



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

**DESENVOLVIMENTO DE PARÂMETROS TÉCNICOS PARA UNITIZAÇÃO DE CARGAS
POR MEIO DO USO DE FILME “STRETCH”**

Allan Victor D’Amato **Nascimento**^{1a}; Tiago Bassani Hellmeister **Dantas**^{1b}; Eduardo **Ruiz** ^{2c}

¹ Instituto de Tecnologia de Alimentos, Centro de Tecnologia de Embalagens; ² Dow Brasil S.A.

Nº 13246

RESUMO – *O presente trabalho propôs avaliar diferentes configurações de aplicação de filme esticável, com aplicação manual e em máquina, frente a ensaios utilizados na área de embalagens para transporte e distribuição (vibração e queda rotacional), com o objetivo de simular os estresses comuns durante as etapas de distribuição e que podem interferir diretamente na estabilidade da carga. No desenvolvimento do trabalho foram utilizados três tipos de carga: óleo de motor, ovos de Páscoa e pasta dental. Observou-se que, para as amostras avaliadas, o ensaio de vibração randômica não causou variação significativa na força de contenção do filme esticável; assim, não houve movimentação das cargas. No ensaio de queda rotacional, verificou-se uma redução da força de contenção, proporcionando o deslocamento da carga, o que pode comprometer sua estabilidade. O ensaio de vibração senoidal, na frequência de ressonância da unidade paletizada, mostrou melhor capacidade de diferenciação de desempenho com a variação dos parâmetros de aplicação do filme, quando comparado à vibração randômica. Foi possível observar que, quanto maior a força de contenção proporcionada pelo filme, maior a estabilidade da unidade paletizada e que os ensaios de vibração utilizados neste estudo não estão associados a alterações significativas na força de contenção.*

Palavras-chaves: Filme esticável, unitização de carga, força de contenção, vibração.

^a Bolsista CNPq: Graduação em Engenharia de Alimentos, av.damato@gmail.com , ^b Orientador: Pesquisador CETEA/ITAL, tiago@ital.sp.gov.br, ^c Colaborador: Pesquisador da Dow Brasil, Eduardoruiz@dow.com



ABSTRACT – The goal of the work was to evaluate different settings of stretch film wrapping, manually and mechanically, facing transport and distribution tests (vibration and rotational drop tests), aiming to simulate stresses usually found in the distribution chain and that may interfere in the load stability. Three types of load were used for this work: motor oil, chocolate Easter eggs and toothpaste. It was observed that, considering the evaluated samples, the random vibration test did not cause significant change in the containment force of the stretch film; thus, there was no load dislocation. In the rotational drop test, there was a containment force reduction, with load dislocation, that may be a hazard to the load stability. The sinusoidal vibration test, at the resonant frequency of the unit load, showed to be better in distinguishing the performance with the change in the stretch wrapping parameters, when compared to the random vibration. It was observed that, the higher the containment force, the higher is the unit load stability, and that the vibration tests used in this work are not related to significant changes in containment force.

Key-words: Stretch film, load unitization, contention force, vibration.

1 INTRODUÇÃO

Os gastos com logística estão entre os maiores custos dentro de uma cadeia de produção. Sendo assim, há um constante interesse em melhorias e inovações que tornem processos mais eficientes e reduzam custos operacionais. A unitização de cargas por meio de filmes esticáveis (“stretch”) é amplamente utilizada em todos os segmentos da indústria tanto pela disponibilidade e simples aplicação do filme, quanto pela obtenção de uma carga unitizada estável, proporcionando assim ganhos operacionais. O filme “stretch” pode ser aplicado tanto manualmente (por meio de bobinas de filme convencional ou pré-estirado) ou por meio de máquina (que proporciona melhor controle de parâmetros que influenciam diretamente o desempenho do filme na estabilização da carga). Porém, a utilização indevida do filme esticável pode danificar a carga, causando amassamentos nas arestas das caixas, ou indiretamente, deixando de cumprir com sua função de estabilização e falhando durante as etapas de transporte e distribuição, ocasionando problemas como movimentação excessiva de caixas sobre o palete, tombamento de cargas, dentre outros. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar os parâmetros envolvidos na aplicação do filme esticável, principalmente a força de contenção, em relação à estabilização de cargas frente às vibrações presentes no transporte e distribuição de mercadorias. Em algumas amostras, avaliou-se também o efeito da queda rotacional, que tem por objetivo simular o manuseio inadequado das unidades de carga.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização de cargas

O peso das unidades de carga foram determinadas utilizando-se uma balança de solo Toledo modelo 2180/3T9/II com capacidade para 2.500kgf e resolução de 0,5kgf, e suas medidas foram obtidas utilizando-se uma trena metálica Starret com 5m de capacidade e resolução de 1mm.

