

Embalagens metálicas para aerossóis – a importância dos requisitos de qualidade

Sandra B. M. Jaime
Pesquisadora do Cetea

Com base em estimativas da Associação Brasileira de Aerossóis (Abas), a indústria de embalagens para aerossóis no Brasil aposta em um futuro promissor que, com inovação juntamente com responsabilidade ambiental do setor, pode alcançar a terceira colocação global na produção de aerossóis nos próximos cinco anos (Abas, 2024).

A praticidade e a facilidade de aplicação do produto na quantidade certa e de forma direcionada e localizada podem ser apontadas como as principais vantagens desse tipo de embalagem. Essa característica estimula a utilização das embalagens de aerossol em diversas aplicações, tais como os produtos voltados aos cuidados com higiene pessoal, cosméticos, produtos alimentícios, farmacêuticos, produtos de uso industrial, produtos para aplicações automotivas ou como defensivos domésticos e agrícolas, entre outros.

Contudo, é de fundamental importância estar sempre atento aos requisitos de qualidade estabelecidos para essa classe de produto.

Um dos principais aspectos de qualidade encontra-se na avaliação da resistência à pressão interna da embalagem vazia, especificada em norma técnica em função da pressão máxima de formulação do produto à temperatura de 50°C (ABNT NBR 14720, 2011). É importante ressaltar que todo aerossol é composto pelo produto juntamente com um propelente (gás liquefeito, como butano, isobutano e propano, ou gás pressurizado, como dióxido de carbono e nitrogênio), que cria a pressão necessária para expelir e dispersar o produto da embalagem na forma de spray, espuma ou gel.

Embora as embalagens de aerossol possam ser produzidas em vidro ou plástico, no mercado, de forma geral, são mais utilizadas as embalagens metálicas. As embalagens metálicas são usualmente produzidas em aço (folha de flandres e/ou folha cromada), denominadas por lata de três peças (composta por corpo, domo e fundo), e as produzidas em alumínio, denominadas por embalagens de duas peças ou monobloco. O domo e o fundo das embalagens de três peças são fixados por meio de junção mecânica, denominado processo de recravação (*double seam*).

O corpo das latas de três peças é produzido com folha de flandres, usualmente, com verniz interno que confere proteção contra interação com o produto e oxidação da embalagem. O domo e o fundo também podem ser produzidos em folha de flandres ou folha cromada, com possibilidade de revestimentos em PET – Poli(tereftalato de etileno) (Brasilata, 2025; Cerviflan, 2025). A folha com revestimento em PET tem como função melhorar a proteção da embalagem contra atritos no transporte e armazenamento, além de proporcionar boa resistência contra a corrosão em ambientes úmidos e quentes que, juntamente com a boa hermeticidade da embalagem, garante a proteção necessária que pode promover um aumento do tempo de vida útil do produto.

Além das características dimensionais, após o acondicionamento do produto, os ensaios de desempenho são igualmente importantes para garantir a qualidade das embalagens de aerossol, como por exemplo, a verificação da

hermeticidade da embalagem, a avaliação de estabilidade do produto, a pressão e vazão de descarga, o padrão de pulverização ou *spray pattern*, entre outros (ABNT NBR 15335, 2006; NBR 15580; ABNT NBR 15233, 2006; ASTM D4041-05). A Federação Europeia de Aerossol (FEA) apresenta também um conjunto de normas com padrões técnicos desenvolvidos pela indústria europeia de aerossóis, além de indicar as legislações aplicáveis para monitorar a qualidade desta categoria de embalagem (FEA, 2025).

É importante enfatizar que, pela característica do produto pressurizado e como os propelentes são gases com alto grau de expansão, especialmente em função de alterações na temperatura do ambiente de estocagem/transporte, a *International Air Transport Association* (IATA) define ainda um protocolo de ensaio para verificar a hermeticidade de produtos de aerossol em banho aquecido à temperatura de 55°C, visando avaliar a ocorrência ou não de vazamento de produto. Qualquer sinal de vazamento ou deformação da lata (domo ou fundo) é inaceitável e a embalagem deverá ser imediatamente descartada (IATA, 2025).

