Nota ⁽¹⁾ Condição específica de carga significa, por exemplo, a utilização do *pallet* de face única como placa auxiliar para verificar o efeito da compressão aplicada pelo deque da face inferior.

4. Relatório de teste:

No relatório de teste, mencione os seguintes itens:

- a) Para carga embalada, especificações do conteúdo embalado (nome, tipo, peso e para produtos similares, mencione detalhes)
- b) Peso, dimensão, material, estrutura e método de embalagem do produto ensaiado.
- c) Teor de água do produto ensaiado (quando houver necessidade, para embalagens de madeira ou papel)
- d) Quantidade de produto ensaiado.
- e) Modelo e capacidade do aparelho de teste utilizado.
- f) Método de teste empregado (por método, direção de compressão, formato da placa auxiliar inserida entre a placa de compressão e o produto ensaiado, posição do produto ensaiado durante o teste, diferenças apresentadas em relação aos itens especificados na norma, fixação ou não de abas internas, etc.)
- g) Condições adicionadas ao produto ensaiado antes do teste.
- h) Registro do resultado do teste [carga máxima de compressão N{kgf}, ponto de medição, tempo decorrido e variação do volume de compressão (mm) correspondente a esse tempo, existência ou não de deformação, dano e seu estado].
- i) Data do teste, temperatura e umidade relativa.
- j) Observação geral sobre o resultado do teste.
- k) Assinatura do executante do teste.
- l) Outros itens dignos de nota.

Esclarecimentos sobre “Métodos de teste de compressão de cargas embaladas” (proposta)

1. Introdução

Esta norma estabelece os métodos de teste para verificar se as cargas embaladas transportadas dentro do Mercosul apresentam a resistência necessária para suportar a carga de empilhamento ou dos garfos de prensagem lateral, na transferência e armazenamento do produto.

A norma foi elaborada tendo como referência principalmente os textos da JIS Z 0212 e Z 0200⁽³⁾.

2. Do aparato de teste de compressão

O mecanismo do aparelho de teste de compressão consiste na aproximação mecânica de duas placas de compressão rígidas, superior e inferior, dispostas paralelamente, que aplicam, a certa velocidade, uma carga sobre o produto ensaiado colocado entre elas. A estrutura de fixação da placa superior é a suspensão do ponto central da placa e estão disponíveis no mercado modelos com dois tipos de estrutura para a essa placa: o modelo que permite girar a placa superior tendo como centro de rotação o ponto de suspensão, e o modelo com os quatro cantos da placa presos na guia, movimentando sempre paralelamente à placa inferior.

O aparelho com a placa superior de suspensão central é indicado para medir a resistência do canto mais fraco entre os quatro cantos da caixa testada, pela possibilidade de inclinar a placa superior, ao passo que o modelo de placa superior guiada que movimenta sempre paralelamente à placa inferior, mantendo a velocidade constante nos quatro cantos da placa, é indicado para medir a resistência do canto mais alto, dentre os quatro cantos da caixa testada. Por essa razão, o resultado do teste poderá apresentar ligeiras diferenças dependendo do modelo do aparelho utilizado.

Para os ensaios dessa norma, poderá ser utilizado qualquer um dos dois modelos disponíveis. Entretanto, para sua identificação, é necessário mencionar no relatório de teste o modelo do aparelho utilizado.

3. Dos dispositivos de medição

A norma estabelece que os medidores e registradores devem permitir a medição e registro da carga aplicada e do deslocamento da placa de compressão, e ainda, que a margem de erro seja

de $\pm 2\%$ para carga máxima aplicada e de $\pm 1\text{mm}$, para deslocamento máximo da placa de compressão. Essa faixa de precisão é facilmente alcançada pela utilização correta de medidores comuns. Nos aparelhos de teste com placa de compressão de suspensão central, a medição do deslocamento não será precisa, se o ponto de medição estiver fora do centro da placa de compressão, sendo, portanto, importante localizar o ponto de medição no centro da placa.

4. Do teste de compressão vertical (Método A)

O teste de compressão vertical (Método A) verifica os danos do conteúdo embalado pela aplicação de carga de compressão. O teste é executado com a carga embalada contendo o produto. Portanto, nesse teste, é necessário que o produto ensaiado esteja nas mesmas condições da carga embalada expedida para comercialização, incluindo amarras ou selagens. Quando a carga em questão é paletizada, é desejável realizar o teste com os *pallets*, um sob e outro sobre, para reproduzir a situação real.

A velocidade de compressão estabelecida na norma é $10\pm 3\text{mm}$ por segundo. Entretanto, quando o produto ensaiado apresenta alta rigidez, é preciso reduzir a velocidade de compressão para o tempo de teste não ficar demasiadamente curto.

5. Do teste de compressão horizontal (Método B)

Uma das características de carga e descarga de produtos no Mercosul é o uso freqüente de garfos com prensagem lateral. Na carga e descarga com esse tipo de garfo, é utilizada uma grande pressão lateral para evitar o escorregamento da carga embalada. Em especial, nas cargas de médio porte, a transferência de carga se dá prendendo algumas pilhas e filas de uma só vez. Nessa situação, a carga aplicada está acima da necessidade, justamente para evitar a queda do produto carregado, situado no centro da fila de baixo, o que pode danificar a carga transportada.

O teste de compressão horizontal é um ensaio para verificar se a carga embalada suporta forças horizontais assim aplicadas. Portanto, nesse teste, é necessário que a amostra de teste esteja nas mesmas condições da carga embalada expedida para comercialização, incluindo amarras ou selagens.

Uma vez que o aparelho de teste de compressão aplica apenas cargas verticais, o teste de força lateral deverá ser executado com a carga embalada deitada.

Quando o tamanho do produto ensaiado é médio, poderão ser providenciadas algumas unidades para simular a situação real de carga e descarga, colocando sob e sobre esses produtos chapas do mesmo tamanho dos garfos de prensagem lateral utilizados na transferência de carga. Esse procedimento permite verificar o comportamento da carga

embalada em situação mais próxima da real.

6. Do teste de compressão vertical (Método C)

Esse ensaio é realizado utilizando apenas a embalagem, vazia, por ser um teste para observar as características da embalagem em si, quanto a sua resistência à compressão. Geralmente esse teste é realizado quando a embalagem externa é caixa de papelão. Sendo a amostra uma caixa de papelão, é desejável que o teste seja executado, colocando o aparelho de compressão sob as mesmas condições do ambiente de preparação.

7. Do teste de carga de empilhamento

Esse teste é realizado para verificar a resistência de cargas embaladas sujeitas a longo período de armazenamento. Para esse teste, o uso de pesos na aplicação da carga é muito mais real do que utilizar aparelhos de compressão.

A medição da deformação da embalagem deve ser efetuada pelo menos em dois pontos diametralmente opostos e, se houver possibilidade, é desejável medir todos os cantos da embalagem.

6.3.3.4 Métodos de teste de queda de cargas embaladas (proposta)

1. Âmbito de aplicação

A presente norma estabelece os métodos de teste de queda para cargas embaladas em embalagens de metal, madeira, papelão e chapa de papel, plásticos e outros materiais e materiais combinados destes.

2. Normas utilizadas

As normas relacionadas a seguir estão aqui integradas por terem sido utilizadas. As normas com menção de ano de emissão são as versões utilizadas e incorporadas na presente norma. As versões de anos subseqüentes e complementações não foram consideradas. Para normas sem menção de ano de emissão, foi adotada a última versão (inclusive complementações).

Paralelamente, as normas utilizadas diferentes da Norma Mercosul tiveram o mesmo tratamento acima.

As normas utilizadas na presente norma são:

- ① MERCIS E 001 “Codificação de cargas embaladas”
- ② MERCIS E 002 “Preparação”

3. Terminologia

Seguem as definições da terminologia empregada na norma.

(1) Altura de queda

Para teste de queda com dispositivo de queda livre, é a menor distância entre o extremo inferior do produto ensaiado e a superfície de queda. Para teste de queda com uma aresta apoiada, é a menor distância entre a aresta do produto ensaiado mais afastada do apoio e a superfície de queda. Para teste de queda com dispositivo de teste de impacto, é a distância entre a face inferior da mesa de impacto e o dispositivo gerador de impacto. (Veja figuras anexas 1, 2 e 3.)

(2) Variação de velocidade

É a soma dos valores absolutos de velocidade de impacto e de velocidade de rebote. Corresponde à área do pulso de impacto.

4. Preparação

Antes do ensaio, o produto ensaiado deverá ser preparado conforme procedimento previsto na MERCIS E 002. A condição de temperatura e umidade deverá ser definida de acordo com o objetivo do ensaio. Conforme a necessidade, proceda a imersão em água ou pulverização de água. Outras condições especiais poderão ser estabelecidas, desde que haja acordo entre as partes.

5. Produto ensaiado

Segue seguintes requisitos:

(a) O conteúdo embalado do produto ensaiado deverá ser produto real. Entretanto, quando a dimensão, o peso, o centro de gravidade e as propriedades físicas são considerados equivalentes, poderá ser utilizado um produto ensaiado com carga falsa em substituição ao conteúdo real. Nos dois casos, o acondicionamento deverá ser igual ao da carga embalada real, destinada ao transporte, procedendo a selagem, amarração, vedação ou outros tipos de fechamento utilizados na embalagem real.

(b) A codificação do produto ensaiado segue a MERCIS E 001.

(c) A quantidade desejável de produto ensaiado é acima de 3.

6. Aparato de ensaio

6.1 O dispositivo de teste de queda deverá atender seguintes requisitos (veja Figura Anexa 1):

(1) Permitir a manutenção do produto ensaiado na posição designada para aplicação correta da queda ou impacto.

(2) Permitir o ajuste da altura de queda especificada de modo preciso e fácil.

(3) Proporcionar fácil manuseio e suspensão do produto ensaiado.

(4) Ter um dispositivo elevador que suba e desça o produto ensaiado sem danificá-lo.

(5) A superfície de queda deverá satisfazer seguintes condições:

(a) O peso dos elementos que compõem a superfície de queda deverá ser superior a 50 vezes do peso do produto ensaiado.

(b) Em qualquer ponto da superfície, o desnível deverá ser inferior a 2mm.

- (c) Em qualquer ponto da superfície, não deverá ocorrer deformação acima de 0,1mm quando submetida a uma carga estática de $98N\{10kgf\}/100mm^2$.
- (d) Deverá ter área suficiente para acomodar plenamente a queda do produto ensaiado.
- (e) A superfície de queda deverá ser construída com materiais resistentes, como concreto, pedra, aço e outros.

6.2 O dispositivo de teste de queda com uma aresta apoiada deverá atender os seguintes requisitos:

- (1) Permitir a manutenção do produto ensaiado na posição designada para aplicação correta da queda ou impacto.
- (2) Permitir o ajuste da altura de queda especificada de modo preciso e fácil.
- (3) Proporcionar fácil manuseio e suspensão do produto ensaiado.
- (4) Ter um dispositivo elevador que suba e desça o produto ensaiado sem danificá-lo.
- (5) A superfície de queda deverá satisfazer seguintes condições:
 - (a) O peso dos elementos que compõem a superfície de queda deverá ser superior a 50 vezes do peso do produto ensaiado.
 - (b) Em qualquer ponto da superfície, o desnível deverá ser inferior a 2mm.
 - (c) Em qualquer ponto da superfície, não deverá ocorrer deformação acima de 0,1mm quando submetida a uma carga estática de $98N\{10kgf\}/100mm^2$.
 - (d) Deverá ter área suficiente para acomodar plenamente a queda do produto ensaiado.
 - (e) A superfície de queda deverá ser construída com materiais resistentes, como concreto, pedra, aço e outros.

6.3 O dispositivo de teste de impacto deverá atender seguintes requisitos (veja Figura Anexa 2):

- (1) A estrutura principal do dispositivo de teste de impacto deverá estar em conformidade com a ISO 8568.
- (2) A mesa de impacto que fixa o produto ensaiado deverá ter rigidez suficiente e estar presa por guias para permanecer em posição horizontal durante o ensaio e evitar deslocamentos diferentes da direção de queda.

- (3) É desejável, que o pulso de impacto gerado na mesa de impacto seja $\frac{1}{2}$ onda senoidal e, que o tempo de ação do pulso de impacto seja inferior a 3ms.
- (4) Ter facilidade e precisão de ajuste de altura de queda que permita gerar a variação de velocidade designada e a capacidade de reproduzir essa variação de velocidade deverá ser $\pm 5\%$.
- (5) A mesa de impacto deverá ser capaz de evitar impactos secundários depois da geração do pulso de impacto necessário.
- (6) A mesa de impacto deverá ter uma estrutura que permita fixar acessórios para manter o produto ensaiado na posição de queda.
- (7) Dispor de medidores e registradores de aceleração que satisfaçam seguintes condições:
 - (a) A faixa de frequência mensurável deverá situar-se entre limite inferior abaixo de 1Hz e limite superior acima de 500Hz.
 - (b) O erro de medição em toda faixa de frequência citada deverá ser inferior a 4%.
 - (c) É desejável que tenha capacidade para medir um total de quatro canais ou mais, para possibilitar a medição das características de componentes frágeis do produto, além das ondas de aceleração detectadas na mesa de impacto.
 - (d) A faixa de aceleração mensurável máxima deverá ser $5.880\text{m/s}^2\{600\text{G}\}$.
 - (e) Deverá exibir a variação de velocidade gerada na mesa de impacto.

7. Métodos de ensaio

7.1 Ambiente de teste

Na medida do possível, o ambiente de teste deverá ser igual ao ambiente de preparação.

7.2 Escolha do método de teste

O método de ensaio deverá ser escolhido de acordo com o peso e a carga do produto ensaiado, dentre as seguintes opções:

- (1) Teste de queda: realizado com um dispositivo de teste de queda livre, é indicado para carga embalada de peso total abaixo de 100kg.
- (2) Teste de queda com uma aresta apoiada: é indicado para carga embalada de peso total acima de 100kg. Esse teste poderá ser realizado para cargas mais leves, desde que seu peso total exceda 50kg.

- (3) Teste de queda com dispositivo de teste de impacto: para cargas embaladas de peso inferior a 100kg, e quando houver disponibilidade para usar o aparelho de teste de impacto, é desejável aplicar esse teste.

7.3 Procedimento de teste

Execute o método de teste escolhido no 7.2.

7.3.1 Teste de queda com dispositivo de teste de queda livre (Método A)

(1) Posição de queda:

- (a) Para posição de queda pela face, a horizontalidade do produto ensaiado deverá ser inferior a 2 graus. É desejável que a horizontalidade no momento do impacto com a superfície de queda também seja de 2 graus.
- (b) Para queda pela aresta e queda pelo canto, a linha de gravidade do centro de gravidade do produto ensaiado deverá passar pela aresta ou canto submetido ao impacto. Para queda pela aresta, a horizontalidade da aresta na posição de queda deverá ser inferior a 2 graus.

(2) Altura de queda: Estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio. A tolerância para altura deverá ser $\pm 2\%$ ou $\pm 10\text{mm}$, escolhendo o maior.

(3) Região submetida à queda e quantidade de queda: Estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio.

(4) Não toque no produto ensaiado depois da queda, até sua completa imobilização.

7.3.2 Teste de queda com uma aresta apoiada (Método B)

(1) Posição de queda: Conforme mostra a Figura Anexa 3, apóie a aresta (aresta 3-5 ou 3-6), oposta à aresta submetida ao impacto, sobre uma base de 15cm de altura e efetue a queda pela aresta submetida ao impacto (aresta 3-6 ou 3-5).

(2) Altura de queda: Estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio. A tolerância para altura deverá ser $\pm 2\%$ ou $\pm 10\text{mm}$, escolhendo o maior.

(3) Quantidade de queda: Estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio.

7.3.3 Teste de queda com dispositivo de teste de impacto (Método C)

(1) Posição de queda:

- (a) Coloque a face do produto ensaiado submetida ao impacto voltada para a mesa de impacto.
- (b) Posicione o produto ensaiado submetido à queda pela aresta ou canto, utilizando acessórios que mantenham-no na posição de queda sobre a mesa de impacto, de tal forma que a linha de gravidade do centro de gravidade do produto ensaiado passe pela aresta ou canto submetido à queda.

(2) Fixação do produto ensaiado: imobilize levemente o produto ensaiado com chapa ou rede para evitar a geração do efeito de impacto secundário no produto ensaiado, proveniente do rebote de mesa de impacto.

(3) Tempo de ação do pulso de impacto: é desejável que seja inferior a 3ms.

(4) Variação de velocidade: estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio.

(5) Região submetida à queda e quantidade de queda: estabeleça de acordo com o objetivo do ensaio.

(6) Instale o sensor de aceleração para medir a onda de aceleração gerada na mesa de impacto. Posicione-o mais perto possível do produto ensaiado.

(7) Registre todos os dados de onda de aceleração gerada no momento do impacto.

8. Relatório de teste:

Mencione os seguintes itens:

- (1) Especificação do conteúdo embalado (nome, tipo, peso, etc.)
- (2) Peso, volume, dimensão, material, estrutura e tipo de embalagem do produto ensaiado.
- (3) Quantidade de produto ensaiado.
- (4) Modelo e especificação do dispositivo de teste utilizado.
- (5) Métodos de teste aplicados e condições adotadas (especificar por método a região submetida à queda, altura de queda, variação de velocidade, quantidade de queda, etc.)
- (6) Condições adicionadas ao produto ensaiado antes do teste.
- (7) Registro do resultado de teste (existência ou não de deformação, dano e outras avarias e seu estado)

- (8) Data do ensaio, temperatura e umidade da sala de teste.
- (9) Observações gerais sobre o resultado do teste.
- (10) Outros itens dignos de nota.

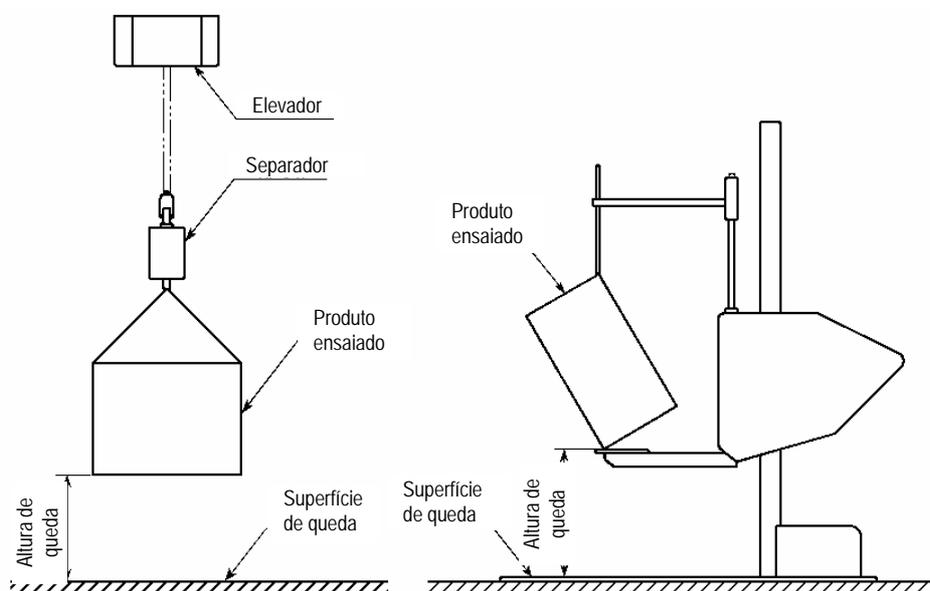


Figura Anexa 1 Exemplo de dispositivo para teste de queda livre

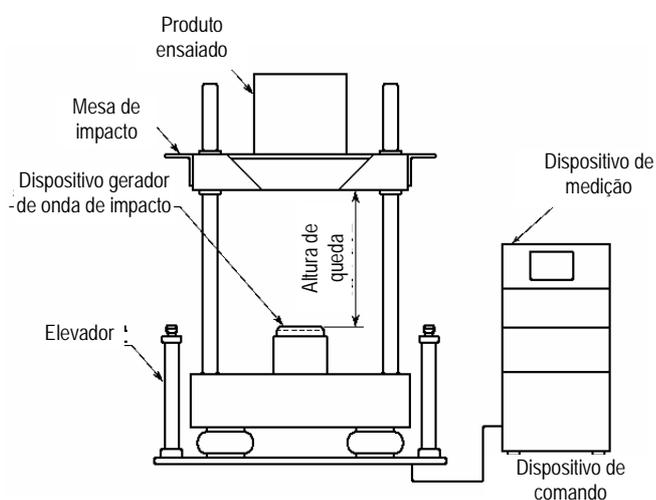


Figura Anexa 2 Exemplo de dispositivo para teste de impacto

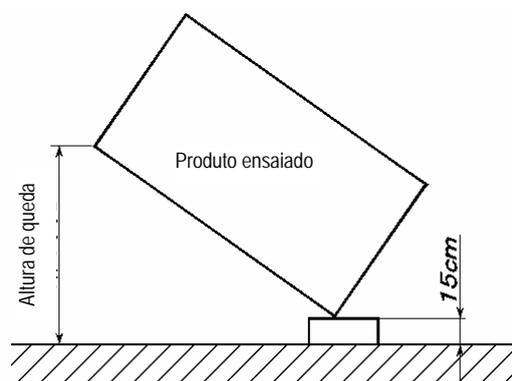


Figura Anexa 3 Método de teste de queda com uma aresta apoiada

Anexo 1 (referência) Condições para teste de queda

1. Esclarecimentos iniciais

O presente anexo é complemento de assuntos relacionados ao texto principal da norma e não faz parte dela. Entretanto, aos usuários da norma que não dispõem de dados reais de teste de transporte, a realização dos ensaios citados na norma, segundo conteúdo descrito nesse anexo, possibilitará avaliar a capacidade de proteção das embalagens contra impactos a que os produtos embalados estão sujeitos, em situação real de manuseio e transporte.

2. Método de execução do ensaio

Execute o teste, aplicando a queda na seqüência indicada no Anexo1 Tabela 1, da altura indicada no Anexo 1 Tabela 2.

2.1 Estabeleça condições para região submetida à queda, altura de queda, seqüência de queda e quantidade de queda, de acordo com o objetivo do ensaio. Quando não dispuser de critérios claros para definir essas condições, siga os seguintes critérios:

2.1.1 Teste de queda livre (Método A)

Utilize como base de definição da região submetida à queda e da seqüência de queda o Anexo 1 Tabela 1.

Adote seguinte regra básica para quantidade de queda: 1 queda por região submetida à queda.

Anexo 1 Tabela 1 Seqüência de queda para teste de queda livre

| Seqüência de queda | Região submetida à queda | Observações |
|--------------------|--------------------------|--|
| 1 | Canto 2-3-6 | Para teste com mais de um produto ensaiado, a região submetida à queda do produto ensaiado de numeração "par" será: Canto 3 – 4 – 5. |
| 2 | Aresta 2-3 | Para teste com mais de um produto ensaiado, a região submetida à queda do produto ensaiado de numeração "par" será: Aresta 3 – 4. |
| 3 | Aresta 3-6 | Para teste com mais de um produto ensaiado, a região submetida à queda do produto ensaiado de numeração "par" será: Aresta 3 – 5. |
| 4 | Aresta 2-3 | Para teste com mais de um produto ensaiado, a região submetida à queda do produto ensaiado de numeração "par" será: Aresta 4 – 5. |
| 5 | Todas as 6 faces | Não há seqüência especialmente definida. |

Nota: Mediante acordo entre partes, poderá alterar a seqüência de queda ou suprimir a queda pelo determinado ponto.

Anexo 1 Tabela 2 Altura de queda para teste de queda livre

| Peso do produto embalado (kg) | Altura de queda | | |
|-------------------------------|-----------------|-------|-------|
| | Nível | Nível | Nível |
| Menos de 10 | 80 | 70 | 60 |
| 10 a menos de 20 | 70 | 60 | 50 |
| 20 a menos de 50 | 55 | 45 | 35 |
| 50 a menos de 70 | 40 | 30 | 20 |
| Mais de 70 | 30 | 25 | 20 |

Nota: A altura de queda baseia-se em: “mesma altura para todas direções”

Mediante acordo entre partes, poderá alterar a altura de queda para parte da região submetida à queda.

2.1.2 Teste de queda com uma aresta apoiada.

A altura de queda para teste de queda com uma aresta apoiada segue o Anexo1 Tabela 3.

Anexo 1 Tabela 3 Altura de queda para teste de queda com uma aresta apoiada

| Peso do produto embalado (kg) | Altura de queda (cm) | | |
|-------------------------------|----------------------|-------|-------|
| | Nível | Nível | Nível |
| 50 a menos de 200 | 30 | 25 | 20 |
| 200 a menos de 500 | 25 | 20 | 15 |
| Mais de 500 | 20 | 20 | 15 |

2.1.3 Teste de queda com dispositivo de teste de impacto

Para o teste de queda com dispositivo de teste de impacto, a variação da velocidade aplicada ao produto ensaiado segue o Anexo 1 Tabela 4.

Anexo1 Tabela 4 Variação de velocidade

| Peso do produto embalado (kg) | Variação de velocidade (m/s) | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------|-------|
| | Nível | Nível | Nível |
| Menos de 10 | 3,96 | 3,70 | 3,43 |
| 10 a menos de 20 | 3,70 | 3,43 | 3,13 |
| 20 a menos de 50 | 3,28 | 2,97 | 2,62 |
| 50 a menos de 70 | 2,80 | 2,42 | 1,98 |

Explicações sobre “Métodos de teste de queda de cargas embaladas” (proposta)

1. Esclarecimentos iniciais

A norma estabelece sobre métodos de ensaio que têm por objetivo confirmar se as cargas embaladas transportadas dentro do bloco Mercosul possuem ou não a resistência necessária para suportar os impactos

A norma de ensaio foi elaborada tendo como referência as normas de teste de vibração da ISO e JIS. Entretanto, na elaboração das condições de teste citadas no Anexo 1, outras referências foram utilizadas, que são: resultados da medição de impacto de manuseio realizada com a cooperação da JICA entre 2005 e 2006; ISO 4180, JIS Z 0200 e NF H00-051; e normas de teste de embalagem de produtos exportados das empresas em operação no Japão.

A elaboração da norma baseou-se principalmente nas citações da JIS Z 0202 e Z 0200⁽³⁾.

2. Do teste de queda livre

- (1) O teste de queda livre é um ensaio para reproduzir os impactos que supostamente a carga embalada unitária durante seu manuseio. Em consequência disso, o teste é realizado, por princípio, utilizando um único produto ensaiado. Entretanto, quando vários produtos embalados formam corpo único, reunidos por meio de amarra ou outros meios, o teste poderá ser realizado para esse conjunto de corpo único.
- (2) Para ajuste de ângulo de queda do produto ensaiado na queda pela face, o desejável seria obter uma horizontalidade inferior a 1o no momento de impacto com a superfície de queda. Entretanto, a realidade mostra que é bastante trabalhoso conseguir esse valor, razão pela qual, foi estabelecida para condição de teste a horizontalidade inferior a 2o.
- (3) Para queda pela aresta ou canto, são adotados dois métodos: o método que mantém o produto ensaiado na posição tal que o centro de gravidade fique na prumada acima da aresta ou canto que se chocará com a superfície de queda e o método que mantém o produto ensaiado na posição tal que a aresta oposta ou canto oposto, da aresta ou canto que se chocará com a superfície de queda, fique na prumada acima da aresta ou canto que se chocará com a superfície de queda (método usualmente denominado de queda pela aresta oposta ou queda pelo canto oposto).

Na norma, foi adotado o procedimento de posicionar o centro de gravidade do produto ensaiado na prumada acima da aresta ou o canto submetido à queda, por ser uma situação mais severa para cargas embaladas. Ao realizar o teste dessa forma e, desde que o ajuste da direção de queda esteja correto no momento em que o produto ensaiado cai e se choca com a superfície de queda, o produto ensaiado ficará de pé e imobilizado, o que permite confirmar que o posicionamento para queda estava correto.

- (4) Nos testes de queda pela aresta ou canto, podem ocorrer situações em que, depois de realizada a queda, o executante do teste segure o produto ensaiado, antes que o produto tombe para evitar o impacto de tombamento indesejado, para submeter o produto ensaiado apenas ao impacto de queda, que é o principal objetivo do teste. Entretanto, no manuseio real, dentro do processo de logística, geralmente não há tempo viável para evitar o tombamento antes da parada completa da carga. Em razão disso, foi mencionado na norma o procedimento de não tocar no produto ensaiado até completa imobilização.

3. Do teste de queda com uma aresta apoiada

- (1) O teste de queda com uma aresta apoiada é um teste que reproduz os impactos supostamente sofridos pelas cargas ao serem manuseadas. A carga considerada para esse teste é produtos embalados paletizados com aplicação de shrink formando corpo único, ou produtos de grande porte, como refrigeradores industriais e outros.
- (2) Para o dispositivo de içamento desse teste, a regra é utilizar o elevador empregado no teste de queda livre, porém, o uso de empilhadeira é permitido.

4. Do teste de queda com dispositivo de teste de impacto

- (1) O teste de queda com dispositivo de teste de impacto foi idealizado para ser um método alternativo ao teste de queda livre. Sua facilidade de ajustar a posição de queda e boa reprodução da situação de queda vem ganhando reconhecimento e, atualmente, o teste de queda pelo impacto está se tornando corrente principal.
- (2) A maior diferença entre o teste de queda livre e teste de queda com dispositivo de impacto é a geração de impactos secundários. No teste de queda livre, com queda pela aresta ou canto, são gerados impactos secundários no tombamento do produto

ensaiado depois da queda, o que não ocorre no teste de queda realizado com dispositivo de impacto.

- (3) Para teste de queda com dispositivo de teste de impacto, verifique o valor de impacto e a variação de velocidade a cada aplicação do impacto. Quando os valores verificados estiverem fora do limite especificado, cancele o teste e reinicie.
- (4) Para medição da aceleração, recomenda-se registrar as ondas de aceleração sem usar o filtro de baixa passagem. Basta utilizar esse tipo de filtro no momento de analisar as ondas.
- (5) É desejável que a frequência do filtro de baixa passagem seja no mínimo superior a 200Hz. A utilização de filtros abaixo dessa frequência reduzirá a definição das ondas, não permitindo a medição correta da aceleração.

5. Dos dados básicos para estabelecimento de condições de ensaio

As condições de teste para teste de queda livre foram estabelecidas baseando-se, além dos dados de altura de queda calculados a partir dos dados obtidos no teste de transporte, na ISO 4180, JIS Z 0200 e NF H00-051, e nas normas de teste de embalagem dos produtos exportados pelas empresas do Japão. Para o bloco do Mercosul, os dados reais de altura de queda ocorrida no manuseio foram obtidos apenas para cargas embaladas de peso abaixo de 10kg e cargas de peso entre 70kg e menos de 100kg. Em razão disso, os valores da norma foram estabelecidos utilizando como referência normas oficiais diversas. Conseqüentemente, para definição das condições de teste, é necessário compreender que as alturas de queda aqui indicadas são apenas valores de referência.

