

Análise do Projeto ISTA 3L: Simulação generalizada para operação de Centro de Processamento de Comércio Eletrônico Varejista

Mauricio R. Bordin

Abner Domingos

Pesquisadores do Cetea

1. Introdução

O transporte e a distribuição de produtos industrializados exigem sistemas de embalagem capazes de resistir a uma ampla variedade de condições mecânicas e ambientais. As embalagens de transporte devem garantir não apenas a integridade física do produto, mas também sua funcionalidade e aparência ao longo de todo o percurso logístico. Com o crescimento do comércio global e a complexidade das cadeias de distribuição, tornou-se indispensável o uso de métodos padronizados que permitam avaliar o desempenho das embalagens de forma confiável e comparável.

Um **Centro de Processamento de Comércio Eletrônico Varejista** é um armazém especializado que lida com todo o processo de recebimento, armazenamento e envio de produtos diretamente aos clientes em nome de empresas de comércio eletrônico e varejo. Esses centros são projetados para oferecer velocidade e precisão para processar com eficiência um grande volume de pedidos individuais, ao contrário dos armazéns tradicionais que são principalmente para armazenamento a granel. As principais funções incluem gerenciamento de estoque, processamento de pedidos, separação, embalagem e remessa, o que permite que as empresas se concentrem em vendas e marketing em vez de logística. No Brasil, Mercado Livre e Shopee são exemplos desse tipo de serviço.

Com a publicação do **Projeto 3L**, a intenção da ISTA é a de criar um protocolo de simulação generalizada baseado em pesquisa e dados reais para o comércio eletrônico, realizado através de Centros de Processamento, que refletem as práticas atuais de manuseio de produtos desde sua chegada ao Centro de Processamento até o envio ao cliente final, dentro dos Estados Unidos. Esse protocolo foi desenvolvido através da combinação de importantes protocolos de ensaio, análise de dados coletados em múltiplos Centros de Processamento, feedback da indústria e correlação de danos reais aos resultados de ensaios de laboratório. O protocolo está atualmente na fase de Projeto (estágio piloto) e será melhorado se e onde for necessário usando-se feedback de especialistas da indústria e de usuários.

Esse protocolo se aplica aos produtos enviados aos consumidores finais via *courier* ou LTL (*Less-Than-Truckload*) e ele avalia a capacidade de ambos, embalagem e produto, suportarem as solicitações dinâmicas normalmente encontradas em ambientes de distribuição. O cenário LTL é particularmente desafiador, pois as embalagens passam por múltiplas operações de consolidação, desconsolidação e redistribuição, sofrendo repetidos manuseios, empilhamentos e vibrações. Assim, o **Projeto ISTA 3L** busca reproduzir em laboratório as solicitações mecânicas e ambientais típicas dessa modalidade, de modo a prever o comportamento do sistema de embalagem durante o percurso logístico.

O protocolo 3L classifica as embalagens em 9 categorias diferentes: Pequena, Tipo A, Tipo B, Tipo C, Tipo D, Tipo E, Tipo F, Tipo G e Tipo H. A classificação em cada um dos tipos se dá pela combinação de 4 critérios diferentes: método de transporte (*courier* ou LTL), tipo de manuseio usado no Centro de Processamento (manuseio padrão ou paletizado), a massa do produto e a categoria do produto.

2. Aplicação

O transportador, o fabricante, o vendedor e/ou outros membros da cadeia devem definir, antes da realização dos ensaios, os seguintes critérios de aprovação ou reaprovação dos resultados:

- O que constitui dano ao produto;
- Qual o nível de tolerância aceitável de dano, caso haja algum;
- Como será feita a avaliação do produto ao final dos ensaios;
- Qual é a condição aceitável da embalagem ao final dos ensaios.

Além disso, o transportador, o fabricante, o vendedor e/ou outros membros da cadeia devem definir a configuração de embalagem, detalhes do transporte e configurações dentro do sistema de distribuição, condições atmosféricas típicas, etc., a fim de permitir a determinação dos parâmetros adequados de ensaio.

Na avaliação, a embalagem e o conteúdo são sempre avaliados de maneira conjunta e nunca separadamente. Além disso, as condições avaliadas são as mais usuais, não sendo cobertas eventuais solicitações que ultrapassem os níveis usuais.

Com relação à amostragem necessária para a avaliação, o **Projeto ISTA 3L** indica que ambos, embalagem e produto, devem ser os mais próximos possíveis da produção real. Versões preliminares, protótipos feitos à mão, pequenas tiragens, etc. geralmente não são suficientes para qualificar os resultados, sendo indicados somente como ensaios preliminares usados durante o desenvolvimento do produto. Os ensaios finais devem ser realizados com produtos regulares da linha de produção.