2.2 Aplicação do filme esticável

A fim de se avaliar a influência dos parâmetros de aplicação do filme esticável sobre a estabilidade das cargas unitizadas, foram utilizadas duas formas de aplicação: por meio manual (filme pré-estirado) e semiautomático (máquina). Neste último, fixou-se o parâmetro velocidade da plataforma (V_m) em 4,5, variando-se velocidade de subida e descida (V_{sd}) e tensão no filme (T_f).

2.3 Medição de força de contenção – método “Pull plate”

Para medição da força de contenção foi utilizado um aparato composto por uma placa metálica circular (prato) com 15,2cm (6pol) de diâmetro, um guia e um dinamômetro digital Luggage Scale YFS-H series, com capacidade para 50kgf e com resolução de 0,01kgf.

Para realizar a medição, o prato foi colocado entre a carga e o filme e posteriormente puxado, distanciando-se em 4cm da unidade de carga: o guia assegura que o prato seja deslocado pela distância estabelecida e o dinamômetro determina a força de contenção. Esse procedimento foi realizado em três pontos de uma das faces maiores da unidade de carga: no topo (a 10pol do topo e 18pol da aresta vertical de acordo com), no meio (ponto central da face) e na base (a 10pol da base e 18pol da aresta vertical, diagonalmente oposta à do topo). Realiza-se a medida após a aplicação de filme e após o ensaio de vibração. O método se encontra descrito na norma ASTM D4649-03 (2009).

2.4 Ensaio de vibração

O ensaio foi realizado utilizando-se uma mesa de vibração marca MTS, modelo 891, com 1,5m x 1,5m e 5ton de força dinâmica, controlada em viração pelos equipamentos MTS, modelo “407 Controler” e “SignalCalc 550 Vibration Controler”. A carga unitizada foi colocada diretamente sobre a mesa de vibração. Em cada lateral da unidade paletizada colocou-se uma grade vertical, a



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

partir da qual se mede a distância até a carga, no início e ao término do ensaio. Assim, determinou-se a movimentação da carga em cada uma das faces do palete em função da vibração. Neste trabalho, foram realizados dois ensaios diferentes de vibração, apresentados a seguir.

2.4.1 Ensaio de vibração randômica

Este ensaio foi realizado de acordo com o procedimento 3E da ISTA (2012), com 0,54G de aceleração rms e duração de 1 hora, correspondente a 480km de transporte rodoviário, de acordo com o procedimento.

2.4.2 Ensaio de vibração senoidal

O ensaio foi realizado de acordo com a ASTM D 5415-95 (2012). Primeiramente foi realizado o ensaio de varredura (“sweep test”), na faixa de 3 a 100Hz, a fim de se obter a frequência de ressonância da carga. Com esta última, realizou-se o ensaio em frequência fixa (“dwell test”), com aceleração de 0,5G e duração de 10 minutos. A aceleração foi aumentada em incrementos de 0,25G a cada 10 minutos até a aceleração máxima de 1,25G ou até que a unidade de carga perdesse a conformação cúbica (contato da carga com a grade vertical) ou houvesse o rompimento do filme esticável. Ao término do ensaio obtém-se uma nota do desempenho da amostra, dada pela combinação entre a duração do ensaio e a aceleração suportadas pela carga unitizada de acordo com a metodologia informada.

2.5 Queda rotacional

Neste ensaio a unidade de carga é submetida a duas quedas rotacionais sobre arestas adjacentes da face inferior da unidade (base), de acordo com a norma 1E da ISTA (2012). Em cada uma das quedas rotacionais um dos lados é apoiado a 10cm de altura e o lado oposto é suspenso a 20cm; a queda é realizada soltando-se o lado elevado a 20cm sobre uma massa sísmica que atende aos requisitos da norma.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização de cargas

Foram utilizadas três unidades de carga de diferentes configurações, conforme apresentado na Tabela 1.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

Tabela 1. Caracterização das cargas utilizadas

Produto	Arranjo	Peso (kgf)	Dimensões (cm)
Óleo de motor	Cruzado/colunar	619,5/747,0	109,7 x 100,3 x 107,8
Ovos de Páscoa	Cruzado	100,5	112,5 x 91,9 x 149,5
Pasta dental	Colunar	445,5	118,6 x 99,0 x 124,4

A diferença notada entre o peso da carga de óleo de motor entre os arranjos cruzado e colunar se deve ao número de caixas que compõem a carga, superior no colunar. Inicialmente, verificou-se, por meio do ensaio de vibração, que ambas as três cargas unitizadas não são estáveis sem a aplicação do filme “stretch”, pré-requisito essencial para a continuidade do trabalho.