6. Gráficos de peso da embalagem e condições de teste de queda

6.1 Teste de queda livre

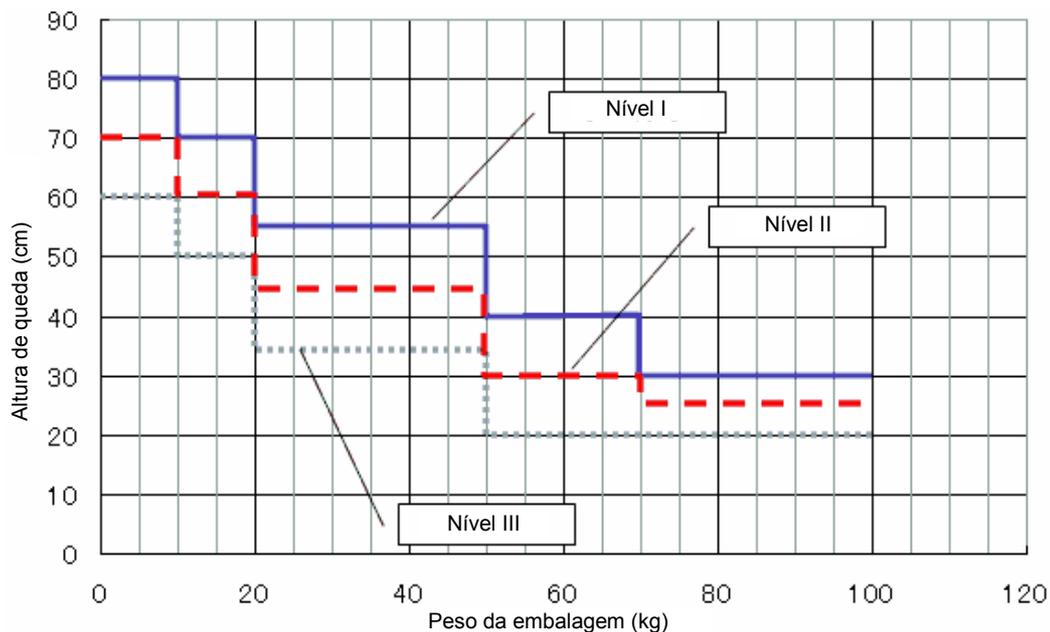


Figura explicativa 1 Relação entre peso da embalagem e altura de queda para teste de queda livre

6.2 Teste de queda com uma aresta apoiada

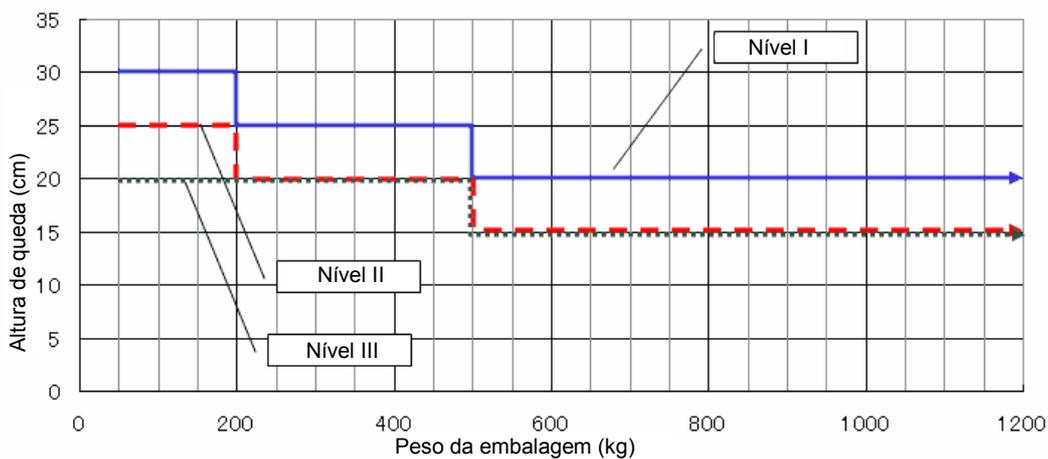


Figura explicativa 2 Relação entre peso da embalagem e altura de queda para teste de queda com uma aresta apoiada

6.3 Teste de queda com dispositivo de teste de impacto

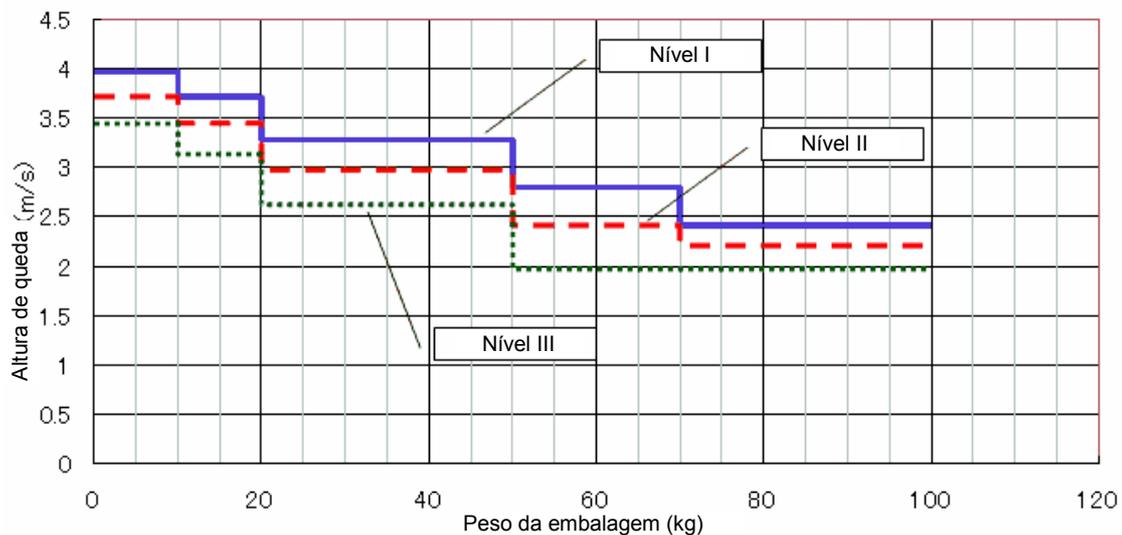


Figura explicativa 3 Relação entre peso da embalagem e variação de velocidade para teste de queda com dispositivo de teste de impacto

6.3.3.5 Método de teste de vibração de cargas embaladas (proposta)

1. Âmbito de aplicação

A presente norma estabelece os métodos de teste para avaliar se as cargas embaladas resistem ou não à vibração vertical sofrida no processo de transporte.

2. Normas utilizadas

As normas relacionadas a seguir integram a presente por ser utilizada nesta. As normas com menção de ano de emissão são as versões utilizadas e incorporadas na presente norma. As versões de anos subseqüentes e complementações não foram consideradas. Para normas sem menção de ano de emissão, foi adotada a última versão (inclusive complementações).

As normas utilizadas diferentes da Norma Mercosul tiveram o mesmo tratamento acima.

As normas utilizadas na presente norma são:

- ① MERCIS E 001 “Codificação de cargas embaladas”
- ② MERCIS E 002 “Cargas embaladas – Preparação de ensaio”

3. Terminologia

Seguem as definições dos termos empregados na norma.

(1) Densidade espectral de potência

É o quadrado do valor médio do sinal de aceleração que atravessou o filtro de banda estreita de determinada frequência central, expressa por amplitude de banda unitária, é o valor limite de quando amplitude da banda se aproxima do zero e, o tempo médio, ao infinito.

(2) Valor efetivo

Para o teste de vibração aleatória, é o valor da raiz quadrada do valor médio ao quadrado, da função utilizada para expressar aceleração, a velocidade ou a amplitude do deslocamento.

4. Preparação

Antes do ensaio, a amostra de teste deverá ser preparada conforme procedimento previsto na MERCIS E 002. A condição de temperatura e umidade deverá ser definida de acordo com o objetivo do ensaio.

Outras condições especiais poderão ser estabelecidas, desde que haja acordo entre partes.

5. Produto ensaiado

A amostra de teste segue seguintes requisitos:

- (a) O conteúdo embalado da amostra de teste deverá ser produto real. Entretanto, quando a dimensão, peso, centro de gravidade e propriedades físicas são considerados equivalentes, poderá ser utilizado um produto ensaiado com carga falsa em substituição ao conteúdo real. Nos dois casos, o acondicionamento deverá ser igual ao da carga embalada real, destinada ao transporte, com a selagem, amarração, vedação ou outros tipos de fechamento utilizados na embalagem real.
- (b) A codificação da amostra de teste segue a MERCIS E 001.

6. Aparato de ensaio

Os dispositivos para realizar os ensaios previstos na norma deverão ter seguintes funções e recursos.

6.1 Direções de vibração

Permitir a aplicação de vibração vertical ao produto ensaiado.

6.2 Aceleração

Deverá ser um dispositivo que, com o produto ensaiado carregado, seja capaz de gerar, pelo menos, a vibração correspondente ao valor efetivo de aceleração calculado pela densidade espectral de potência previamente definida.

6.3 Faixa de frequência de vibração

Ser capaz de aplicar a vibração superior à faixa de frequência de vibração da densidade espectral de potência previamente definida.

6.4 Mesa de vibração

A mesa de vibração deverá ter tamanho e rigidez suficiente para acomodar o produto ensaiado. A superfície da mesa de vibração deverá manter-se horizontal durante o teste. A frequência mínima de ressonância da mesa de vibração deverá ser mais alta do que a faixa de frequência de teste previamente definida.

6.5 Acessórios para mesa de vibração

Deverá permitir a colocação, sobre a mesa de vibração, dos seguintes acessórios, de acordo com a necessidade:

- a) Cerca para limitar o movimento, para frente e para trás e para direita e esquerda do produto ensaiado, durante o teste.
- b) Meios para prender o produto ensaiado para simular a situação real.

6.6 Medidor de vibração e controlador de vibração

Deverão ter os seguintes dispositivos e funções:

- a) Sensor de aceleração: mede a aceleração da mesa de vibração.
- b) Amplificador de vibração: amplia o sinal do sensor de aceleração e envia-os ao controlador de vibração.
- c) Controlador de vibração: controla a vibração da mesa de vibração pelo retorno do sinal enviado pelo medidor de vibração.
- d) Dispositivo de exibição de dados: exibe a situação de vibração da mesa de vibração.
- e) Registrador de dados: registra a característica de PSD e valor efetivo de aceleração dos dados de vibração gerados na mesa de vibração.
- f) Propriedades da frequência: a propriedade geral de frequência de medição deverá estar dentro da faixa de frequência de vibração e ser inferior a $\pm 5\%$.
- g) Quantidade de canais para medição: além do sensor de controle de mesa de medição, é desejável que tenha vários canais para medição, para permitir a medição da resposta do produto ensaiado.

7. Funções do controlador de vibração

O controlador de vibração deverá ter as seguintes funções e recursos:

- a) Função geradora de sinal:** ter capacidade de dar saída de sinal para gerar a vibração que atinja a densidade espectral de potência previamente definida.
- b) Função controladora de vibração:** ter capacidade de controlar e manter a densidade espectral de potência da mesa de vibração, de tal forma que apresente a propriedade previamente definida. Paralelamente, deve ter uma partida gradativa até o nível preestabelecido e parada suave.

Além disso, deverá ter a capacidade de controlar, com o produto ensaiado carregado, a densidade espectral de potência da mesa de vibração dentro de $\pm 3\text{db}$ do valor

especificado, em toda a faixa de frequência de teste. A tolerância do valor efetivo de aceleração deve ser $\pm 15\%$ do valor especificado.

8. Método de ensaio

8.1 O ambiente de teste deverá ser, na medida do possível, igual ao ambiente de preparação.

8.2 Colocação do produto ensaiado: acomode o produto ensaiado na mesa de medição em condições mais próximas da forma de amarração e carregamento para transporte. Quando o produto ensaiado estiver amarrado, acomode o produto ensaiado de tal forma que seu centro de gravidade fique o mais próximo possível do centro da mesa de medição. Se não estiver amarrado, poderão ser utilizadas cercas para limitar o movimento do produto ensaiado. Poderão ser aplicadas sobre o produto ensaiado cargas equivalente àquelas exercidas durante o transporte real.

8.3 Medição da aceleração aplicada: meça a aceleração aplicada ao produto ensaiado no ponto mais próximo possível deste.

8.4 Interrupção do teste: o teste poderá ser interrompido a qualquer momento para inspeção visual do estado do produto ensaiado.

8.5 Aplicação do sinal de vibração: inicie a aplicação da vibração a partir de um nível baixo de 6db, para que a vibração sobre a mesa de vibração fique na densidade espectral de potência previamente estabelecida. Aumente o nível gradativamente e, quando atingir o nível preestabelecido, mantenha-o durante o tempo previamente definido.

8.6 Teste de vibração de rebote: depois de terminar o teste de vibração aleatória, execute o teste de rebote estabelecido.

8.7 Depois de concluir todos os testes, verifique a existência ou não de anomalias no produto ensaiado.

9. Relatório de teste

Mencione os seguintes itens no relatório de teste:

- a) Norma de ensaio aplicado.
- b) Assinaturas do executante de teste e endereço e do solicitante de teste e endereço.
- c) Número de identificação do relatório de teste.
- d) Data de recebimento do produto ensaiado e data de realização do teste.
- e) Nome, cargo e assinatura do responsável pelo relatório do teste.

- f) Menção de que o resultado do teste refere-se apenas ao produto ensaiado.
- g) Menção de que, além da cópia de inteiro teor, o relatório de não poderá ser reproduzido sem a autorização por escrito do laboratório de teste.
- h) Quantidade de produtos ensaiados.
- i) Peso, dimensão, volume e material do produto ensaiado; estrutura de embalagem e sistema de fechamento, como fixação, acolchoamento, proteção, etc.; e reforço ou outros procedimentos adotados na embalagem.
- j) Discriminação do conteúdo embalado (nome do produto, tipo, peso, etc.). Menção de detalhes quando é utilizado produto ensaiado falso ou alternativo.
- k) Peso total do produto ensaiado.
- l) Temperatura, umidade relativa, tempo de preparação e temperatura e umidade relativa da área de teste.
- m) Condições de teste (faixa de frequência utilizada, densidade espectral de potência e tempo de ensaio) e valor efetivo de aceleração obtido, e registro da densidade espectral de potência.
- n) Existência ou não de carga de empilhamento; se for o caso, tipos e especificação de acessórios de teste e/ou peso empregados para aplicar a carga, seu peso e tempo de aplicação da carga.
- o) Uso ou não de amarração e seu método. Quando amarrado, o uso ou não de cercas.
- p) Itens faltantes nos métodos de teste dessa norma.
- q) Observações acerca da densidade espectral de potência registrada.
- r) Posição do produto ensaiado durante o teste.
- s) Lista geral dos dispositivos utilizados no teste e respectivos números de fabricação.
- t) Registro dos resultados do teste (apresentação ou não de deformação e danos e seu estado)
- u) Observações gerais sobre o resultado do teste.

Anexo A (referência) Densidade espectral de potência e condições de teste de rebote

1. Esclarecimento preliminar

Esse anexo é um complemento de assuntos relacionados à norma e não faz parte dela. Entretanto, aos usuários que não dispõem de dados reais de teste de transporte, a execução dos ensaios, segundo conteúdo descrito nesse anexo, possibilitará a realização de testes que

se aproximem do ambiente real de transporte.

Os ensaios são compostos por dois tipos de teste: o teste da vibração aplicada por meio do espectro de força de aceleração previamente estabelecido; e o teste de rebote e, pela execução de ambos, o ensaio de vibração fica concluído.

2. Seqüência de execução dos testes

Para executar os testes, escolha Padrão A ou B, de acordo com a propriedade do **produto-alvo embalado** indicado no **Anexo A Tabela 1**, escolha também o nível, dentre Nível I e III, de acordo com o nível do ambiente de transporte indicado no **Anexo A Tabela 2**, e utilize a propriedade de PSD indicado no **Anexo A Tabela 3(a)**.

Terminado o teste acima, execute o teste de vibração de rebote, por classe indicado no Anexo A Tabela 3(b).

Quando a quantidade de teste de rebote for grande e o tempo de execução exceder 5 minutos, é possível substituir esses testes pelo teste de impacto, executando o número de vezes calculado a partir do tempo excedente em minutos, arredondado pelo sistema de “4 fora 5 para cima”.

Anexo A Tabela 1 Classes de aplicação do Padrão A e Padrão B

| Classe | Produto-alvo embalado para aplicação |
|----------|---|
| Padrão A | (1) Quando o conteúdo embalado são produtos industrializados. (2) Quando o produto ensaiado são alimentos embalados, e o selo da embalagem do produto colocado na última carreira de baixo desprende-se gradativamente para depois romper-se com o peso dos produtos que estão acima, resultando em anomalia de embalagem. |
| Padrão B | (1) Quando são embalagens de alimentos e ocorre vazamento do conteúdo embalado em sacos, causado pela porosidade por atrito, resultando em anomalia de embalagem. |

Quando houver dificuldade para escolher a classe, opte pelo Padrão A.

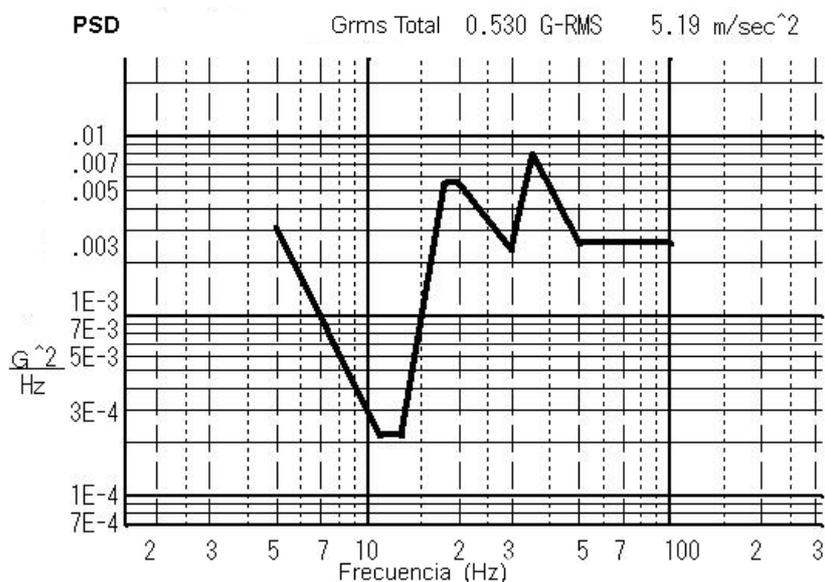
Anexo A Tabela 2 Classe de aplicação de Nível I a III

| Classe | Condição de transporte para aplicação |
|--------|--|
| Nível | Quando o tempo de percurso em rodovias ruins for longo, com previsão de gerar acelerações altas e freqüentes. |
| Nível | Percurso em rodovias normais. |
| Nível | Quando a maioria do percurso for auto-estrada boa, com a previsão de que não haverá quase nenhuma aceleração alta. |

3. Condições de ensaio

Anexo A Tabela 3-1 (a) Padrão A Nível I

| Pontos | Freqüência | PSD | | Observações |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|--|
| | Hz | m ² /s ³ | {G ² /Hz} | |
| 1 | 5 | 0,2964 | ,003086 | Corresponde à rota Aimogasta - Iguazu & Belém - São Paulo (distância : 4.651km) |
| 2 | 11 | 0,0209 | ,000218 | |
| 3 | 13 | 0,0209 | ,000218 | |
| 4 | 18 | 0,5229 | ,005445 | |
| 5 | 20 | 0,5229 | ,005445 | |
| 6 | 30 | 0,2267 | ,002360 | |
| 7 | 35 | 0,7670 | ,007986 | |
| 8 | 50 | 0,2440 | ,002541 | |
| 9 | 100 | 0,2440 | ,002541 | |
| Valor efetivo de aceleração | 5,19m/s ² {0,53G} | | | |
| Tempo de vibração | 1h | | | |



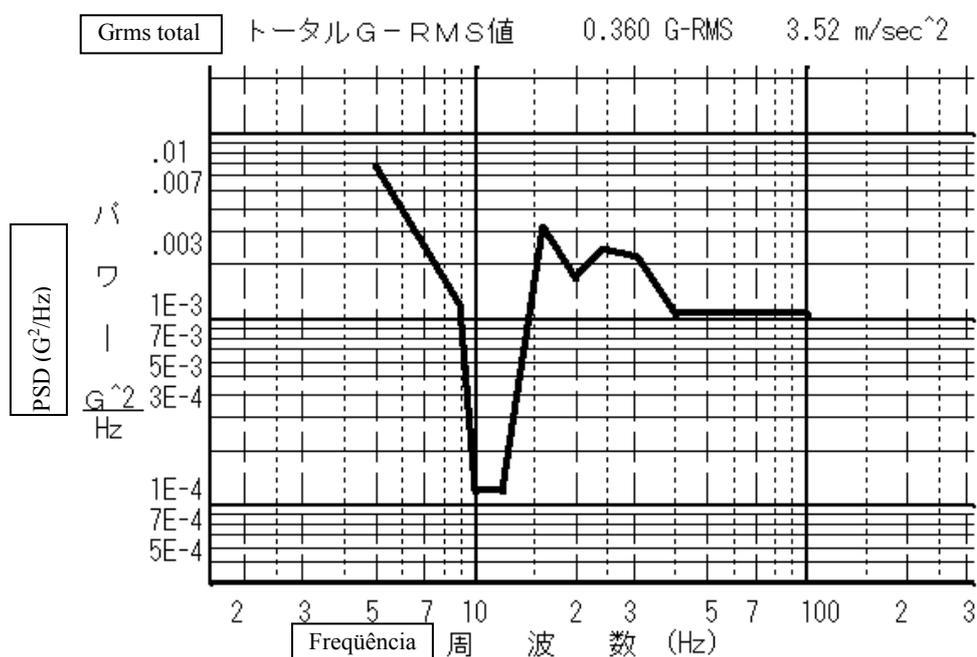
Anexo A Figura 1 PSD de teste para Nível II

Anexo A Tabela 3-1 (b) Condições de teste de rebote (10Hz, 10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo de teste (min.) | Teste de impacto (1,4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|-----------------------|--|
| Somente teste de rebote | 243,6 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 24 repetições |

Anexo A Tabela 3-2 (a) Padrão A Nível II

| Pontos | Frequência Hz | PSD | | Observações |
|--------------------------------|------------------------------|-----------|--------------|--|
| | | m^2/s^3 | $\{G^2/Hz\}$ | |
| 1 | 5 | 0,6508 | 0,006776 | Corresponde à rota BsAs - Mendoza & Loma Plata – Assunção (distância : 1.522km) |
| 2 | 9 | 0,1162 | 0,001210 | |
| 3 | 10 | 0,0116 | 0,000121 | |
| 4 | 12 | 0,0116 | 0,000121 | |
| 5 | 16 | 0,3021 | 0,003146 | |
| 6 | 20 | 0,1627 | 0,001694 | |
| 7 | 24 | 0,2324 | 0,002420 | |
| 8 | 31 | 0,2092 | 0,002178 | |
| 9 | 40 | 0,1046 | 0,001089 | |
| 10 | 100 | 0,1046 | 0,001089 | |
| Valor efetivo de aceleração | 3,52m/s ² {0,36G} | | | |
| Tempo de vibração | 1h | | | |



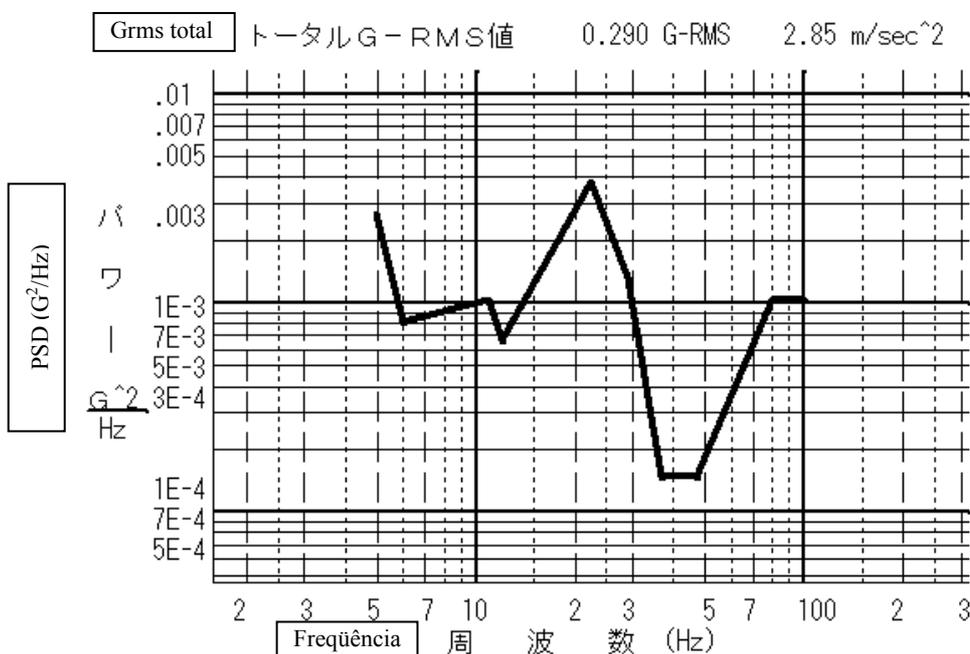
Anexo A Figura 2 PSD de teste para Nível II

Anexo A Tabela 3-2 (b) Condições de teste de rebote (10Hz, 10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo (min.) | Teste de impacto (1,4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|--------------|--|
| Somente teste de rebote | 17,1 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 1 vez |

Anexo A Tabela 3-3 (a) Padrão A Nível III

| Pontos | Freqüência | PSD | | Observações |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|---|
| | Hz | m ² /s ³ | {G ² /Hz} | |
| 1 | 5 | 0,2524 | 0,002628 | Corresponde à rota Rosario - BsAs & Montevideú – Rivera (distância:501km) |
| 2 | 6 | 0,0771 | 0,000803 | |
| 3 | 11 | 0,0982 | 0,001022 | |
| 4 | 12 | 0,0631 | 0,000657 | |
| 5 | 22,5 | 0,3646 | 0,003796 | |
| 6 | 29 | 0,1262 | 0,001314 | |
| 7 | 37 | 0,0140 | 0,000146 | |
| 8 | 47 | 0,0140 | 0,000146 | |
| 9 | 80 | 0,0982 | 0,001022 | |
| 10 | 100 | ,0982 | 0,001022 | |
| Valor efetivo de aceleração | 2,85m/s ² {0,29G} | | | |
| Tempo de vibração | 1hr | | | |



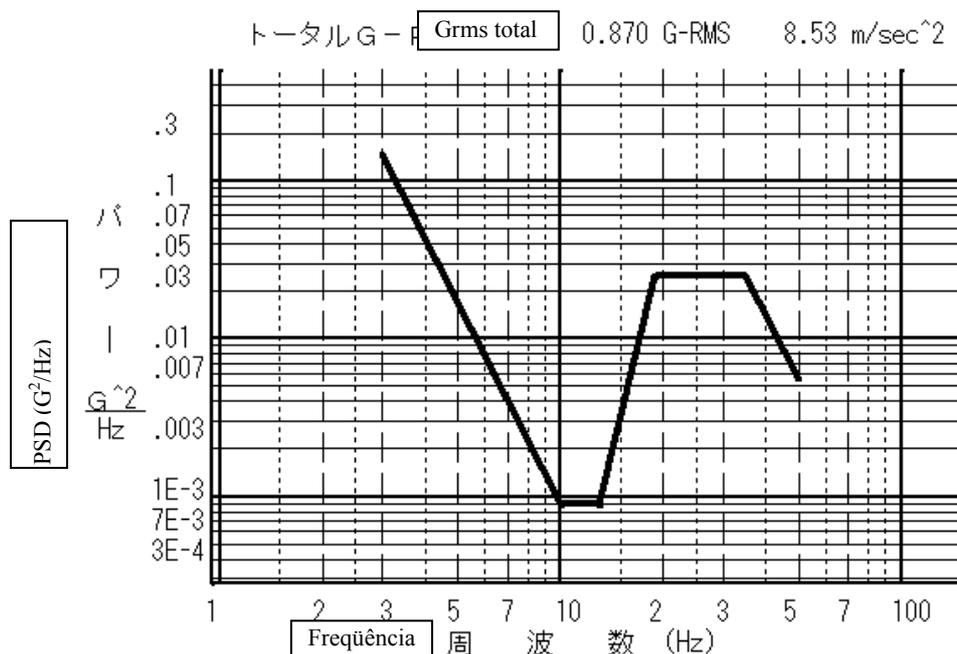
Anexo A Figura 3 PSD de teste para Nível III

Anexo A Tabela 3-3 (b) Condições de teste de rebote (10Hz、10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo (min.) | Teste de impacto (1,4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|--------------|--|
| Somente teste de rebote | 15,6 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 1 vez |

Anexo A Tabela 3-4 (a) Padrão B Nível I

| Pontos | Frequência Hz | PSD | | Observações |
|--------------------------------|------------------------------|-----------|--------------|---|
| | | m^2/s^3 | $\{G^2/Hz\}$ | |
| 1 | 3 | 0,2964 | 0,14482 | Corresponde à rota Aimogasta - Iguaçú & Belém - São Paulo (distância: 4.651km) |
| 2 | 10 | 0,0209 | 0,00089 | |
| 3 | 13 | 0,0209 | 0,00089 | |
| 4 | 19 | 0,5229 | 0,02451 | |
| 5 | 35 | 0,5229 | 0,02451 | |
| 6 | 50 | 0,2267 | 0,00557 | |
| Valor efetivo de aceleração | 8,53m/s ² {0,87G} | | | |
| Tempo de vibração | 2h | | | |



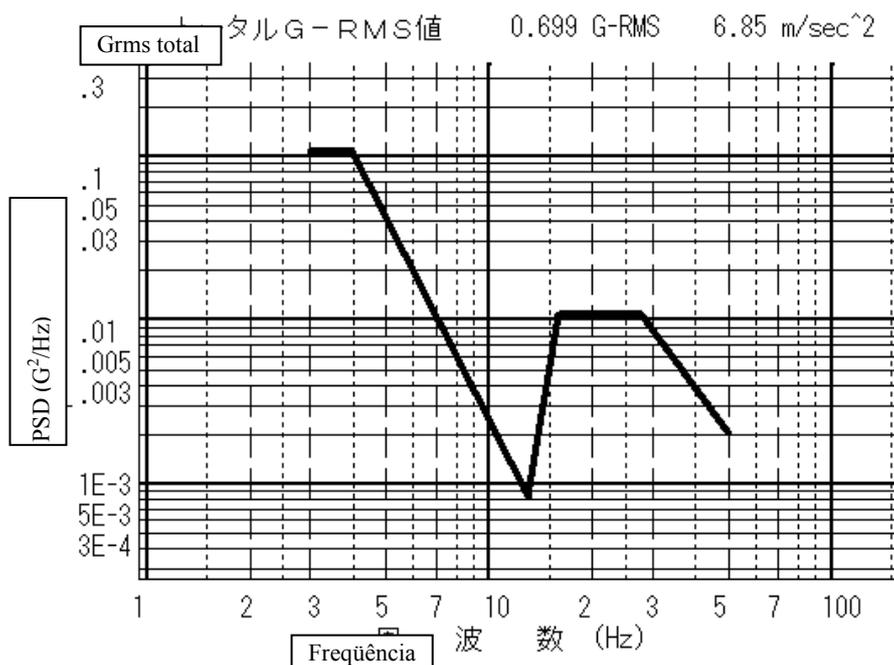
Anexo A Figura 4 PSD de teste de Nível I

Anexo A Tabela 3-4 (b) (10Hz, 10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo (min.) | Teste de impacto (1.4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|--------------|--|
| Somente teste de rebote | 243.6 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 24 repetições |

Anexo A Tabela 3-5 (a) Padrão B Nível II

| Pontos | Freqüência | PSD | | Observações |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------|--|
| | Hz | m ² /s ³ | {G ² /Hz} | |
| 1 | 3 | 0,2964 | 0,106432 | Corresponde à rota BsAs - Mendoza & Loma Plata – Assunção (distância: 1.522km) |
| 2 | 4 | 0,0209 | 0,106432 | |
| 3 | 13 | 0,0209 | 0,000832 | |
| 4 | 16 | 0,5229 | 0,010810 | |
| 5 | 28 | 0,5229 | 0,010810 | |
| 6 | 50 | 0,2267 | 0,002079 | |
| Valor efetivo de aceleração | 6,85m/s ² {0,7G} | | | |
| Tempo de vibração | 1hr | | | |



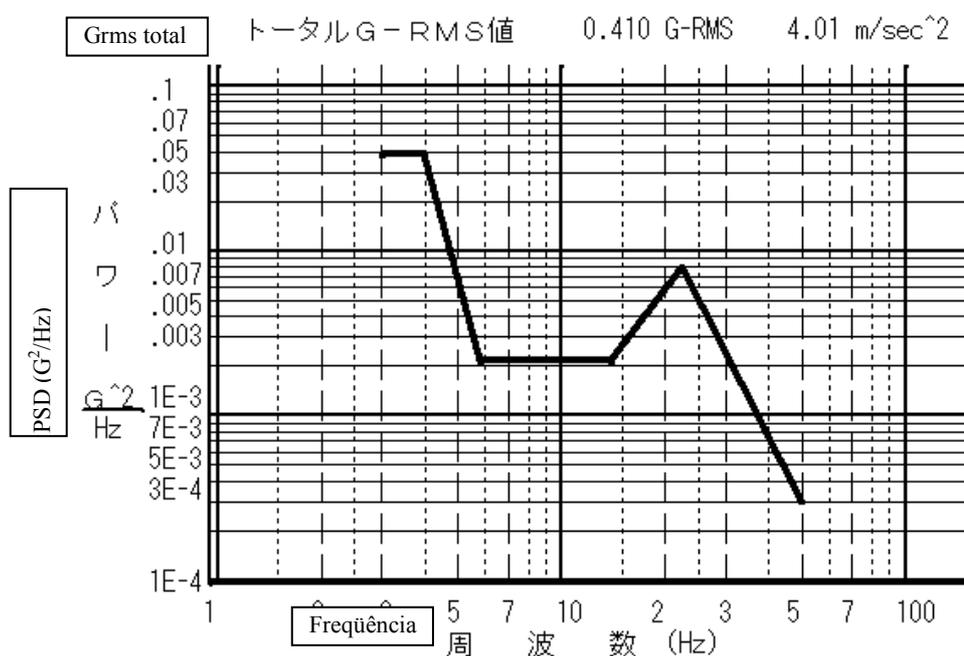
Anexo A Figura 5 PSD de teste para Nível II

Anexo A Tabela 3-5 (b) Condições de teste de rebote (10Hz、10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo (min.) | Teste de impacto (1,4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|--------------|--|
| Somente teste de rebote | 17,1 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 1 vez |

Anexo A Tabela 3-6 (a) Padrão B Nível III

| Pontos | Freqüência | PSD | | Observações |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------|--|
| | Hz | m ² /s ³ | {G ² /Hz} | |
| 1 | 3 | 0,2964 | 0,03835 | Corresponde à rota Rosario - BsAs & Montevideú – Rivera (distância: 501km) |
| 2 | 4 | 0,0209 | 0,03835 | |
| 3 | 5,8 | 0,0209 | 0,00211 | |
| 4 | 14 | 0,5229 | 0,00211 | |
| 5 | 22,5 | 0,5229 | 0,00785 | |
| 6 | 50 | 0,2267 | 0,00030 | |
| Valor efetivo de aceleração | 4,01m/s ² (0,41G) | | | |
| Tempo de vibração | 1hr | | | |



Anexo A Figura 6 PSD de teste para Nível III

Anexo A Tabela 3-6 (b) Condições do teste de rebote (10Hz, 10.78m/s{1.1G})

| Método de teste | Tempo (min.) | Teste de impacto (1,4m/s ou 10cm Drop) |
|--------------------------------|--------------|--|
| Somente teste de rebote | 15,6 | — |
| Combinado com teste de impacto | 5 | 1 vez |

Anexo B (referência) Características da vibração aleatória

O presente anexo é um complemento dos assuntos relacionados à norma e não faz parte dela.

