

The background of the cover features a collection of laboratory glassware. In the foreground, there are several test tubes and a round-bottom flask. One test tube on the left contains a bright pink liquid, while another in the center contains a blue liquid. A large round-bottom flask in the middle ground is partially filled with a light blue liquid. The background is a gradient of light blue and white, with a dark blue geometric shape in the upper right corner.

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

O Ensino de Química 3

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt

(Organizadora)

O Ensino de Química 3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Karine de Lima

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant'Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 O ensino de química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (O Ensino de Química; v. 3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-291-3

DOI 10.22533/at.ed.913192604

1. Química – Estudo e ensino. 2. Prática de ensino. 3. Professores de química – Formação I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.

CDD 540.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A qualidade de vida de um povo é decorrência das condições socioeconômicas de seu país que, por sua vez, estão intimamente ligadas à sua produção científica. A universidade tem um papel importante para a sociedade por se constituir, na grande maioria dos países, na instituição que oportuniza, por excelência, a busca do conhecimento, por meio do ensino, da pesquisa e da extensão. A pesquisa pode ser um excelente instrumento educativo na medida em que esta leva os alunos a vivenciarem o processo de conhecer e não apenas analisarem o produto desse processo.

Portanto, a educação superior tem por finalidade estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo; formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua; incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive e promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com pesquisas em diversas áreas da química abrangendo quantificação, desenvolvimento, otimização e validação de novos métodos de análise. Com isso, convidamos você a ampliar seus conhecimentos referentes à pesquisa em química, fornecendo uma base teórica e instrumental para auxílio no conhecimento das abordagens diferenciadas desta ciência.

Carmen Lúcia Voigt

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE–PARA QUANTIFICAÇÃO DO PRODUTO ÁCIDO FÓRMICO POR CROMATOGRAFIA GASOSA DA REAÇÃO DE GLICEROL CATALISADA POR COMPOSTOS DE NIÓBIO EM FLUXO	
Gabriela Santos Caldeira Poliane Chagas Tarsis Vinícius M Santos Stephanie Vertelo Porto Luiz Carlos de Oliveira Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926041	
CAPÍTULO 2	15
OTIMIZAÇÃO E VALIDAÇÃO DE METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE SOLVENTES RESIDUAIS EM RADIOFÁRMACOS POR GC-FID	
Cassiano Lino dos Santos Costa Daleska Pereira Ramos Juliana Batista da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9131926042	
CAPÍTULO 3	30
ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE PADRÃO INTERNO PARA QUANTIFICAÇÃO DE GLICERINA E IDENTIFICAÇÃO DO CARBONATO DE GLICERINA COMO PRODUTO DA REAÇÃO DE GLICERINA COMERCIAL COM UREIA CATALISADA PELO POLÍMERO DE COORDENAÇÃO 2D ND-5SIS	
Gabriela Santos Caldeira Chris Hebert de Jesus Franco Stephanie Vertelo Porto Renata Diniz Patterson Patrício de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.9131926043	
CAPÍTULO 4	46
COMPARAÇÃO DE MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE ÍONS CLORETOS EM AMOSTRAS DE LEITE PASTEURIZADO E UHT (“ULTRA HIGH TEMPERATURE”)	
Roberta Pereira Matos Cassiano Lino dos Santos Costa	
DOI 10.22533/at.ed.9131926044	
CAPÍTULO 5	59
ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE <i>BLOWOUT</i> EM TAMPAS DE LATAS DE BEBIDAS CARBONATADAS	
Gabriely Fernanda Bataier Beatriz Maria Curtio Soares Sílvia Tondella Dantas	
DOI 10.22533/at.ed.9131926045	
CAPÍTULO 6	72
QUANTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO INORGÂNICA DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO DA CIDADE DE CATALÃO – GO	
Alêssa Gomes Siqueira Lincoln Lucilio Romualdo	

Marcus Vinicius de Oliveira Fernandes

Vanessa Nunes Alves

DOI 10.22533/at.ed.9131926046

CAPÍTULO 7 83

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS BEBEDOUROS DO IFSC – CAMPUS FLORIANÓPOLIS, COM ÊNFASE NA DETERMINAÇÃO DE ALUMÍNIO

Berenice da Silva Junkes

Alexsander Rodrigo Vieira de Oliveira

Bruno Visnadi da Luz

Júlia Ana Brando Souza

DOI 10.22533/at.ed.9131926047

CAPÍTULO 8 97

AValiação DOS RENDIMENTOS DA CASCA DO CAULE DO *Croton Cajucara* BENTH

Alexandre Augusto Moraes de Souza

Cintya Cordovil Rodrigues

Davi do Socorro Barros Brasil

DOI 10.22533/at.ed.9131926048

CAPÍTULO 9 113

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO HIDROLISADO BÁSICO DA CASCA DE CAFÉ