3.2 Unidade paletizada de óleo para motor

Para esta amostra, a avaliação foi realizada utilizando-se o ensaio de vibração randômica. Não foi possível a realização do ensaio de queda rotacional devido aos danos que poderiam ser causados à amostra, impossibilitando sua utilização na repetição dos ensaios. Os parâmetros utilizados e os resultados obtidos são apresentados abaixo na Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetro de aplicação do filme e resultados da avaliação da unidade de carga de óleo para motor antes e após os ensaios de vibração randômica (ISTA 1E, 2012).

Parâmetros de aplicação do filme	Experimento				
	1	2	3	4	5
Velocidade da plataforma	4,0	4,0	4,0	4,0	Aplicação manual
Velocidade de subida e descida	2,5	2,5	3,5	3,5	
Tensão do filme	2,0	1,0	2,0	1,5	
Resultados					
Força de contenção média antes da vibração (kgf)	15,0	6,3	4,7	8,7	10,3
Força de contenção média após vibração (kgf)	15,7	6,0	4,7	9,7	6,3
Deslocamento da carga (valor máximo, em cm)	4,5	1	1,2	n.d.	n.d.
Massa de filme utilizada (g)	260	210	170	220	190

n.d. – valor não determinado.

Pode-se verificar que a força de contenção decresce com o aumento da velocidade de subida e de descida e cresce com o aumento da tensão no filme. Ainda observa-se que, quanto maior a força de contenção gerada, maior o consumo de filme. Em relação ao filme pré-estirado (manual) pode-se notar uma força de contenção intermediária, com baixo consumo de filme.

Nos experimentos com aplicação do filme em máquina é possível observar que a força de contenção das unidades de carga não apresentou redução frente ao ensaio de vibração randômica



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

e também não houve movimentação de carga significativa, uma vez que a carga não ultrapassou os limites do palete. Já na aplicação manual, a redução foi de aproximadamente 40%; porém, isto pode estar relacionado à falta de experiência do técnico nesta aplicação.

3.3 Unidade paletizada de ovos de Páscoa

Para esta amostra, a avaliação foi realizada utilizando-se os ensaios de vibração randômica e queda rotacional, com aplicação manual do filme (pré-estirado). Em função de sua baixa densidade, foi necessária uma força de contenção menor do que a carga de óleo para motor, a fim de se evitar danos às caixas, uma vez que o produto não auxilia na resistência da caixa como na maioria dos casos. Os resultados obtidos são apresentados abaixo, na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados da avaliação da unidade de carga de ovos de Páscoa antes e após os ensaios de vibração randômica e queda rotacional (ISTA 1E, 2012).

Parâmetros	Experimento	
	1	2
Força de contenção média antes da vibração (kgf)	5,3	6,0
Força de contenção média após vibração (kgf)	5,0	5,7
Força de contenção média após queda rotacional (kgf)	n.d.	4,0
Deslocamento da carga (valor máximo, em cm)	2,0	4,0
Massa de filme utilizada (g)	120	102

n.d. – valor não determinado.

Apesar da baixa força de contenção do filme aplicado, ocorreram amassamentos em caixas posicionadas nos vértices da carga. Na queda rotacional não foi observado rompimento do filme, porém a carga unitizada perdeu sua conformação cúbica, com uma movimentação além dos limites do perímetro do palete, o que pode trazer problemas durante o transporte.

Diferentemente do ensaio de vibração, após o ensaio de queda rotacional houve uma diminuição significativa na força de contenção.