1. Introdução

O compartimento de carga de veículos em movimento é afetado pelas depressões e ressaltos da pista transmitidos pelos pneus e suspensão. Uma vez que as depressões e ressaltos são irregulares, a vibração do compartimento de carga também será basicamente aleatória. Entretanto, no trajeto de transmissão dessa vibração, da pista ao compartimento de carga, existem os pneus e a suspensão que são componentes que apresentam uma frequência de vibração natural. Por essa razão, a vibração não é totalmente aleatória e, sim, uma vibração aleatória por aproximação. Além disso, existem partes da pista com desníveis e buracos que adicionam ondas de impacto. Portanto, pode-se dizer que, a rigor, a vibração do compartimento de carga é uma vibração aleatória por choque, que é a vibração aproximadamente aleatória somada aos impactos.

A definição detalhada da vibração aleatória por choque nos dispositivos de teste de vibração torna as condições difíceis e dificulta também a análise dos fenômenos gerados, além de aumentar o trabalho dos dispositivos de teste. Em razão disso, nos métodos usuais de teste de vibração, são adotados procedimentos de ensaiar separadamente o componente “vibração aleatória” e o componente “impacto”. A presente norma adota também esse raciocínio e definiu a vibração e o impacto separadamente.

O Anexo B Figura 1a mostra o formato de onda típica da vibração aleatória. Como pode ver pela figura, a vibração aleatória comum apresenta ondas de fato aleatórias, sem a repetição de ondas de mesmo formato, como nas ondas senoidais. Entretanto, a vibração aleatória apresenta propriedade estatística e permite identificar claramente as características de suas ondas, quando processadas por ferramentas estatísticas.

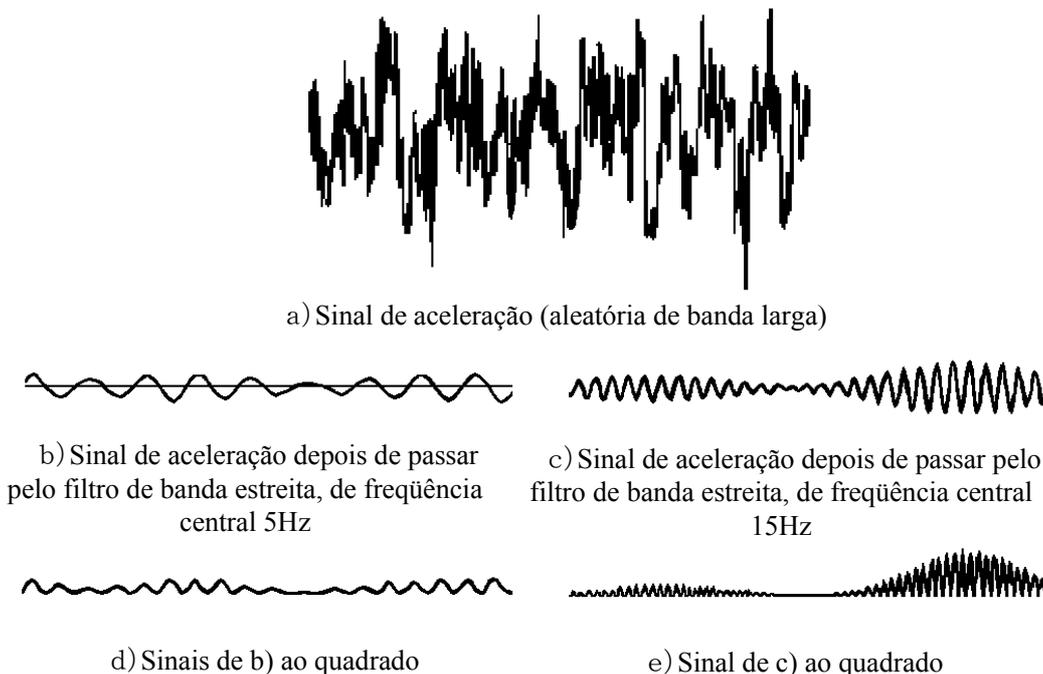
2. Densidade de espectral de potência

Essa função é empregada para mostrar como se dá a distribuição da aceleração em relação à frequência. Segue a explicação, tomando como exemplo o formato de onda do Anexo B Figura 1.

Ao passar os sinais de aceleração *a* no filtro de banda estreita de frequência central 5Hz, são extraídos desses somente sinais próximos de 5Hz, conforme mostra *b*. Esses sinais aparentam

ondas senoidais de 5Hz, mas não contêm apenas sinais de 5Hz. Contêm também componentes próximos de 5Hz, dependendo da amplitude da banda do filtro de banda estreita e sua quantidade é definida pela banda do filtro. Além disso, o nível desses sinais não é constante, como em ondas senoidais, e varia de modo irregular. Os sinais de *b* contêm componentes negativos inadequados para processar estatisticamente. Em razão disso, é utilizado, como dados, o quadrado desses sinais. O *d* são os sinais de *b* ao quadrado e todos os sinais são positivos. O *c* são sinais que passaram pelo filtro de banda estreita com frequência central 15Hz e, o *e*, o quadrado desses sinais.

A amplitude dos sinais extraídos varia de acordo com a resolução de frequência do filtro, por essa razão, existe a necessidade de compensá-los, para cada 1Hz de resolução. O termo “densidade” da densidade espectral de potência significa resultante desse processamento. Além disso, esses sinais variam com o passar do tempo, necessitando efetuar o nivelamento por média em relação ao tempo. A curva de densidade espectral de potência é o resultado dos processamentos acima para toda a faixa de frequência medida.



Anexo B Figura 1 Estimativa da densidade espectral de potência

3. Densidade da amplitude de aceleração provável

Na distribuição de valores instantâneos de sinal utilizados no teste de vibração aleatória, são empregados aqueles que seguem uma distribuição normal. Entretanto, os testes são efetuados aplicando limites para evitar a geração de sinais que excedam três vezes o valor efetivo. O

controlador dos aparelhos de ensaio de vibração em geral dispõe da função que executa automaticamente esse processamento.

Portanto, esse valor influencia apenas a escolha do dispositivo de ensaio de vibração, sem grandes efeitos na execução do teste.

4. Valor efetivo de aceleração (Arms)

O valor efetivo de aceleração pode ser calculado a partir do histórico de horários de aceleração, pela equação (1).

$$A_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} A^2(t) dt} \dots \dots \dots (1)$$

- Onde,
- A_{rms} : Velocidade efetiva de aceleração
 - $A(t)$: Histórico do horário de aceleração
 - t_1 : Ponto inicial do dado de referência para cálculo
 - t_2 : Ponto de início do ponto final do dado de referência para cálculo
 - T : Tempo entre t_1 e t_2

O valor efetivo de aceleração pode ser calculado também pela densidade espectral de potência, pela equação (2).

$$A_{rms} = \sqrt{\int_{f_1}^{f_2} \phi(f) df} \dots \dots \dots (2)$$

- Onde,
- $\phi(f)$: Densidade espectral de potência como função de frequência f
 - f_1 : Frequência de limite inferior
 - f_2 : Frequência de limite superior

Uma vez que no ensaio de vibração aleatória a densidade espectral de potência é dada, o valor efetivo de aceleração necessário para o ensaio poderá ser calculado pela equação (2).

Esse valor representa a área da região inferior da curva de densidade espectral de potência.

5. Valor efetivo de velocidade

O valor efetivo de velocidade é facilmente obtido pelo cálculo do espectro de velocidade a partir do espectro de potência, substituindo-o no $\varphi(f)$ da equação (2). Esse valor é utilizado apenas para escolha do dispositivo de ensaio a ser empregado, não sendo necessário para realização do teste de vibração.

6. Valor efetivo de deslocamento

O valor efetivo de deslocamento é facilmente obtido pelo cálculo do espectro de deslocamento a partir do espectro de potência, substituindo-o no $\varphi(f)$ da equação (2).

Em geral, esse valor é utilizado apenas para a escolha do dispositivo de ensaio a ser empregado, não sendo necessário para realização do teste de vibração. Entretanto, para o teste do Padrão B dessa norma, tem um significado importante pelo questionamento da anomalia gerada pelo deslocamento causado pela vibração.

Explicações sobre “Métodos de teste de vibração para cargas embaladas” (proposta)

1. Introdução

A norma estabelece sobre os métodos de teste para verificar se a carga embalada, transportada dentro do Mercosul, possui ou não resistência necessária para suportar a vibração durante o transporte.

A norma foi elaborada tendo como referência as normas de ensaio de vibração da ISO e JIS. Entretanto, as condições de ensaio descritas no Anexo A foram elaboradas baseando-se em outra fonte diferente dessas normas, que são os resultados do estudo de vibração em compartimentos de carga de veículos de transporte em trânsito, realizado por meio da cooperação da JICA, entre 2005 e 2006⁽¹⁾. Conseqüentemente, as rodovias não contempladas nesse estudo, ou aquelas construídas ou reformadas depois do estudo poderão apresentar condições de teste diferentes das estabelecidas na presente norma.

Para atender a essa situação, é desejável efetuar medições das rodovias não contempladas no referido estudo e compará-las com os dados de vibração das rodovias já estudadas, para definir as condições de teste.

Em relação à Argentina, é publicada anualmente pela Dirección Nacional de Vialidad as informações sobre os índices de rotas nacionais (indicadores de irregularidades superficiais de rodovias), que abrange quase todas as rodovias nacionais com apresentação de fator de via especificados por segmento de rota⁽²⁾. A comparação dessas informações com os dados de estudo da JICA, anteriormente referidos, permitiu a avaliação objetiva das rodovias.

A norma foi elaborada baseando-se principalmente na descrição da JIS Z 0232⁽³⁾.

2. Das direções de vibração estudadas

Os compartimentos de carga de meios de transporte sofrem vibração constante em 3 direções: para cima e para baixo; para frente e para trás; e para direita e para esquerda. Em conseqüência disso, o ideal seria um ensaio que pudesse aplicar no produto ensaiado a vibração em três direções ao mesmo tempo. Entretanto, pelos motivos descritos a seguir, a norma limitou-se apenas aos ensaios de vibração vertical.

(a) Valor extremamente elevado do aparato de teste de vibração que possibilita a aplicação simultânea da vibração em três direções. Na ocasião do estudo, a disponibilidade desse aparato no Mercosul era quase nula.

(b) Foi comprovado que a vibração do compartimento de carga dos meios de transporte apresenta elevado nível de vibração vertical e, em outras direções, o nível de vibração é baixo⁽⁴⁾. Além disso, foi verificado experimentalmente que, quase todos os produtos embalados e aprovados no ensaio de vibração vertical são capazes de suportar as vibrações reais de transporte.

3. Do aparato de ensaio

As especificações dos dispositivos de teste mencionada no item “Aparato de ensaio” são aquelas que podem ser satisfeitas por aparelhos de teste de vibração em geral, controlados por sistema de indução ou sistema eletro-hidráulico. Entretanto, aparelhos de teste de vibração sofrem desgaste de componentes móveis pela repetição do ensaio, assim como, componentes fixos também sofrem desgaste ao longo do tempo. Paralelamente, instrumentos de medição e dispositivos de controle apresentam o mesmo problema de desgastar-se com o tempo. Por essa razão, é necessário ter empenho para manter a precisão e funcionalidade do aparato ensaio, efetuando a calibração, pelo menos uma vez por ano.

Os aparelhos de teste de vibração possuem limites de capacidade próprios do aparelho, quanto à faixa de vibração aplicada, aceleração e velocidade e, em relação ao deslocamento, são instalados limitadores para evitar vibrações excessivas. A restrição para condições de teste viáveis decorre dessas limitações do aparelho. Os limites de condições viáveis de teste foram indicados no gráfico de aceleração/velocidade/deslocamento, representados por linhas.

A Figura Explicativa 1 mostra o exemplo de representação gráfica dos limites de condições de teste. Nesse exemplo, a faixa de frequência da vibração aplicável situa-se entre 3Hz e 200Hz; a velocidade máxima é 200cm/s; deslocamento máximo de 50,8mm (2”); e aceleração máxima de vibração aplicável sem carga é $980\text{m/s}^2\{100\text{G}\}$. A aceleração máxima varia conforme o peso da amostra de teste carregada no aparelho.

Observação 1: A aceleração máxima da vibração aplicável é o valor de saída do amplificador de potência elétrica do aparelho de teste de vibração dividido pelo peso de todos os componentes móveis. O peso de componentes móveis é o total dos pesos de: componente móvel do vibrador (*shaker*); mesa de vibração; produto ensaiado; e dispositivos de fixação.

Por exemplo, para o caso da saída do amplificador de potência, $2.500\text{kg}\cdot\text{G}$; peso móvel

do vibrador, 25kg; peso da mesa de vibração com ferragens de fixação, 500kg; peso do produto ensaiado, 75kg; o peso total dos dispositivos de fixação, 8kg; tem-se para o peso móvel total o valor de 608kg; e a velocidade máxima de aceleração resultante para vibração aplicável é $40,3 \text{ m/s}^2$ {4,11G}.

Além disso, a colocação de cercas para evitar a queda do produto ensaiado sobre a mesa de vibração, deverá adicionar ao peso móvel total o peso do cercado mais as ferragens de fixação, o que reduz mais a aceleração máxima de vibração aplicável, exigindo atenção ao realizar o teste.

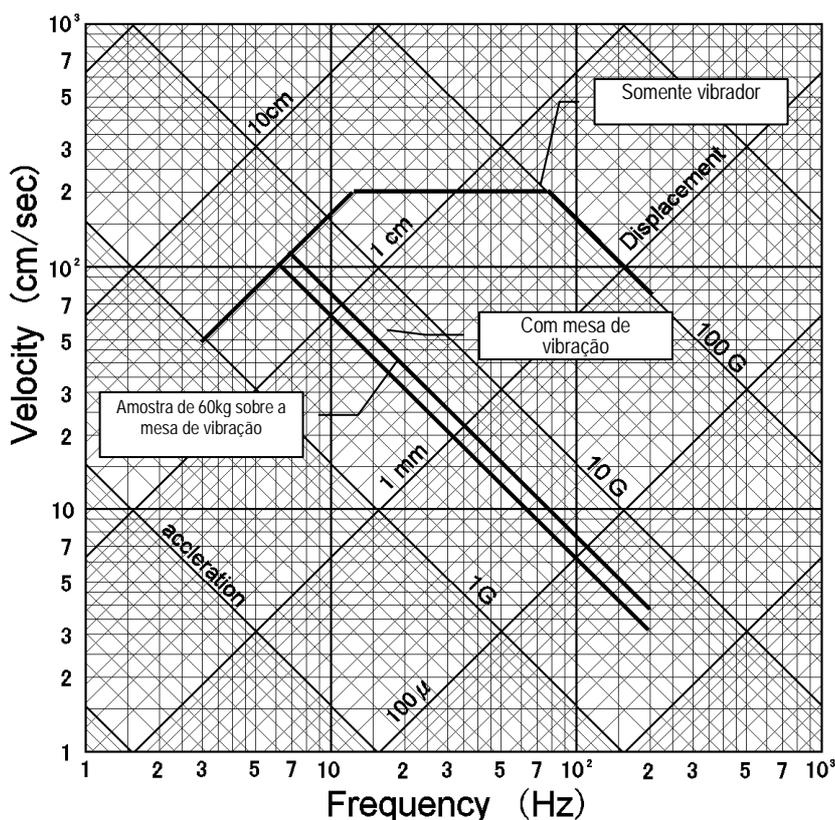


Figura Explicativa 1 Limite de capacidade dos dispositivos de teste de vibração

4. Dos métodos de ensaio

4.1 Métodos de aplicação da vibração

Atualmente, os três métodos de ensaio de vibração são adotados para cargas transportadas: o de vibração de frequência fixa, vibração variável e vibração aleatória.

O método de vibração por frequência fixa pode ser subdividido em: frequência fixa determinada (por exemplo, 10Hz) e frequência ressonante.

Em geral, o ensaio de vibração por frequência especificada é realizado para verificar o

desmoronamento de cargas paletizadas, que pela observação das condições atuais de embalagem e do transporte dentro do Mercosul, não foi constatada a necessidade de elaborar a norma para esse ensaio. Entretanto, conforme adiante descrito, existe a dificuldade de se reproduzir plenamente o ambiente de transporte do Mercosul somente como o ensaio de vibração aleatória. Para cobrir essa falta, foi introduzido, na norma, o teste com calço (veja detalhes no 4.3) para substituir o ensaio não considerado.

O ensaio de vibração com frequência ressonante é usualmente realizado em substituição ao teste de vibração aleatória. Além desse caso, pode ser executado em combinação com ensaios de verificação de resistência de produtos industrializados. A norma adotou como premissa a realização do teste de vibração aleatória e, pela razão de esse teste não ser substituído, a norma de vibração de frequência ressonante não foi elaborada. Quanto aos ensaios de verificação de resistência de produtos, não foi inserido na norma por julgar que devem ser tratados em normas distintas.

4.2 Classe de condição de teste por produto-alvo

Para realizar os ensaios, a propriedade de PSD foi classificada em dois tipos: Padrão A e Padrão B. Além dessa classificação, classes divididas em três níveis - Nível I, Nível II e Nível III - foram introduzidas para atender à severidade das condições de transporte.

Padrão A

O Padrão A foi destinado para reproduzir a avaria de produtos causada pela fadiga de componentes submetidos a forças repetitivas, danificando locais mais frágeis. Baseia-se nos conceitos da curva S-N de materiais metálicos (veja Figura Explicativa 2). Esse padrão é indicado para embalagens com as características descritas a seguir:

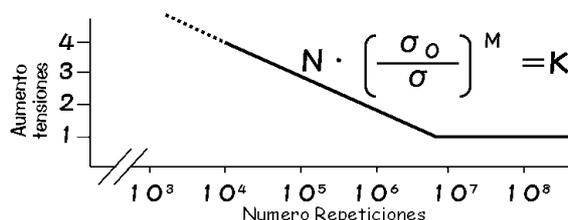


Figura explicativa 2 Propriedade S-N de materiais metálicos

- (1) O Padrão A é indicado quando o conteúdo embalado são produtos industrializados, pois, a avaria desses produtos, quando submetidos à vibração, deve ocorrer com a quebra de componentes frágeis provocada pelas forças repetitivas.
- (2) O Padrão A vale também para o caso de o produto-alvo ser alimento embalado, quando

o selo da embalagem colocado na última carreira de baixo se desprende gradativamente pelo peso das embalagens empilhadas acima, provocando anomalia de embalagem sob a forma de rompimento do sachê.

Para produtos embalados diferentes de produtos industrializados, mas que podem sofrer avarias por forças ou cargas repetitivas, é desejável que as condições de teste sejam estabelecidas a partir da obtenção da característica de fadiga, segundo mesmo raciocínio do Padrão A.

Padrão B

O Padrão A foi destinado para reproduzir avaria de produtos com possibilidade de vazamento do conteúdo embalado causada por atrito de vibração, gerando porosidade parcial nos sacos que acondicionam o produto. Segue a descrição da embalagem-alvo, e esse padrão não se aplica às embalagens de produtos industrializados.

- (1) Embalagem de alimentos que apresentam anomalia caracterizada pelo vazamento do conteúdo embalado, gerado pela ocorrência de porosidade parcial no saco que acondiciona o alimento.

As classes de aplicação para cada condição foram apresentadas nas tabelas de 1 a 4 da norma.

4.3 Da faixa de frequência de vibração

Foi estabelecida para frequência de vibração aplicada as faixas entre 5Hz e 100Hz, para o Padrão A e, entre 3Hz e 50Hz, para o Padrão B. Seguem os motivos da escolha dessas faixas:

4.3.1 Frequência de limite inferior

- (1) Dizem que o peso da fundação, sobre a qual é instalado o aparato de teste de vibração, deve ter, no mínimo, mais de cem vezes do peso móvel do aparato e, para se obter a vibração estável, uma fundação de peso superior a duzentas vezes. Não é um bom procedimento reproduzir vibrações de baixa frequência abaixo do limite necessário e isso foi levado em consideração ao adotar o valor para o limite inferior de frequência de vibração. O valor adotado foi considerado o mínimo necessário.

- (2) Conforme mencionado no 4.2, o Padrão A é destinado para produtos suscetíveis à anomalia gerada por força externa repetitiva. Por essa razão, não há necessidade de efetuar testes na zona de baixa frequência, na qual a possibilidade de gerar acelerações elevadas é quase nula, sendo suficiente a reprodução apenas da frequência de limite inferior a 5Hz.
- (3) O objetivo do Padrão B é reproduzir atritos por deslocamento. Portanto, a reprodução da zona de baixa frequência é uma condição necessária. Por consequência disso, foi definida para o teste a zona até o limite de 3Hz, que abrange a frequência mínima de ressonância gerada em compartimentos de carga de veículos de transporte.

4.3.2 Frequência de limite superior

- (1) Para o Padrão A, o limite superior de frequência foi definido levando em consideração a forma como a vibração é transmitida aos produtos. Ao aplicar a vibração na carga embalada, a vibração de baixa frequência é transmitida diretamente aos produtos, mas, a vibração de alta frequência não é transmitida aos produtos pela absorção da vibração pelos materiais de embalagem. Esse fenômeno é mais evidente nas embalagens com acolchoamento de espuma de plástico.

O motivo dessa evidência é a propriedade que os acolchoamentos de espuma de plástico possuem de apresentar queda brusca de resposta à vibração quando ela ultrapassa a zona de ressonância (veja Figura Explicativa 3). Por essa razão, nos ensaios de vibração convencionais, adotava-se, como limite superior de frequência, o valor de 50Hz, que era considerado suficiente. Recentemente, a questão ambiental fez a tendência mudar, passando a ser usado cada vez mais acolchoamentos de celulose e a conjuntura atual requer um limite superior maior do que o convencional. Considerando essa situação, o limite superior de frequência foi estabelecido em 100Hz.

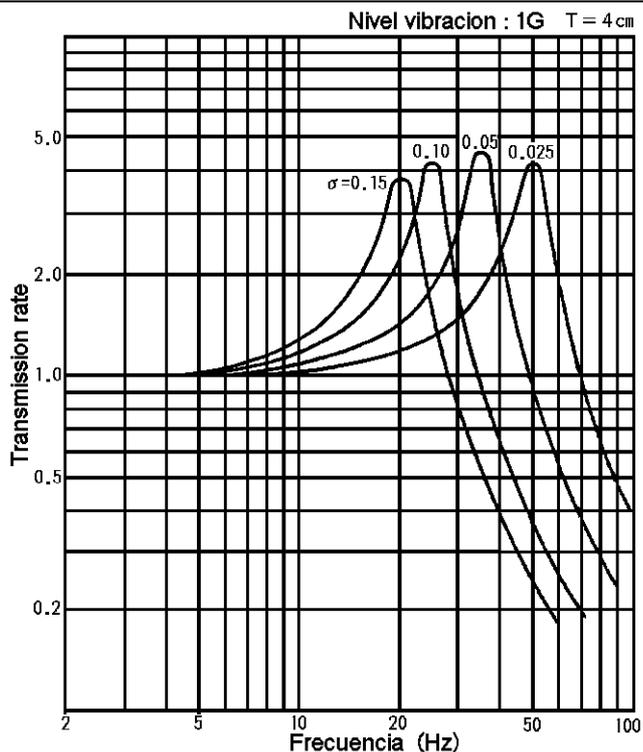
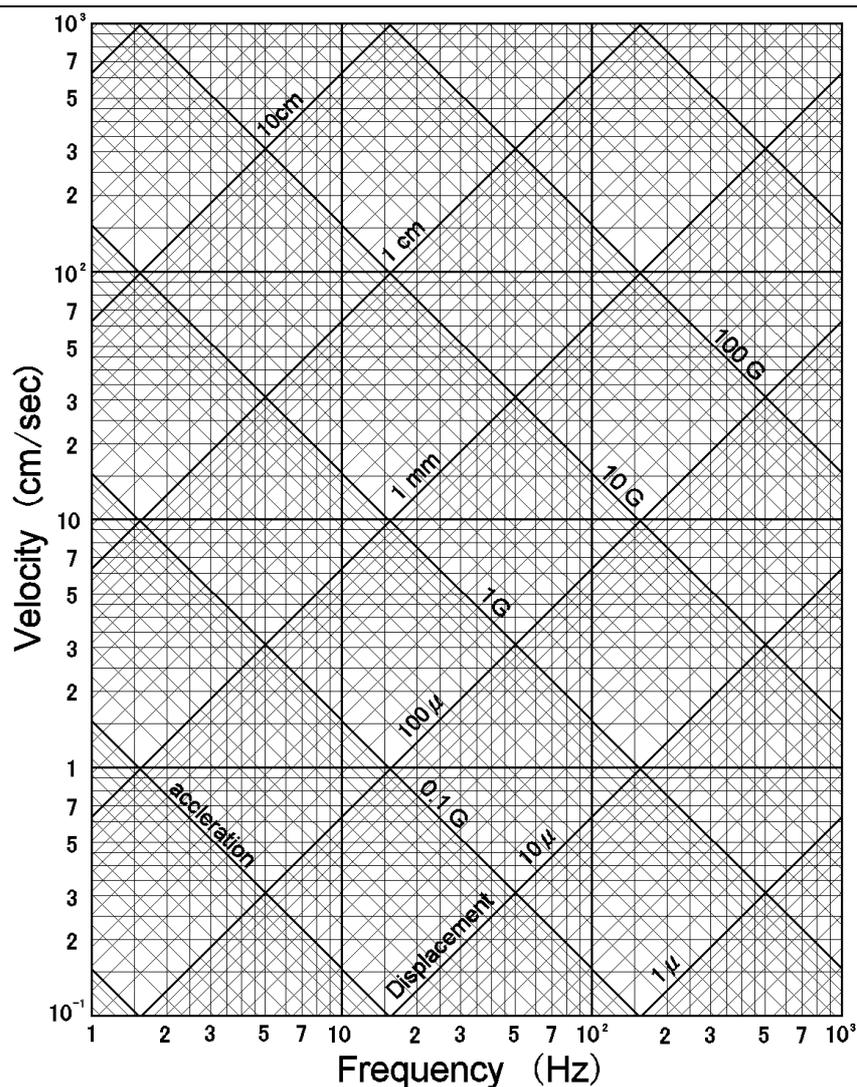


Figura Explicativa 3 Exemplo de propriedade de vibração de acolchoamentos de espumas de plástico

- (2) O Padrão B é um teste com ênfase na amplitude. A meia amplitude para 50Hz, 1G, é de apenas 100 μ m (veja Figura Explicativa 4). Acima dessa frequência, a vibração é quase toda absorvida pelo material de embalagem, influenciando muito pouco no atrito dos produtos. O limite superior de 50Hz foi estabelecido considerando esse aspecto.



$$A = (2\pi f)^2 d, \quad V = (2\pi f) d$$

Onde A: Aceleração de vibração (cm/sec²); V: Velocidade de vibração (cm/s)
 f: Freqüência (Hz), d: Deslocamento (meia amplitude) (cm)

Figura Explicativa 4 Diagrama de conversão de fatores de vibração

O diagrama de conversão de fatores de vibração apresentada na Figura explicativa 4 mostra a relação entre os quatro elementos da vibração de onda senoidal: freqüência, aceleração, velocidade e deslocamento. Pela possibilidade de visualizar com rapidez a relação entre os elementos da vibração, é um diagrama bastante utilizado em diferentes situações.

Outro diagrama bastante utilizado é aquele que mostra a relação entre freqüência, aceleração e deslocamento de vibração de onda senoidal, abreviando os dados de velocidade pouco utilizados. A Figura Explicativa 5 mostra o diagrama de conversão de fatores de vibração, com três elementos.

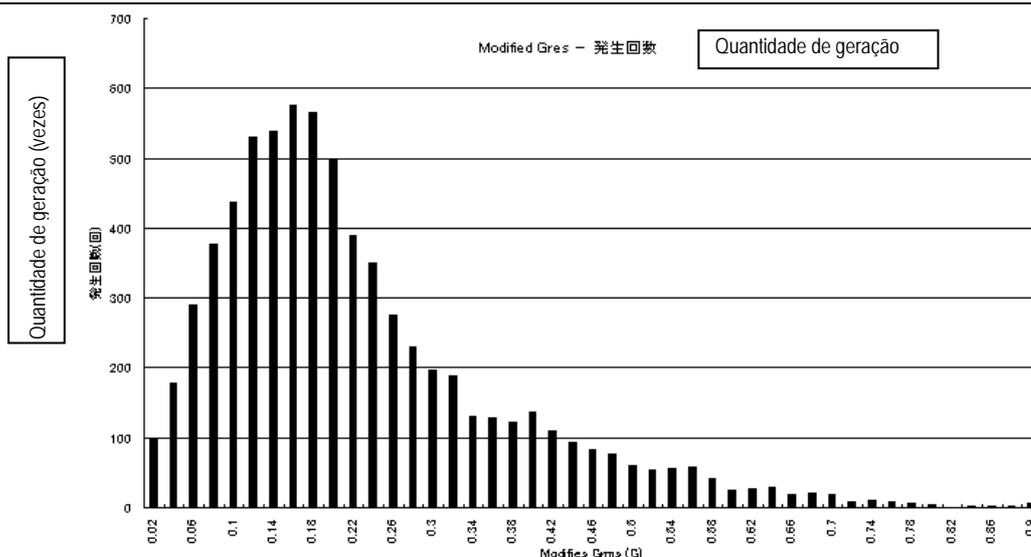


Figura Explicativa 6 Valor efetivo de aceleração e no de geração de aceleração de vibração

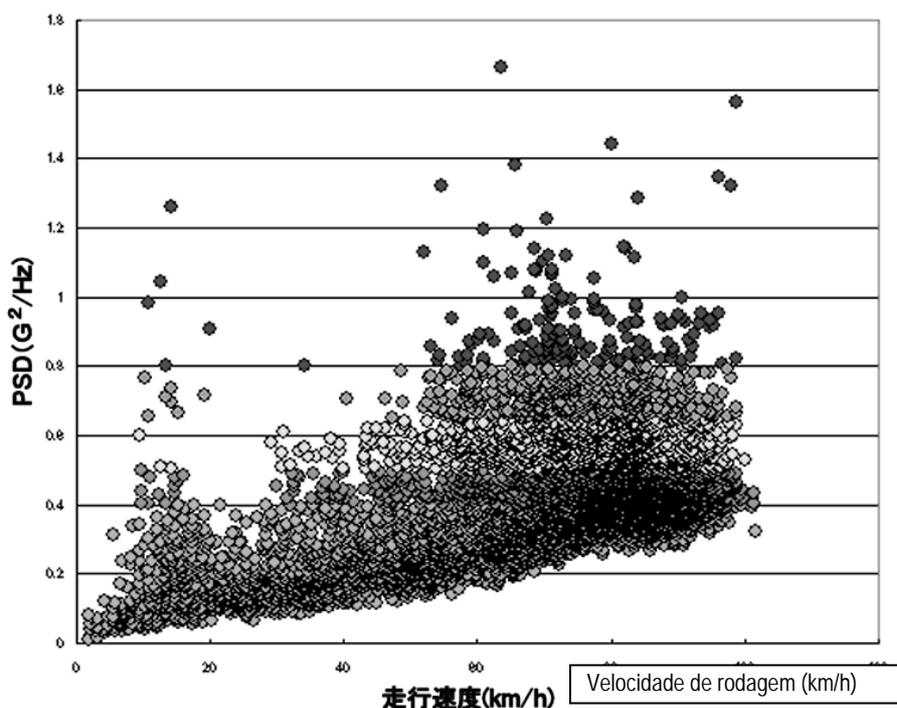


Figura Explicativa 7 Relação entre velocidade de rodagem e PSD

Conseqüentemente, esse teste não é executado isoladamente. É realizado em combinação com o teste de vibração aleatória, mas existem níveis de ensaio em que o teste não é efetuado.

