



IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia



IBAPE BAHIA
Instituto Brasileiro de
Avaliações e Perícias de
Engenharia da Bahia

Perícia em Processo Produtivo de Garrafas de Vidro

**Gilberto Adib Couri; Isabelle Portugal
Serrado; Camilla Rocha França**



O conteúdo dos trabalhos técnicos apresentados no COBREAP é de inteira responsabilidade de seus autores.

**IBAPE – XX COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE
AVALIAÇÕES E PERÍCIAS, SALVADOR-BAHIA**

PERÍCIA EM PROCESSO PRODUTIVO DE GARRAFAS DE VIDRO

Resumo

Um fabricante de embalagens de vidro percebeu uma falha em seu processo produtivo, que ocasionou reclamações sobre mais de 14 milhões de garrafas tipo girafa por ele produzidas. O defeito provocou o descarte do lote, causando enorme prejuízo financeiro. Este trabalho tem por objetivo analisar a falha e verificar as condicionantes de processo que permitiram sua ocorrência, seus impactos e mudanças implementadas para que não voltasse a ocorrer.

Palavras-chave: Vidro. Garrafa. Rosca.

1. Introdução

A indústria do vidro no Brasil, segundo a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (ABIVIDRO), começou a se desenvolver no Brasil ao final dos anos 1930. Nos dias atuais, um dos maiores consumidores do vidro produzido para garrafas são as cervejarias.

Em relação à produção de cerveja, segundo a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja (CERVBRASIL, 2016), o Brasil ocupa a terceira posição de maior produtor de cerveja do mundo, atrás apenas da China e dos Estados Unidos. Ainda de acordo com a mesma, a produção alcança 14 bilhões de litros por ano, dos quais 54,6% é embalado em garrafas de vidro, totalizando 2,4 bilhões de garrafas produzidas por ano.

Apesar de ser o terceiro maior produtor, o Brasil é apenas o 27º colocado no *ranking* de países em consumo per capita (CERVBRASIL, 2016). Assim, existe um potencial de crescimento das cervejarias, que exige que as empresas que fazem parte desta cadeia produtiva estejam bem estruturadas com relação ao desempenho do produto e atendimento ao cliente. Ainda que as grandes cervejarias brasileiras, como a Ambev, tenham investido na produção própria de garrafas de vidro nos últimos anos, parte da demanda ainda é suprida por empresas que se dedicam exclusivamente à produção vidreira.

O presente caso aborda uma perícia realizada devido a ocorrência de falha no processo produtivo de garrafas de vidro para grandes cervejarias brasileiras. Este trabalho tem por objetivo analisar a falha e verificar as condicionantes de processo que permitiram a ocorrência da mesma, seus impactos e mudanças implementadas para que não voltasse a ocorrer.

2. Estudo de caso

Um fabricante de embalagens de vidro percebeu uma falha em seu processo produtivo, que ocasionou reclamações sobre mais de 14 milhões de garrafas tipo girafa por ele produzidas para futuro envase (Figura 01). As reclamações tratavam de defeitos informados pelos envasadores, como baixo torque e vazamento de líquidos, com a reprovação das garrafas em testes por eles executados. O defeito provocou o descarte do lote, causando enorme prejuízo financeiro.