Roberta Oliveira Aguiar de Souza

Boutros Sarrouh

Enio Nazaré de Oliveira Júnior

Ana Maria de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.9131926049

CAPÍTULO 10 129

COMPOSIÇÃO EM ÁCIDOS GRAXOS E ANÁLISE DA INCORPORAÇÃO DE CAROTENOIDES POR UPLC- APCI MS/MS EM FILÉS DE TILÁPIA GIFT

Elaine C. Reis

Marília. Bellanda Galuch

Roberta da Silveira

Hevelyse Munise Celestino dos Santos

Cesar Sary

Thiago Ferreira dos Santos Magon

Ricardo Pereira Ribeiro

Jesuí V. Visentainer

Oscar O. Santos

DOI 10.22533/at.ed.91319260410

CAPÍTULO 11 144

DETERMINAÇÃO DE CÁDMIO, ALUMÍNIO E CHUMBO EM *MAYTENUS ILICIFOLIA* PARA USO MEDICINAL

Martha Campos de Castro

Fernanda Caspers Zimmer

Daiany Cristina Vitorassi Lovera

Makoto Matsushita

Nilson Evelázio de Souza

Angela Cláudia Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.91319260411

CAPÍTULO 12	148
DETERMINAÇÃO DE Mg E Zn EM ÓLEOS VEGETAIS POR FAAS APÓS DILUIÇÃO EM ISOPROPANOL	
Priscila Karachinski dos Reis Eduardo Sidinei Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.91319260412	
CAPÍTULO 13	164
ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS COMPARATIVAS ENTRE BIODIESEIS DERIVADOS DE ÓLEOS VEGETAIS E UM DILUENTE ASFÁLTICO	
Sônia Maria de Freitas Almeida Alexandre Augusto Moraes de Souza Juliana Fonseca da Silva José de Arimatéia Rodrigues do Rêgo Silvana de Oliveira Silva Trindade Davi do Socorro Barros Brasil	
DOI 10.22533/at.ed.91319260413	
CAPÍTULO 14	172
REMOÇÃO DO CORANTE REATIVO VERMELHO 4B UTILIZANDO COMO BIOSORVENTE A BAINHA DO PALMITO PUPUNHA <i>IN NATURA</i> E MODIFICADO COM <i>Lentinula edodes</i>	
Aline Grahl	
DOI 10.22533/at.ed.91319260414	
SOBRE A ORGANIZADORA	186

ESTUDO SOBRE A OCORRÊNCIA DE *BLOWOUT* EM TAMPAS DE LATAS DE BEBIDAS CARBONATADAS

Gabriely Fernanda Bataier

Instituto Federal de São Paulo (IFSP)
Licenciatura em Química
Capivari – São Paulo

Beatriz Maria Curtio Soares

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Engenharia de Alimentos e Doutora em Tecnologia
de Alimentos
Pesquisadora do ITAL/CETEA
Campinas – São Paulo

Sílvia Tondella Dantas

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)
Engenharia de Alimentos e Doutora em Tecnologia
de Alimentos
Pesquisadora do ITAL/CETEA
Campinas – São Paulo

RESUMO: Latas de bebidas carbonatadas produzidas a partir de chapas de alumínio pelo processo DWI – *drawn and wall ironing* apresentam leveza, flexibilidade, possibilidade de fechamento com tampas de fácil abertura, ótima aparência, entre outras vantagens. Porém, possuem também características críticas que podem levar à perda do produto, como resistência limitada a alimentos ácidos e à exposição a altas temperaturas na presença de agentes agressivos ao material. Nessas latas há o risco de abertura espontânea da

escotilha da tampa de alumínio, fenômeno conhecido como *Blowout*, resultante do rompimento do semicorte da tampa. O processo de *blowout* pode acontecer em decorrência de diversos fatores, como: desenvolvimento de corrosão, medida e integridade da espessura residual do semicorte, pressão interna do produto e condições de temperatura no transporte e distribuição. Íons cloreto e cobre, eventualmente presentes na superfície externa das tampas, agem como aceleradores deste processo, levando à abertura precipitada das tampas. Este projeto teve por objetivo estudar a resistência à ocorrência de *blowout* de tampas de alumínio, provocado intencionalmente por meio do contato constante da região do semicorte com soluções de íons cloreto e cobre em diferentes concentrações e submetidas a condicionamentos em temperatura e umidade relativa elevada (35°C / 90% UR), intercalando com temperaturas mais baixas (ambiente e 4°C). Foram analisados variados teores de carbonatação e tampas com características distintas. Os resultados confirmaram que a variação na temperatura de estocagem, o teor de carbonatação e a exposição a íons cobre na concentração de 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e cloreto de 100 mg.L^{-1} são fatores propícios para ocorrer *blowout*.