O teste de rebote é aquele que aplica impactos repetitivos no produto ensaiado disposto sobre a mesa de vibração. Esse teste pode sobrecarregar o dispositivo de teste de vibração,

razão pela qual foi admitida, na norma, a substituição parcial deste, pelo teste de impacto, com a finalidade de proteger esses dispositivos contra repetição demasiada de impacto. O teste de impacto é efetuado segundo métodos previstos na MERCIS E 202. As condições de teste são aquelas apresentadas no Anexo A Tabela 3.1(b) a Tabela 3.6(b).

4.5 Referência bibliográfica

Normalmente, referência bibliográfica não é mencionada na norma. Entretanto, nessa norma as informações sobre as rodovias que foram alvos do estudo são importantes e, pela necessidade de evidenciar os fundamentos da discussão, decidiu-se pela criação do item Referência Bibliográfica neste documento explicativo.

Referência bibliográfica

- 1) Relatório Final da JICA, 2007/03.
- 2) Relatório de Levantamento da Dirección Nacional de Vialidad, Argentina
- 3) JIS Z 0232 Carga Embalada – Métodos de teste de vibração (2004).
- 4) Hasegawa, Definição de normas de teste de embalagens baseada nos dados de teste de transporte, Vol. 13 N° 2 (2004/04).
- 5) ISTA Test Procedure 1A “Package Testing”

6.4 Inserção dos parâmetros de teste de embalagem (guia de referência) na base de dados (DB)

A classificação do DB baseia-se no acordo e aprovação do Relatório de Andamento (PR/R), promovidos na 2ª Reunião Conjunta dos Quatro Países, realizada no dia 16 de fevereiro de 2006, em Campinas, Brasil. Os dados de análise do estudo de ambiente de transporte apresentados e entregues em mãos para cada contraparte no início do planejamento das atividades do terceiro ano do projeto (entregue em HDD) foram inseridos no DB, como dados básicos, segundo a classificação mencionada. Por outro lado, os dados elaborados como critérios de avaliação de teste, por categoria, para o Mercosul, na ocasião da preparação de “Padrão de avaliação de ensaio da embalagem (guia de referência)”, baseando-se nos procedimentos e técnicas (propostas), são dados inseridos no DB como complementação. Assuntos relacionados à base de dados continuaram a ser analisados, conforme abordado no Capítulo 5 do presente relatório.

CAPÍTULO 7 – Execução do projeto e do teste de embalagem

Capítulo 7 - Execução do projeto e do teste de embalagem

7.1 Procedimento do projeto de embalagem

No presente projeto, separamos grosseiramente os produtos-alvo industrializados selecionados para os estudos, mais especificamente os eletrodomésticos, por produto e embalagem, conforme os passos a seguir, visando a manutenção da qualidade. Tomando por exemplo o refrigerador, apresentamos abaixo os cinco passos que pretendem determinar a resistência do produto: Estudo do ambiente de logística, determinação da resistência do produto, análise das características dos materiais de embalagem, técnicas de elaboração do projeto de embalagem e testes de avaliação da mesma.

7.1.1 A concepção do produto e o projeto de embalagem para eletrodomésticos

O ponto principal para o desenvolvimento de um produto reside na diferenciação de sua qualidade e funções, sendo que aumenta cada vez mais a visão de um produto como o conjunto “produto + embalagem”. Neste trabalho, é preciso ir além da mera busca pela beleza, estendendo a visão também para a distribuição comercial e o ciclo de vida do produto.

Quando o produto industrializado requer embalagem, é possível determinar, até certo ponto, suas características, fabricação, distribuição e ciclo de vida de consumo. Como ele deve ser embalado e transportado para atender as necessidades da sociedade? Além disso, é preciso estudar como colocar todos esses fatores em prática pelo menor custo. Como tema básico desse processo, apresentamos na tabela 7.1.1-1 os itens que compõem os principais aspectos do projeto de uma embalagem que permita desenvolver com eficiência a relação produto↔embalagem↔logística.

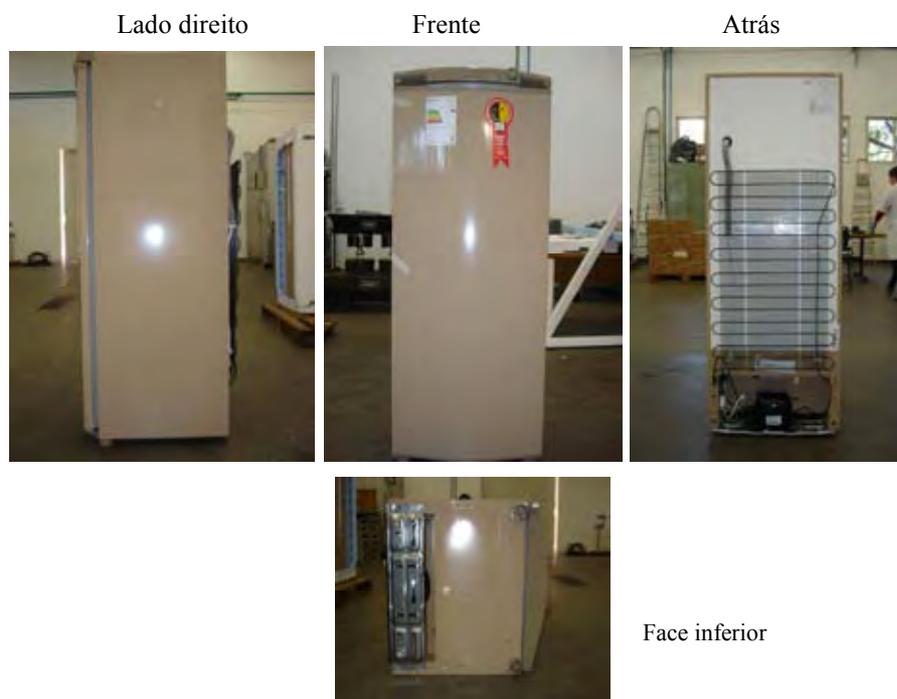
Tabela 7.1.1-1 Aspectos do projeto de embalagem

| | |
|--|--|
| 1. Características do produto | 2. Linha de produção |
| Dimensões e peso | Mecanismo das esteiras |
| Vista externa e fotos | Embaladoras |
| Preço e volume de produção | Paletizadoras |
| Vulnerabilidade a vibrações e impactos | Equipamentos de carga e descarga |
| 3. Análise do estresse no ambiente de logística: Veja item 7.1.2 | 4. Padrão de teste de embalagem: Veja item 6.3.3 |
| Transporte | Norma aplicada e seu teor |
| Armazenamento | Testes de vibração, compressão e queda |
| Carga e descarga | Testes de carga e descarga |
| 5. Padrão de embalagem adequada | 6. Embalagens de junção (de produtos unitários) |
| Dizeres e indicações de cuidados | Normas e regulamentos para embalagens de junção |
| Padrão de embalagem do cliente | Especificação determinada pelo cliente |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

Apresentamos, a seguir, o caso dos refrigeradores, produto-alvo deste estudo.

Trata-se de um refrigerador de uso comum e de modelo popular. Conforme apresentamos na Figura 7.1.1-1, usou-se um refrigerador cujo *design* acompanha a cor da parede.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.1.1-1 Vista externa do produto

Design: Pela vista frontal, este refrigerador permite a sua abertura, tanto pelo lado direito como esquerdo adaptado para o uso em apartamentos. Os puxadores colocados nas extremidades opostas limitam o *design* do produto, deixando-o sem elementos de destaque.

Estrutura : O painel branco que aparece na traseira do produto é um filme espesso. Chapa em forma de pórtico fixa o material isolante. A tubulação para troca térmica exposta dificulta a embalagem.

Compressor: O compressor é rebitado na aba da chapa de fixação, com inserção de borracha contra vibração e chapas de assento.

Fixação da porta: Há um ponto frágil no conjunto da dobradiça.

O refrigerador, por ser um produto de grande tamanho, porém de baixo custo, não comporta um elevado ônus decorrente da logística. Em transportes de longa distância, costuma-se melhorar o aproveitamento do carregamento, empilhando as caixas em uma carreira vertical mais duas carreiras horizontais ou seis carreiras horizontais, diminuindo assim o custo de transporte por unidade do produto. Porém, a presença do compressor no produto-alvo só permitia o carregamento apoiado por um dos lados, o que dificultava o manuseio e requeria muitos cuidados. Deve-se considerar o risco de deformações ou danos na base e nos rebites que seguram o compressor.

Até cinco anos atrás, usava-se o papelão para a embalagem dos refrigeradores. Porém as variações no custo dos materiais de embalagem substituíram o papelão pelo isopor, chegando aos critérios utilizados atualmente. O estudo sobre projeto de embalagem iniciou-se pela captação dos conceitos para melhoria da embalagem de maneira descrita a seguir, que são respostas às mudanças atuais do contexto que cerca a embalagem e o transporte do produto.

- A. Melhoria do projeto de embalagem pela identificação da fragilidade do produto;
- B. Melhoria do projeto de embalagem que tenha sintonia com 3R.
- C. Melhoria do projeto de embalagem por meio da aplicação de padrões estabelecidos a partir de estudo do ambiente de logística.

7.1.2 Análise do estresse de eletrodomésticos no ambiente de logística

Para estudar o estresse gerado no ambiente de logística, começou-se por pesquisar a logística de distribuição dos produtos-alvo. A análise do estresse foi feita por meio do rastreamento em cada etapa da circulação do produto: fabricação, armazenamento, transporte e centros de distribuição. Para cada uma dessas etapas, pesquisou-se as operações executadas e os

equipamentos utilizados, tendo anotado todos os detalhes que se relacionam com o estresse do ambiente de logística. A partir dos resultados obtidos, foi possível identificar a frequência de carga e descarga manual, a situação de carga e descarga por equipamentos, impactos por queda, compressão estática e dinâmica, além de vibrações sofridas durante o percurso.

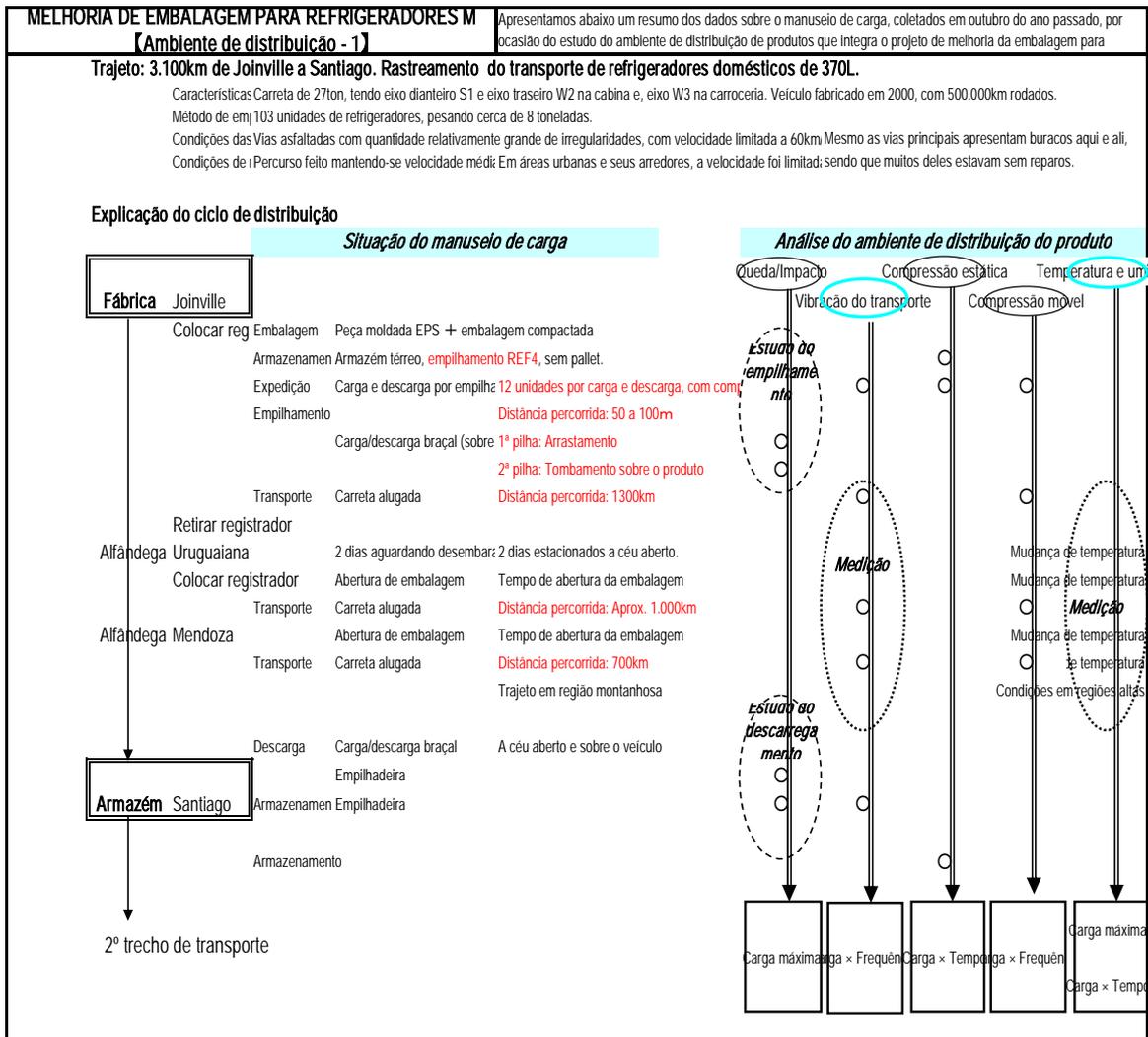
Isto permitiu organizar de forma mais precisa o panorama para a elaboração de um projeto de embalagem. Para novos produtos, a sugestão é conduzir a pesquisa a partir da previsão de possíveis situações, acompanhando o plano de logística traçado. A Tabela 7.1.2-1 apresenta o exemplo do estudo realizado com refrigeradores no Japão. Já a Tabela 7.1.2-2 mostra o resultado de um estudo para refrigeradores no Brasil seguindo esse exemplo.

Tabela 7.1.2-1 Estresse causado em refrigeradores no ambiente de distribuição

| Fluxo de produto | Transporte, armazenamento, carga/descarga e outras condições | | | Análise de estresse | | | | | | |
|---|--|----------------------|---|---|----------|-------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | Ação de distribuição | Equipamentos | Comentários sobre estresse | Braçal | Mecânica | Impacto por queda | Outros impactos | Compressão estática | Compressão dinâmica | Vibração no percurso |
| ① Linha de produção | Paletizado | Paletizador | 1350 x 2200 4 unidades/nível/PL-420L | | ○ | | ○ | | | ○ |
| ② Armazém da fábrica ↕ Armazém comercial | Manobra | Empilhado | | | ○ | | ⊗ | | | ○ |
| | Armazém | Carregamento | Distância percorrida de aprox. 40m Carga em 2 pallets | | | | ⊗ | | | ○ |
| | Armazém | Paletizador | Paletização Armazenamento por no máximo 2 meses 40%90%RH/1W | | | | | ⊗ | | |
| | Transporte em caminhão | Caminhão de 12t | Distância percorrida de aprox. 4km | | | | | | | ○ |
| ③ Despacho | Armazém | Paletizado | Carga em 2 pallets | | | | | ○ | | |
| | Transporte em caminhão | Caminhão de 12t | Distância percorrida de aprox. 4km | | | | | | | ○ |
| | Manobra | Carregamento | Distância percorrida de aprox. 15m Carga em 2 pallets | | ○ | | ○ | | | ○ |
| | Carregamento em caminhões | Trabalho braçal | 1 a 2 pessoas: manobra Arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | ○ |
| ④ Transporte | Carregamento em vagão | Carregamento | Distância percorrida de aprox. 15m Arrastamento, rotação com esquadra | | ○ | | ○ | | | ○ |
| | Transporte em caminhão | Caminhão de 12t | 1 nível, carga em fardos, carga em pé | | | | | | ⊗ | ⊗ |
| | Transporte em vagão | Vagão de pallets | Distância máxima percorrida 1.300km 1 nível, carga em fardos, carga em pé | | | | ○ | | | ○ |
| | Manobra | Caminhão de 12t | Distância máxima percorrida 1.300km Aproximadamente 15km da estação seguinte | | | | | | | ○ |
| ⑤ Dentro do armazém | Descarga | Trabalho braçal | Paletizado | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| | Manobra | Carregamento | Arrastamento, rotação com esquadra Distância percorrida de aprox. 15m | | ○ | | ○ | | | ○ |
| ⑥ Centro de distribuição | Armazém | Paletizado | Carga em 2 pallets | | | | | ⊗ | | |
| | Armazém | Carga direta | 2 níveis Armazenamento por no máximo 1 mês 30 a 40°C, 90 a 95% RH | | | | | | | |
| ⑦ Despacho | Manobra | Carregamento | Distância percorrida de aprox. 15m Carga em 2 pallets | | ○ | | ○ | | | ○ |
| | Carregamento em caminhões | Trabalho braçal | 1 pessoa: manobra Arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑧ Transporte | Transporte em caminhão | Caminhão de 4t | Caminhão de distribuição, carga mista com eletrodomésticos Distância máxima percorrida 420km | | | | | | ⊗ | ⊗ |
| | Dentro do armazém | Descarga | Trabalho braçal | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑨ Armazém do | Manobra | Carretilha, carrinho | Arrastamento, rotação com esquadra Distância percorrida de aprox. 15m, com desnível | | | | ○ | | | ○ |
| | Armazém | Carga direta | Arrastamento, rotação com esquadra 2 níveis | | | | | ○ | | |
| ⑩ Despacho | Armazém | Paletizado | Carga em 2 pallets | | | | | | | |
| | Carregamento em caminhões | Trabalho braçal | 1 pessoa: manobra Arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑪ Transporte | Transporte em caminhão | Caminhão de 4ton | 30 a 40°C, 90 a 95% RH Vagão de rota, com carga mista Distância máxima percorrida 260km | | | | | | | ○ |
| | Descarga | Trabalho braçal | Arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑫ Dentro do armazém | Manobra | Trabalho braçal | Carregamento nas costas, arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| | Manobra | Trabalho braçal | | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑬ Loja | Armazém | Carga direta | 1 nível, alguns dias | | | | | ○ | | |
| | Carregamento em caminhões | Trabalho braçal | Arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑭ Transporte | Transporte em caminhão | Caminhão pequeno | Colocação de cabo | | | | | | | ○ |
| | Manobra | Trabalho braçal | Carregamento nas costas, arrastamento, rotação com esquadra | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑮ Entrega | Manobra | Trabalho braçal | Arrastamento, retorno de material de embalagem | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| | Manobra | Trabalho braçal | Manobra de produtos, subir e descer por escada | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| ⑯ Entrega, montagem | Manobra | Trabalho braçal | Retorno do material de embalagem | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| | Manobra | Trabalho braçal | | ○ | | ⊗ | ⊗ | | | |
| Manobra braçal: terão realizado um total de 11 manobras | | | | Outros impactos: exige-se do estudo de carga respeito de impactos na manobra braçal. | | | | | | |
| Manobra mecânica: 5 manobras de carregamento e 1 com paletizador na fábrica. | | | | Compressão estática: com depósito em armazém por 2 níveis e 3 meses. | | | | | | |
| Impacto por queda: teria recebido o impacto por 50 vezes durante 11 manobras. São consideradas as condições do teste de queda da JIS, que correspondem ao peso. | | | | Compressão dinâmica: carga em pé + vibração em percurso. | | | | | | |
| | | | | Vibração em percurso: em caminhão de 11t, 1.800km + em caminhão pequeno por 300km percurso e para carregamento, com 2 níveis de pallets carregados. | | | | | | |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

Tabela 7.1.2-2 Exemplo de ambiente de logística de refrigeradores no Brasil



Fonte: Missão de Estudo da JICA

7.1.3 A linha de produção e embalagem de eletrodomésticos

Embalagens de produtos relativamente grandes como as dos refrigeradores sofrem as seguintes restrições em seu processo de fabricação:

- (1) Linha de montagem e condução: pode acontecer do material da embalagem não correr adequadamente sobre a esteira condutora. Atenção com relação à operação de montagem do produto (materiais de embalagem macios ou que deslizam facilmente). (No caso dos refrigeradores, deve permitir a abertura e fechamento da porta.)
- (2) Problemas relacionados a embaladoras: requer furos para engate na face inferior do produto utilizado na transferência para máquinas de *shrink*. Devem ser abertos orifícios de exaustão antes do *shrink*.

- (3) Embalagem de acessórios: resultado da economia de energia na montagem do produto. (forma de embalar e fixar os acessórios do refrigerador).

7.1.4 Projeto de embalagem para produtos lácteos

Será apresentado, a seguir, um resumo do projeto de embalagem individual de produtos lácteos, especificamente de sacos plásticos para leite, tampas de alumínio para iogurtes e tampas de embalagem do doce de leite.

(1) Projeto e avaliação de embalagem de produtos lácteos

É essencial ter pleno conhecimento das especificações das embalagens em uso e elaborar um projeto melhorado, tendo em mente os seguintes objetivos:

- 1) Projeto de embalagem e objetivos de embalagem
 - [1] Segurança e higiene do produto
 - [2] Proteção (resistência física, resistência a calor e água; barreira contra água e gás)
 - [3] Operacionalidade (facilidade de manuseio, de adaptação ao maquinário, de envase)
 - [4] Economia (custo de produção, de materiais, de logística e preço do produto)
 - [5] Funcionalidade (facilidade de transporte e abertura)
 - [6] Valorização comercial (destaque na prateleira e facilidade de exposição do produto)
 - [7] Preocupação ambiental (facilidade de processar e reciclar os resíduos)

2) Procedimento para projeto de embalagem e avaliação de protótipos

Deve ser executado passo a passo e efetuar a revisão a cada passo:

[1] 1º Passo: Avaliação de protótipos feitos a mão

Ao concluir a introdução de melhorias no projeto de embalagem, avaliou-se o protótipo em sua fase de confecção manual. Foram executadas as avaliações organolépticas e por dispositivos. A avaliação organoléptica de fatores como abertura de embalagem também é de grande importância.

[2] 2º Passo: Avaliação de protótipos feitos por máquinas

Os protótipos foram produzidos em máquinas, sendo as embalagens individuais avaliadas organoléptica e mecanicamente (por equipamentos de testes). Avaliou-se também a adequação das embaladoras. Quando detectado algum problema durante a avaliação, foram introduzidas melhorias no projeto de embalagem.

[3] 3º Passo: Avaliação do mercado

Avaliou-se a reação do mercado, produzindo um pequeno lote e expedindo-o para uma região limitada. O produto colocado no mercado permitiu identificar aspectos não previstos como danos e problemas causados por diferentes maneiras de manusear e

consumir o produto. Foram coletadas as reclamações dos consumidores e pessoas envolvidas na logística, para realimentar a melhoria no projeto de embalagem.

[4] 4º Passo: Colocação no mercado

Colocação gradativa no mercado. A ocorrência de problemas no mercado deve ser pensado como tema para a melhoria do projeto de embalagem.

3) Avaliação de protótipos

Os testes organolépticos de abertura de embalagem envolveram os seguintes testes de resistência:

- [1] Teste de resistência a queda
- [2] Teste de resistência a compressão
- [3] Teste de selagem a quente
- [4] Teste de vazamento
- [5] Teste de vibração

(2) Saco plástico para leite

O saco plástico que embala o leite apresentava problemas de vazamento, da região de fechamento superior e inferior e longitudinal do corpo. No corpo do saco plástico, a selagem era por sobreposição com aquecimento em apenas de um dos lados pecando pelo aspecto de resistência do lacre. Seria preciso mudar para o método de aquecimento dos dois lados. Nas bordas superior e inferior, o fechamento era por corte e fusão. Este método consiste em usar um aquecedor fino, similar à corda de um piano, que derrete e corta o filme plástico, ao mesmo tempo, para selar as extremidades. Isto resulta numa selagem com aba muito estreita, quase ausente, prejudicando a resistência do lacre. Os sacos plásticos convencionais possuem maior resistência em seus lacres quando mantêm uma aba de selagem de aproximadamente 5mm de largura. Para resolver o problema do vazamento, seria necessário reformar o maquinário atual de modelagem de saco e envasamento. Entretanto, pela sua inviabilidade, abandonou-se esta hipótese no projeto de melhoria da embalagem. Contudo, é possível atenuar o problema, mesmo utilizando os equipamentos atuais, se forem adotados controles rigorosos na qualidade da operação de selagem a quente. Isto porque foi verificado que a qualidade do lacre varia consideravelmente de uma empresa para outra e até mesmo de um lote para outro (Veja 7.3.3.1 e 7.3.4.1).

O que pôde ser melhorado no equipamento em uso foi a mudança da especificação do filme LDPE que é utilizado nele. Em comparação ao LDPE, o L-LDPE que é o polietileno linear de baixa densidade, destaca-se quanto à selabilidade ao que se refere à resistência do lacre, qualidade do lacre com impurezas e propriedade Hot Tack. Razões estas que nos levaram a aumentar a proporção de uso do L-LDPE.

(3) Lacre de alumínio do frasco de iogurte

Durante o transporte, ocorrem furos nos lacres de alumínio, resultando em vazamento do produto. Além disso, ao abrir a embalagem, esses lacres de alumínio tendem a rasgar-se, formando farpas. Embora diminuir a capacidade adesiva do selo da tampa, facilitando sua abertura, seja uma alternativa para diminuir a formação de farpas, isto dificulta a manutenção de uma boa qualidade de lacre e a abertura da embalagem. Se adotarmos peças de filmes metalizados, resolveríamos os problemas dos furos durante o transporte e as farpas. Porém, este método provoca o enrolamento do filme, o que o torna incompatível com os equipamentos de embalagem atualmente em uso. Para eliminar pela raiz a formação das farpas de alumínio, melhoramos o projeto de embalagem introduzindo a utilização de folhas laminadas de alumínio com filme plástico.

(4) Doce de leite

Testes de vibração comprovaram que o atrito pelo contato entre a tampa de plástico e o lacre de alumínio forma e cria porosidade no lacre ocasionando vazamento do produto. Observamos que o vazamento também pode ser causado pela fadiga do lacre de alumínio, independentemente do atrito pela vibração. Assim, decidimos por melhorar o projeto da tampa de plástico, reduzindo seu contato com o lacre de alumínio. Também introduzimos outras melhorias no lacre como a substituição de alumínio por folhas de alumínio laminado com filme plástico.

7.2 Materiais de embalagem

7.2.1 Filmes para embalagens flexíveis¹

O principal exemplo de embalagem flexível são os sacos plásticos.

7.2.1.1 Filme-base

Dentre as embalagens flexíveis existem aquelas que utilizam filmes simples (não laminados) e as que utilizam filmes em camadas (filmes laminados). Uma forma simples de diferenciar estes materiais é o fato de que embalagens que recebem impressão em sua superfície são feitas de filme simples. É o caso, por exemplo, dos sacos plásticos que embalam os pães. Com exceção desses sacos simples, o filme em camadas é o material mais amplamente utilizado em embalagens flexíveis, porque resultam em sacos com impressão no verso e qualidade gráfica superior.

No filme em camadas, a película da camada exterior (superfície) chama-se filme-base. Para transformar o filme num saco, adotou-se o procedimento laque que chamamos de selagem. No caso de embalagens flexíveis, a selagem normalmente significa a selagem a quente. Isto porque este método de laque por aplicação simples de calor e resfriamento é o mais vantajoso pelos aspectos de rapidez, baixo custo e estabilidade. O filme que compõe a camada interna do filme laminado para fins de selagem, chama-se material de selagem ou selante. No filme em camadas, pode ser colocada mais uma folha, entre o filme-base e o selante, para agregar, por exemplo, propriedade de barreira. A esta folha chamamos material intermediário.

Os filmes mais comumente utilizados como filme-base são: OPP, PET, Nylon e outros filmes revestidos com policloreto de vinilideno. Na tabela 7.2.1-1 apresentamos uma avaliação do desempenho destes três tipos de filmes.

Tabela 7.2.1-1 DESEMPENHO DE CADA TIPO DE FILME

| Desempenho | Unidade | ON | PET | OPP |
|---|------------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Espessura | µm | 15 | 12 | 20 |
| Resistência a tração | kg/cm ² | 2500 | 2200 | 1900 |
| Elasticidade | % | 100 | 150 | 100 |
| Elasticidade de tração | kg/mm ² | 100 | 430 | 200 |
| Resistência a rompimento | kg/cm ² ·mm | 250 | 150 | 130 |
| Resistência ao impacto | kg/cm/mm | 350 | 250 | 300 |
| Resistência a perfuração Diâmetro da punção: 0.49Φ | kg/mm | 80 | 75 | 60 |
| Porosidade por flexão Laminado de 60µ, Gerbo | Unidade | 2 (5.000 vezes) | 1 a 5 (300 vezes) | 2 (3.000 vezes) |

¹ Fonte: Hiroshi Ohsuga, “Novos filmes para embalagem de produtos alimentícios – embalagens flexíveis / Teoria e aplicação”, Nippo Shuppan.

| Desempenho | Unidade | ON | PET | OPP |
|---------------------------------|-------------------------|-----|-----|---------------|
| Furos por atrito | Vezes | 200 | 60 | 20 |
| Permeabilidade do vapor de água | g./m ² •24h | 250 | 50 | 10 |
| Permeabilidade do oxigênio | cc./m ² •24h | 45 | 120 | 2200 |
| Absorção de umidade 20°C×60% RH | % | 3~4 | 0.4 | Abaixo de 0,1 |
| Ponto de fusão | °C | 215 | 264 | 165 |

OPP é abreviação para Oriented polypropylene (polipropileno orientado) e é o filme de polipropileno com dilatação nos dois eixos. Dentre os filmes olefínicos, o OPP destaca-se não somente por sua impermeabilidade, mas também por sua transparência, resistência a rompimentos, baixas temperaturas e ao impacto. O CPP não estirado apresenta maior resistência ao calor em comparação ao LDPE, sendo amplamente utilizado como selante para retorta.

Os filmes PET são polímeros tal como as garrafas PET. São tereftalatos de polietileno, resultantes da condensação e polimerização do etilenoglicol com o ácido tereftálico. O PET utilizado como material-base é um filme estirado estirado nos dois sentidos. O PET é extremamente adequado para uso em maquinários em função de sua cadeia de partículas com polimerização orientada que é resultante de seu estiramento nos dois eixos. Este material também se destaca por vantagens como a estabilidade contra a ação do calor e de produtos químicos, a transparência, a preservação de odores e a barreira contra gases tóxicos. Porém, possui a desvantagem de furar por dobramento.

O *nylon* era originariamente uma marca registrada da empresa Dupont, que transformou-se em nomenclatura genérica. Seu nome químico é poliamida. A base amida é resultante da polimerização por desidratação da base amina com o radical ácido e chama-se poliamida porque existe em grande quantidade na molécula. Ou seja, é a nomenclatura generalizada para diversas substâncias. O *nylon 6* é aquele utilizado em embalagens flexíveis. O *nylon 6* utilizado em material-base pode também ser chamado de O-nylon por ter passado por estiramento nos dois eixos.