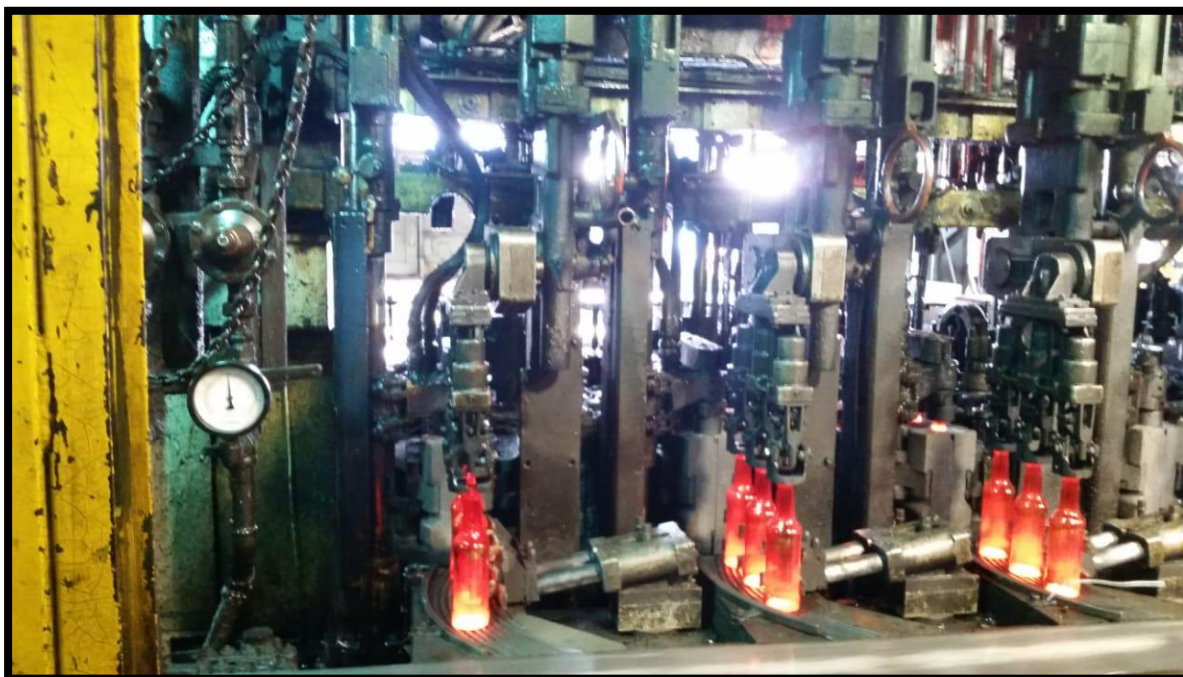


Figura 01: Linha de produção das garrafas de vidro tipo girafa



Figura 02: Parte do lote descartado por problema identificado

Para o melhor entendimento do caso em estudo e levantamento das causas, primeiramente faz-se necessário apresentar o processo produtivo das garrafas.

2.1 Processo Produtivo

De forma geral, tradicionalmente os vidros são fabricados através do método de fusão/resfriamento. Este método envolve a fusão de uma mistura dos materiais de partida, em geral a altas temperaturas. Este procedimento sempre envolve a seleção de matérias-primas, cálculo das proporções relativas de cada componente, pesagem e mistura dos componentes para obtenção de um material de partida homogêneo. Os materiais constituintes de um vidro podem ser divididos em cinco categorias, tomando-se por base a função que desempenham no processo: formador, fundente, agente modificador, agente de cor e agente de refino (ALVES, GIMENEZ E MAZALI, 2001).

O principal formadores utilizados na produção dos vidros é a sílica. Como esta possui alto ponto de fusão, torna-se necessário adicionar fundentes para baixá-lo. Os agentes de refino, por sua vez, têm como função remover bolhas geradas no fundido. Já os agentes de cor são utilizados para dar cor aos vidros, conforme Figura 03 a seguir.

Agente de coloração	Estado de oxidação	Coloração
Cobre	Cu^{2+}	Azul claro
Crômio	Cr^{3+}	Verde
	Cr^{6+}	Amarelo
Manganês	Mn^{3+}	Violeta
	Mn^{4+}	Preto
Ferro	Fe^{3+}	Marrom-amarelado
	Fe^{2+}	Verde-azulado
Cobalto	Co^{2+}	Azul intenso ou rosa
	Co^{3+}	Verde
Níquel	Ni^{2+}	Marrom, amarelo, verde, azul a violeta, dependendo da matriz vítrea
Vanádio	V^{3+}	Verde, em vidros silicatos e Marrom, em vidros boratos
Titânio	Ti^{3+}	Violeta
Neodímio	Nd^{3+}	Violeta-avermelhado
Praseodímio	Pr^{3+}	Verde claro
Ouro	Au^0	Rubi (partículas coloidais dispersas na matriz vítrea)
Cádmio	CdS , CdSe	Laranja

**Figura 03 – Agente de coloração utilizados para dar cor aos vidros
ALVES, GIMENEZ E MAZALI (2001)**

A partir da obtenção do fundido como um líquido homogêneo, a produção de produtos comerciais requer a obtenção dos vidros em formatos específicos. Essa etapa do processamento é denominada moldagem do vidro, a qual pode ser feita por quatro métodos principais: sopro, prensagem, fundição e estiramento ou flutuação.

Ao longo dos anos, a moldagem do vidro passou por um processo de mecanização. Antes, a etapa de moldagem era feita de forma quase artesanal por sopro do operário, que foi sendo substituída por sopragem mecanizada para dar forma ao fluido. Este último é o processo produtivo utilizado no caso em estudo. Após a moldagem os vidros são geralmente submetidos a processos de recozimento para remover tensões internas que podem ser criadas na moldagem.