3.4 Unidade paletizada de pasta dental

Esta unidade de carga foi avaliada utilizando-se apenas o ensaio de vibração senoidal, conforme procedimento descrito na norma ASTM D 5415 (2012). Avaliou-se a aplicação manual de filme e por máquina (com variação de parâmetros para este último caso). Além dos parâmetros de máquina, foram observados também o número de voltas de filme aplicado, o percentual de estiramento do filme e a sobreposição do filme.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013
13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

A Tabela 4 apresenta a diferença de desempenho do filme em função das variações nos parâmetros de sua aplicação.

Tabela 4. Resultados da avaliação da unidade de carga de pasta dental antes e após os ensaios de vibração senoidal – filme aplicado em máquina e manualmente.

Experimento⇒		1A	1B	2A	2B	3 ^a	3B	3C	4A	4B	4C
Parâmetros de Máquina	Velocidade de plataforma				4,0						
	Tensão do filme	2,5		1,5			5,0		Aplicação manual		
	Velocidade de subida e descida	1,5		3,0			3,0				
Parâmetros de Aplicação	Número de voltas	11	12	10	10	14	15	15	7	7	7
	Sobreposição	10	12	10	23	10	10	10		n.d.	
	Estiramento (%)	275,6	287,4	n.d.	279,5	395,7	305,1	411,4		n.a.	
Força de contenção inicial média		7,4	7,5	6,7	6,5	15,4	16,6	18,7	5,7	4,7	5,9
Força de contenção final média		7,1	9,0	7,8	7,6	14,9	16,2	18,8	4,9	4,9	5,5
Frequência de ressonância		11,4	11,4	13,2	10,7	11,3	11,8	12,5	11,4	11	11,3
Peso de filme (gf)		198	214	186	n.d.	124	128	132	126	118	104
Duração (min)	0,50G	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	0,75G	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	1,00G	0	10	8	5	10	10	10	1	1	1
	1,25G	0	10	0	0	10	10	10	0	0	0
NOTA FINAL (ASTM 5415, 2012)		9,5	35,0	20,5	17,5	35,0	35,0	35,0	13,5	13,5	13,5

n.d. – valor não determinado; n.a. – não se aplica.

O melhor desempenho foi obtido com a aplicação em máquina na condição 3, na qual foram obtidas as maiores forças de contenção. Pode-se observar uma relação direta entre a força de contenção e as notas finais do ensaio de vibração, relacionadas à estabilidade da carga. Outro fato importante a ser ressaltado é a uniformidade dos resultados do filme pré-estirado, apesar da aplicação manual.



VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica – CIIC 2013 13 a 15 de agosto de 2013 – Campinas, São Paulo

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que a força de contenção é um parâmetro importante na estabilidade da carga. Com base nos resultados, observa-se que as solicitações por vibração não afetaram significativamente a força de contenção nas amostras avaliadas. No ensaio de queda rotacional, no qual se aplicam solicitações horizontais na unidade de carga, verifica-se uma redução significativa na força de contenção, porém, devido à severidade dos impactos, seria necessária uma maior quantidade de amostras para que fossem realizadas mais avaliações, o que não foi possível para este trabalho.

O método descrito no procedimento D5415 da ASTM (2012) apresentou resultados satisfatórios em relação ao ensaio de vibração randômica, possibilitando a diferenciação de desempenho dos filmes aplicados com diferentes forças de contenção.

O presente trabalho demonstrou que, em função das possíveis variações de carga e considerando-se os diferentes tipos de máquina para aplicação de filme esticável disponíveis no mercado, a definição de parâmetros técnicos para tal aplicação necessita de um estudo pontual, avaliando-se as características da carga em cada caso.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, à minha família, aos funcionários e colaboradores do CETEA – em especial aos membros do Laboratório de Transporte e Distribuição, à Dow Brasil S.A., à Valfilm e ao CNPQ pela realização do projeto.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM INTERNATIONAL. **D 5415-95 (Reapproved 2012)**: standard test method for evaluating load containment performance of stretch wrap films by vibration testing. Philadelphia, 2012. 3 p.

ASTM INTERNATIONAL. **D 4649-03 (Reapproved 2009)**: standard guide for selection and use of stretch wrap films. Philadelphia, 2009, 3p.

INTERNATIONAL SAFE TRANSIT ASSOCIATION. Procedure 1E: unitized loads of same product. In: **The ISTA 2012 resource book**. Michigan: ISTA, 2012. 10 p.

INTERNATIONAL SAFE TRANSIT ASSOCIATION. Procedure 3E: unitized loads of same product. In: **The ISTA 2012 resource book**. Michigan: ISTA, 2012. 13 p.