O nylon é utilizado principalmente na área de embalagem de alimentos, devido a características como alta resistência contra o rompimento por queda e contra perfuração, dobramento ou atrito. Embora apresente também barreira contra gases tóxicos, ele contém NH₂ em sua molécula, que absorve água quando a umidade relativa aumenta, resultando na diminuição de seu nível de barreira. Além destes, o MXD-6 (metaxilenodiamina-nylon 6) também é utilizado, embora em pouca quantidade, por ser um filme que permite pouca passagem de oxigênio.

7.2.1.2 Propriedades necessárias ao filme selante

O filme-base não permite a selagem a quente, requerendo, portanto, a adição de uma camada de filme selante no seu verso. Existem vários métodos disso, como: Método de laminação por extrusão, onde a colagem é feita durante a extrusão do polímero; laminação a seco ou a úmido, onde um filme já pronto é colado; filmes multicamadas por co-extrusão; entre outros. Diversas qualidades são requeridas num filme selante. Apresentaremos abaixo algumas delas:

(1) Resistência da selagem

Embalagens flexíveis (sacos plásticos) dependem da resistência de seu lacre por selagem. Portanto, é muito importante que a selagem proporcione um lacre resistente ao filme.

(2) Possibilidade de selagem com impurezas

A selagem é feita depois de colocado o produto na embalagem. Isso pode fazer com que o conteúdo da embalagem grude nas superfícies a serem seladas. No envasamento de leite em embalagens de papel da empresa Tetra Pak, por exemplo, a selagem é feita submersa no líquido.

Chamamos de possibilidade de selagem com impurezas àquela que, como neste exemplo, mantém um selo resistente, ainda que tenha sofrido a aderência de impurezas.

(3) Hot Tack

Ao envasar em máquinas do tipo *pillow* vertical (formato de travesseiro em sentido vertical), e depois de o saco plástico ser lacrado em sua parte superior pela barra lateral de selagem, esse lacre não estará com o selante totalmente frio e endurecido durante seu avanço intermitente até o momento de corte. Nessa situação, o lacre superior tenderá abrir-se por ação do peso de seu conteúdo. Ao selante que não permite a abertura nesta etapa, chamamos de selante com boa propriedade Hot Tack. Em geral, esta propriedade é expressa pelo comprimento do descolamento. Ao que se refere à resina, é preciso que tenha elevado índice de fusão e aderência.

(4) Selagem em baixa temperatura

Normalmente utilizado como sinônimo de selagem rápida, por vezes, pode significar a possibilidade de uso em materiais-base com pouca resistência ao calor, estruturas com laminação espessa ou embalagens cujo formato contém dobras.

Na Tabela 7.2.1-2, apresentamos as propriedades necessárias ao polímero selante que confira elevada qualidade ao lacre.

Tabela 7.2.1-2 Comparativo de propriedades dos filmes selantes

| | | LDPE | | L-LDPE | | Iono-mer | EVA VA5% | CPP |
|------------------------------|---------------------------------|----------|---------|----------------|--------------|----------|----------|-----|
| | | Baixo MI | Alto MI | Método Inflado | Método T die | | | |
| Selabilidade | Resistência da selagem a quente | ○ | ○ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | ⊙ |
| | Selagem em baixa temperatura | ○ | ○ | × | × | ⊙ | ⊙ | × |
| | Selagem com impurezas | △ | △ | ○ | ○ | ⊙ | ○ | △ |
| | Hot Tack | △ | △ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | ⊙ |
| Resistência ao calor | Água quente a cerca de 80°C | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ○ | ⊙ | ⊙ |
| | Água quente a cerca de 90°C | ⊙ | △~ ○ | ⊙ | ⊙ | × | × | ⊙ |
| | Água quente a cerca de 100°C | △~ ○ | × | ⊙ | ⊙ | × | × | ⊙ |
| | Retorta a 120°C | × | × | × | × | × | × | ⊙ |
| Resistência ao frio | Cerca de 0°C | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | ⊙ | △ |
| | Cerca de -20°C | ○ | ○ | ⊙ | ⊙ | ○ | ⊙ | × |
| Resistência a queda | | ○ | ○ | ⊙ | ○ | ○ | ⊙ | △ |
| Resistência a compressão | | ○ | ○ | ⊙ | ○ | ○ | ○ | × |
| Resistência a perfuração | | △ | △ | ○ | ○ | △ | ○ | × |
| Resistência a atrito | | △ | △ | △ | △ | △ | × | △ |
| Resistência a óleos e graxas | | △ | ×~ △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ⊙ |
| Flexibilidade | | △ | △ | △ | △ | △ | ○ | × |
| Transparência | | △ | △ | △ | ⊙ | △ | △ | ⊙ |
| Baixo odor | | ○ | ○ | ×~ △ | × | ○ | △ | ○ |

⊙ : Excelente, ○ : Bom, △ : Aceitável, × : Inaceitável, MI: Melt Index (índice de derretimento)

7.2.1.3 Tipos de filmes selantes

A grande maioria dos filmes utilizados como selantes são da família das poliolefinas, sendo subdivididas em polietilenos e polipropilenos.

Os polietilenos de alta densidade polimerizam-se facilmente por serem produtos da cadeia de etilenos não ramificada. Embora utilizada em embalagens em geral por sua alta resistência, ele não tem utilidade como selante.

Já os polietilenos de baixa densidade, doravante chamados apenas LDPE (Low Density Polyethylene), possuem cadeia molecular com ramificação irregular. Desde sempre foram utilizados como filmes selantes.

Os polietilenos lineares de baixa densidade, doravante chamados apenas L-LDPE (Linear Low Density Polyethylene), apresentam cadeias curtas como ocorrem com os LDPE, mas não têm cadeias longas. As estruturas das cadeias linear ou ramificada dos polietilenos são apresentadas na Figura 7.2.1-1.

Na fase de condensação do L-LDPE, ele leva consigo uma pequena quantidade de C-4 (buteno), C-6 (hexeno) e C-8 (octeno) na forma de co-monômeros, porque ele permite agregar várias cadeias moleculares curtas em sua própria cadeia molecular. A grande maioria do L-LDPE é do tipo C-4. Em termos de resistência, os tipos C-6 e C-8 destacam-se.

Como mostramos na Tabela 7.2.1-2, comparado ao LDPE, o L-LDPE apresenta melhor selabilidade em termos de resistência do lacre, qualidade do lacre com impurezas e propriedade Hot Tack. Ele se destaca também na resistência a perfurações por punção e engorduramento. Na Figura 7.2.1-2, demonstramos a relação entre a temperatura de selagem e a resistência do lacre. Recentemente surgiram os L-LDPE condensados pela catalização de metallocenos. Comparada à catalização convencional por Ziegler-Natta, aquela apresenta uma distribuição molecular extremamente pronunciada, com distribuição uniforme dos co-monômeros, o que a faz destacar-se brilhantemente nas características anteriormente citadas como a resistência.

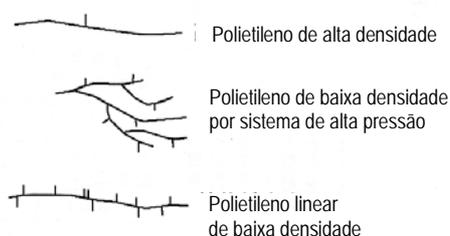


Figura 7.2.1-1 Estrutura da ramificação do polietileno

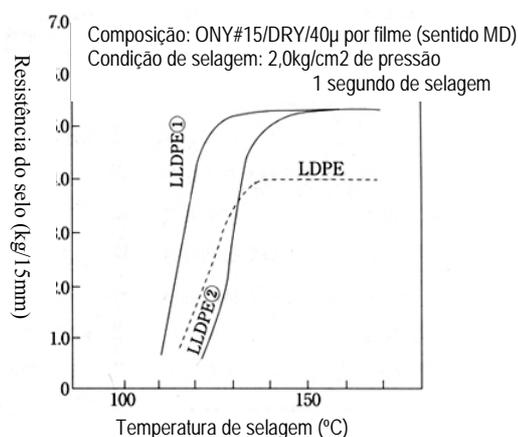


Figura 7.2.1-2 Relação entre a temperatura de selagem e a resistência do lacre

Em selantes de polipropileno são utilizados os CPP (a letra C é a inicial de Cast (moldado), não-dilatado). Os tipos mais representativos são os materiais polimerizados com 2 a 5% de etileno ou a polimerização de propileno/etileno/buteno-1. Embora utilize-se o L-LDPE para uso em produtos a serem fervidos, o CPP é o utilizado para retortas em temperatura igual ou superior a 120°C.

Conforme já mencionamos, o L-LDPE tem melhor selabilidade do que o LDPE. Além disso, seu custo é 1 a 2% menor que o LDPE. O ponto de derretimento varia conforme a densidade do material. Em comparação ao LDPE, que com densidade 0,92 atinge seu ponto de fusão a cerca de 110°C, o L-LDPE começa a derreter somente em temperatura de 10 a 15°C maior que o LDPE. Também na temperatura de selagem, o L-LDPE só se funde a mais de 150°C, enquanto o LDPE possibilita a selagem a partir de 130°C.

Isso significa que, no processo de fabricação do filme L-LDPE, a elevada temperatura requerida para a sua fusão possui o agravante de não possibilitar o uso de equipamentos de

modelos ultrapassados. Além disso, existe ainda o problema de não poder ser trabalhada em máquinas de envasamento e selagem desprovidas de aquecedores.

7.2.1.4 Os materiais intermediários e a composição do filme

Três são as possibilidades admissíveis:

(1) Camada única de filme-base

Corresponde ao filme-base que age também como selante. Temos como exemplo deste tipo de material os LDPE de camada única como as utilizadas em embalagem de açúcar, sal, petiscos e feijões.

(2) Em camada dupla: Uma de filme-base e outra de selante

São utilizadas, por exemplo, em embalagens a vácuo PET/LDPE, ONY/LDPE para alimentos congelados, OPP/LDPE para alimentos desidratados, OPP/LDPE para alimentos líquidos ou o PET/OPP usados para embalar alimentos de preparo por retorta.

(3) Em camada tripla: Uma de filme-base, uma de material intermediário e outra de selante

Quando apenas a presença do filme-base e do selante são insuficientes para atender satisfatoriamente aos requisitos qualitativos, é possível lançar mão de funções auxiliares como as exemplificadas a seguir: Temos por exemplo os saquinhos de batatas fritas que usam filmes PET/OPP com metalização OPP/Al para bloquear mais eficientemente a entrada de luz. Ou ainda, as embalagens OPP/EVOH/OPP que servem para impedir o contato do produto com o oxigênio.

7.2.2 Folhas de alumínio¹

(1) Características gerais

As folhas de alumínio com 99,3% de índice de pureza são as mais amplamente utilizadas. Este material é indicado por 1N30 na especificação JIS. Recentemente, a liga 8021 de Al-Fe tem sido utilizada para os mesmos fins que o 1N30, por possuir alta processabilidade e elevada capacidade de barreira. As folhas de alumínio têm sido utilizadas em diversos tipos de embalagens flexíveis em função de qualidades como bom nível de bloqueio de gases e luz, sua boa aparência proporcionada pelo brilho metálico, além da facilidade de corte. As folhas de alumínio com 7µm de espessura são as mais comumente utilizadas em embalagens flexíveis, embora também se usem as de 9µm. Há, entretanto, casos especiais como os das embalagens

¹ Fonte: Hiroshi Ohsuga, “Novos filmes para embalagem de produtos alimentícios – embalagens flexíveis / Teoria e aplicação”, Nippo Shuppan.

para queijos que têm de 12 a 15 μ m, as embalagens PTP que vão de 15 a 20 μ m e os selos para tampas medindo de 20 a 40 μ m.

As folhas de alumínio podem ser rígidas ou maleáveis, sendo que este último tipo é o que normalmente se utiliza na confecção de embalagens flexíveis. As folhas maleáveis de alumínio são feitas do recozimento das folhas rígidas a uma temperatura de aproximadamente 400°C. Um outro aspecto das folhas de alumínio reside no fato de que elas têm uma face brilhante e a outra opaca. Isto ocorre porque as folhas com menos de 50 μ m de espessura são obtidas pela laminação de duas folhas sobrepostas. A face brilhante da folha resultante é aquela que esteve em contato direto com o cilindro de laminação. A tabela 7.2.2-3 mostra as características da folha de alumínio.

Tabela 7.2.2-1 Propriedades físico-mecânicas da folha de alumínio

| Espessura da folha de alumínio (em μ m) | | | 7 | 9 | 12 |
|---|----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Espessura da amostra (em μ m) | | | 6.4~7.6 | 8.3~9.7 | 11.1~12.9 |
| Peso (em g/m ²) | | | 17.3~20.6 | 22.5~26.3 | 30.1~35.0 |
| Área externa (em m ² /kg) | | | 57.7~48.6 | 44.5~38.0 | 33.2~28.6 |
| Resistência a tração (kg/15mm) | Rígido | Vertical | 1.7 | 2.0 | 2.8 |
| | | Horizontal | 1.8 | 2.1 | 2.9 |
| | Maleável | Vertical | 0.7 | 0.9 | 1.2 |
| | | Horizontal | 0.6 | 0.8 | 1.2 |
| Estiramento (%) A 100mm de distância do marco | Rígido | Vertical | 0.8 | 1.2 | 1.3 |
| | | Horizontal | 1.4 | 1.9 | 2.4 |
| | Maleável | Vertical | 3.6 | 4.4 | 5.4 |
| | | Horizontal | 4.3 | 4.7 | 6.0 |
| Resistência a ruptura (kg/cm ²) | Rígido | | 0.35 | 0.50 | 0.8 |
| | Maleável | | 0.33 | 0.45 | 0.6 |

É bem sabido o fato de que as folhas de alumínio com espessuras menores que 20 a 25 μ m apresentam abertura de furos microscópicos (*pin-holes*). Em folhas simples, elas permitem a passagem do oxigênio. Essa permeabilidade atinge níveis desprezíveis se a folha de alumínio receber laminação ou revestimento.

(2) Furos (porosidade)

Embora as folhas de alumínio sejam excelentes bloqueadores de gases, ela se rompe em tiras muito facilmente. Além disso, sabe-se que elas furam facilmente pela torção ou o dobramento. A pesquisa sobre a formação de furos desenvolveu-se a partir do estudo dos filmes plásticos, cujos comentários apresentaremos a seguir. Existem três tipos de furos. Os furos causados por “perfuração”, os “desgastes por atrito” e os “fadiga por torção ou dobramento” que aparecem nos cantos. Por exemplo: a força para a perfuração de um filme laminado, usando

uma agulha em forma de meia-lua com raio de 0,5mm em sua extremidade, é expressa pela fórmula força da ruptura $\times 2\pi \times 0,5\text{mm}$, sendo que, grosso modo, os valores calculados e os medidos em testes coincidem.

Uma folha maleável de alumínio com espessura de 9 μm apresenta 1,9kg/15mm de resistência a rupturas. Porém sua elasticidade é de apenas 5%. Verificou-se que a resistência a perfuração foi calculada a 120g, enquanto a medição acusou 30g. Apesar dos valores serem muito diferentes, fica comprovado que uma pequena força é suficiente para causar furos.

Já tivemos relatos de furos em filmes plásticos causados pela ponta aguçada de uma batata frita. Há também relatos de que foram utilizados filmes laminados com resistência superior a 5,7kg contra rompimento com largura de 10mm, como forma de solucionar o problema das perfurações.

Os furos por atrito estão relacionados ao grau de desgaste dos materiais. Esse grau de desgaste é representado pelo acúmulo da pressão e a distância do atrito em relação à unidade de superfície. Na prática, a quase totalidade dos furos por atrito tem ocorrido nos cantos dobrados dos filmes. Ao dobrar um filme laminado em quatro partes e encostar a ponta dobrada (o ângulo) no dedo, a dor que será sentida variará de acordo com o material e a espessura. Quanto menor a área que recebe o contato, maior será a pressão exercida pela unidade de superfície, ainda que o peso aplicado seja o mesmo. Ou seja, quanto mais aguçada a ponta, maior será a pressão da unidade de superfície, aumentando também o nível de desgaste, facilitando a ocorrência de furos.

Podemos exemplificar o furo decorrente da fadiga por dobramento, como o arame que se rompe ao ser dobrado para um lado e outro, várias vezes. Um fenômeno similar ocorre com o filme. Chamamos de destruição por fadiga os casos de quebra ou destruição conseqüente da fadiga, isto é, a aplicação repetitiva de uma força. O furo decorrente da fadiga por dobramento é um exemplo de rompimento por fadiga.

O método considerado o mais confiável para a medição da fadiga por dobramento é aquele em que se utiliza o testador *Gerbo* especificado no ASTM F 392. Existem estudos detalhados sobre a frequência de dobramentos e a quantidade de furos decorrentes para cada tipo de filme plástico. Dificilmente se utilizam as folhas de alumínio como material de embalagens que requeiram resistência. Assim, quando utilizados como material para embalagens, as folhas de alumínio costumam ser reforçadas pela colagem sobreposta de papéis ou filmes plásticos. No entanto, mesmo em folhas de alumínio compostas como no caso do papel/Al/LDPE, foram constatados furos evidentes, após passarem dez vezes pelo testador *Gerbo*. Em compensação, verificou-se que a ocorrência em materiais simples como o PET metalizado é muito baixa, não sendo encontrado porosidade mesmo após 250 seqüências no testador.

7.2.3 Filmes metalizados¹

A metalização (adesão por vaporização) é o método em que um metal é aquecido e evaporado a vácuo, fazendo-o aderir na superfície de papéis ou filmes compondo uma fina camada. Os metais mais comumente utilizados na metalização são: primeiramente o alumínio, seguidos por ouro, prata, bronze, cromo, níquel, cobalto e suas ligas.

O princípio da metalização reside no fato de que a elevação do vácuo faz decrescer proporcionalmente a pressão do vapor do metal e a temperatura de evaporação. Por exemplo, o ponto de ebulição do alumínio ocorre a 2.060°C. Se o nível do vácuo for de 10-2torr e 10-4torr, o ponto de ebulição muda respectivamente para 1.148°C e 927°C.

O dispositivo mais comum de metalização a vácuo é o sistema que possui duas câmaras de vácuo. Na câmara superior há um dispositivo de coleta e enrolamento do filme, no qual o nível de vácuo é de 1,3Pa(10-2torr). Já a câmara inferior dispõe dos dispositivos de evaporação e aquecimento, em que o vácuo é ajustado a 0,013Pa(10-4torr). O metal evaporado é resfriado e coletado em rolos, tão logo entre em contato com materiais-base como o papel.

O filme metalizado mais comumente utilizado em materiais de embalagem é o filme metalizado de alumínio.

(1) Filmes metalizados de alumínio

Os filmes metalizados de alumínio com espessura de 40 a 60mm são largamente utilizados em embalagens em função das qualidades abaixo:

- 1) Excelente bloqueador de gases tóxicos e umidade;
- 2) Excelente bloqueador de raios ultravioleta e infravermelho;
- 3) Excelente preservador de aromas;
- 4) Superior à folha de alumínio quanto à maleabilidade, sendo, contudo, mais resistente a porosidade;
- 5) Maior excelência quanto ao aspecto decorativo;
- 6) É 100 a 200 vezes mais leve que a folha de alumínio, além de atender melhor à economia de recursos materiais.

As folhas de alumínio comumente utilizadas são as que têm 7 a 8µm de espessura. Em contrapartida, a película metálica dos filmes metalizados não passa de 40 a 80mm que, deixa evidente o quão mais fino é quando convertido em µm, pois não passam de 0,04 a 0,08µm. Os filmes-base usados para a metalização são o PET, CPP, OPP e o Ony, entre outros.

¹ Fonte: Hiroshi Ohsuga, “Novos filmes para embalagem de produtos alimentícios – embalagens flexíveis / Teoria e aplicação”, Nippo Shuppan.

(2) Filmes metalizados transparentes

A desvantagem dos filmes metalizados de alumínio reside em não permitir a visualização do conteúdo da embalagem, impossibilitar o uso em fornos de microondas e dificultar o procedimento de retorta. Também tem sido utilizado o nome “metalização de vidro” por ser opaco quando o óxido de silício é observado sob difração de raio X.

O filme metalizado de óxido de silício é representado pelo símbolo SiOX, podendo ser um corpo avermelhado do monóxido de silício (SiO) ou um corpo incolor do dióxido de silício (SiO₂, sílica). A propriedade de barreira do SiOX diminui à medida que aumenta a porção contida de oxigênio. Por esta razão, o volume de oxigênio no processo de metalização é controlado de maneira que mantenha os vapores de O no SiO dentro do parâmetro 1,5 a 1,8.

Embora a propriedade de barreira do filme metalizado propriamente dito seja proporcional à espessura da película metalizada, comenta-se que essa barreira torna-se estável pela laminação com outros materiais. Nos filmes laminados, o índice de passagem de oxigênio é de 0,5 a 1,5cc/m² · 24h e a permeabilidade a vapores é de 1 a 3g/m² · 24h.

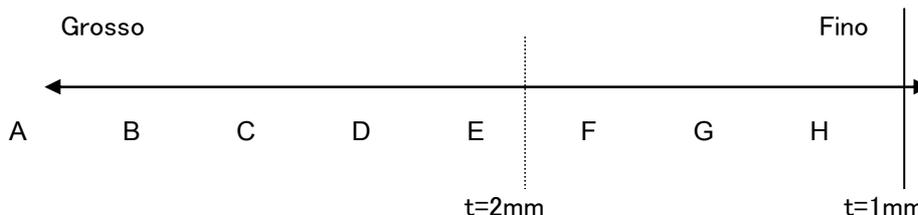
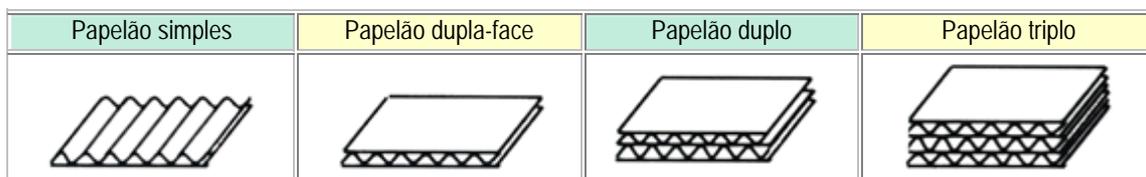
No filme metalizado de óxido de alumínio, o filme-base recebe uma camada de metalização de óxido de alumínio (Al₂O₃, alumina). A principal característica deste produto é a ausência de coloração.

7.2.4 Papelões

Apresentaremos aqui a situação dos papelões produzidos no Brasil.

A empresa Klabin é maior fabricante de papéis no Brasil. Dentre as nove fábricas que possui no Brasil, o grupo de estudos escolheu a fábrica de Jundiaí, em funcionamento desde 1992, para visitas e pesquisas. Nessa fábrica, são produzidos os seguintes tipos de papelões (dos níveis E a A, abaixo apresentadas).

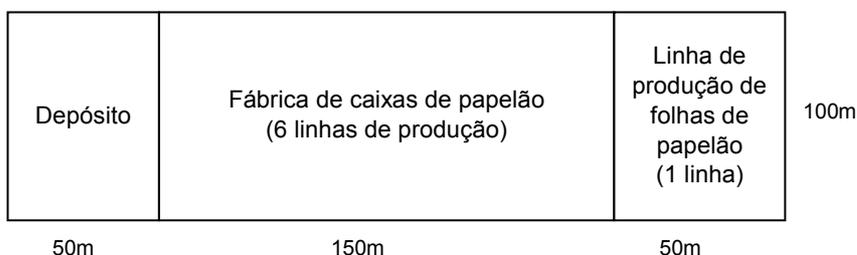
Mínimo: 350g/m² (2mm de espessura); placa de 110g/m² e miolo de 95g/m²
 Máximo: 2.100g/m²; papelão duplo com placa de 440g/m² e miolo de 210 g/m²
 (Utilizado em embalagem para cigarros. Resiste à carga de até 15 toneladas).



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.2.4-1 A fabricação de papelões

O papelão do nível H é aquele cuja espessura é menor que 1mm. A Klabin ainda não fabrica este produto. No Japão, o papelão de nível H estava enquadrado na categoria de papel-cartão. Porém, influenciado pela legislação de reciclagem de embalagens dos últimos anos (em que o papelão não se enquadra por já estar consolidada sua reciclagem), materiais tão finos como estes tendem a ser substituídos pelo papelão. No Japão, este material é chamado de *Microflute*.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.2.4-2 Layout da fábrica

A resistência a compressão é o principal fator a ser considerado, ao elaborar um projeto de resistência do papelão. Diferentemente de latas e garrafas de vidro que conseguem suportar uma certa carga com seu próprio corpo, as caixas de papel e as garrafas plásticas necessitam da ajuda parcial de seu próprio conteúdo para poder suportar a carga. Já as caixas que comportam sacos plásticos e os produtos hortifrutíferos requerem maior atenção, pois as caixas terão de suportar toda a carga.

De um modo geral, as caixas de papelão na América do Sul parecem ter qualidade inferior às caixas produzidas no Japão. Assim, é necessário que se calcule corretamente a resistência do

papelão e se elabore um projeto adequado de embalagens de papelão, visando evitar danos aos produtos alimentícios e aos eletrodomésticos que são acondicionados nelas. Por enquanto, como já temos esclarecidos as especificações para a placa e o miolo da folha de papelão do Japão, bem como sua relação com a resistência, decidimos tomá-los como referência para apresentá-los como sugestão de “cálculo da resistência a compressão da caixa de papelão” e também para a “seleção do material da caixa de papelão”.

Além disso, o novo JIS sobre folhas de papel para papelão foi revisado em setembro de 2005. Apresentamos abaixo a resistência da placa para papelão (Tabela 7.2.4-1) e a resistência do papel que forma o miolo do papelão (Tabela 7.2.4-2):

Tabela 7.2.4-1 Resistência da placa para o papelão

JIS P 3902

| Tipo | | Desempenho | |
|--------|---|---|--------------------------------|
| Classe | Gramatura indicada (em g/m ²) | Resistência a compressão ISO (horizontal) (em kN/m) | Resistência a ruptura (em kPa) |
| LA | 180 | Mais de 1,77 | Mais de 522 |
| | 220 | Mais de 2,31 | Mais de 616 |
| | 280 | Mais de 3,31 | Mais de 756 |
| LB | 170 | Mais de 1,51 | Mais de 459 |
| | 180 | Mais de 1,59 | Mais de 486 |
| | 210 | Mais de 2,07 | Mais de 546 |
| | 220 | Mais de 2,17 | Mais de 572 |
| | 280 | Mais de 2,94 | Mais de 700 |
| LC | 160 | Mais de 1,21 | Mais de 288 |
| | 170 | Mais de 1,29 | Mais de 306 |
| | 210 | Mais de 1,59 | Mais de 378 |

Obs. 1: Há tolerância de $\pm 3\%$ para a gramatura indicada.

Obs. 2: Na resistência a compressão ISO (kN/m), aplica-se a compressão acomodando as amostras de 152,4 x 12,7mm (6 x 1/2in) em formato anelar. Assim, temos que: Resistência a compressão (kN) = Resistência a compressão ISO (kN/m) x 0,1524m

Obs. 3: A umidade por ocasião do recolhimento em rolo é de $7,5 \pm 1,5\%$.

Tabela 7.2.4-2 Resistência do papel que forma o miolo do papelão

JIS P 3904

| Tipo | | Desempenho | |
|--------|---|---|---|
| Classe | Gramatura indicada (em g/m ²) | Resistência a compressão ISO (horizontal) (em kN/m) | Resistência a ruptura (vertical) (em kPa) |
| MA | 160 | Mais de 1,63 | Mais de 8,0 |
| | 180 | Mais de 2,01 | Mais de 9,0 |
| | 200 | Mais de 2,43 | Mais de 10,0 |
| MB | 120 | Mais de 0,91 | Mais de 4,8 |
| | 125 | Mais de 1,59 | Mais de 5,0 |
| | 160 | Mais de 1,42 | Mais de 6,4 |
| | 180 | Mais de 1,59 | Mais de 7,2 |
| MC | 115 | Mais de 0,72 | Mais de 3,5 |
| | 120 | Mais de 0,75 | Mais de 3,6 |
| | 160 | Mais de 1,21 | Mais de 4,8 |

Obs. 1: Há tolerância de 3% para a gramatura indicada.

Obs. 2: Na resistência a compressão ISO (kN/m), aplica-se a compressão acomodando as amostras de 152,4 x 12,7mm (6 x 1/2in) em formato anelar. Assim, temos que: Resistência a compressão (kN) = Resistência a compressão ISO (kN/m) x 0,1524m

Obs. 3: A umidade por ocasião do recolhimento em rolo é de 8,0±1,5%.

Em relação ao projeto de embalagem de papelão, apresentaremos um exemplo prático elaborado para alimentos processados.

(1) Exemplo de cálculo da resistência a compressão de uma caixa de papelão

Para se obter a resistência a compressão do papelão, temos a fórmula simplificada de *Kellicut* aplicável em caixas do modelo 0201 (*Slotted-type boxes*). Essa caixa de papelão é do tipo peça única com abas de emenda.

Fórmula simplificada de *Kellicut*:

- Flute A: $P=0.748 \times R_x \times Z^{1/3}$
- Flute B: $P=0.612 \times R_x \times Z^{1/3}$

Onde:

P = Resistência à compressão da caixa (N ou kgf)

R_x = Valor da resistência total à compressão do papel que compõe a caixa (N ou kgf)

- Papelão dupla-face = $R_1+R_m \times C + R_2$
- Papelão duplo = $R_1+R_{m_1} \times C_1 + R_2+R_{m_2} \times C_2 + R_3$
- C é o índice de repetição das ondas, onde Flute A é igual a 1,6 e o Flute B é 1,4

Z^{1/3}: Raiz cúbica do comprimento (cm)

Os tipos que usam papelões de dupla-face ou papelões duplos são apresentados no item 7.2.1. A estrutura e os tipos de ondas (corrugações) são apresentados na Tabela 7.2.4-3.

Tabela 7.2.4-3 Estrutura e tipo de ondas

| Tipo de onda | Código | Quantidade de ondas em 30cm | Altura da onda | Índice de repetição das ondas | Aplicação |
|--------------|--------|-----------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Flute A | AF | 34±2 | 4.5~4.8 | 1.5~1.6 | Embalagem externa |
| Flute B | BF | 50±2 | 2.5~2.8 | 1.3~1.4 | Embalagem externa |
| Flute C | CF | 40±2 | 3.5~3.8 | 1.4~1.5 | Embalagem externa |
| Flute E | EF | Cerca de 94 | 1.1~1.2 | 1.2~1.3 | Embalagem interna / individual |

Fonte: Apostila do 3º Curso de Projeto de Embalagens de Papelão (Associação Japonesa de Tecnologia de Embalagem, Regional de Kanto), p.8.

Aplica-se agora, a fórmula simplificada de *Kellicut* para obter a resistência a compressão da seguinte caixa de modelo 0201:

Exemplo 1: Caixa Flute A feita de material LB220 x MG125 x LB220, com dimensões internas: 360mm de comprimento x 300mm de largura x 250mm de altura.

Resposta 1:

Primeiramente, deve-se obter o valor de R_x :

Resistência a compressão da placa LB220 = $2,17\text{kN/m} \times 1.000/\text{k} \times 0,1524\text{m} = 331\text{N}$

Resistência a compressão do miolo MB125 = $0,94\text{kN/m} \times 1.000/\text{k} \times 0,1524\text{m} = 143\text{N}$

Assim, $R_x = \{331\text{N} + 143\text{N} \times 1.6 + 331\text{N}\} = 891\text{N}$

Obter a raiz cúbica do perímetro da caixa:

$Z = (36 + 30) \times 2 = 132 \text{ (cm)}$

$Z^{1/3} = 5,09$

Portanto, a resistência a compressão da caixa será:

$P = 0,748 \times 891\text{N} \times 5,09 = 3.392\text{N}$

(2) Exemplo da escolha do material para a caixa de papelão

O procedimento para a seleção do material consiste de: ① Obter a carga que recai sobre a caixa que ficará na carreira inferior ao ser armazenada. ② Obter a resistência a compressão de que a caixa necessita, preocupando-se com os diversos fatores que podem prejudicá-la e aplicando uma margem de segurança. Os fatores que comprometem a resistência a compressão são: temperatura, umidade, tempo de armazenamento, forma de empilhamento sobre o *pallet*, vibrações e queda, entre outros fatores. No transporte de mercadorias dentro de um mesmo país, costuma-se aplicar uma margem de segurança de 3 a 5 vezes. ③ Obter a resistência necessária à folha de papel, selecionando o *Flute* e calculando inversamente pelo método *Kellicut*. ④ Selecionar placas e miolo que atendam aos requisitos de resistência a compressão.