PALAVRAS-CHAVE: bebidas carbonatadas, alumínio, corrosão, *blowout*, semicorte.

ABSTRACT: Carbonated beverage cans produced from aluminum sheets through the DWI - drawn and wall ironing process provide lightness, flexibility, closure with easy - to - open lids, great appearance, among other advantages. However, they also have critical characteristics that can lead to product loss, such as limited resistance to acidic foods and exposure to high temperatures in the presence of aggressive agents to the material. In these cans there is a risk of spontaneous opening of the aluminum end, a phenomenon known as blowout, resulting from the rupture of the cover score line. The Blowout process can occur due to several factors, such as the development of corrosion, the measurement and integrity of the residual thickness of the semi-cut, the internal pressure of the product and the temperature conditions in the transportation and distribution. Chloride and copper ions, optionally present on the outer surface of the caps, act as accelerators of this process, leading to the precipitous opening of the double seamed ends. The objective of this project was to study the resistance to blowout of aluminum lids, caused intentionally by means of the constant contact of the score line region with solutions of chloride and copper ions in different concentrations and subjected to conditioning in temperature and high relative humidity (35 °C/90% RH), intercalating with lower temperatures (ambient and 4 °C). Various carbonation levels and two lids with different characteristics were analyzed. The results confirmed that the variation in storage temperature, carbonation content and exposure to copper ions at the concentration of 200 $\mu\text{g.L}^{-1}$ and 100 mg.L^{-1} chloride are factors that favor blowout.

KEYWORDS: carbonated drinks, aluminum, corrosion, blowout, score line.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, 95% das bebidas vendidas em lata no Brasil utilizam a embalagem de alumínio. O consumidor considera que a lata de alumínio é leve, prática, gela rápido e ocupa menos espaço na geladeira. As vantagens também são reconhecidas pelos fabricantes de bebidas, no peso e na produtividade em máquinas, na redução de custos com o transporte e estocagem e na facilidade para reciclagem. Deste modo, a lata de alumínio abriu mercados e atraiu investimentos, e assim a capacidade de produção das latas em 2010 superou 18 bilhões de unidades (ABAL, 2018).

No cenário mundial, produtores de latas de alumínio e de bebidas, principalmente aquelas classificadas como produtos ácidos agressivos, têm se deparado com um problema no período de semanas após o envase e a distribuição, que é a abertura espontânea da escotilha das tampas do tipo *easy-open* em alumínio, provocando perda de pressão interna e derramamento de produto, acontecimento conhecido como *blowout*. Esse fenômeno pode prejudicar inúmeras embalagens, já que o conteúdo vazado e em presença de oxigênio pode desencadear reações de corrosão nas áreas externas desprotegidas das latas vizinhas, resultando em grandes perdas (GATTI, 2000). Segundo Gatti (2000), três fatores atuam para que o *blowout* aconteça: (a) Tensão: a tampa é submetida a tensões de tração, maior na região do semicorte, como resultado

da pressão interna do produto (teor de carbonatação); (b) Susceptibilidade da liga de alumínio: as tampas do tipo *easy open* para latas em alumínio, produzidas pelo processo DWI (*draw and wall ironing*) são fabricadas por meio de chapas de alumínio envernizadas em ambas as faces, na liga/têmpera ABNT 5182- H19, do tipo não tratável termicamente, sendo composta por 4 a 5% magnésio, apresentando alta resistência mecânica; e (c) Meio ambiente: resíduos de cloretos no semicorte são altamente agressivos ao alumínio, e a temperatura na armazenagem deve ser constante, além do ambiente necessariamente ser seco.

O *blowout* também relaciona-se com a medida e a integridade da espessura residual, que é a porção da espessura do material mantida após a formação do semicorte da tampa, estabelecida na produção pela regulagem do equipamento. É o principal fator determinante da facilidade de abertura, atuando conjuntamente com outros parâmetros como o desenho da tampa e as propriedades mecânicas do material (DANTAS *et al*, 1996). O semicorte da tampa em geral não é submetido a um envernizamento adicional após a sua formação, tornando esta região vulnerável para processo de corrosão. O envernizamento do semicorte é geralmente aplicado em embalagens que são submetidas a processamentos térmicos intensos, como é o caso do acondicionamento de alimentos de baixa acidez, sendo considerado dispensável em latas para bebidas.