Na etapa de moldagem, além da forma da garrafa, é constituído o bocal e sua rosca, que será responsável pela estanqueidade da mesma quando vedada na cervejaria. Segundo a NBR 5876, rosca pode ser definida como uma projeção contínua de filetes helicoidais de seções uniformes na superfície cilíndrica. Em outras palavras, roscas são sulcos em alto ou baixo relevo que se desenvolvem com inclinação constante em torno de uma superfície cilíndrica, com um perfil helicoidal.

Um dos parâmetros mais importantes da rosca é o passo, denominado pela letra “P”. O passo representa a distância compreendida entre dois pontos semelhantes entre dois filetes consecutivos, medido paralelamente ao eixo da rosca, conforme Figura 04 a seguir. A rosca e seus parâmetros, como o passo, vão influenciar a capacidade de vedação das garrafas produzidas.

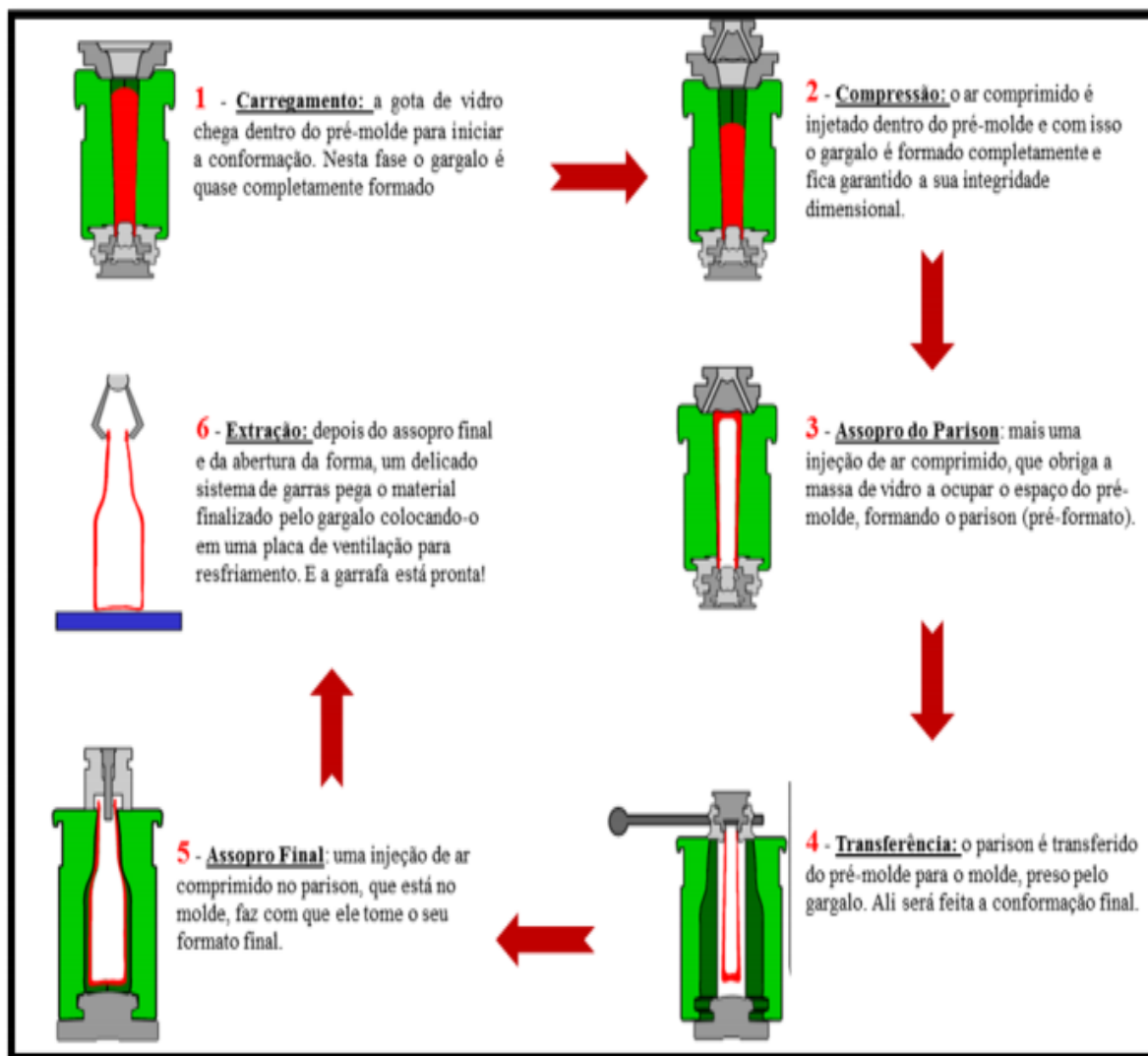


Figura 04 - Processo de Moldagem Soprado-Soprado
Fonte: Verallia Brasil (2016)