Exemplo 2: Selecionar os materiais para uma caixa do modelo 0201 que satisfaçam as condições abaixo.

- Medida da margem para colagem no interior da caixa: 450mm de comprimento x 350mm de largura x 250mm de altura.
- Peso total da caixa: 12kg
- Empilhamento: 10 unidades
- Margem de segurança: 3 vezes

Resposta 2:

- ① Calcular a resistência a compressão que necessária a caixa.

$$P = 12 \times (10-1) \times 3 \times 9,81 = 3.178\text{N}$$

- ② Fazer o cálculo inverso, a partir da fórmula de *Kellicut*.

$$R_x = P / (0,748 \times Z^{1/3})$$

- ③ Calcular o valor de $Z^{1/3}$.

$$\text{Perímetro da caixa: } (45 + 35) \times 2 = 160 \text{ (cm)}$$

$$Z^{1/3} = 5,43$$

- ④ $R_x = 3178\text{N} / (0,748 \times 5,43) = 782\text{N}$

- ⑤ Selecionar os materiais.

Supondo que será utilizado o LB180 para as placas frontal e traseira, a resistência a compressão das placas frontal e traseira será de 484N, já que a resistência a compressão do LB180 é de 242N ($1,59\text{kN/m} \times 1.000/\text{k} \times 0,1524\text{m}$).

A resistência a compressão necessária ao miolo é:

$$(782\text{N} - 484\text{N}) / 1,6 \doteq 185\text{N}$$

A resistência a compressão ISO é:

$$185\text{N} \div 1000/\text{k} \div 0,1524\text{m} = 1,21\text{kN/m}$$

A partir daí, obtemos que o miolo que satisfaz a estes valores de resistência é o MC100.

Portanto, os materiais da caixa que possibilitam resistir a essas condições de armazenagem são: Flute A com LB180 x MC160 x LB180.

Este material foi extraído da “Apostila do 31º Curso para Projetos de Embalagens de Papelão” da Associação Japonesa de Técnicas de Embalagem – Regional leste.

7.2.5 Filmes *shrink*¹

7.2.5.1 Tipos de filmes *shrink*

Conforme a definição estabelecida no JIS Z1709 para “filme *shrink*”, os filmes destinados ao uso em embalagens *shrink*, são filmes que passaram pelo processo de estiramento para posteriormente, durante o processo de embalagem, serem aquecidos para contraírem-se, fixando-se ao objeto a ser embalado. Partindo dessa definição, podemos dizer que a categoria de filme *shrink* inclui também os materiais que embalam caixas, embalagens em geral, envolvem objetos de grande porte como os *pallets*, além de etiquetas contráteis, selos para tampa e prendedores de fios elétricos.

Atualmente temos uma grande variedade de filmes *shrink* em uso. Dentre os materiais aplicados na prática temos: policloreto de vinilideno, policloreto de vinila e os polietilenos, sendo que dentre estes últimos temos ainda os PE construídos, o L-LDPE, isopor e outros produtos processados de polietileno como os *filmes plásticos com ar-espuma*. Além desses, o polipropileno, poliestireno, poliéster e *nylon* também são utilizados, tendo ainda, os materiais simples e os laminados.

7.2.5.2 Características dos filmes *shrink*

As propriedades requeridas aos filmes *shrink* são:

- ① Deve apresentar bom nível de corrugação como: velocidade, porcentagem, força de resposta, afrouxamento e temperatura.
- ② Deve ter alta resistência e ser resistente ao impacto.
- ③ Deve ter boa selabilidade.
- ④ Deve ter boa adaptabilidade ao maquinário.
- ⑤ Deve ter boa aparência externa e possibilitar boa qualidade de impressão.

A Figura 7.2.5-1 mostra a relação entre a temperatura e a taxa de contração dos filmes *shrink* a quente, enquanto a Tabela 7.2.5-1 apresenta os tipos e as características dos filmes *shrink*.

¹ Fonte: Hiroshi Ohsuga, “Novos filmes para embalagem de produtos alimentícios – embalagens flexíveis / Teoria e aplicação”, Nippo Shuppan.

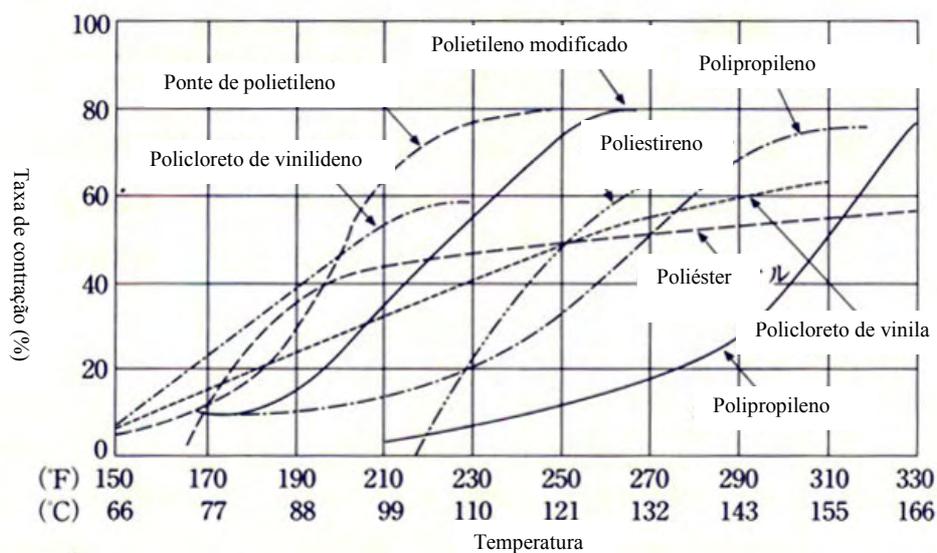


Figura 7.2.5-1 Relação entre a temperatura e a taxa de retração dos filmes shrink

Tabela 7.2.5-1 Tipos e características dos filmes *shrink*

| | Polipropileno | Cloreto de vinila | Polietileno |
|---------------------------------------|---|---|---|
| Principais aplicações | Embalagens individuais de: macarrão instantâneo, bebidas lácteas, aerosol, cadernos, petiscos | Embalagens individuais e internas de: petiscos, pilhas, garrafas, cosméticos e itens de papelaria | Embalagens conjuntas de médio e grande porte: embalagens para produtos pesados, equipamentos elétricos, embalagens em <i>pallets</i> , garrafas e latas |
| Espessura | 12 a 13 μ | 13 a 35 μ | 30 a 200 μ |
| Pontos fortes | Bom nível de transparência e brilho Alta resistência e firmeza | Bom nível de transparência e brilho Alta resistência e firmeza Fácil de trabalhar, abrangendo uma ampla faixa de temperatura para contração | Bom nível de impacto em baixas temperaturas Boa selabilidade |
| Pontos fracos | Faixa estreita de temperatura para selagem | Fácil rompimento da porção selada Exala odores desagradáveis durante a selagem | Não apresenta boa contração Baixa capacidade de fixação |
| Propriedades de abertura da embalagem | Abre facilmente pelo recorte O tamanho do picote aumenta pelo calor | Picotes relativamente estáveis Sentido de recorte direcionado Recorte difícil em um dos sentidos | Rasgo de má qualidade Os picotes aumentam e rompem-se |
| Direcionamento | Contração igualada nos dois eixos, vertical e horizontal | Contração uni ou bilateral | Contração uni ou bilateral |
| Custo | Médio | Alto | Baixo |

7.2.6 Filmes *stretch* e filmes tipo *magipack*¹

As embalagens *stretch* são chamadas assim porque o processo de embalagem compreende o estiramento do filme (*stretch*: esticar, dilatar). Na maioria das vezes, os filmes do tipo *magipack*, principalmente os de uso industrial, são englobados na categoria de filmes *stretch*, pois são puxados e estendidos para embalar. Eles podem ser classificados conforme apresentados na tabela 7.2.6-1.

Os requisitos dos filmes *stretch* para embalagem são:

- Sua elasticidade confere-lhe grande resistência a perfurações por punção.
- Possui retratibilidade suficiente para manter uma boa fixação.
- Não apresenta afrouxamento.
- Possui grande resistência a tração
- Apresenta bom nível de auto-aderência.
- Apresenta bom nível de transparência.

Além das qualidades acima listadas, os filmes do tipo *magipack* requerem também propriedades de barreira contra gases, permeabilidade, facilidade de corte e, se considerarmos o uso em fornos de microondas, terá de ser resistente ao calor.

A junção ou emenda dos filmes *stretch* se faz por auto-aderência, por calor ou pela combinação desses dois fatores. A propriedade de auto-aderência é obtida pela inclusão de materiais aderentes como resinas, inclusive aquelas derivadas do petróleo. Nos últimos anos, surgiram também novas substâncias adesivas como o polibuteno líquido.

Filmes *stretch* utilizados na embalagem em *pallets* apresentaram um estiramento de 110 a 130% em métodos convencionais. Recentemente foi desenvolvido o sistema de pré-tensionamento, em que o processo de extensão e dilatação do filme é separado do processo de enrolamento do mesmo, aumentando sua taxa de estiramento para 250 a 300%, resultando numa redução do volume de consumo do filme.

Tabela 7.2.6-1 Formas de utilização dos filmes *stretch*

| Forma de utilização | Aplicação | Material | Composição |
|-----------------------------------|--|---------------------------|----------------|
| <i>Stretch</i> para <i>pallet</i> | Evitar o desmoronamento da carga colocada em <i>pallets</i> Embalagem para transporte | EVA L-LDPE | Multicamadas |
| Filmes tipo <i>magipack</i> | Para uso doméstico Para uso industrial | PVDC, PVC Poliolefinas | Camada simples |

¹ Fonte: Hiroshi Ohsuga, “Novos filmes para embalagem de produtos alimentícios – embalagens flexíveis / Teoria e aplicação”, Nippo Shuppan.

7.2.7 Isopores

Os fins de uso dos isopores diversificam-se desde o amortecimento de impactos, embalagens individuais até invólucros externos.

- (1) Vasilhas e bandejas para alimentos, feitos de filmes extrudados contínua processada e moldada a vácuo.
- (2) Vasilhas para alimentos, copos, materiais amortecedores, caixas para pescados e invólucros externos produzidos pelo método de conformação com grânulos de expansão.

Em ambos os casos, eles não são considerados necessariamente bons materiais em função da fragilidade característica dos isopores. Porém, é largamente utilizado na embalagem de produtos elétricos, em função da leveza resultante da conformação por expansão e seu relativo baixo custo.

Na América do Sul, utilizam-se cerca de 1kg de isopor para cada unidade de refrigerador elétrico, juntando a porção usada para amortecimento de impactos e a proteção externa. Isto se justifica pela busca da estabilidade na resistência e da leveza do material diante da pré-condição do transporte a longa distância, possibilitando o amortecimento de impactos para que não ocorram riscos causados pela compressão. Ou seja, o isopor permite satisfazer todos os aspectos que atenuam os impactos a que o produto está sujeito, cobrindo toda a área do produto que precisa ser apoiada (área em que se deve evitar a ocorrência de riscos por arrastamento), considerando as três carreiras de empilhamento vertical no armazenamento e as quatro carreiras horizontais do transporte em caminhões.

Uma vez que as propriedades necessárias aos materiais, por ocasião do projeto de embalagem, podem ser obtidas por meio das *homepages* dos fabricantes de grânulos, basta que se selecionem os materiais cujo nível satisfaça suas necessidades.

Tabela 7.2.7-1 Exemplo do volume de uso de isopores em refrigeradores elétricos na América do Sul

| Nome da peça | Brasil 872g | | | | Argentina 782g | | | |
|--------------------|-------------|----------|---------|---------|----------------|----------|---------|---------|
| | Inferior | Superior | Pilar B | Pilar F | Inferior | Superior | Pilar B | Pilar F |
| Quantidade | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Peso (em g) | 366 | 242 | 108 | 156 | 255 | 231 | 181 | 115 |
| Lado maior (em mm) | 692 | 691 | 1425 | 1425 | 622 | 622 | 1525 | 1505 |
| Lado menor (em mm) | 642 | 642 | 140 | 160 | 620 | 620 | 205 | 150 |
| Espessura (em mm) | 105 | 127 | 70 | 80 | 120 | 120 | 85 | 65 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

7.3 Projeto de embalagem que atende ao Guia de referência

Foi apresentado no Capítulo 6 deste relatório o Guia de Referência para parâmetros de testes de embalagem e para projeto de embalagem. Nessa seção, é explicada a maneira pela qual os projetos devem ser gerenciados para satisfazer as condições descritas nesse guia.

(1) Preveja a revisão do projeto de embalagem ao longo das etapas de desenvolvimento do produto.

A tabela 7.3-1 é um exemplo da maneira de pensar o estabelecimento de padrões, considerando a variação de qualidade da fase de projeto.

Tabela 7.3-1 Etapas de desenvolvimento e padrão de avaliação da qualidade do projeto (guia de referência)

| Etapas de comprovação | Guia de Orientação | | |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| | Padrão para o teste de vibração | Padrão para o teste de compressão | Padrão para o teste de queda |
| Teste do protótipo para desenvolvimento | 100% | 105% | 105% |
| Teste de protótipo para produção em massa | 100% | 100% | 100% |
| Teste de produção em massa | 90% | 90% | 90% |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

Os valores apresentados na tabela são apenas para orientação, bastando que, na prática, eles sejam determinados conforme o tipo do produto.

(2) A definição de padrões para os testes de embalagem somente têm sentido quando houver uma gestão na logística de distribuição de produto.

Não há credibilidade onde não há gestão. É preciso haver uma gestão da distribuição de produto para comprovar a qualidade de projeto do sistema de projeto de produto/embalagem. Dependendo da natureza do problema, isso poderá se transformar em tema para um trabalho conjunto entre empresas.

A seguir, uma amostra do procedimento elaborado para atender à qualidade do projeto de embalagem para o produto-alvo, em conformidade com o Guia de Orientação. A Figura 7.3-1 é a vista externa do protótipo de melhoria de embalagem.

Tabela 7.3-2 Procedimento do projeto de embalagem para o produto-alvo

| | Brasil | Argentina |
|---|--|--|
| PASSO 1: identificação das características do produto | | |
| Dimensões externas (mm) | 615 x 610 x 1470 | 615 x 610 x 1470 |
| Peso do produto (kg) | 49,5 | 55 |
| Volume do produto (m ³) | 0,55 | 0,62 |
| Fragilidade ao impacto (g) | 30 | 25 a 30 |
| Resistência a compressão (kg) | 300 | 224 |
| PASSO 2: Ambiente de distribuição do produto | | |
| Transporte | 3.000km em semi-reboque 1 pilha vertical + 2 filas horizontais | 1.500km em semi-reboque* 1 pilha vertical + 1 fila horizontal |
| Armazenamento | Por 4 meses | Por 4 meses |
| Carga e descarga | Empilhadeira + força humana | Empilhadeira + força humana |
| PASSO 3: Avaliação da qualidade do projeto de embalagem | | |
| Teste de vibração: Referência | ASTM: Transporte em caminhões 3 a 200Hz 0,52g 6h | [1] Testes com 3 a 150Hz; 0,2Grms; 5 min. [2] Trecho Bs.As./Mendoza 0,3108Grms; 3 hs. |
| Estabelecimento de padrão provisório | Nível do teste de 3.000km rodados | Nível do teste de 1.500km rodados* |
| Teste de compressão | Carga que suporta 4 empilhamentos verticais | Carga que suporta 4 empilhamentos verticais |
| Teste de queda | 20cm | 20cm |
| PASSO 4: Pesquisa sobre características dos materiais de embalagem | | |
| Isopor | Levantamento de dados do fabricante/fornecedor Características de amortecimento e de escoamento | Levantamento de dados do fabricante/fornecedor Características de amortecimento e de escoamento |
| PASSO 5: Reprojeto da embalagem | | |
| Proposta da embalagem de papelão | Sugestão do fabricante de papelões | Não executado |
| Proposta da embalagem de isopor | Protótipo com densidade de 30kg/m ³ | Revisão do formato atual |
| Embalagem de peças internas do refrigerador | Não executado | Confecção do protótipo com a especificação do fornecedor de peça |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

* Foi considerado o total dos trechos: Bs.As./Rosário, 300km e Bs.As./Mendoza, 1.200km.

Exemplo de melhoria de embalagem no produto brasileiro: proposta da embalagem de papelão



Exemplo de melhoria de embalagem no produto brasileiro: proposta da embalagem com isopor de baixa expansão



Exemplo de melhoria de embalagem no produto argentino (à esquerda): embalagem das peças internas do refrigerador : proposta de embalagem por mudança de formato do EPS



Parte das fotos mostra o produto embalado antes do processo de *shrink* externo.

Fonte: Missão de Estudo da JICA

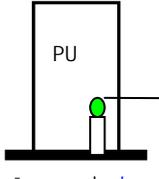
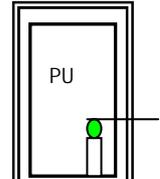
Figura 7.3-1 Protótipos para melhoria de embalagem no Brasil e na Argentina

7.3.1 Avaliação da resistência do produto embalado

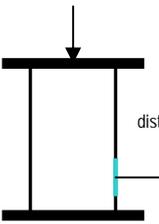
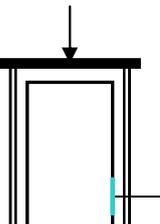
(1) Plano de trabalho para melhoria da embalagem do refrigerador elétrico: Teste de avaliação da qualidade do projeto de embalagem

Abaixo apresentamos o teor dos testes aplicados no Brasil, visando avaliar a qualidade do projeto de embalagem do produto-alvo.

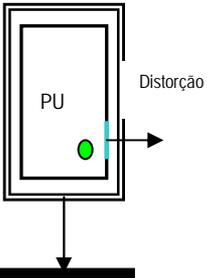
Teste de vibração

| O produto | Produto e embalagem | Item testado | Equipamento necessário |
|--|---|---|--|
|  <p>Vibração por ondas irregulares aleatórias <i>substituir</i> (Carregamento vertical/horizontal) ©Medição da resposta à vibração</p> |  <p>Vibração por ondas irregulares (Carregamento vertical/horizontal) ©Medição da resposta à vibração</p> | <p>Produto embalado: 1 unidade Usado também para outros testes</p> | <p>Aparelho para teste de vibração PU</p> |

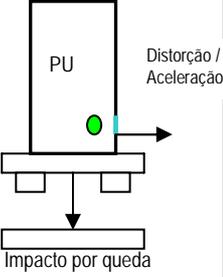
Teste de compressão

| O produto | Produto e embalagem | Item testado | Equipamento necessário |
|--|--|--|---|
|  <p>Carga estática (Carregamento vertical/horizontal) ©Carga - deformação ©Carga - distorção © Área de deformação plástica</p> |  <p>Carga estática (Carregamento vertical/horizontal) ©Carga - deformação ©Carga - distorção © Área de deformação plástica</p> | <p>Produto embalado: 1 unidade Carcaça do produto: 2 unidades</p> | <p>Aparelho para teste de compressão Medidor e gabarito de distorção</p> |

Teste de queda

| O produto | Produto e embalagem | Item testado | Equipamento necessário |
|-----------|---|------------------------------|------------------------------|
| (não há) |  <p>Queda livre: Face inferior/arestas</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊙ Velocidades ⊙ Distorção ⊙ Danos | Produto embalado: 2 unidades | Aparelho para teste de queda |

Teste de impacto

| O produto | Produto e embalagem | Item testado | Equipamento necessário |
|--|---|-----------------------|--|
|  <p>Impacto por queda</p> <ul style="list-style-type: none"> ⊙ Aceleração ⊙ Distorção ⊙ Danos | Produto e embalagem (Estudar conforme a necessidade) | 2 unidades do produto | Aparelho para teste de impacto PU Medidor e gabarito de distorção |

As quantidades de produtos apresentadas acima são as mínimas necessárias para a aplicação dos testes. →Correspondentes a duas unidades do produto, cinco unidades do produto embalado e duas unidades de carcaça do produto. Se possível, seria interessante manter uma unidade embalada de reserva.

(1) Estudo da embalagem do refrigerador da empresa A

1) Dimensões externas do produto-alvo

| | Produto | Embalagem |
|--------------------------|---------|-----------|
| Largura (mm) | 615 | 692 |
| Profundidade (mm) | 610 | 642 |
| Altura (mm) | 1.470 | 1.562 |
| Volume (m ³) | 0,55 | 0,69 |
| Peso (kg) | 49,5 | 50,5 |
| kg/m ³ | 89,8 | 72,8 |



Fonte: Missão de Estudo da JICA
Figura 7.3.1-1 Vista externa do produto

2) EPS (isopor)

| | Inferior | Superior | Pilar B | Pilar F |
|--------------------|----------|----------|---------|---------|
| Quantidade | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Peso (g) | 366 | 242 | 108 | 156 |
| Lado comprido (mm) | 692 | 692 | 1.425 | 1.425 |
| Lado curto (mm) | 642 | 642 | 140 | 160 |
| Espessura (mm) | 105 | 124 | 70 | 80 |

3) Filme *shrink*

Espessura (μ)

Área de cobertura

Quantidade utilizada (m^2)

4) Fita adesiva

Foi utilizada a fita adesiva de PE para a fixação das peças no interior dos refrigeradores.

5) Considerações relacionadas com o projeto de embalagem

1. Densidade do EPS

Dimensão: 50 x 50 x 50mm

Peso: 2,637g

Densidade: 21kg/m³

2. Capacidade amortecedora

Medimos o EPS inferior, quanto a espessura e a área que suporta o produto.

Área de suporte: 1.129cm²

Espessura média: 6,3cm

A partir desses dados, foi calculada a capacidade amortecedora, conforme apresentamos na figura 7.3.1-3.

Com altura da queda: 8cm, aceleração gerada 30g's, o EPS sofreu deformação de aproximadamente 6%.

3. Limite de escoamento do EPS

Torna-se possível reduzir a quantidade de EPS empregada quando a tensão-limite de escoamento, de densidade 23,5kg/m³, apresentar na tabela característica o valor de 50Kp (0,5097kg/cm²). A parcela de aumento da aceleração gerada é ajustada variando os formatos no teste de queda.

4. Temas a serem estudados para melhorar a embalagem

Reprojeto do EPS

Pela Figura 7.3.1-3, concluiu-se que havia qualidade excessiva.

Foi estudada a alteração da densidade do EPS para 32,5kg/m³.

Embora seja prevista a ocorrência de um elevado Gmax em função do produto, espera-se que seja possível obter alguma melhoria em função dos seguintes fatores:

→ Revisão do teste de queda, a partir dos dados de transporte

→ Resultado do teste de avaliação da fragilidade do produto

Implementação de bandejas de EPS + CPB

Estudar bases que sirvam de tema para análises futuras.

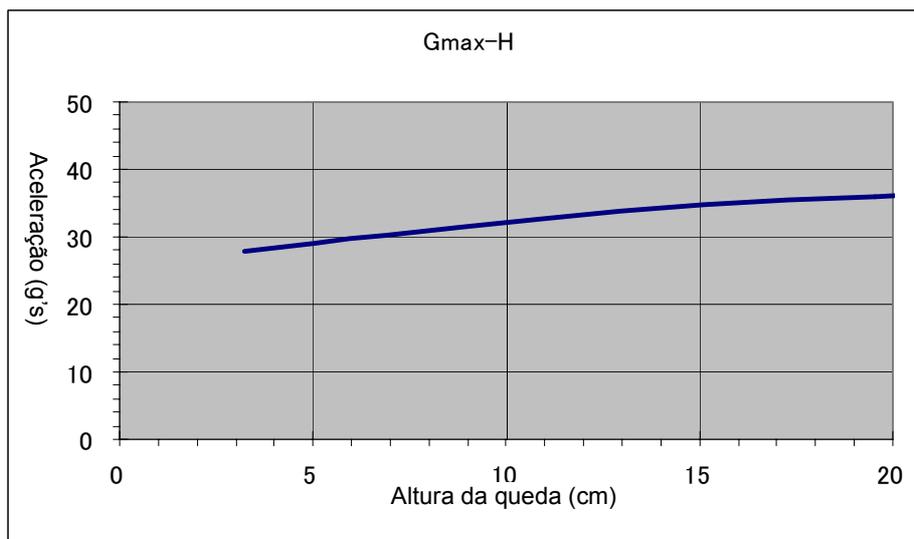
Estudar formas de fixação das peças internas do refrigerador.

Substituição por fita adesiva menos elástica e a forma de colá-lo.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.1-2 Fixação das peças



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.1-3 Efeito amortecedor: valores calculados

(2) Valores medidos da espessura e a área de suporte do EPS

Suporte Inferior

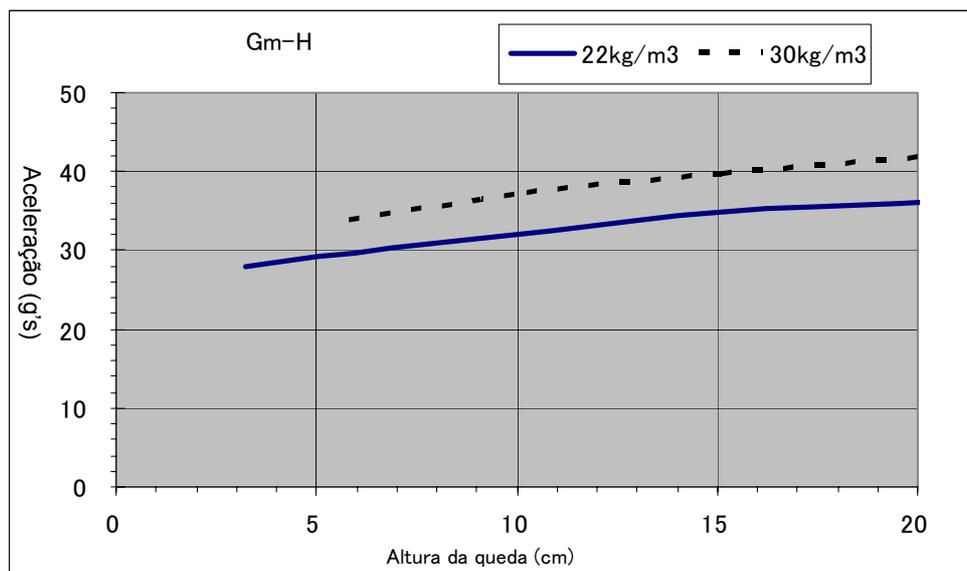
| | Espessura | Dimensão | Dimensão | Quantidade | Área | Volume parcial |
|--------|-----------|----------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| | cm | cm | cm | | cm ² | cm ² |
| Máximo | 6,5 | 10 | 7 | 2 | 140 | 910 |
| | 6,5 | 7 | 20 | 1 | 140 | 910 |
| | 6,4 | 41,2 | 4 | 2 | 330 | 2109 |
| | 6,3 | 10,2 | 9 | 2 | 184 | 1157 |
| | 6,3 | 15,5 | 7 | 2 | 217 | 1367 |
| Mínimo | 5,1 | 9 | 3 | 4 | 108 | 551 |
| | 5,1 | 1,5 | 7,5 | 1 | 11 | 57 |
| Média | 6,3 | | | | 1129 | 7061 |

Suporte Superior

| | Espessura | Dimensão | Dimensão | Quantidade | Área | Volume parcial |
|-------|-----------|----------|----------|------------|-----------------|-----------------|
| | cm | cm | cm | | cm ² | cm ² |
| | 3,3 | 18,8 | 5 | 1 | 94 | 310 |
| | 3,3 | | | | 111 | 368 |
| | 3,3 | | | | 553 | 1825 |
| Média | 3,3 | | | | 758 | 2502 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

Referência: A capacidade amortecedora calculada na Figura 7.3.1-3 para densidade 30kg/m³ é apresentado paralelamente na figura 7.3.1-4.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.1-4 Efeito amortecedor em densidade 30kg/m³

O teste de resistência será aplicado, tendo selecionadas suas condições, em compatibilidade com as características do produto citadas em (1) acima, a partir das diretrizes de orientação.

Quando as características do produto e a rota de distribuição estiverem esclarecidas, as condições do teste de resistência poderão ser estabelecidas, tomando por base os dados do estudo do ambiente de transporte elaborado no presente projeto da JICA.

Acrescentamos a seguir o exemplo dos refrigeradores elétricos.

No trabalho de melhoria da embalagem do refrigerador elétrico, produto-alvo deste projeto, definiram-se os detalhes do teste de avaliação de resistência da carga embalada, tendo como base as informações precisas dos dados do estudo do ambiente de transporte, uma vez que para este produto, informações precisas, atualizadas e organizadas sobre a distribuição comercial do mesmo já estavam disponíveis.

Veja o procedimento de determinação do padrão para o teste de vibração aleatória no capítulo 6, item 6.1 (4).

Lá indicamos o método de obtenção do PSD de teste compatíveis com a rota real de distribuição do produto, em que foram aplicados os valores médios de PSD calculados para cada uma das condições, a partir dos dados de medição de vibração no transporte e as divisões dos trechos de estrada.

Esse método possibilitou calcular o PSD de teste para as quatro rotas de transporte no Brasil e uma rota Argentina, esclarecendo a diferença que existia entre os resultados obtidos pelos testes convencionais de vibração por ASTM e os padrões reais obtidos em campo. Apresenta-se abaixo os pontos principais dessa prática:

(1) Forma de integrar os dados PSD das quatro rotas de transporte

Uma vez que a distância e o tempo de transporte eram todos diferentes nas quatro rotas estudadas, os PSD de teste mais representativos em cada uma das rotas foram organizadas da seguinte maneira:

- Integração dos dados medidos a cada dia, em cada uma das rotas.
- Integração dos dados medidos durante quatro dias. Cálculo dos PSD representativos em cada uma das rotas de transporte.
- Cálculo dos PSD de testes, convertendo o PSD de cada uma das rotas para 500km rodados e uma hora de tempo de teste.

(2) Comparativo com o método convencional de teste

Conforme indicado no PSD de 500km para as quatro rotas brasileiras do procedimento de configuração, o PSD de teste é insuficiente no ASTM convencional, se estiver abaixo de 5Hz e, por outro lado, sofre uma inversão quando o PSD está entre 5 a 20Hz. Averiguamos também que, rotas com estradas em más condições acusam valores elevados de PSD, principalmente quando estão acima de 40Hz. Por meio dos dados acima, podemos concluir que os testes adotados, até então, eram insuficientes para a avaliação de valores inferiores a 5Hz e superiores a 40Hz, em estradas onde as vibrações são altas. No caso dos refrigeradores da Argentina, os testes de vibração foram aplicados por um período de 3 horas, compreendendo a rota que vai da fábrica até Mendoza, onde integramos os dados de medição para determinar as condições dos testes para os cerca de 1.300km de trajeto da fábrica até Buenos Aires e de Buenos Aires até Mendoza.

7.3.2 O testador de selagem e o dessecador a vácuo (avaliação dos testes de selagem e de vazamento)

A missão da JICA providenciou o testador de selagem na segunda metade das atividades de estudos do segundo ano de projeto, para poder efetuar os testes laboratoriais, já que nenhum dos laboratórios das contrapartes, em nenhum dos quatro países envolvidos possuía este equipamento. Um dessecador a vácuo também foi providenciado no início do terceiro ano de estudos. Apresentaremos a seguir, uma breve explicação sobre estes equipamentos.

(1) Testador de selagem

O chamado teste de selagem compreende colar um selo de borracha numa das faces laterais ou no centro de uma embalagem lacrada. Em seguida, é inserida uma agulha no centro desse selo de borracha. Então, um tubo condutor de ar é conectado à agulha, vedando-o bem



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.2-1 Testador de selagem

para não deixar vaziar ar. Liga-se o compressor agregando uma pressão de até 100mmHg durante 10 segundos para checar a existência de vazamentos de ar. Nenhum vazamento foi verificado na embalagem do iogurte. Com este mesmo procedimento, efetuamos o teste de resistência a rupturas, aplicando uma pressão maior que 100mmHg.

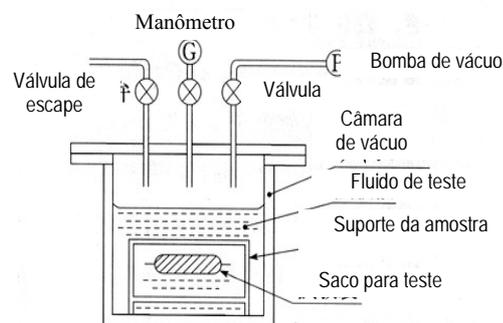
Nas embalagens de iogurte, a resistência a rupturas da região selada foi de 0,4 a 0,6kg/cm². Este procedimento de teste também pode ser adotado para as embalagens de papel para leite. Contudo, em sacos plásticos de leite não há como avaliar vazamentos nas partes seladas por meio deste procedimento porque, embora o saco plástico resista e não vaze sob pressão de 100mmHg durante 10 segundos, ele dilata conforme a pressão é aumentada.