Segundo a publicação “Environmental stress cracking of aluminium alloy beverage end scores” (METAL PACKAGING MANUFACTURERS ASSOCIATION, 2001) os riscos de falha por corrosão sob tensão são maiores quando o material é exposto a condições climáticas quentes e úmidas, tais como temperatura acima de 30°C e umidade relativa superior a 60%, podendo a falha ser observada dias ou meses após o envase.

Em ligas de alumínio a corrosão sob tensão pode ser promovida por um filme de umidade na superfície do metal exposto ou pela presença de contaminantes, tais como o cloreto (DAVIS, 1999). A corrosão é afetada pela composição química média, pela orientação preferencial de grãos, pela composição e distribuição de precipitados, e outros fatores (FONTANA, 1986).

Esse trabalho foi desenvolvido com o objetivo de levantar informações adicionais sobre as condições limite para a ocorrência da abertura espontânea de tampas de latas de bebidas, resultando em subsídios técnicos que contribuam para seu controle e para a avaliação prévia do desempenho de tampas, tanto na utilização usual como quando do desenvolvimento de novas especificações de tampas de fácil abertura.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As latas de alumínio utilizadas são de capacidade volumétrica nominal de 250 mL, empregadas para acondicionar refrigerantes. Foram utilizadas duas amostras de tampas 202 (diâmetro 53 mm) com abertura do tipo *large opening* (identificadas como amostras 1 e 2), com espessura residual do semicorte conforme praticado comercialmente. Para a carbonatação química os reagentes ácido cítrico anidro p.a. e bicarbonato de sódio p.a. foram pesados em balança analítica de resolução 10^{-5} g, marca Sartorius, modelo MSA225P- ICE-DA, e as latas foram preenchidas com 250 mL de água ultra purificada, com balão volumétrico. As recravações foram efetuadas em recravadeira manual de bancada do CETEA, marca MOCMAQ, modelo MRBE-10, após ser analisada e ajustada para obtenção de recravação de acordo com os requisitos aplicáveis. Para o monitoramento das condições das câmaras foram utilizados termohigrômetro Testo, modelo 174H e termômetro Testo, modelo 175-T3.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparo das latas

As latas foram separadas em grupos de 15 unidades. Cada uma foi colocada dentro de um saco plástico de composição 100% polietileno, fechamento zip (2mm) e dimensões 17 cm x 24 cm. Cada grupo recebeu um tratamento diferente: exposição a soluções de cloro e cobre de concentrações específicas. A solução de cada tratamento foi borrifada em toda a superfície da tampa das latas, conforme Figura 1, até observar acúmulo de solução no semicorte. Em seguida, o saco plástico foi fechado, dobrado e fixado com fita adesiva para melhor vedação.

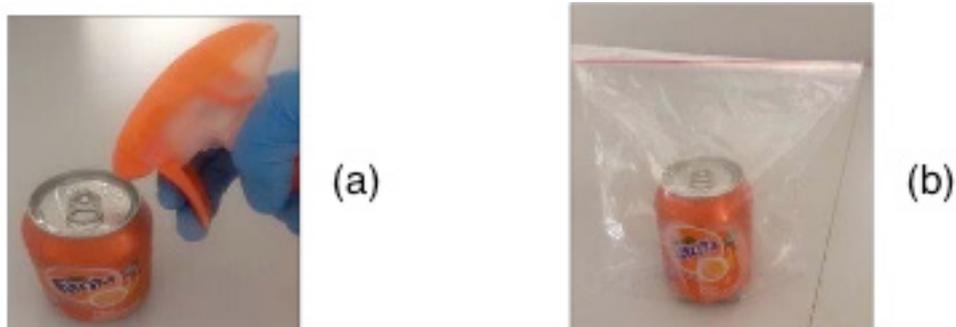


Figura 1. Lata preparada para estudo: borrifamento da solução (a) e em saco plástico (b).

2.2.2 Condicionamento e tratamentos das latas

Uma vez que o condicionamento das latas foi feito em câmara com umidade relativa de 90%, foi avaliada a possibilidade de eliminação do saco plástico como embalagem secundária, para isso os primeiros tratamentos (A e B) foram para analisar

essa influência e nessas 30 unidades de latas ele não foi utilizado para acondicionar as amostras. Nas demais, todas foram colocadas dentro de saco plástico, conforme procedimento explicado no tópico anterior.