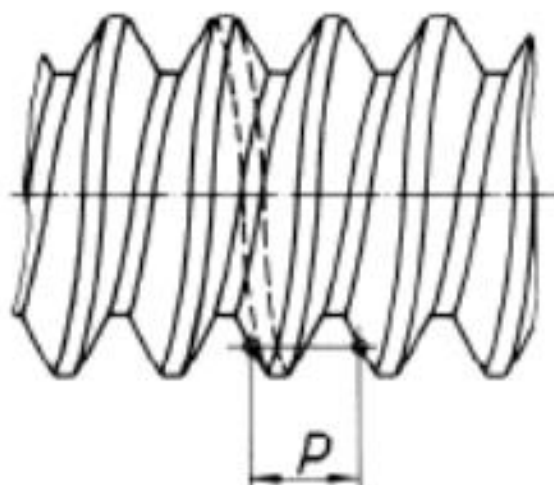


Figura 05 – Passo de uma rosca
Fonte: ABNT NBR 5876

Diagrama de uma rosca métrica com suas partes e ângulos:

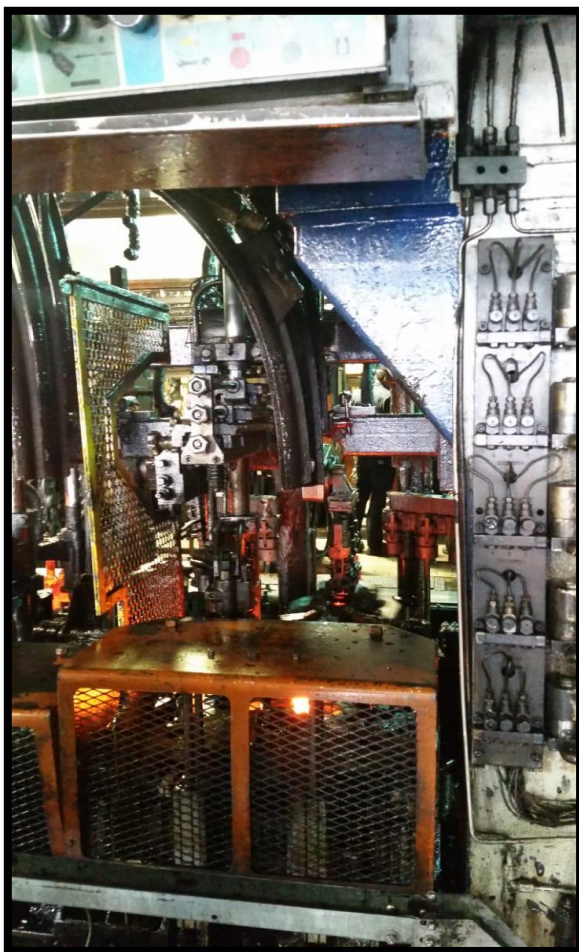
- Sulco**: O espaço entre as cristas.
- Flanco**: A superfície lateral da rosca.
- Raiz**: A base da rosca.
- Crista**: O topo da rosca.
- Filete**: A borda arredondada na base da crista.
- Altura da rosca externa**: A altura da rosca a partir da raiz.
- β = Ângulo do flanco**: O ângulo entre o flanco e a linha perpendicular à direção da rosca.
- α = Ângulo do filete da rosca**: O ângulo entre o filete e a linha perpendicular à direção da rosca.

A moldagem da rosca depende da utilização de coroas metálicas conforme apresentado nas Figuras 07 e 08 a seguir. As coroas são compradas de diferentes fornecedores, que trabalham com usinagem dessas peças. Essas coroas são então distribuídas numa linha de produção com dezenas de fileiras independentes.