(2) Dessecador a vácuo



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.2-2 Dessecador a vácuo



Fonte: JIS Z 0238

Figura 7.3.2-3 Teste de vazamento

Neste teste em que checamos a existência de vazamentos, usamos o dessecador a vácuo (também conhecido por câmara a vácuo). Trata-se de um método de teste em que se preenche o interior do dessecador com água, criando o vácuo e se checa a existência de vazamentos pela presença das bolhas de ar que saírem da embalagem. A bomba de vácuo é ligada iniciando a diminuição da pressão, reduzindo até um valor de pressão pré-determinado em tempo de 30 segundos a 1 minuto e, mantendo-o assim durante mais 30 segundos.

Pode ser aplicado em materiais que contém um nível relativamente elevado de ar. Este método permite também a avaliação múltipla simultânea. O índice de redução de pressão deve

ser discutido e decidido entre as partes interessadas, levando-se em conta a pressão interna do material. Este método pode também ser utilizado para conferir a existência de vazamentos do conteúdo em embalagens que passaram pelos testes de resistência a queda ou de resistência a compressão.

7.3.3 Teste de avaliação da resistência realizada no Paraguai

Exporemos a seguir sobre os sacos plásticos para leite e as embalagens de iogurte.

7.3.3.1 Embalagem tipo saco plástico para leite

(1) Os tipos de sacos plásticos para leite

Existem sacos de polietileno para embalar leite, do tipo que não se vêem no Japão. (Figuras 7.3.3-1 e 7.3.3-2) Este tipo de embalagem está presente não somente no Paraguai, mas também no Uruguai e na Argentina. Segundo informações do fabricante desta resina, este tipo de embalagem também circula no mercado chinês. Para esta categoria de embalagens, existem os polietilenos de camada simples e também os sacos de camada tripla que bloqueiam a entrada de luz (LDPE branco, LDPE preto e LDPE transparente). Já no Uruguai e na Argentina, existem sacos compostos com cinco camadas de EVOH, que possuem a propriedade de barreira, que competem com as embalagens para leite longa-vida da Tetra (caixas de papel revestido internamente com película de alumínio).



Fonte: Missão de Estudo da JICA

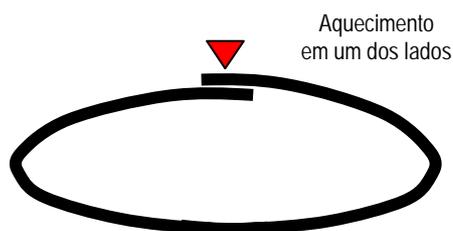
Figura 7.3.3-1 Leite embalado em saco plástico



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-2 Sacos plásticos com leite dispostos em estabelecimento comercial

Para esta embalagem, existem dois tipos de selagem do saco: o sistema de selagem por sobreposição e o sistema de selagem por junção. A grande maioria deste produto faz uso do sistema de selagem por sobreposição. O sistema de selagem por junção é utilizado nos produtos de uma única empresa.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-3 Selagem por sobreposição no saco plástico para leite



Fonte: Missão de Estudo da JICA

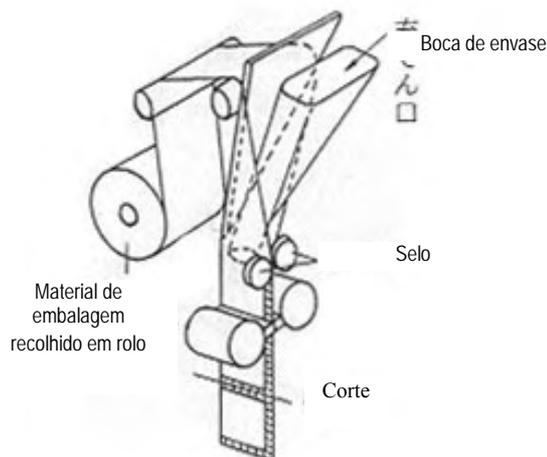
Figura 7.3.3-4 Selagem por junção no saco plástico para leite

Os sacos plásticos para leite são fabricados pelo método *pillow* (travesseiro) vertical, sendo envasados e posteriormente selados. O primeiro sistema de selagem, por sobreposição, aplica aquecimento em apenas um dos lados. (Veja as figuras 7.3.3-3 e 7.3.3-5). Já no sistema de selagem por junção, faz-se o aquecimento de ambos os lados. (Veja figuras 7.3.3-4 e 7.3.3-6).



Fonte: Packaging Technology Handbook

Figura 7.3.3-5 Selagem por sobreposição em sacos do método *pillow* (travesseiro)



Fonte: Packaging Technology Handbook

Figura 7.3.3-6 Selagem por junção em três direções

As bordas superior e inferior recebem a selagem por corte e fusão. Este método consiste em usar um aquecedor de fio fino, similar à corda de um piano, que derrete e corta o filme plástico ao mesmo tempo em que sela as extremidades. Isto resulta num lacre com borda selada muito estreita, quase ausente, prejudicando a resistência do lacre.

Os sacos plásticos convencionais possuem maior resistência em seus lacres quando mantém abas de selagem com aproximadamente 5mm de largura.

Como a grande maioria dos sacos plásticos para leite é selada por sobreposição, podem ocorrer vazamento do conteúdo através das partes seladas no corpo, borda superior e inferior.

Assim, os consumidores arrancam sacos finos de polietileno dispostos no interior dos estabelecimentos comerciais para colocarem os sacos de leite e assim levá-los para casa, protegendo-se contra possíveis vazamentos.

(2) O aquecimento em apenas um dos lados da selagem por sobreposição

O sistema de selagem por aquecimento em apenas um dos lados, muito comumente utilizado nas máquinas que confeccionam os sacos ou as que fazem selagem multicamadas, resulta em lacres extremamente instáveis. Este aquecimento em apenas um dos lados é chamado de selagem por sobreposição.

O lado não aquecido ou o “suporte” do lado de menor temperatura, é aquecido de modo passivo, por efeito do fluxo de calor proveniente do lado aquecido a alta temperatura. Uma vez que o fluxo de calor derrete o material de embalagem não aquecido, o volume de calor e a temperatura inicial a que é submetido o lado não aquecido transformam-se em parâmetros. Por exemplo, uma vez que a máquina é interrompida, serão necessárias pelo menos dez aplicações antes que se atinja a temperatura de selagem.

Os fatores para o controle da selagem sempre foram a “temperatura”, a “pressão” e o “tempo”. Quando a selagem era ruim, tentava-se solucionar elevando a temperatura. Porém, quando a temperatura é alta demais, o selante tem suas propriedades alteradas pelo calor, não fornecendo a resistência requerida. Nas selagens normais por aquecimento em ambos os lados, é possível atingir a resistência de lacre desejada, bastando apenas 1 a 2 segundos de tempo de selagem a uma temperatura igual ou maior que 130°C para o LDPE ou 150°C para o L-LDPE.

A pressão ideal para a selagem é de 1 a 2kg/cm². Quando a selagem era feita em alta temperatura, com aumento da pressão, o selante derretido era empurrado para fora pela aresta cortante da selagem a quente, enrolando e engrossando as bordas lacradas. Embora isso gere um lacre mais resistente a rupturas e abertura, acaba por transformar-se na causa para a ocorrência de “rasgos” e “furos”.

(3) Teste de queda em sacos plásticos para leite

Efetuamos testes de queda nos sacos plásticos para leite. Segundo o JIS Z0238, a altura da queda deve ser de 30cm para produtos com peso igual a 1kg. Como todos os sacos de leite testados nessas condições de queda foram aprovados, alteramos a altura da queda para 1,0m, fazendo a face selada cair de encontro com uma superfície de concreto, visando possibilitar um estudo das partes do lacre que se rompem, bem como suas causas. Os testes foram aplicados várias vezes. Quando não havia vazamento na primeira vez, fazia-se uma segunda vez. Se não vazasse na segunda tentativa, a altura da queda era aumentada para 1,4m. Para cada tentativa, foram utilizados cinco sacos de leite. O resultado dos testes é apresentado na tabela 7.3.3-1.

Tabela 7.3.3-1 Teste de queda em sacos plásticos de leite

Com queda da face selada contra um assoalho de concreto; n=5

| Composição do filme | Sistema de selagem | Nome da Empresa | Altura da queda: 1m | | Altura da queda: 1,4m | | Local do vazamento e suas causas | | | |
|---------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------|-----------------------|--------|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | 1ª vez | 2ª vez | 1ª vez | 2ª vez | Parte do corpo do saco | | Lacre superior | Lacre inferior |
| | | | | | | | Insuficiência | Excesso de calor | Excesso de calor | Excesso de calor |
| Camada tripla | Selagem por junção | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | A | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | B | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | B | - | - | 1 | 4 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | C | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | D | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | E | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 |
| Camada simples | Selagem por sobreposição | F | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

Conforme podemos observar na tabela acima:

A empresa A possui produtos de camada tripla selados por junção e, também de camada simples, selados por sobreposição. Não houve vazamento em nenhum dos cinco sacos selados por junção, mesmo tendo sido tentadas duas quedas desde uma altura de 1,4m. Porém, os dois dos sacos de camada simples e selagem por sobreposição acabaram vazando.

Os sacos de camada simples e selagem por sobreposição das demais empresas também vazaram, embora seus resultados variem de uma empresa para outra, com alturas variando entre 1,0 ou 1,4m. Na porção do corpo dos sacos, pudemos observar aquecimento insuficiente e, também outros casos em que o aquecimento era excessivo. As porções dos lacres superior e inferior eram muito pequenas, sofrendo a ação de calor excessivo, o que resultava em vazamento causado por porção selada muito fina.

(4) Teste de compressão e resistência da selagem nos sacos plásticos para leite

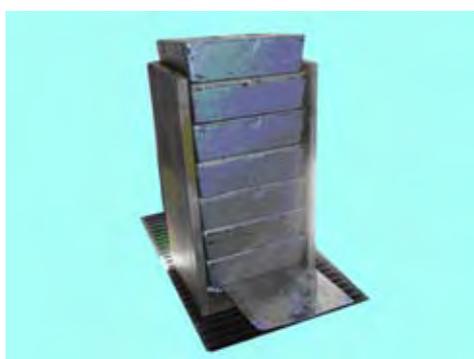
Os testes de compressão em sacos plásticos para leite foram executados com dois tipos de material. Segundo estabelecido no JIS Z0238, deve-se aplicar compressão de 60kg para produtos com peso igual a 1kg. Usamos o método de teste onde a pressão é aplicada por um peso. Colocamos um peso de 20kg sobre uma mesa de compressão, mantivemos o material sob essa condição durante um minuto e, se não havia vazamentos, o peso era aumentado

gradativamente. Os sacos plásticos foram acomodados no equipamento de testes, com as faces seladas voltada para o lado. Ou seja, os sacos com selagem por junção foram acomodados horizontalmente. Já os sacos com selagem por sobreposição foram colocados de lado. Embora não citemos aqui o desempenho detalhado dos testes, os sacos com selagem por sobreposição vazaram sob pressão de 60kgf. Os sacos selados por junção resistiram a pressões superiores a 100kgf.

Quando um saco selado por sobreposição é colocado em sentido horizontal no equipamento, aumenta a superfície do saco que fica em contato com a placa, o que faz diminuir a pressão no interior do saco e aumenta a sua resistência à compressão. Observamos que os materiais que vazaram facilmente no teste de queda, também apresentaram baixa resistência à compressão.

Os testes de resistência da selagem em sacos plásticos para leite foram executados com três tipos de material.

Embora a resistência da selagem nos lacres superior e inferior do saco tenham sido superiores a 1,5kgf (15mm), a região selada no corpo do saco não chegava a resistir aos mesmos 1,5kgf (15mm), o que consideramos ser um ponto crítico. Não observamos nenhuma diferença evidente na relação dos vazamentos ocorridos nos testes de resistência da selagem, de queda e de compressão. Pensamos que se deve continuar a coletar e acumular dados. Verificamos também que a diferença na taxa de elasticidade do filme fez transparecer as características dos materiais que cada uma das empresas utiliza em seus filmes de polietileno.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-7 Teste de compressão do leite



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-8 Teste de selagem a quente

(5) Teste de lacre selado a quente com aderência de leite em filmes melhorados (Figura 7.3.3-8)

Os polietilenos de baixa densidade, doravante chamados apenas LDPE (Low Density Polyethylene), possuem cadeia molecular com ramificação irregular. Desde sempre foram utilizados como filmes selantes. Conforme mencionamos no item 7.2.1.3 sobre filmes selantes, os polietilenos lineares de baixa densidade, doravante chamados apenas L-LDPE (Linear Low Density Polyethylene), apresentam cadeias curtas como ocorrem com os LDPE, mas não têm

cadeias longas. Comparado ao LDPE, o L-LDPE apresenta melhor selabilidade em termos de resistência do lacre, qualidade do lacre com impurezas e propriedade Hot Tack.

Vejamos o exemplo do leite. O leite tem dilatação superficial de 50 a 60dyn/cm a 20°C, sendo esta mais baixa que os 72,75dyn/cm da água, característica esta que lhe confere certo efeito tensoativo. Em função de impurezas de gordura no leite, partículas de colóide e a hidratação das proteínas, a viscosidade do leite é de 1,5 a 2,0cP, sendo um pouco mais alta do que 1cP (0,01g/cm•seg) da água. Isto significa que a viscosidade e a tensoatividade do leite podem efervescer facilmente pela ação física. Essa característica do leite contribui para a diminuição da selabilidade de sua embalagem, quando ela adere a superfície de selagem durante o envasamento.

Como a superfície de selagem do saco plástico fica inevitavelmente molhada pelo leite durante seu envasamento, decidimos por elaborar o projeto de embalagem aumentando a porcentagem de uso do L-LDPE, buscando aumentar a estabilidade da selagem.

Além disso, seu custo é 1 a 2% menor que o LDPE. O ponto de fusão varia conforme a densidade do material. Em comparação ao LDPE que com densidade 0,92 atinge seu ponto de fusão a cerca de 110°C, o L-LDPE somente começa a derreter em temperatura de 10 a 15°C maior que o LDPE. Também na temperatura de selagem, o L-LDPE só se funde a mais de 150°C, enquanto o LDPE possibilita a selagem a partir de 130°C.

Isso significa que, no processo de fabricação do filme L-LDPE, a elevada temperatura requerida para a sua fusão possui o agravante de não possibilitar o uso de equipamentos de modelos ultrapassados. Temos ainda, o problema de não poder ser trabalhado em máquinas de envasamento e selagem desprovidos de aquecedores.

Confeccionamos o protótipo de um filme melhorado, no qual se usa 15% mais de L-LDPE, do que o filme até então utilizado. Testes de tração aplicados neste protótipo de filme mostraram que ele estica mais do que o filme convencional, validando o aumento da proporção do L-LDPE em sua composição. Em seguida, executamos os testes de selagem a quente com aderência de leite. Cortamos o filme em tiras e aplicamos o sistema de aquecimento em uma das faces com largura de selagem de 20mm nas duas pontas das tiras. Este teste consistiu de selar cinco amostras de filme a cada 1°C, tentando o descolamento manual dos lacres. Nenhuma das amostras testadas descolou e, resumimos na tabela abaixo as temperaturas em que todas as cinco amostras tiveram material rompido.

Tabela 7.3.3-2 Teste de selagem a quente com aderência de leite em filmes melhorados (2kg/cm², por 2 segundos)

| Tipo do filme | Aderência de leite | | Comentários |
|--------------------|------------------------|------------------------|--|
| | Sem aderência de leite | Com aderência de leite | |
| Filme convencional | 180°C | 183°C | Gerou vapores de água e bolhas de ar. O filme contrai-se mais facilmente, conforme a temperatura sobe. |
| Filme melhorado | 203°C | 208 a 217°C | Vapores de água e bolhas de ar não parecem ser problema, mesmo tendo leite aderido a superfície de selagem. Comporta-se satisfatoriamente numa faixa ampla de temperatura. |

No filme melhorado, a presença de L-LDPE foi aumentada em 15% em relação ao convencional.

Fonte: Missão de Estudo da JICA

7.3.3.2 Potes de iogurte

(1) Testes de resistência (numero de amostras n=5)

Foram realizados testes de resistência de potes de iogurte de 140g, que se seguem:

1. Teste de selagem: os potes foram submetidos a uma pressão de 100mmHg, por meio do aparelho de teste de selagem, durante 10 segundos, mas não foram observadas nenhuma avaria.
2. Teste de resistência ao estouro: o teste de resistência a estouro foi realizado no testador de selagem. O estouro ocorreu com 0,4 ~ 0,5kg/cm².
3. Teste de compressão: teste efetuado pelo mesmo método de embalagem de saco plástico para leite. Pela norma JIS Z 0238, é de 40kgf para amostras de 100g até 400g, mas este produto foi aprovado com 30kgf, sem a resistência de 40kgf.
4. Teste de queda: conforme a norma JIS Z 0238, a distância deve ser de 50cm para 100g até 400g. O vazamento ocorreu a 50 a 70cm.

(2) Avaliação organoléptica da abertura da embalagem

As amostras utilizadas no teste são apresentadas nas Figuras 3.3.3-9 e 3.3.3-10.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-9 Pote de iogurte com tampa de alumínio



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-10 Pote de iogurte com tampa laminada de PET/AL

A amostra da Figura 7.3.3-9 (à direita) é um pote cilíndrico de iogurte com lacre de alumínio. A amostra à esquerda (Figura 7.3.3-10) é um pote de iogurte com conformação *in line* e possui uma tampa quadrada de PET/AL laminado. A avaliação foi realizada por 25 membros da INTN. Todos os avaliadores agitaram o pote, depois abriram a tampa e beberam diretamente do pote. Os resultados são apresentados abaixo.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-11 Tampa de alumínio rasgada



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.3-12 Enrolamento da tampa laminada de PET/AL

Metade dos avaliadores avaliou que “é difícil de abrir e o produto deve ser melhorado”. Três pessoas indicaram o rasgo da tampa e, se forem incluídas também as pessoas que relataram esse tipo de experiência, a porcentagem atinge 40% dos avaliadores.

90% dos avaliadores relataram que o segundo produto é “fácil de abrir e não apresenta problema”. 10% dos avaliadores relataram que não se sentem seguros somente pelo fato da facilidade de abertura. Cerca de 40% dos avaliadores relataram que o formato quadrado do pote não se ajusta à boca, dificultando o ato de beber, incluindo os relataram que é difícil beber porque a tampa enrola e encosta ao nariz.

É importante também melhorar as tampas de alumínio que se rasgam e que podem ser ingeridas pelas crianças. Estão sendo estudados também os métodos para reduzir a resistência do adesivo na face de selagem, facilitando a abertura da tampa, e reduzir os rasgos, mas é difícil facilitar a abertura e melhorar a vedação ao mesmo tempo. Utilizando o alumínio laminado, é possível solucionar os rasgos, mas ainda é difícil adequar as embaladoras atuais em relação ao enrolamento do filme. Basicamente, para que o alumínio não seja rasgado, é possível solucionar pelo método de várias camadas de alumínio e plástico.

7.3.4 Avaliação dos testes de resistência no Uruguai

7.3.4.1 Embalagem de saco plástico para leite

Muito semelhante ao do Paraguai, e serão descritos os pontos divergentes em relação a esse país. Para impedir a passagem de luminosidade, na maioria dos casos é utilizado o material de

polietileno de três camadas (LDPE branco/LDPE preto/LDPE transparente). O método de selagem do corpo do saco plástico é efetuado muitas vezes por junção, mas há alguns casos por sobreposição. No entanto, foram selecionadas várias amostras de tipo sobreposto.

(1) Teste de queda de embalagem de saco plástico para leite

O método do teste de queda é manual, similar ao do Paraguai. No caso de vazamento por furo parcial (Figura 7.3.4-1), com grande abertura na parte da selagem superior/inferior, houve caso de saída de “jato” de leite (Figura 7.3.4-2). Raramente, houve abertura simultânea da selagem superior/inferior.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.4-1 Vazamento parcial pelo lacre inferior



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.4-2 “Jato” de leite saindo pelo lacre inferior

A partir dos resultados do teste de queda (Tabela 7.3.4-1), foram conhecidos os seguintes pontos.

1. As amostras com selagem por junção da empresa A, nas quedas com a selagem para a lateral ou para baixo, apresentaram vazamentos em 4 a 5 pontos. Os pontos de vazamento estavam no corpo do saco plástico e eram causados por excesso de aquecimento. No Paraguai, os produtos com selagem por junção da empresa A não apresentaram vazamento no teste de queda. Dessa forma, no caso do Uruguai, mesmo que o método de selagem seja por junção, se houver falha no controle operacional da selagem a quente, ocorrerá vazamento. Assim, foi sugerida a implantação de um controle de qualidade minucioso.
2. As amostras com selagem por junção da empresa B, nas quedas com a selagem para a lateral ou para baixo, apresentaram vazamentos em dois pontos. Nas embalagens com selagem sobreposta da empresa B, ocorreram dois pontos de vazamento na selagem superior no caso de leite fresco, mas não ocorreu vazamento no corpo do saco plástico. Ou seja, mesmo quando a selagem é por junção como na empresa A, ocorre vazamento por excesso de calor no corpo do saco plástico. Além disso, mesmo no caso de selagem

sobreposta, não há vazamento no corpo. Dessa forma, se o controle de qualidade da selagem a quente for minucioso, ficou claro que há redução de vazamento no corpo.

3. A amostra com selagem por sobreposição da empresa C, na primeira queda da altura de 1m apresentou vazamento em quatro dos cinco pontos do corpo do saco plástico. Além disso, ocorreu um ponto de vazamento no corpo da amostra da empresa D. É desejável que o controle de selagem a quente seja minucioso no corpo e na selagem de fusão e corte.

Tabela 7.3.4-1 Teste de queda da embalagem de saco plástico para leite

Queda em piso de concreto com a face da selagem voltada para baixo n=5

| Nome da empresa: Tipo de produto | Sistema de selagem | Posição da selagem no impacto | Altura da queda 1,0m | | Altura da queda 1,4m | | Ponto de vazamento e causa | |
|-------------------------------------|--------------------|-------------------------------|----------------------|-------|----------------------|-------|----------------------------|--------------------------------------|
| | | | 1 vez | 2 vez | 1 vez | 2 vez | Excesso de calor do corpo | Excesso de calor na selagem superior |
| A:ultra | Selagem por junção | Lateral | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | |
| A:ultra | Selagem por junção | Abaixo | 1 | 0 | 2 | 1 | 4 | |
| B:ultra | Selagem por junção | Lateral | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | |
| B:ultra | Selagem por junção | Abaixo | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | |
| B:Fresh | Selagem sobreposta | Abaixo | 0 | 0 | 0 | 0 | | * 1) |
| B: para beber | Selagem sobreposta | Abaixo | 0 | 1 | 1 | 0 | | 2 * 2) |
| C:iogurte | Selagem sobreposta | Abaixo | 4 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 |
| D:iogurte | Selagem sobreposta | Abaixo | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 3 |

*1): Em dez aquisições, uma apresentou vazamento pela selagem superior

*2): Porosidade

Fonte: Missão de Estudo da JICA

(2) Teste de compressão da embalagem de saco plástico para leite



Fonte: Missão de Estudo da JICA
Figura 7.3.4-3 Método de teste de compressão

Foi realizado o teste de compressão (Figura 7.3.4-3) da embalagem de saco plástico para leite. Para que os pesos não caíssem para frente, foi colocada uma capa de retenção parcial na frente. O resultado é apresentado na tabela 7.3.4-2.

1. A resistência a compressão do produto com selagem por junção da empresa A, na posição plana é superior a 100kg.

2. A resistência a compressão do produto com selagem por sobreposição da empresa B, na posição de lado é superior a 60kg ~ 100kg.

3. O produto com selagem por sobreposição da empresa C foi comparado nas posições plana e de lado. A resistência à

compressão da amostra colocada plana foi, no mínimo, superior a 40kg, mas a resistência à compressão da amostra colocada de lado, foi inferior a 40kg. A superfície que recebe a carga é menor na lateral, se comparada à posição plana, portanto, a pressão na embalagem de saco plástico aumenta, ocorrendo a redução da resistência a compressão.

Tabela 7.3.4-2 Teste de compressão da embalagem de saco plástico para leite

| Nome da empresa Produto | Posição | Carga kg (Duração: 1 min) | | | | Pontos de vazamento e causas |
|--|---------|---------------------------|----|----|-----|--|
| | | 40 | 60 | 80 | 100 | |
| A Ultra Selagem por Junção | Plana | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| B Fresh Selagem por sobreposição | De lado | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| | | ○ | ○ | xx | | Excesso de calor no corpo do saco plástico |
| C Iogurte Selagem por sobreposição | Plana | ○ | ○ | ○ | x | Excesso de calor na selagem superior |
| | | ○ | x | | | Excesso de calor no corpo do saco plástico |
| | | ○ | x | | | Excesso de calor na selagem inferior |
| | De lado | ○ | x | | | Excesso de calor na selagem superior |
| | | xx | | | | Excesso de calor na selagem superior, inferior |
| | | xx | | | | Excesso de calor na selagem inferior |

○: sem vazamento, xx: houve vazamento em 5 segundos, x: houve vazamento em 1 minuto

Fonte: Missão de Estudo da JICA

(3) Espessura do filme de saco plástico para leite e teste de resistência da selagem a quente

A espessura do filme da embalagem de saco plástico para leite varia de acordo com o tipo de produto e empresa. O mais fino é o Fresh da empresa B, com 73.2 μ e o mais grosso, o ultra da empresa A, com 95.4 μ , foi observado que o desvio-padrão da espessura é pequeno entre as empresas e a espessura é praticamente uniforme.

Foi realizado o teste de tração, para verificar a resistência da selagem a quente. Mesmo com a variação conforme a empresa e o tipo de produto, a resistência da selagem a quente nas partes superior, inferior ficou acima de 2,2kgf/15mm. Se a resistência da selagem a quente for superior a 2,2kgf/15mm, aparentemente não há relação entre o vazamento com o teste de queda e teste de compressão. Isso porque mesmo com a resistência média da selagem a quente, o vazamento ocorre pela pouca e minúscula porosidade.

Por outro lado, a resistência da selagem a quente do corpo com selagem por junção das empresas A, B é superior a 1,5kgf/15mm, respectivamente 1,7kgf/15mm, 1,9kgf/15mm e, ao comparar com outros quatro tipos, apresentou um valor um pouco menor. Além disso, mesmo em amostras com selagem sobreposta da empresa C, a resistência é de 2,1kgf/15mm, um pouco baixa. Foi observado que a baixa resistência da selagem a quente no corpo do saco plástico está

relacionada ao vazamento no teste de queda. Para avaliar a selagem a quente do corpo, se é suficiente ou não, é necessário verificar se sua resistência é alta e que o índice obtido pela seguinte fórmula também seja alto.

Índice de selagem a quente do corpo do saco plástico = [resistência da selagem a quente do corpo] / [resistência do material à tração na mesma direção]

No caso de leite fresco da empresa B, houve aumento gradual no uso de L-LDPE, mediante redução da espessura e do tempo de selagem a quente, contribuindo para o aumento da produtividade. L-LDPE possui filme mais resistente que o LDPE e também apresenta maior elasticidade. A embalagem do leite fresco da empresa B apresentado na tabela 7.3.4-3 é mais fina e sua espessura é de 73,2 μ , a elasticidade do corpo é muito maior, de 959%.

Tabela 7.3.4-3 Resistência da selagem a quente nas embalagens de sacos plásticos

| Nome da empresa Produto | Espessura μm (n=5) | | Posição | Resistência da selagem a quente (kg/15mm) | | Elasticidade % (n=3) | |
|--|-------------------------------|------------|------------------------|---|------------|----------------------|------------|
| | Valor médio | $\sigma-1$ | | Valor médio | $\sigma-1$ | Valor médio | $\sigma-1$ |
| A Ultra Selagem por junção | 95,4 | 0,9 | Selagem superior | 3,0 | 0,13 | 437 | 39 |
| | | | Selagem inferior | 2,7 | 0,09 | 330 | 56 |
| | | | Corpo do saco plástico | 1,7 | 0,11 | 464 | 38 |
| B Ultra Selagem por junção | 89,0 | 1,4 | Selagem superior | 2,8 | 0,04 | 296 | 40 |
| | | | Selagem inferior | 2,6 | 0,13 | 191 | 64 |
| | | | Corpo do saco plástico | 1,9 | 0,02 | 550 | 4 |
| B Fresh Selagem por sobreposição | 73,2 | 0,8 | Selagem superior | 2,6 | 0,29 | 227 | 132 |
| | | | Selagem inferior | 2,5 | 0,07 | 265 | 60 |
| | | | Corpo do saco plástico | 2,4 | 0,80 | 959 | 272 |
| B Bebida com lactobacilos Selagem por sobreposição | 81,8 | 0,8 | Selagem superior | 2,4 | 0,15 | 355 | 104 |
| | | | Selagem inferior | 2,3 | 0,06 | 327 | 19 |
| | | | Corpo | 2,5 | 0,71 | 819 | 220 |
| C iogurte Selagem por sobreposição | 88,8 | 1,5 | Selagem superior | 2,5 | 0,34 | 82 | 33 |
| | | | Selagem inferior | 2,7 | 0,14 | 101 | 32 |
| | | | Corpo | 2,1 | 0,03 | 706 | 24 |
| D(Ar) iogurte Selagem por sobreposição | 91,0 | 0,7 | Selagem superior | 2,4 | 0,11 | 410 | 47 |
| | | | Selagem inferior | 2,2 | 0,02 | 342 | 10 |
| | | | Corpo | 2,6 | 0,12 | 877 | 93 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

(4) Teste de vibração

Quase todas as embalagens de saco plástico com selagem sobreposta para iogurte apresentaram vazamento no primeiro teste de queda com altura de 1m. Além disso, quando postas de lado no teste de resistência à compressão, apresentaram vazamento com carga de 40 ~

60kg, a resistência da selagem a quente era fraca e foram considerados como produtos com defeito, como amostra C.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.4-4 Teste de vibração de sacos plásticos

Por outro lado, a embalagem do leite fresco da empresa B apresentou pouco vazamento no teste de queda e no teste de compressão, sendo selecionada como amostra B, de produtos de boa qualidade.

Dez sacos das amostras B e C foram colocados no engradado de plástico e passaram pelo teste de vibração à 5Hz, com amplitude de 25mm durante 15 minutos. Não houve vazamento após 15 minutos, e o teste de vibração prosseguiu por mais 15 minutos, sem ocorrência de

vazamento. O teste de vibração foi realizado por mais 60 minutos, mas continuou sem vazamento. No teste de vibração, mesmo com baixa resistência na parte da selagem a quente, os sacos plásticos apresentaram poucas avarias na região da selagem a quente. O saco plástico para leite é flexível e, talvez, por isso a reação seja distribuída na embalagem.

7.3.4.2 Pote de iogurte

(1) Teste de resistência ao estouro

Conforme mencionado no item 7.3.2, foi realizado o teste de resistência a estouro do pote de iogurte, utilizando o testador de selagem (Fig. 7.3.2-1). As amostras eram um pote de iogurte com 145g (diâmetro de abertura de 65 mm) e uma garrafa com 185g iogurte para beber (diâmetro de abertura de 25mm). A resistência a estouro do primeiro era de $0,4 \sim 0,6\text{kg/cm}^2$, mas o segundo não estourou com carga de $0,7\text{kg/cm}^2$. O equipamento de teste de resistência a estouro fabricado pela LATU também foi testado. Como resultado, ocorreu o estouro com a pressão semelhante à do teste de estouro do equipamento de teste de selagem, confirmando a eficiência da máquina de teste de resistência a estouro confeccionado pela LATU. A resistência a estouro do segundo iogurte foi de $1,3\text{kg/cm}^2$. Os pontos de estouro não estavam na parte da selagem, mas ao redor. Foi verificado que a pressão de resistência ao estouro é maior nos recipientes com menor diâmetro de abertura.