As latas foram condicionadas em câmara 35°C e 90%UR por aproximadamente 50 horas. Quando retiradas eram colocadas em temperatura ambiente ou em temperatura refrigerada (câmara 4°C) por aproximadamente 20 horas, até serem retiradas para dar continuidade à borrifagem de solução e retorno ao condicionamento em 35°C / 90%UR.

As informações de cada grupo (15 latas) de tratamentos estão expressos na Tabela 1. Os tratamentos A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M e N foram aplicados para a amostra 1 de tampa, enquanto a amostra 2 foi submetida apenas aos tratamentos J, K e L.

Tratamento	[Cu] μg/L	[Cl] m/L	Temperatura de condicionamento alternado	Período total de condicionamento (dias)
A*	200	20	Ambiente	40
B*	200	100	4°C	40
C	200	20	Ambiente	40
D	200	100	4°C	40
E	200	100	Ambiente	68
F	200	5	Ambiente	68
G	200	5	4°C	68
H	200	100	4°C	30
I	200	5	4°C	30
J	200	100	4°C	34
K	200	5	4°C	34
L	200	20	4°C	34
M	50	5	Ambiente	68
N	50	5	4°C	68

*A e B: sem uso de saco plástico

Tabela 1. Tratamentos empregados.

2.2.3 Avaliação visual externa das latas

A avaliação visual foi realizada duas vezes por semana quanto à ocorrência do *blowout*. Quando da ocorrência da abertura espontânea da tampa, as latas foram lavadas com água ultra purificada, secadas em estufa e identificadas com a data de *blowout*.

2.2.4 Força de abertura

A força de abertura de cada tipo de tampa estudada foi determinada conforme descrito em Dantas et al (1996). Utilizou-se um dinamógrafo de tração (máquina universal de ensaios Instron - modelo 5966-E2), operando com célula de carga de 1 kN,

munido de um acessório para fixar o corpo de prova e um gancho, que foi preso ao anel. A velocidade foi de 100 mm/min. Foram avaliadas 10 unidades de cada tipo de tampa.

2.2.5 Espessura residual

Para a determinação da espessura residual seguiu-se o procedimento conforme Dantas et al (1996). Foram avaliados três pontos no semicorte em sentido horário (3h, 6h e 9h) em relação ao rebite de fixação do anel (posição 12h). As seções transversais foram obtidas utilizando-se uma serra elétrica para metal munida de lubrificação (Arotec), em seguida foram embutidas a frio em resina acrílica, sendo sua superfície posteriormente preparada por lixamento em lixadeira politriz (Success Working Ltda). A avaliação dimensional do semicorte foi conduzida em equipamento estereomicroscópio marca Leica, modelo M165C, com resolução de 120X, utilizando-se aumento de 120 vezes.

2.2.6 Teor de carbonatação

Para todos os tratamentos determinou-se o teor de carbonatação como descrito em Dantas et al (1996) e na norma ASTM F1115 (2016). Foram avaliadas 5 unidades do grupo preparado para os tratamentos A ao D (total de 60 latas), 6 para os tratamentos E, F, G, M e N (total de 75 latas), 5 para o grupo H e I (total de 30 latas) e 5 para os tratamentos J, K e L (total de 45 latas). Esta avaliação teve o objetivo de verificar se os cálculos e pesagens da carbonatação química resultavam no valor esperado de teor de carbonatação. O teste foi realizado com o equipamento analisador de ar Zahm & Nagel munido de um manômetro para a determinação da pressão interna e levantamento do teor de carbonatação usando a tabela apresentada na ASTM F1115 (2016). No momento da análise também foi utilizado termômetro de vidro para registrar a temperatura instantânea do produto.

2.2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microanálise de raios-x por dispersão de energia (EDX).

Em duas latas de cada grupo de tratamento (uma com ocorrência de *blowout* e outra sem ocorrência de *blowout*), a região do semicorte foi cortada e fixada em suportes de alumínio com adesivo de carbono. Anteriormente à análise por MEV/EDX, os corpos de prova foram submetidos ao recobrimento com carbono ou ouro em um metalizador marca Balzers, modelo SCD 050. As amostras foram analisadas no equipamentos ZEISS, modelo DSM 940A e Oxford, modelo Link Isis.