O Projeto define que itens considerados frágeis devem ser avaliados através do ensaio de 5 amostras iguais. Como itens frágeis, o Projeto considera todos aqueles que podem se quebrar facilmente ou apresentar vazamentos durante a distribuição, tais como vidros, cerâmicas, porcelanas, líquidos, semilíquidos e sólidos que podem se liquefazer em temperaturas acima de 21 °C (70 °F). Produtos que sejam compostos por 25% ou mais de itens frágeis devem ser classificados como frágeis. Em caso de dúvida, sugere-se aumentar o número de amostras ensaiadas para uma maior confiabilidade. Itens frágeis apresentam um risco maior de danos, uma vez que estes danos podem ser estendidos para outras embalagens próximas, tais como vazamento de líquidos que podem afetar até 10 embalagens situadas ao redor do vazamento. Sempre que ensaiadas em conjunto, é necessário que todas as amostras sejam consideradas aprovadas.

Para os itens considerados como não frágeis, o Projeto indica o uso de uma amostra para avaliação. Além disso, se a amostra for uma unidade de carga paletizada e esta for a forma de distribuição, ela deve ser considerada como sendo uma embalagem única.

3. Estrutura e Etapas do Procedimento

Inicialmente, as amostras são **condicionadas em ambiente controlado de temperatura e umidade**, conforme parâmetros definidos no Projeto. Essa etapa tem o propósito de estabilizar os materiais constituintes da embalagem, como o papelão ondulado e os plásticos, garantindo que os resultados sejam obtidos em condições comparáveis e reproduzíveis.

Após o condicionamento, são realizados **ensaios de queda livre**, que simulam os impactos decorrentes de manuseio (manual e/ou mecanizado) durante as operações de carga e descarga, sendo utilizadas diferentes orientações – faces, arestas e cantos – e diferentes alturas, de acordo com a massa do conjunto. Além dos ensaios de queda livre, as amostras são submetidas a outros ensaios envolvendo choque mecânico, tais como:

- Inclinação e tombamento;
- Queda rotacional (de face e/ou de aresta);
- Impacto lateral;
- Impacto concentrado (bloco, em ponte ou sobre *hazard*).

A amostra também será submetida ao **ensaio de vibração randômica**, que reproduz o perfil de vibração típico do transporte rodoviário em situações de estrada (longa distância em caminhões de grande porte) e em situações urbanas (entrega domiciliar feita em pequenos veículos). O espectro de vibração utilizado é baseado em medições

reais de campo, abrangendo frequências e amplitudes compatíveis com o movimento dos veículos e as irregularidades da via.

Completando os efeitos dinâmicos a que estarão sujeitas, as amostras serão submetidas aos ensaios de **compressão dinâmica**, que têm o propósito de simular o empilhamento de cargas durante o transporte e a armazenagem. A embalagem é submetida a cargas verticais (empilhamento durante a estocagem e transporte) e horizontais (simulação de *clamp*) controladas.

4. Avaliação dos Resultados

A análise do desempenho no **Projeto ISTA 3L** baseia-se na condição final do produto e da embalagem após a realização de toda a sequência de ensaios. Observa-se se o produto sofreu danos funcionais, deformações ou falhas cosméticas que possam comprometer seu uso ou valor comercial. Avaliam-se também as condições da embalagem, verificando-se a ocorrência de rupturas, descolamentos, deformações estruturais ou perda da capacidade de empilhamento.

Os critérios de aceitação variam conforme as especificações do fabricante, do cliente ou do tipo de produto ensaiado, acordadas antes da realização dos ensaios. Em geral, considera-se que uma embalagem atende ao desempenho mínimo esperado quando o produto chega ao final do teste sem apresentar danos significativos e a embalagem mantém sua função de proteção e contenção. Os resultados obtidos servem não apenas para aprovar ou reprovar um projeto, mas também como base para otimizações de materiais e geometrias.

5. Importância e Benefícios da Aplicação dos ensaios de laboratório

A adoção de ensaios de laboratório como etapa do processo de desenvolvimento oferece uma série de benefícios para a indústria de embalagens e logística. O principal é a redução de danos em campo, já que o ensaio permite antecipar falhas de projeto e identificar pontos críticos de fragilidade antes da produção em larga escala. Além disso, o procedimento fornece uma base científica e comparável para o desenvolvimento de soluções de embalagem, promovendo a padronização e a confiabilidade dos resultados em nível internacional.

6. Limitações e Considerações Práticas

Embora seja um dos protocolos mais abrangentes da ISTA, o **Projeto ISTA 3L** possui limitações inerentes à sua natureza laboratorial. As condições simuladas, embora realistas, não reproduzem todas as variáveis de transporte, como vibrações extremas em estradas de má conservação ou variações climáticas severas. Além disso, a fidelidade dos resultados depende da correta preparação das amostras e do rigor na execução dos ensaios.

7. Conclusão

Este artigo buscou apresentar as principais características do **Projeto ISTA 3L** que tratam da avaliação de embalagens distribuídas pelo canal **Centro de Processamento de Comércio Eletrônico Varejista**. Cada embalagem deve ser corretamente classificada de acordo com as dimensões e características da movimentação, escolhendo a sequência de ensaios adequada. Além disso, a manutenção de um histórico de resultados possibilita o refinamento das situações futuras, bem como uma memória de problemas enfrentados no passado, agilizando o alcance das soluções.

Referência

ISTA – International Safe Transit Association. *Project 3L – Packaged Products for Less-Than-Truckload (LTL) Shipment*, East Lansing, 2023.