Fonte: Missão de Estudo da JICA
Figura 7.3.4-5 Equipamento de teste de estouro da LATU



Fonte: Missão de Estudo da JICA
Figura 7.3.4-6 Vazamento verificado em teste de vazamento

(2) Teste de vazamento

Conforme mencionado no item 7.3.2, foi realizado o teste de vazamento do pote de iogurte, utilizando um dessecador a vácuo (Fig. 7.3.2-2). As amostras eram potes de iogurte (diâmetro de abertura de 65mm) com 145g, lacre de alumínio laminado e outro com tampa de plástico metalizado. Normalmente, não ocorre vazamento sob descompressão de $0,3 \sim 0,5 \text{ kg/cm}^2$, mas começou a vazar com o aumento da carga de descompressão. Ao elevar o nível de descompressão, ocorreu o estouro da tampa.

7.3.5 Teste de avaliação da carga transportada de doce de leite na Argentina

(1) Dados de produção

Mastellone é um dos maiores fabricantes de laticínios da Argentina. Produz 4.500kl de leite por dia, o dobro da produção total do Japão em 2005. Os produtos são iogurte, queijo e produtos lácteos em geral. Entre esses, produz doce de leite, que não é muito conhecido no Japão (Fig. 7.3.5-1 Doce de Leite: Mistura de leite com adição de dez vezes de açúcar e cozido. Apresenta coloração marrom escura, é chamado de doce de leite).

(2) Sistema logístico

No país, os produtos lácteos são distribuídos em caminhões que levam o *design* e a marca da empresa. Dulce de Leche é um produto com 500g em pote de poliestireno fechado a vácuo. No país, é vendido em lojas de alimentos. O recipiente possui tampa de poliestireno para proteger o lacre de alumínio. São empilhados 12 engradados específicos e distribuídos. Em 2006, foram iniciadas as exportações para o Chile. O transporte é de responsabilidade da empresa do Chile. No caso da exportação, as caixas de papelão são acomodadas em 4 fileiras X 3 linhas X 2 camadas = 24 unidades, Há separadores verticais para cada 6 unidades. Os potes são empilhados em *stuk*, sem separador horizontal. (Fig. 7.3.5-2). No transporte, as caixas ficam em posição invertida, sendo transportadas de ponta-cabeça.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-1 Doce de leite



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-2 Caixa de papelão sem separador horizontal

Segue o motivo de transportar a caixa de ponta-cabeça: Quando o doce de leite é envasado, há entrada de ar e se o consumidor abrisse a tampa do recipiente de doce de leite, teria uma má impressão ao ver as “bolhas” de ar no doce de leite. O doce de leite é bastante viscoso, portanto, demora muito para o ar chegar ao fundo.

No método de transporte para o Chile, as caixas são empilhadas com amarração, com 8 c/s x 5 camadas por *pallet*. Na carreta, a carga é colocada em duas fileiras longitudinais de 13 *pallets*, totalizando 26 *pallets*. De Buenos Aires até a cidade de Mendoza, na fronteira com o Chile, a estrada é plana e tem 1.000km, de Mendoza até Santiago, atravessando a Cordilheira dos Andes (altitude de 3.200m), são mais 500km.

(3) Melhoria do projeto de embalagem

7.3.5.1 Tema: Melhoria do projeto de embalagem do doce de leite

O doce de leite já era exportado para os EUA e Rússia. Em 2006, começou a ser exportado pela primeira vez para o Chile. Nessa ocasião, houve reclamações de vazamento do conteúdo por causa de furos no lacre de alumínio. Os pontos de vazamento ficavam ao redor da selagem e não no centro. Há uma tampa de poliestireno que protege o lacre de alumínio do recipiente.

7.3.5.2 Hipóteses sobre causa de vazamento

Há três causas para geração de furos e, para cada caso, foram apontados seguintes motivos:

- (1) Os danos podem ter sido gerados pela vibração e contato com os sete ressaltos moldados na superfície da tampa. Isto é, a causa está nos poros de atrito.
- (2) O lacre de alumínio sofreu repetidos sobe-e-desce (infla e desinfla) causado por vibrações verticais, provocando fadiga de material. Isto é, a causa está nos poros gerados por fadiga de dobramento.

- (3) O conteúdo congela ao atravessar a Cordilheira dos Andes e pontas afiadas de gelo furaram o lacre de alumínio. Isto é, o a causa está nos poros por puncionamento.

7.3.5.3 Ensaios para investigação da causa por teste de vibração (Fig. 7.3.5-3) e outros e seus resultados

(1) Método do teste de vibração (Tabela 7.3.5-1)

O produto possui um lacre de alumínio protegido por tampa de poliestireno, projetado para permitir o empilhamento. O produto é empilhado em duas camadas, de ponta-cabeça, mas não há separador entre as camadas.

O teste de vibração foi realizado para conhecer rapidamente as causas do problema, apesar de as vibrações simuladas serem diferentes das que ocorrem no transporte real. O teste de vibração foi realizado com frequência senoidal de 5Hz e vibrações verticais com aceleração de 1G, com inspeção visual após 15 e 30 minutos. Nas vibrações horizontais, a frequência senoidal foi de 5Hz X 1G.

Foi possível reproduzir o teste de vibração vertical, na posição [invertida/invertida] (Teste nº 1 da tabela 7.3.5-1). Nos primeiros 15 minutos, surgiram pequenos furos. Nos 15 minutos seguintes, ocorreu aumento no tamanho dos furos, causando vazamento (Fig. 7.3.5-4). Ao observar pelo microscópio os pontos de vazamento, foi constatado que os furos não tinham relação com a texturização do filme de alumínio (Fig. 7.3.5-5).



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-3 Teste de vibração na caixa inferior, com cinco caixas empilhadas



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-4 Surgimento de furos no lacre de alumínio

(2) Estudo sobre a colocação dos potes na caixa

Em seguida, foi estudado o método de colocação dos potes na caixa, [posição normal/invertida], [invertida/normal] (Testes nº 2 e 3 da tabela 7.3.5-1), [invertida/chapa de papelão com 0,86mm de espessura/invertida] (Teste nº 4 da tabela 7.3.5-1), mas no teste de vibração vertical, não foi verificada alteração decorrente do modo de empilhamento. No entanto,

a quantidade de furos aumenta proporcionalmente ao tempo de vibração, além disso, foi verificado que o vazamento não surge no centro, mas na borda ao redor da selagem.

No método de empilhamento atual também ocorreu vazamento na borda, causada por vibração horizontal (teste nº 8 da tabela 7.3.5-1). Com base nesses resultados, foi levantada a hipótese de que o contato do lacre de alumínio com a borda da tampa seja a causa. (Figura 7.3.5-6).

(3) Simulação de transporte real (testes nº 10, 11, 13 da tabela 7.3.5-1)

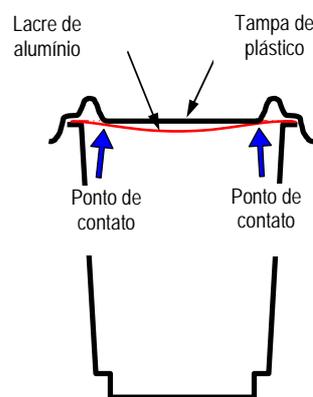
Consultando os dados sobre vibrações verticais no transporte real de Buenos Aires até Mendoza, por 1.000km e de Mendoza até Santiago, atravessando a Cordilheira dos Andes, por 500km, foram realizadas simulações com frequência aleatória (5 ~ 150Hz, Grms:0,4) com vibrações verticais durante 1 hora e 45 minutos na primeira etapa e por 1 hora na segunda etapa.

Com base nos dados de vibrações, foi observado que há pouca vibração horizontal em longas distâncias, como de Buenos Aires até Mendoza. A distância entre Mendoza e Santiago, atravessando a Cordilheira dos Andes é curta, mas há muitas curvas, causando muita vibração horizontal. As vibrações horizontais foram simuladas como no caso das vibrações verticais, com ondas aleatórias por 30 minutos na primeira etapa e por 60 minutos na segunda etapa. Foi possível reproduzir os vazamentos também por vibrações horizontais.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-5 Microscopia da porosidade do lacre de alumínio



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-6 Contato do lacre de alumínio com a tampa

(4) Teste de tampa com disco interno de cartão (Figura 7.3.5-7)

A borda da tampa de plástico está sempre em contato com o lacre de alumínio e para evitar que isso ocorra, foi colocado sobre o lacre de alumínio um disco de cartão de mesmo diâmetro do lacre de alumínio, com espessura de 0,86mm. O resultado do teste de vibração vertical mostrou o surgimento de apenas dois furos, sem ocorrência de vazamento após 30 minutos. (Teste nº 5 da Tabela 7.3.5-1).

Tabela 7.3.5-1 Métodos de teste de vibração

| Teste N° | Modo de vibração | Tempo de vibração | Empilhamento do recipiente | N° de controle | Quantidade de falhas | Posição superior/inferior | Ponto danificado | |
|----------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------|------------------------|---------------------------|------------------|--------|
| | | | | | | | Borda | Centro |
| 1 | Vertical 5Hz, 1G | 15 min | | 001-024 | 1 | Camada superior 1 | 3 | 1 |
| | | 30 min | | | 3 | Camada superior 3 | | |
| 2 | | 15 min | | 201-224 | 3 | Camada inferior 3 | 10 | 3 |
| | | 30 min | | | 6 | Inferior 1, superior 5 | | |
| 3 | | 15 min | | 301-324 | 1 | Camada inferior 1 | 6 | 1 |
| | | 30 min | | | 4 | Inferior 3, superior 1 | | |
| 4 | | 15 min | | 401-424 | 2 | Camada superior 2 | 6 | 2 |
| | | 30 min | | | 5 | Inferior 2, superior 3 | | |
| 5 | | 15 min | | 601-624 | 2 | Inferior 1, superior 1 | 2 | 0 |
| | | 30 min | | | 0 | 0 | | |
| 8 | Horizontal 5Hz, 1G | 15 min | | 2001-2024 | 2 | Camada superior 2 | 2 | 0 |
| | | 30 min | | | 0 | 0 | | |
| 10 | Transporte simulado vertical | BsAs-Mds 105 min Mdz-Stg 60 min | | 101-124 | 2 | Camada superior 2 | 8 | 3 |
| 5 | | | | | Inferior 3, superior 2 | | | |
| 11 | transporte simulado horizontal | BsAs-Mds 30 min Mdz-Stg 45 min | | 6001-6024 | 2 | Camada inferior 2 | 21 | 9 |
| | | | | | 13 | Inferior 6, superior 7 | | |
| 13 | Vertical 5Hz, 1G | 15 min | | 801-824 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | 30 min | 0 | | |
| 7 | Horizontal 5Hz, 1G | 15 min | | 5001-5024 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| | | 30 min | | | 1 | Camada superior 1 | | |
| 9 | Transporte simulado vertical | BsAs-Mdz | | 2201-2224 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | | | | Mdz-Stg | | | |
| 14 | Horizontal 5Hz, 1G | 15 min | | 2101-2124 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | 30 min | | | 0 | 0 | | |
| 12 | Transporte simulado horizontal | BsAs-Mdz | | 2401-2424 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | | Mdz-Stg | | | 1 | Camada inferior 1 | | |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

(5) Teste da tampa em anel (Fig. 7.3.5-8)

Como a borda da tampa de plástico fica em contato com o lacre de alumínio, a borda da tampa de plástico foi aparada com lixa (retificadora), criando uma tampa em forma de anel. Essa tampa em anel foi colocada no pote de doce de leite. Isso eliminou totalmente os contatos entre a tampa e o lacre de alumínio. Em seguida, os potes de doce de leite foram enfileirados de ponta cabeça e, sobre os potes, foi colocada a chapa de papelão. Os potes da segunda camada foram colocados sobre o papelão.

Os testes de vibração vertical e vibração horizontal foram realizados durante 15 e 30 minutos, mas surgiu somente um ponto de vazamento (Testes nº 6, 7 e 9 da tabela 7.3.5-1). Na simulação de transporte com teste de vibração vertical, não ocorreu vazamento (Teste nº 12 da tabela 7.3.5-1). No teste de vibração horizontal simulando transporte, surgiu um ponto de vazamento na segunda etapa (teste nº 14 da tabela 7.3.5-1). Nesse caso, o ponto de vazamento estava no centro. A causa não era a vibração por contato e pode ter sido pela deterioração do material do lacre de alumínio.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-7 Teste com disco de cartão



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-8 Teste com tampa em anel

7.3.5.4 Microscopia da ruptura do lacre de alumínio e fadiga de material do lacre

(1) Microscopia da ruptura do lacre de alumínio (Figura 7.3.5-5)

A espessura original do lacre de alumínio é de 35 ~ 40µm. O lacre é submetido ao processo de texturização (Figura 7.3.5-9) para dar uma beleza de textura, melhor adaptação à embaladora e oferecer segurança. A espessura depois de texturizado é de 100 ~ 110µm, mas a resistência mecânica posterior é baixa. O lacre de alumínio que teve o vazamento foi observado por um estereomicroscópio. O magnificação do microscópio permitiu ampliação de dez vezes. Foi constatada a ruptura do lacre de alumínio ao longo da linha texturizada.

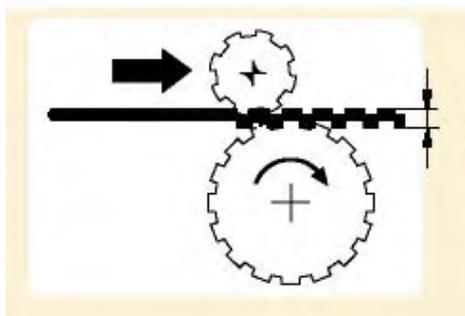
(2) Fadiga do material do lacre de alumínio e frequência de vibração natural

O resultado do teste da tampa em forma de anel mostrou furos mesmo sem o contato da tampa com o lacre de alumínio e os furos aumentaram de tamanho ao longo do tempo e

apresentando vazamentos. Foi experimentado o teste de vibração vertical sem a tampa plástica do pote de doce de leite. Foi possível observar vibrações no laque de alumínio por meio de lâmpadas estroboscópicas. (Figura 7.3.5-10). A frequência de vibração do laque de alumínio foi de 20 ~ 40Hz com 1G. Por exemplo, após 1 hora a 40Hz, surgiram furos no laque de alumínio e depois, ocorreram vazamentos. Também ocorreram vazamentos nas vibrações horizontais, cuja frequência era a mesma das vibrações verticais.

Com base nos resultados do estudo do ambiente de transporte na América do Sul, foi verificada a existência de picos a 3 ~ 4Hz, 15Hz e 30Hz. Isto é, a 30Hz, o surgimento de furos no laque de alumínio aumenta conforme a aceleração.

Dessa forma, para solucionar os vazamentos nos atuais lacres de alumínio, estes devem ser substituídos por material laminado com folha de alumínio e filme plástico ou por plástico metalizado com alumínio.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-9 Processo de texturização



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-10 Vibração de 20 ~ 40Hz no laque de alumínio

7.3.5.5 Investigação de causas – Congelamento causado por redução da pressão atmosférica e pela baixa temperatura ao atravessar a Cordilheira dos Andes

A altitude de transporte na travessia da Cordilheira dos Andes é de 3.200m em relação ao nível do mar e a temperatura é bem mais baixa, se comparada às planícies.

Conforme estudos da U.S.Standard Atmosphere de 1976, até a altitude de 11km, a temperatura cai 0,65°C a cada 100 metros. A redução da pressão atmosférica também é apresentada em forma de tabela. Nessa tabela, supondo que a temperatura na planície seja de 15°C, a temperatura à altitude de 3.200m será de -5.8°C e a pressão atmosférica de 683,4mb (513 mmHg). Se a temperatura na planície for de 0°C, é provável que seja de -20.8°C a 3.200m de altitude.

O doce de leite foi mantido em congelador à temperatura constante de -12°C durante 18 horas, mas não congelou. A temperatura foi reduzida e permaneceu durante 66 horas no congelador, à temperatura constante de -18°C, mas não congelou. À temperatura de -27°C, ficou com a consistência de sorvete, mas não congelou. Dessa forma, presume-se que não haja

congelamento do produto durante a passagem pela Cordilheira dos Andes, portanto, a hipótese de furos causados por pontas finas de gelo também foi descartada.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-11 Afundamento do lacre de alumínio à pressão normal



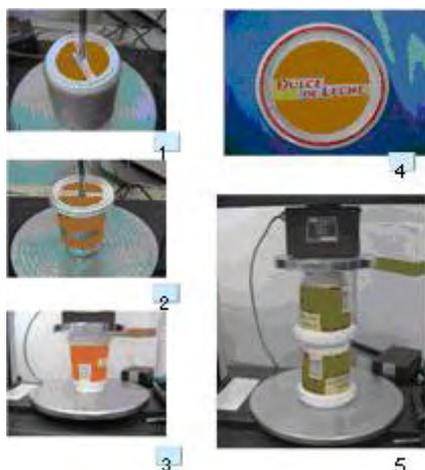
Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-12 Retorno ao estado normal na passagem pelos Andes

O doce de leite é sempre envasado sob alta temperatura. O lacre de alumínio afunda quando há redução da temperatura, contração do conteúdo e absorção de ar (Figura 7.3.5-11). A diminuição da pressão atmosférica na travessia da Cordilheira dos Andes é de 510mmHg. O pote foi inteiramente colocado na câmara a vácuo e, ao baixar a pressão atmosférica para 250mmHg, utilizando uma bomba a vácuo, o lacre de alumínio que estava afundado ficou reto (Figura 7.3.5-12). Se as vibrações ocorressem nessas condições, haveria a possibilidade de surgimento de furos na parte central.

Conforme tratado nas reuniões com a empresa Mastellone, a tampa plástica foi reformulada (melhoria na geometria em 12mm). Como solução, as folhas de alumínio e o filme plástico foram substituídos por material laminado. Com a preparação da amostra, após a aprovação no teste de vibração, o teste avançou para quinta etapa, de teste de transporte.

7.3.5.6 Teste de compressão do pote e da tampa plástica



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-13 Teste de compressão nos potes e tampas

Ao pressionar a parte central da tampa plástica, esta fica levemente afundada. Atualmente, os potes são empilhados de ponta-cabeça e sem separador e o peso é suportado pela camada de baixo. Para examinar a resistência dos potes, foi realizado o teste de compressão do corpo do pote, da parte central da tampa plástica e da superfície da tampa (Fig. 7.3.5-13). Os resultados são apresentados na tabela 7.3.5-2.

A parte central da tampa plástica sofreu deformação de 7mm e 13mm, respectivamente, sob forças de 5kgf e 10kgf. Ou seja, é provável que o contato com o lacre de alumínio ocorra com pequena força.

Tabela 7.3.5-2 Teste de compressão do pote e tampa

| Figura | Conteúdo | Força kgf | Deformação mm |
|-----------------|------------------------------|-----------|---------------|
| Fig. 7.3.5.13-1 | Centro da tampa de plástico | 5,0 | 6,7 |
| | | 10,0 | 12,8 |
| Fig. 7.3.5.13-2 | Pote + centro da tampa | 52,4 | 3,2 |
| Fig. 7.3.5.13-3 | Pote completo | 49,9 | 2,6 |
| Fig. 7.3.5.13-4 | Tampa | 15,5 | 2,7 |
| Fig. 7.3.5.13-5 | 2 potes em posição invertida | 39,2 | 9,3 |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

7.3.5.7 Teste laboratorial da embalagem do projeto de melhoria

(1) Amostra da embalagem do projeto de melhoria

1) Pontos de melhorados da tampa de plástico

A profundidade da tampa foi alterada de 4mm para 2mm. Conforme pode ser visto na Figura 7.3.5-6, o lacre de alumínio e a tampa de plástico ficam em contato, na parte da borda selada, portanto, a tampa plástica ficou mais rasa para evitar o contato com o lacre de alumínio.

O material plástico também ficou mais duro para que, ao se colocar dois potes de doce de leite sobrepostos, o contato entre a tampa de plástico e o lacre de alumínio fosse evitado, bem como para que o fundo do pote inferior suportasse o pote superior, com o peso sobre a tampa plástica, evitando o contato entre a tampa plástica e o lacre de alumínio.

2) Melhorias no lacre de alumínio



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-14 Tampa com várias saliências

Para o teste, foi utilizado o material laminado PET de 12 μ no lacre de alumínio. Essa amostra é utilizada há três anos para cremes. O material de PET laminado é aplicado no alumínio para que o creme não tenha contato com o lacre de alumínio, pois o creme contido no pote causa corrosão química no lacre de alumínio.

A especificação do produto laminado alternativo é AL50 μ /PET12 μ /Lacquer. Esse produto laminado não possui alumínio texturizado, mas possui vários ressaltos no filme PET (Fig. 7.3.5-14). Esses ressaltos são para

evitar que a embaladora pegue dois lacres de uma vez. Atualmente, a espessura do lacre de alumínio utilizado em potes de doce de leite é de 50 μ , mas a especificação final proposta para embalagens prevê a redução da espessura do alumínio em 10 μ , de AL40 μ /PET12 μ /Lacquer. Foi preciso evitar problemas de adaptação no texturizador.

(2) Tipos de amostra de teste

Há três tipos de amostras utilizadas no teste de vibração.

- A. Produto atual com lacre de alumínio + produto melhorado com tampa de plástico, sobrepostos e sem separador.
- B. Produto melhorado com lacre de alumínio + produto melhorado com tampa de plástico, sobrepostos e com separador.
- C. Produto melhorado com lacre de alumínio + produto atual com tampa de plástico, sobrepostos e sem separador.

(3) Métodos de teste de vibração e seus resultados

Foi adotado o método mencionado nos itens 7.3.5.3 (1) ~ (3). Ou seja, foi realizado com frequência senoidal de 5Hz e vibrações verticais com aceleração de 1G, vibrações horizontais durante 15 minutos e 30 minutos. Foram realizados testes simulando as rotas Buenos Aires – Mendoza e Mendoza – Santiago, com vibrações verticais e horizontais.

Nas amostras B e C, não ocorreu vazamento nos testes de vibração. No entanto, no caso de produto melhorado com tampa de plástico, houve problema de adaptação à embaladora, pois as tampas de plástico sobrepostas na linha de produção apresentaram dificuldade para retirada uma a uma.

Na amostra A, houve vibrações verticais de 5Hz X 1G durante 15 e 30 minutos. Como resultado, surgiram furos no alumínio do lacre: três na carreira de cima e, um, na de baixo, mas com a proteção do filme PET, não chegou a provocar vazamento (Fig. 7.3.5-15, Fig. 7.3.5-16).

Todos os potes da carreira superior tiveram o lacre marcado pelo fundo do pote da carreira inferior. Essas marcas podem ser eliminadas mediante o uso do separador de papelão.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-15 Furos e ressaltos no lacre de alumínio melhorado.



Fonte: Missão de Estudo da JICA

Figura 7.3.5-16 Ruptura e 3 ressaltos no lacre de alumínio melhorado.

Foi realizado o teste de vibração na simulação de transporte. Não havia amostra, portanto, foi utilizada a amostra já testada. Surgiram furos em dez potes de doce de leite da camada superior, no trajeto de Buenos Aires para Mendoza e três potes de doce de leite da camada superior na passagem da Cordilheira dos Andes até Santiago, mas não houve vazamento. No entanto, ocorreu vazamento em um pote de doce de leite da camada inferior.

(4) Testes de vibração horizontal no lacre de alumínio

Sob a pressão atmosférica, o lacre de alumínio do pote de doce de leite apresentou concavidade. Conforme mencionado no item 7.3.5.5, na travessia da Cordilheira dos Andes, foi verificado que o lacre de alumínio ficou plano com a redução da pressão atmosférica. Quando o lacre fica plano, aumenta a área de contato com a tampa de plástico, aumentando os furos. Para analisar os efeitos da ocorrência de furos nos lacres de alumínio planos, seguintes testes foram realizados:

No pote atual e no pote com melhoria no lacre de alumínio, foi injetado com seringa de injeção apontado no corpo do pote 15ml e 20ml de ar, respectivamente. Com essa injeção, o lacre de alumínio afundado votou a ficar plano. O volume de ar injetado no pote atual e no melhorado foram distintos, mas nos dois casos, o lacre de alumínio ficou plano. Os potes foram sobrepostos de ponta cabeça e em duas camadas, sem separador entre as camadas. Pela falta de disponibilidade de mais potes com o lacre de alumínio melhorado, os testes foram realizados com reuso de amostras testadas uma vez.

As condições de vibração estabelecidas foram do trajeto Mendoza – Santiago, mas o tempo de vibração adotado no teste foi metade da rota. O motivo disso foi pelo fato de ter imaginado que o lacre plano ocorria a altitude de 3.200m. No transporte real, o estado do lacre de alumínio

muda de afundado para plano, pela subida e descida dos Andes. No teste, foi adotado o tempo de vibração de 30 minutos para vibrações verticais e, 22,5 minutos, para vibrações horizontais.

O resultado do teste de vibração não mostrou vazamento no produto atual durante as vibrações horizontais, mas nas vibrações verticais, três potes de doce de leite da camada superior apresentaram vazamento. O produto com melhoria no lacre de alumínio não apresentou vazamento de doce de leite após 2 ~ 3 testes de vibração, independentemente da amostra, tanto em vibrações horizontais como verticais.

(5) Efeitos do produto com melhoria na tampa de alumínio e forma de acomodação dos potes na caixa

Efeitos positivos foram observados no produto com lacre de alumínio melhorado, mas a sobreposição, de ponta cabeça e em duas camadas sem separador de papelão, deixou marca de fundo do pote nos lacres de alumínio da carreira de cima. Furos no lacre de alumínio ocorreram nos potes de doce de leite da carreira de cima, porém sem apresentar vazamento. No entanto, a conjunção de condições desfavoráveis poderá acarretar em risco de vazamento. Para evitar danos nos produtos, é necessário colocar um separador de papelão entre a carreira superior e inferior.

7.3.5.8 Contramedidas para o aumento de custo gerado pela melhoria no lacre de alumínio

O alumínio do lacre poderá sofrer corrosão química dependendo do conteúdo da embalagem e ocasionar furos. O lacre de folha de alumínio poderá rasgar-se ao abrir. Durante o transporte, podem ocorrer furos por atrito ou fadiga do material. A utilização de alumínio laminado com plástico (PET12 μ) poderá resolver esses problemas. Nesse caso, a laminação de PET12 μ sobre a folha de alumínio com a mesma espessura atual elevaria o custo. Portanto, a pretensão é reduzir a espessura do alumínio. Se reduzisse a espessura do alumínio, piora a adequação à máquina pelo enrolamento do material laminado. A solução para essas questões é texturizar o lacre de modo convencional para aumentar a espessura aparente. Por exemplo, a espessura da folha de alumínio convencional para pote de doce de leite é de 50 μ , mas a texturização aumenta esse valor para 110 ~ 130 μ .

Dentre as amostras que seguem, a comparação de custo é efetuada entre (1) e (3).

(1) Produto atual: folha de alumínio 50 μ /Lacquer

(2) Produto melhorado 1: folha de alumínio 50 μ /PET12 μ / Lacquer → aumento de custo

(3) Produto melhorado 2: folha de alumínio 40 μ /PET12 μ / Lacquer

A idéia é reduzir o custo diminuindo gradativamente a espessura da folha de alumínio

Os preços de referência são do Japão, mas uma vez que o preço de alumínio praticamente segue a Bolsa de Metais de Londres (LME), os preços internacionais também são praticamente iguais. Paralelamente, os preços internacionais do PET também são praticamente iguais por a nafta como matéria-prima. Foram estabelecidos seguintes preços hipotéticos para os materiais de embalagem:

Folha de alumínio (20 ~ 40 μ): US\$ 6; densidade: 2.7g/cm³

Filme PET (12 μ): US\$ 3,5; densidade: 1.4g/cm³

Custo de laminação a seco: US\$ 0,1/m²

O lacre de alumínio para pote de doce de leite tem um diâmetro de 100mm. Estima-se que seja possível extrair, de 1m² de folha de alumínio, 100 lacres. Estampados os lacres, o custo de 100 lacres para – (1) produto atual: folha de alumínio 50 μ /Lacquer e (3) produto melhorado 2: folha de alumínio 40 μ /PET12 μ / Lacquer – será:

(1) $50/10.000\text{cm} \times 10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2 \times 2,7\text{g}/\text{cm}^3 = 135\text{g} \rightarrow \underline{\text{US\$ 0,81/100 lacres}}$

(3) Para produto melhorado 2

- Custo de AL40 μ : $40/10.000 \text{ cm} \times 10.000 \text{ cm}^2/\text{m}^2 \times 2,7\text{g}/\text{cm}^3 = 108\text{g} \rightarrow \text{US\$ 0,648/100 lacres}$
- Custo de PET12 μ : $12/10.000\text{cm} \times 10.000\text{cm}^2/\text{m}^2 \times 1,4\text{g}/\text{cm}^3 = 16,8\text{g} \rightarrow \text{US\$ 0,0588/100 lacres}$
- Custo de laminação a seco: US\$ 0,1/100 lacres

Total: US\$ 0,807/100 lacres

Conclusão: O aumento do custo para laminação de PET12 μ pode ser compensado com a redução na espessura do alumínio em 10 μ . A redução ainda maior na espessura do alumínio trará mais redução de custo.

7.3.5.9 Redução de alumínio utilizado e redução de emissão de CO₂

A redução do volume de alumínio utilizado reduz a emissão de CO₂, e isso é desejável também do ponto de vista de prevenção do aquecimento global. O alumínio tem como matéria-prima a bauxita e essa bauxita é processada com hidróxido de sódio para obter a alumina (óxido de alumínio), e depois, passa pela fusão e eletrólise. Em consequência disso, a fabricação de alumínio consome grande quantidade de energia elétrica, por essa razão às vezes é chamado também de [enlatado de eletricidade]. No bloco Mercosul, a principal fonte de energia elétrica é hidrelétrica, mas dependendo do país, a termoeletricidade poderá responder por mais de 52% da energia elétrica gerada.

De acordo com o documento da Associação Japonesa de Alumínio, para produzir 1kg de novo alumínio primário são necessários 20kw/h de eletricidade. Para essa quantidade de energia, são geradas dez vezes mais CO₂, cerca de 9,35kg. Quando se produz 1kg de alumínio primário a

partir do metal reciclado, é gerado somente 0,31kg de CO₂. Ou seja, a reciclagem do alumínio permite a produção de mesma quantidade com a energia de apenas 3,3%.

A folha de alumínio utilizada como parte da embalagem de alimentos é difícil de ser reciclada. Em razão disso, reduzir a quantidade de alumínio utilizado contribui, não só para a redução de custo da embalagem, mas também para a redução de CO₂.

7.3.5.10 Teste de vibração do saco plástico para leite

No Uruguai, a embalagem de saco plástico para leite da empresa C que apresentava vazamento, no teste de compressão e no teste de queda, foi submetida ao teste de vibração com frequência de 5Hz, amplitude de 25mm e durante 90 minutos, não apresentou vazamento. Na Argentina, foram providenciados leites embalados em saco plástico à venda no mercado. Foram quatro embalagens com selagem por sobreposição e uma com selagem por junção. As embalagens de selagem por junção da empresa A e de selagem sobreposta da empresa B, que apresentaram vazamento no teste de compressão e no teste de queda, foram submetidas ao teste de vibração com dez amostras cada, acomodadas em engradado plástico. Para que ocorresse vazamento, as condições de vibração foram mais rigorosas do que as do Uruguai. No teste de vibração da Argentina, a embalagem de saco plástico para leite apresentou vazamento em forma de jato. As condições de vibração do teste foram: aceleração de 1,5G, frequência de vibração de 5 ~ 9Hz, tempo de vibração de 30 minutos, seguidos de mais 15 minutos (tabela 7.3.5-3).

Tabela 7.3.5-3 Tempo de vibração no teste de vibração e ponto de vazamento: 1.5G x 5 ~ 9Hz

| | Pontos de vazamento | Tempo de vibração (minutos) | | |
|-----------|-------------------------------|-----------------------------|----|----|
| | | 30 | 45 | 60 |
| Empresa A | Parte superior da selagem | | | 2 |
| | Fora da região de selagem | | 2 | |
| Empresa B | Parte superior da selagem | 2 | | |
| | Selagem do corpo da embalagem | | 1 | 1 |
| | Fora da região de selagem | 1 | 1 | |

Fonte: Missão de Estudo da JICA

De acordo com o observado na tabela, o produto da empresa B apresentou vazamento em 30 minutos e, da empresa A, em 45 minutos. Os pontos de vazamento foram na parte superior da selagem e no corpo da embalagem. Além disso, surgiram furos no material plástico fora da região de selagem. A causa dos furos ficou desconhecida, mas é provável que tenham sido causados pelo punctionamento das saliências, ou pelo atrito do engradado, ou ainda, pelo atrito entre os filmes plásticos e são questões a serem verificadas nos ensaios futuros.

CAPÍTULO 8 – Teste de transporte (Projeto-modelo)