As microfotografias realizadas em sistema MEV/EDX foram obtidas utilizando-se detector de elétrons secundários (contraste de relevo, topografia da imagem, SE) e elétrons retroespalhados (contraste de peso atômico, identificação de similaridade pela tonalidade, BSE). Na microanálise realizada pelo sistema MEV/EDX os elementos

químicos são analisados semi- quantitativamente em termos de porcentagem relativa, sendo identificados como majoritários (> 10%), minoritários (10% – 1%) e traços (< 1%) (GOLDSTEIN et al., 1992). As microanálises foram obtidas em análise pontual utilizando-se os mesmos parâmetros de aquisição de dados de raios-X (distância de trabalho de 25 mm e voltagem de 20 kV).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação visual externa das latas: índice de *blowout*

3.1.1 Verificação da influência do saco plástico

A Figura 2 apresenta os resultados dos tratamentos realizados para verificar a influência do saco plástico na ocorrência do *blowout*. Foram comparadas as soluções com concentrações de cobre $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ e cloreto 100 ou 20 mg.L^{-1} , da solução aplicada na superfície das tampas (amostra 1) das latas contendo água carbonatada com 3,7 volumes $\text{CO}_2/\text{volume H}_2\text{O}$, mantidas a $35^\circ\text{C} / 90\% \text{ UR}$ intercalada com duas condições de temperatura, sendo ambiente (T^∞) e refrigerada (4°C), pelo período máximo de 40 dias. Verifica-se que, nos dois tratamentos sem uso de saco plástico, o tratamento A não apresentou nenhum *blowout* (incidência 0%) e o B apenas 1 *blowout* (incidência de 6,6%), já no período final de condicionamento. Os tratamentos equivalentes com saco plástico (C e D) apresentaram 40% e 27% de *blowout*, respectivamente, evidenciando a importância da utilização do saco plástico, que é empregado para reter a umidade e os íons presentes na solução na atmosfera próxima à tampa. A comparação desses quatro tratamentos foram fundamentais para a decisão de manter o saco plástico nos demais tratamentos dos próximos testes.

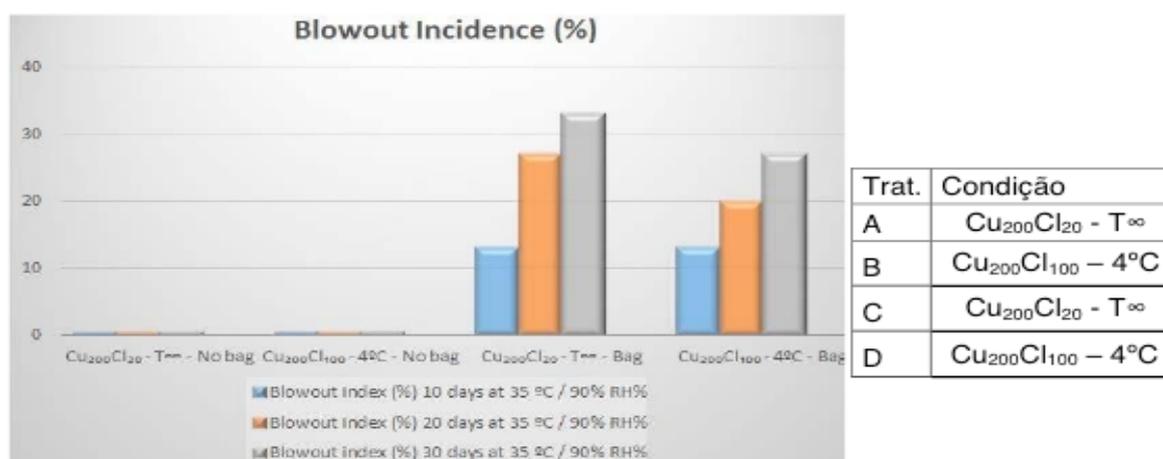


Figura 2. Frequência de ocorrência de *blowout* em latas de 250 mL submetidas aos tratamentos A, B, C e D.

3.1.2 Verificação da influência da temperatura alternada

A Figura 3 apresenta os dados relativos aos tratamentos D, E, F e G para

comparação das temperaturas ambiente ou refrigerada na condição de alternância com a temperatura de condicionamento. Foram comparadas as concentrações de cobre $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ e cloreto 100 ou 5 mg.L^{-1} , da solução aplicada na superfície das tampas (amostra 1) das latas contendo água carbonatada com 3,7 e 3,68 volumes $\text{CO}_2/\text{volume H}_2\text{O}$, mantidas em condições de temperatura ambiente (T^∞) e refrigeração (4°C) pelo período máximo de 68 dias. Nota-se que, aos 10 dias de condicionamento apenas o tratamento D apresenta índice de *blowout* (13%), contra 0% para os tratamentos E, F e G. Isso se deve ao fato de o tratamento D ter sido acondicionado em temperatura alternada de 4°C , confirmando que o diferencial foi a temperatura, pois o tratamento E apresentava mesma concentração de cobre e cloreto na solução e não apresentou *blowout*. Aos 30 dias de estocagem as latas submetidas aos tratamentos D e G apresentaram os maiores índices de *blowout*, 27% e 13% respectivamente, comparados com 7% para os tratamentos E e F. Aos 68 dias obteve-se índice de *blowout* de 27% para o tratamento D, 13% para o tratamento E e 33% para os tratamentos F e G, confirmando ainda que alternando-se as latas na temperatura refrigerada de 4°C os resultados são observados mais rapidamente.