Figura 07 (a), (b) e (c) – Coroas utilizadas para moldagem das roscas das garrafas produzidas

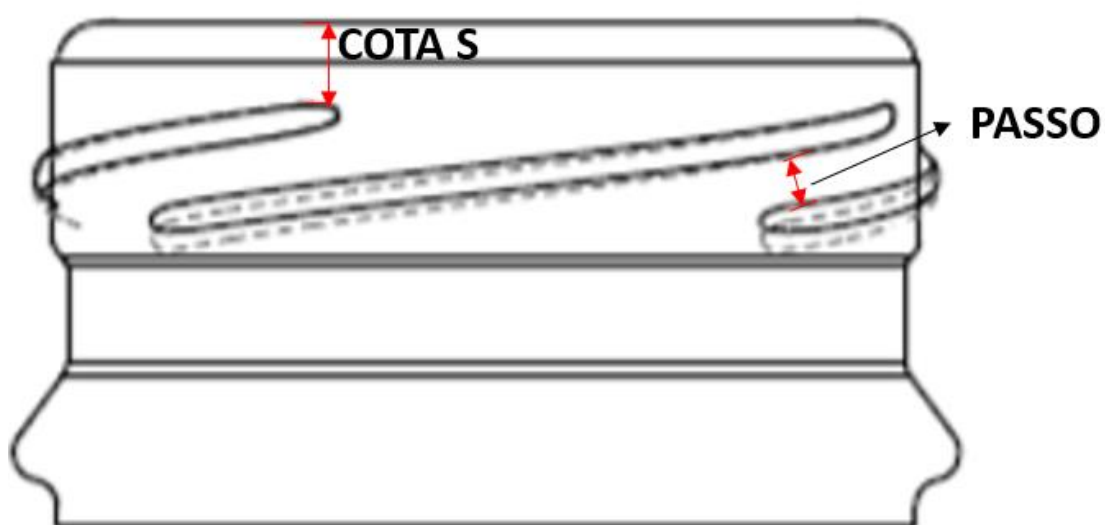


Figuras 08 (a) e (b) – Linha de produção de modelagem das roscas – colocação da coroa

Outro fator que pode impactar a capacidade de vedação da garrafa produzida, dependendo da ocorrência de outros fatores, é a chamada Cota S. Essa cota é definida como a distância entre o topo da garrafa e o ponto de início do primeiro filete da rosca. Diferentemente dos outros parâmetros já apresentados, a Cota S em nada depende da rosca utilizada na etapa da moldagem, sendo de inteira responsabilidade do fabricante da garrafa, independentemente da coroa. Na Figura 09, pode-se observar a representação da Cota S e do passo P.



(a) e (b)



(c)

Figura 09 (a), (b) e (c) – Linha de produção de modelagem das rosca – colocação da coroa

2.2 Entendimento da controvérsia

Após a identificação de que as garrafas fabricadas estavam apresentando problemas de vedação, constatou-se que as coroas utilizadas na fabricação apresentavam passo maior do que o previsto em projeto.

O caso desenvolve-se entre o fabricante das coroas, que alega ter fabricado as coroas de acordo com o projeto recebido do fabricante das garrafas, explicando que tal fabricante não procedeu às inspeções previstas pela Norma ISO 9001 no momento do recebimento das coroas. Além disso, afirma que a Cota S total das garrafas não conformes estava fora da especificação, impactando na capacidade de vedação das mesmas, sendo esse fato responsabilidade do fabricante da garrafa.

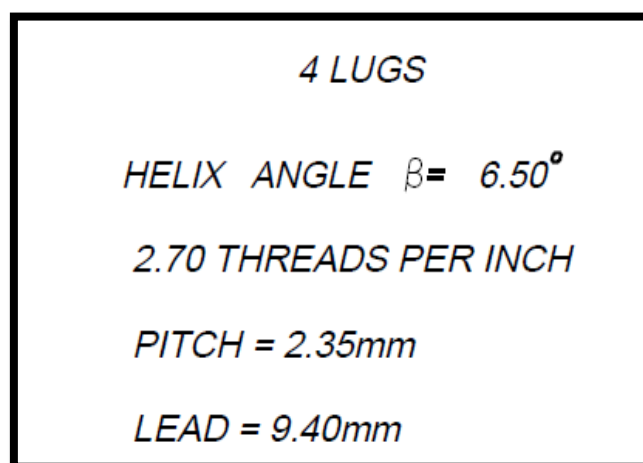
2.3 Constatações periciais

Por meio da análise documental e perícia de campo, foi possível fazer algumas constatações a respeito das causas que originaram o problema com as garrafas. Essas constatações serão apresentadas em três tópicos a seguir: projeto; rastreabilidade e controle de qualidade; e testes realizados.