A pressão do propelente no interior da lata exerce constantemente esforços de pressão interna na parede da embalagem. Tais esforços de pressão interna favorecem o desenvolvimento de tensões na região cilíndrica da embalagem em duas direções (tensões biaxiais), denominadas de tensão circunferencial (*hoop stress* = σ_h) e tensão axial (*axial stress* = σ_a), conforme ilustrado na Figura 1 e cujas fórmulas teóricas são expressas a seguir:

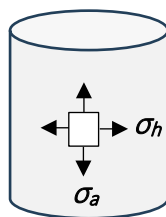


FIGURA 1. Ilustração esquemática das tensões biaxiais desenvolvidas na região cilíndrica de um recipiente sob pressão interna.

$$\sigma_h = \frac{Pd}{2t} \quad (1)$$

$$\sigma_a = \frac{Pd}{4t} \quad (2)$$

Sendo: P = pressão interna (em psi)

d = diâmetro do cilindro (em polegadas)

t = espessura (em polegadas)

Portanto, de acordo com as expressões teóricas, a tensão desenvolvida na direção circunferencial (σ_h) do cilindro é 2 vezes superior à tensão desenvolvida na direção axial (σ_a). Dessa forma, a probabilidade de um rompimento da embalagem se desenvolver paralelamente à direção longitudinal do tubo é 2 vezes superior se comparada à direção transversal.

O ensaio pressão interna tem por objetivo prevenir problemas práticos de explosão e rompimento de latas de aerossol em situações cotidianas. Um exemplo da forma de ruptura típica paralela à direção longitudinal ocorrida no ensaio de pressão interna de embalagens de aerossol é apresentado na Figura 2-a. Na Figura 2-b, as duas latas de aerossol de três peças no centro indicam a forma de reversão do fundo e do domo após o ensaio de pressão interna da embalagem vazia.



FIGURA 2. Exemplo da forma de ruptura na direção longitudinal de uma embalagem de duas peças de alumínio após ensaio de pressão interna (a) e exemplos de reversão do fundo e do domo de latas de aerossol de três peças – duas latas no centro da imagem (b) (Daehn & Blum, 2004).

Embora a condição de rompimento de uma embalagem de aerossol na direção circunferencial seja a menos favorável para a ocorrência da fratura, investigações a respeito de um estudo de caso de falha catastrófica completa em 360° no corpo cilíndrico (parede lateral) de embalagem de aerossol de três peças foi publicado por Fox, 2011. Outros estudos buscaram identificar formas de melhorar a resistência de embalagens de aerossol e informações sobre como realizar análises de falhas desse tipo de embalagem (Fox, 2008; Daehn & Blum, 2004).

Por ser um tema de grande relevância para o mercado de embalagens de aerossóis, a seguir são apresentados alguns pontos levantados durante a investigação desse caso.

A falha catastrófica 360° da embalagem reportada por Fox (2011) foi decorrente de uma queda accidental de uma lata de tinta spray, resultando em sua explosão instantânea (Fox, 2011). Um dos primeiros pontos levantados foi que a falha ocorreu na região do fundo, próximo ao *necking*. O *necking* consiste na redução gradual do diâmetro, usualmente na região do gargalo ou fundo da embalagem. A Figura 3 apresenta imagens esquemáticas de um perfil reto (Figura 3-a) e contendo o *necking* com menor diâmetro no fundo (Figura 3-b) de uma lata de aerossol. Com a ruptura circunferencial 360° na parede do corpo próximo à região do *necking* (região indicada pelas setas na Figura 3-c), pode-se associar ainda uma deformação nesta área com a ocorrência de formação de tensões decorrentes do impacto promovido pela queda da embalagem.