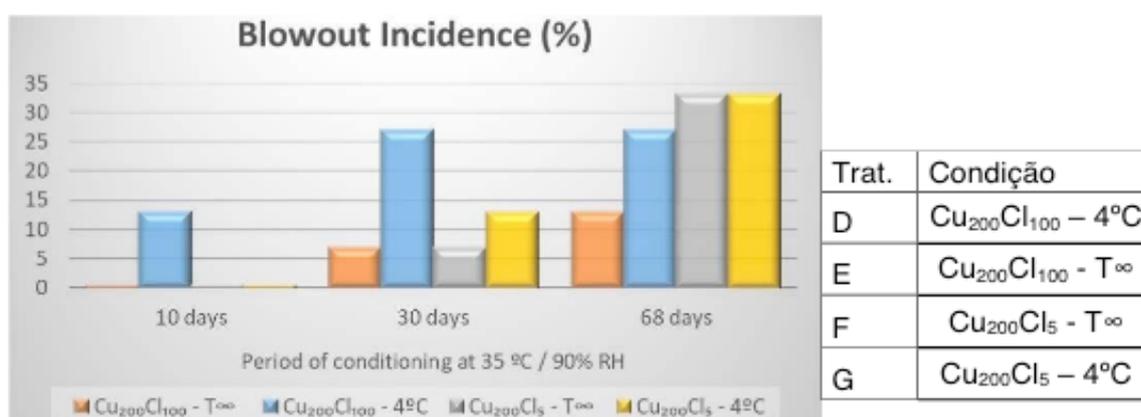


Figura 3. Frequência de ocorrência de *blowout* em latas de 250 mL submetidas aos tratamentos D, E, F e G.

3.1.3 Verificação da influência da concentração de íons cloreto

Um fator de fundamental importância para o estudo foi a comparação da variação da concentração de cloreto na solução e a variação do teor de carbonatação química, conforme se verifica nos tratamentos G, H, I, J, K, L. A Figura 4 apresenta os resultados da comparação das concentrações de cobre $200 \mu\text{g.L}^{-1}$ com cloreto 5 ou 20 ou 100 mg.L^{-1} da solução aplicada na superfície das tampas (amostra 1) das latas contendo água carbonatada com 3,68, 3,75 e 3,85 volumes $\text{CO}_2/\text{volume H}_2\text{O}$, mantidas todas em condição de 35°C e 90% UR, alternada com a temperatura de 4°C , pelo período máximo de 30 ou 34 dias. Verifica-se que os tratamentos H e J, que apresentavam maior concentração de cloreto, mostraram maior índice de *blowout* (33% e 29% respectivamente). Observa-se que as concentrações de cloreto de 5 e

20 mg.L⁻¹ também foram suficientes para iniciar a corrosão. Portanto, em condição ambiental propícia mesmo baixas concentrações de cloreto são suficientes para provocar o *blowout*. Entretanto, para a avaliação da resistência de tampas o uso de maiores concentrações permite uma resposta mais rápida sobre o desempenho da embalagem.