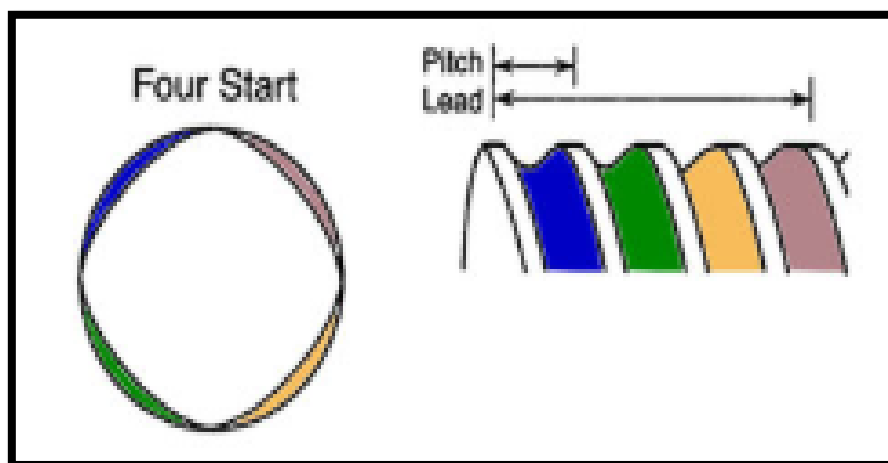
2.3.1 Projeto

O passo da coroa é calculado com base nas informações constantes no projeto de especificação do TPI (*threads per inch*) e da quantidade de “lugs” (filetes) identificada no desenho de projeto. Segundo o projeto, verifica-se que são 2,70 TPI e 4 lugs (Figura 10.a).

Dividindo-se 2,70 (TPI) por 25,4 mm (1 polegada), encontra-se 9,40 mm referente à medida *lead*. Para 4 lugs tem-se um passo (*pitch*) de 2,35 mm (9,40 mm / 4). A Figura 10.b a seguir ilustra cada uma dessas definições.



(a)



(b)

Figura 10 – (a) Extrato do projeto da rosca (b) Definições de medidas da rosca

O mesmo projeto define a Cota S como sendo de $2,36 \pm 0,06$ mm. O desrespeito ao valor definido em projeto para o passo ou para o ângulo de hélice poderiam ser responsáveis pelo baixo torque e, conseqüentemente, pela má vedação das garrafas. Dessa forma, fez-se necessário proceder a uma verificação.

2.3.2 Rastreabilidade e controle de qualidade

O fabricante das garrafas não dispunha, à época do incidente, de condições de rastreabilidade que permitisse identificar quais garrafas haviam sido fabricadas a partir de quais coroas. Isso torna-se particularmente problemático, quando se considera que um fabricante de garrafas possui diversos fornecedores distintos de coroas.

Além disso, a substituição das coroas na linha de produção, com dezenas de fileiras independentes, ocorre por desgaste ou algum tipo de inconformidade pontual nas coroas. Ou seja, é possível que haja coroas de fornecedores distintos fabricando garrafas de um mesmo lote. Uma vez que o número de série das garrafas não apresentava qualquer rastreabilidade com a coroa utilizada na fabricação, tornou-se inviável tecnicamente comprovar que as garrafas defeituosas foram de fato produzidas pelas coroas fornecidas pelo fornecedor contratado.

Some-se a isso o fato de que o fabricante de garrafas assumiu um risco, durante o processo de fabricação, por não proceder às inspeções tanto de recebimento das coroas quanto durante a produção.

Verificou-se que, antes do ocorrido, o controle de qualidade das garrafas era feito por amostragem, só era feito o controle da Cota S, se considerados os parâmetros levantados no presente estudo. Não eram medidos o passo ou o ângulo de hélice das garrafas produzidas e distribuídas, postura que foi revista após o incidente da devolução das 14 milhões de garrafas.

2.3.3 Testes realizados

Diante da impossibilidade técnica de atestar que o lote devolvido havia sido produzido com uma coroa do determinado fornecedor e não por uma coroa de qualquer outro fornecedor, a perícia testou a fabricação de 6 novas garrafas com uma coroa deste fornecedor específico. Foram realizados três conjuntos de medições, utilizando: novas garrafas produzidas com a coroa do fornecedor específico, garrafas do lote devolvido e garrafas aprovadas pelo controle de qualidade, produzidas com outra coroa, para comparação.