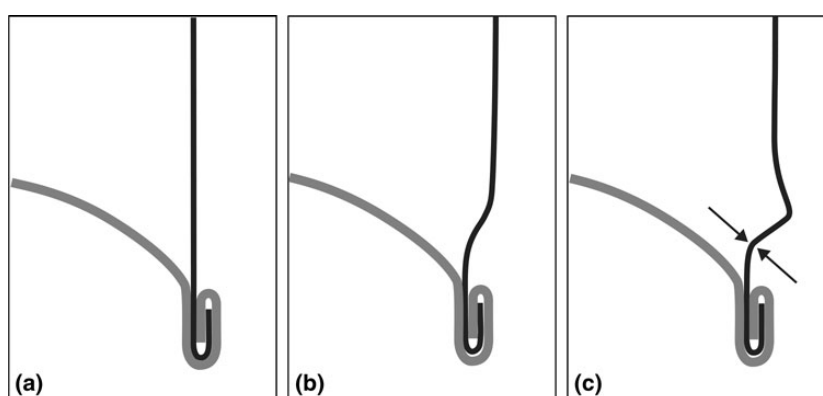


FIGURA 3. Ilustração esquemática de latas de aerossol de três peças com um fundo com perfil reto (a), contendo o *necking* com menor diâmetro no fundo (b) e indicação da ocorrência de deformação nesta área e com a formação de tensões (c) (Fox, 2011).

A Figura 4 mostra a uma imagem macroscópica da parte inferior do corpo com falha 360° da lata de aerossol, sendo que as setas L e U indicam as extremidades inferior e superior da região do *necking*, respectivamente. A seta B indica a deformação ocorrida com a queda e com o aumento do diâmetro local na região. Segundo Fox (2011), tal deformação sugere que a embalagem de aerossol em questão foi atingida com força e/ou repetidamente em uma superfície dura, podendo ser interpretada como um indicativo de abuso da embalagem.

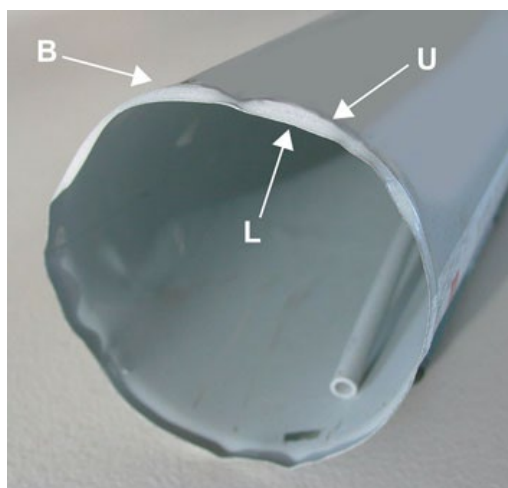


FIGURA 4. Imagem macroscópica da fratura 360° no fundo da lata: a seta L indica a extremidade inferior (a) e a seta U indica a região superior do *necking* (b), a seta B indica a deformação ocorrida com a queda (c) (Fox, 2011).

A Figura 5 apresenta imagens com as análises metalográficas da fratura 360° no fundo da lata, indicando a região da fratura e rompimento das partes na região inferior do *necking*, com indícios de que a ruptura se propagou predominantemente de fora para dentro, com algum grau de dentro para fora (Figura 5-b). A região superior do *necking* é também indicada na Figura 5-c, evidenciando o início da formação de uma microfissura parcial. O autor reforça ainda que é de conhecimento que a maioria das falhas ocorridas e relacionadas ao consumidor decorre de sucessivos impactos em menor número e com menor severidade, juntamente com a existência de concentradores de tensão que podem ser agravados durante a ocorrência de algum tipo de abuso mecânico.