Para fazer a aferição foi utilizado aparelho de medição óptica, em que foram obtidos os valores da Cota S e do passo P para as três situações de amostras (Figura 11).



Figura 11 – Equipamento de medição óptica

Os resultados obtidos estão expostos na Tabela 01 a seguir. É importante observar que os valores em discordância com o previsto em projeto estão grifados em vermelho. Especificamente para as novas garrafas produzidas, é possível observar que as 6 amostras apresentam passo muito maior que o definido em projeto, indicando que as coroas do fornecedor específico não atendem ao especificado.

Tabela 01 – Resultados obtidos com medição óptica

Lotes	Amostra	Cota S (mm)	Referência de projeto - Cota S (mm)	Passo (mm)	Referência de projeto - Passo (mm)
Lote com fabricação utilizando coroa da Empresa Y	1	2,45	2,36 mm $\pm$ 0,06	2,74	2,35
	2	2,45		2,70	
	3	2,40		2,73	
	4	2,41		2,74	
	5	2,44		2,76	
	6	2,40		2,78	
	Média	2,43		2,74	
Lote devolvido supostamente fabricado com coroa da Empresa Y	7	2,51	2,36 mm $\pm$ 0,06	2,68	2,35
Lote com fabricação com coroa supostamente correta	8	1,96		2,35	

Quanto à Cota S, verificou-se que a garrafa que fazia parte do lote devolvido não atendia ao previsto em projeto. Nesse caso, a responsabilidade é do fabricante das garrafas. Porém, constatou-se que a cota S só seria capaz de provocar o efeito indesejado de má vedação se somada a um descumprimento do comprimento passo. A seguir é apresentada a Figura 12 com o resultado obtido no equipamento de medição.