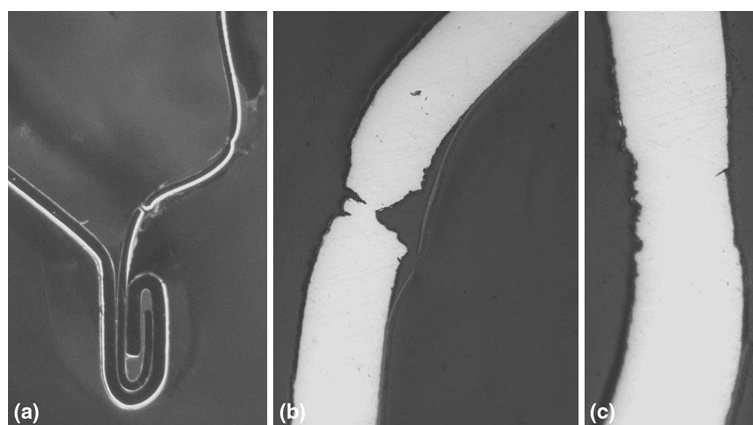


FIGURA 5. Imagem da fratura 360° no fundo da lata, com rompimento na extremidade inferior do *necking* onde ocorreu a separação e início da deformação na parte superior (a), metalografia da extremidade inferior (b) e superior do *necking* (c) (Fox, 2011).

As superfícies de fratura 360° foram ainda examinadas em microscópio eletrônico de varredura – MEV, e encontram-se representadas na Figura 6. As imagens obtidas indicaram que algumas áreas parecem ter falhado de fora para dentro, enquanto outras falharam de dentro para fora, e outras que falharam de ambos os lados simultaneamente. A Figura 6-c indica múltiplas microfissuras na parede interna do recipiente na região do *necking*. A presença de grande quantidade de microfissuras nesta região, segundo o autor, sugere que a região do *necking* é altamente suscetível à iniciação de trincas. Embora existam áreas de superfície de fratura que são caracterizadas pelos *auvéolos* (*dimples*) indicativos típicos de fratura dúctil, pelo menos metade da superfície de fratura é tipicamente caracterizada por fratura frágil ou modo misto. Normalmente, há vários locais que poderiam ter sido pontos de origem, mas nenhum local se destaca significativamente dos outros. Embora a falha provavelmente tenha começado em um local e depois se espalhado pela circunferência, o ponto de início real não pôde ser identificado com certeza (Fox, 2011).

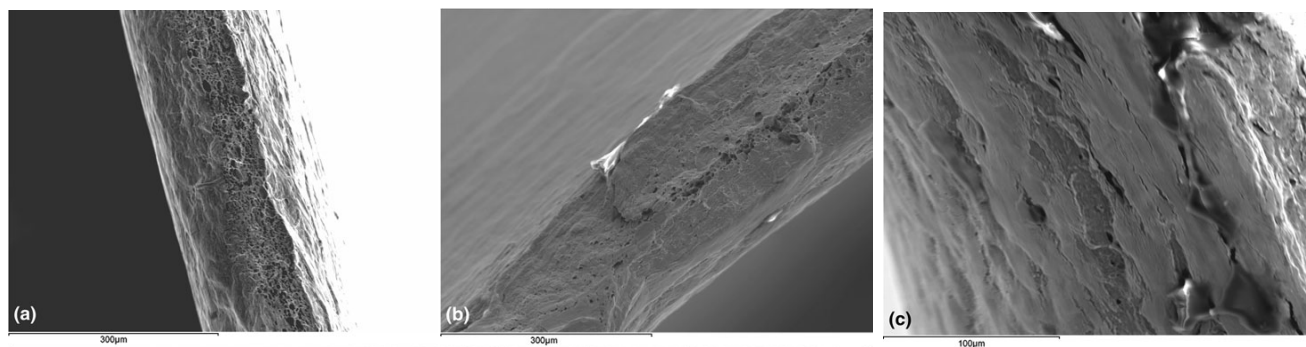


FIGURA 6. Superfícies de fratura a 360° demonstrando áreas que indicam ter falhado de fora para dentro com a zona dúctil na parte interna da parede do corpo (a), outra com fratura frágil de ambos os lados simultaneamente com uma zona dúctil no centro da parede do corpo (b) e múltiplas microfissuras na parede interna do recipiente na região do necking (c) (Fox, 2011).

Portanto, de acordo com o autor, a falha 360° não foi causada simplesmente pela pressão interna típica de trabalho do produto, mas por uma combinação de fatores que podem ser associados a defeitos iniciais, a exemplo de microfissuras preexistentes na região do *necking*, microestrutura inadequada e tensões elevadas atuando sobre pontos vulneráveis, muitas vezes induzidas por impactos físicos. Tais observações proporcionam informações robustas para auxiliar no desenvolvimento de novos designs de embalagens para reduzir concentração de tensões em processos de fabricação e evitar a ocorrência de falhas futuras (Fox, 2011).

Outra informação relevante indicada pelo autor (Fox, 2011) é o tipo de aço utilizado na fabricação das embalagens de aerossol. Dois tipos de aço podem ser utilizados na formação do corpo das embalagens de aerossol, como por exemplo, o aço de simples redução (SR) e dupla redução (DR). O aço SR é submetido a um processo de recozimento na etapa final de sua fabricação, enquanto o DR passa novamente por um processo de laminação a frio (*cold working*) que, por sua vez, promove uma maior fragilidade do material devido ao alongamento dos grãos do material metálico e favorece o desenvolvimento de propriedades direcionais muito distintas. Nesse mesmo estudo, ensaios de flexão realizados em corpos de prova retirados de latas de aerossol produzidas com aço simples redução (SR) demonstrou que este tipo de material é capaz de suportar significativamente mais fadiga de baixo ciclo do que o aço de dupla redução (DR), sem indicar sinais de falha.

Dessa forma, a microestrutura inadequada do aço utilizada na fabricação desse tipo de embalagem também deve ser um ponto de atenção. A anisotropia microestrutural indica que o material possui diferentes comportamentos mecânicos, dependendo da direção de aplicação de uma determinada carga, e isso pode levar à ocorrência de trincas por fadiga iniciadas em regiões orientadas desfavoravelmente, permitindo a fratura frágil em condições de impacto ou pressão elevada (Daehn & Blum, 2004).

Para contribuir com os avanços e o crescimento do setor de embalagens para aerossóis, o Centro de Tecnologia de Embalagem (Cetea) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) vem realizando diversos ensaios para garantir a qualidade deste tipo de embalagem no mercado nacional.

Referências

ABAS – Associação Brasileira de Aerossóis – Em até cinco anos o Brasil deve se tornar o 3º maior produtor global de aerossol. Agosto, 2024 | Notícias. Disponível em:

<<https://abas.eco.br/em-ate-cinco-anos-brasil-deve-se-tornar-3o-maior-produtor-global-de-aerossol/>> Acesso em: abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15233**: Embalagem metálica de aerossol: determinação da pressão e da vazão de descarga em produtos aerossóis. Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14720**: embalagem metálica para aerossol – requisitos e verificação da resistência à pressão interna para embalagens vazias sem válvula. Rio de Janeiro, 2011. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15580**: embalagem metálica para aerossol – dimensões. Rio de Janeiro, 2008. 4 p.

ASTM INTERNATIONAL. **ASTM D4041-05**: Standard test method for determining spray patterns of manually operated pump dispensers. West Conshohocken: ASTM, 2010. 2 p.

BRASILATA. **Latas de Aerossóis**. Disponível em: <https://www.brasilata.com.br/especificacoes/aerossóis/>. Acesso em: jul. 2025.

CERVIFLAN. **Embalagens Metálicas para Aerossóis**. Disponível em: <https://www.cerviflan.com.br/produtos/aerossóis.html>. Acesso em: jul. 2025.

DAEHN, R.C.; BLUM, J.J. **Failure analysis of three-piece steel aerosol cans**. Journal of Failure Analysis and Prevention. (2004) 4:58-67; doi: 10.1361/15477020420350.

FEA – European Aerosol Federation: **Standards**. Disponível em: <https://www.aerosol.org/standards/>. Acesso em: jul. 2025.

FOX, M. **Circumferential catastrophic burst failures of pressurized cylinder**. Journal of Failure Analysis and Prevention. (2011) 11-320-331; doi: 0.1007/s11668-0119431-6.

FOX, M. **Measuring and improving the puncture resistance of self-pressurized containers**. Journal of Failure Analysis and Prevention. (2008) 8-353-361; doi: 10.1007/s11668-008-9131-z.

IATA – INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. 66 ed. **Dangerous good regulations**. Geneva: Iata, 2025.