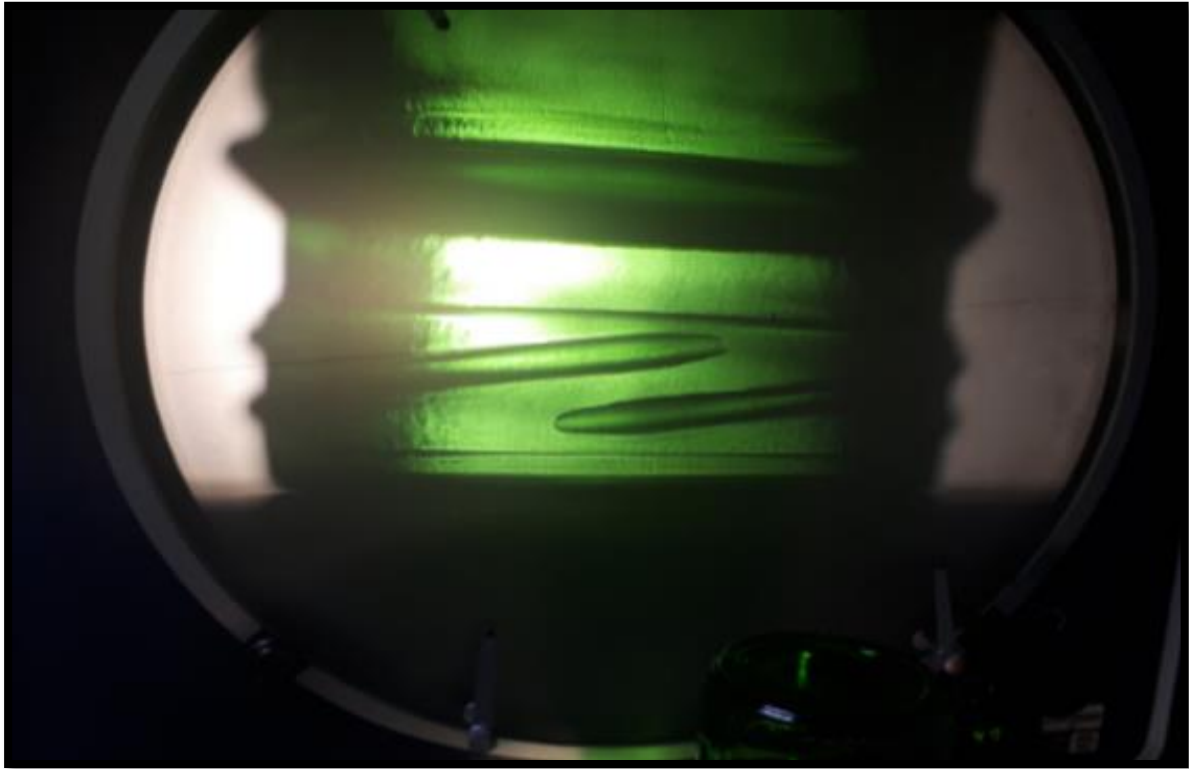


Figura 12 – (a) Lote de novas garrafas produzidas

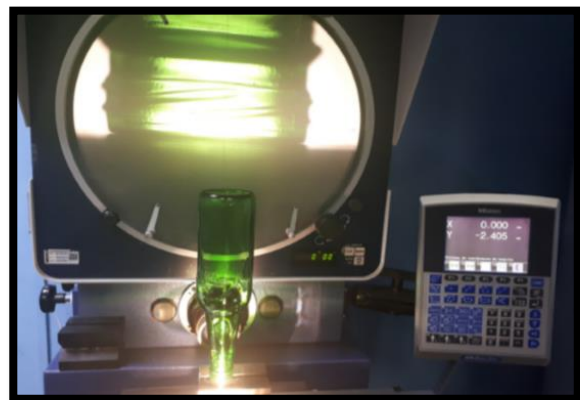
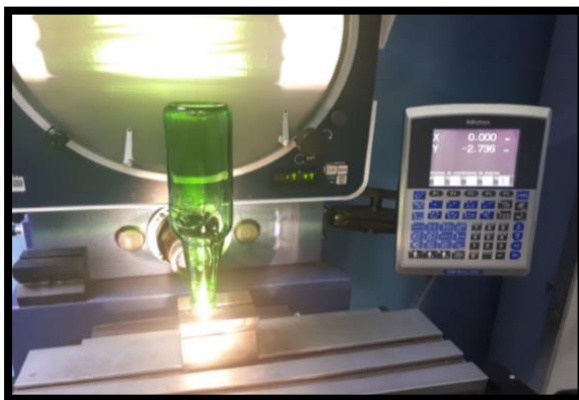


Figura 12 – (b) Medição da Cota S (c) Medição do passo

3. Conclusões

Baseado no conjunto de informações apresentadas constatou-se que o fabricante não realizava a rastreabilidade da produção das garrafas, ou seja, não havia como vincular as garrafas produzidas com as coroas utilizadas na fabricação, uma vez que comprava coroas de fornecedores distintos. Dessa forma, não foi possível constatar que o lote devolvido foi de fato produzido pelas coroas de determinado fornecedor, ainda que as garrafas desse lote tenham apresentado passo maior do que o previsto em projeto.

Realizando-se a produção de amostras de garrafa com uma coroa deste fornecedor específico, constatou-se que a média do passo e da cota S estão com dimensões diferentes do especificado em projeto. Portanto, afirma-se que esta diferença ocasionou a má vedação das garrafas.

Após o ocorrido e diante do prejuízo causado, torna-se evidente a necessidade de uma melhora no sistema de rastreabilidade da fabricante que permita identificar a coroa que foi utilizada na produção de cada lote de garrafas, além da melhoria das medidas de inspeção no ato do recebimento dessas coroas de seus fornecedores. Por fim, a verificação das medidas do passo e do ângulo de hélice não demanda qualquer novo *capex* na operação da qualidade da empresa, pois pode ser utilizado o mesmo equipamento já empregado para medir alguns parâmetros, como a Cota S. Essa medida também contribuiria tecnicamente para a melhoria na confiabilidade do processo e capacidade de se evitar eventos como o ocorrido.

4. Bibliografia

ABIVIDRO. Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. Disponível em: <https://abividro.org.br/>. Acesso em: 10/06/2019

ABNT, NBR 5876 (1988): “**Roscas – Terminologia. Rio de Janeiro**”. Associação Brasileira de Normas Técnicas

ALVES, Oswaldo Luiz; GIMENEZ, Iara de Fátima; MAZALI, Ítalo Odone, 2001. **Vidros**. Disponível em: <https://www.ft.unicamp.br/~mariaacm/ST114/vidros.pdf> . Acesso em: 01/07/2019

CERVBRASIL (2016). **Anuário 2016**. Disponível em: http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf. Acesso em: 01/07/2019

VERALLIA BRASIL. **Processo de fabricação**. Disponível em: <http://br.verallia.com/ovidro/processo-de-fabricacao>. Acesso em: 25 fev. 2016.