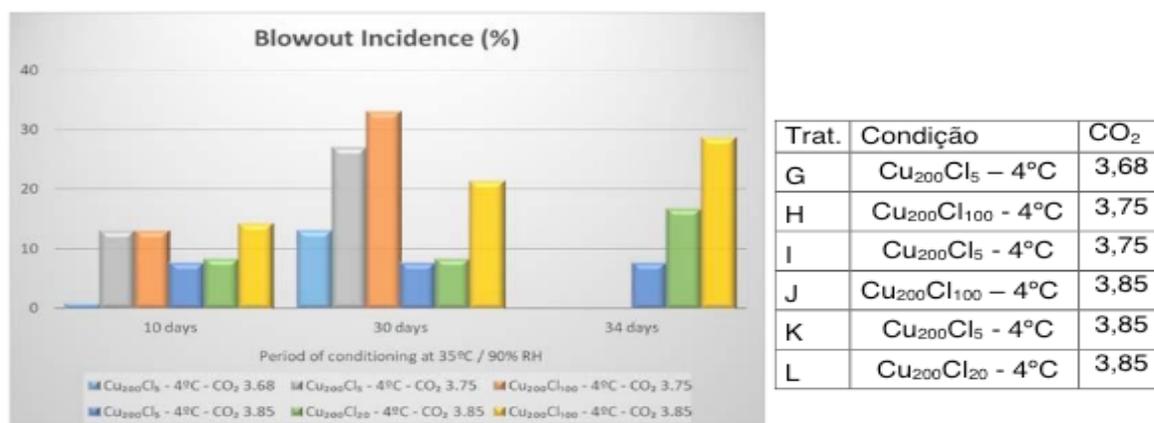


Figura 4. Frequência de ocorrência de *blowout* em latas de 250 mL submetidas aos tratamentos G, H, I, J, K e L.

3.1.4 Verificação da influência da concentração de íons cobre

A Figura 5 apresenta os resultados da comparação dos tratamentos F, M, G e N, referentes à variação das concentrações de cobre 50 e 200 µg.L⁻¹ com baixo teor de cloreto (5 mg.L⁻¹) da solução aplicada na superfície das tampas (amostra 1) das latas contendo água carbonatada com 3,68 volumes CO₂/volume H₂O, mantidas todas em condição de 35°C e 90%UR, alternada a temperatura ambiente (T[∞]) e refrigerada (4°C), pelo período máximo de 68 dias. Ficou evidente que o maior e mais rápido índice de *blowout* está nas amostras que receberam exposição à solução com maior concentração de cobre.

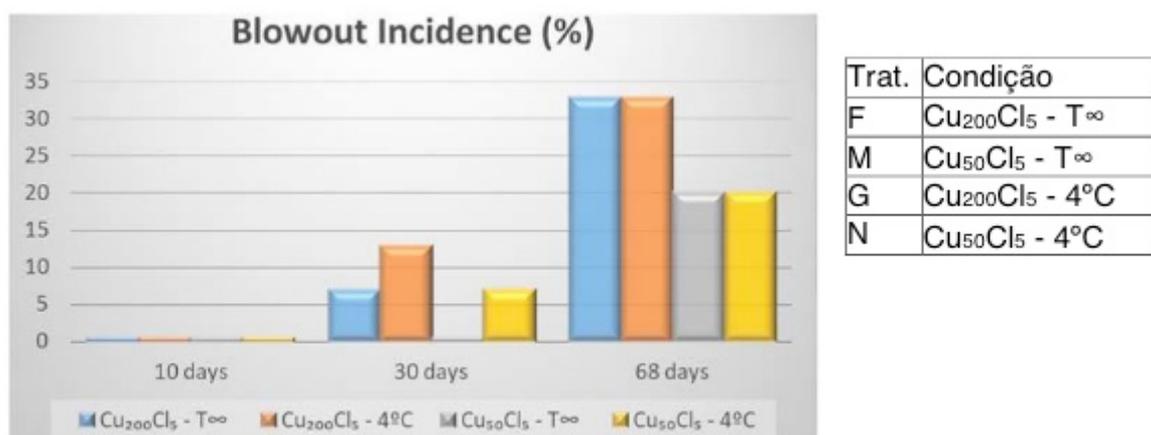


Figura 5. Frequência de ocorrência de *blowout* em latas de 250 mL submetidas aos tratamentos F, M, G e N.

Na avaliação da segunda opção de tampa (amostra 2) para os tratamentos J, K

e L observou-se ao fim de 55 dias 0% de incidência de *blowout*. Como as condições foram as mesmas, entende-se que os resultados devem-se ao fato de que essas tampas apresentam maior resistência e menos vulnerabilidade para a ocorrência de *blowout*.

3.2 Força de abertura e espessura residual

A Tabela 2 apresenta os resultados da caracterização das tampas em relação à força de abertura e à espessura residual do semicorte das duas amostras de tampa avaliadas. A força de rasgamento é o parâmetro de maior importância, pois representa o esforço para a abertura da escotilha. A amostra 2 aponta o valor médio e mínimo de rasgamento superior à amostra 1, determinando maior força necessária para o rompimento do semicorte e então maior dificuldade para a abertura espontânea da escotilha. Em relação à espessura residual, verifica-se resultados próximos entre as duas amostras. Uma vez que a amostra 2 não apresentou abertura espontânea, provavelmente o desenho do semicorte e/ou as características do material tenham determinado esse desempenho, confirmando a influência desses fatores na resistência das tampas ao *blowout*.

Amostra	Força abertura (N)		Espessura Residual (mm)
	Rompimento	Rasgamento	
1	Média	2,424	0,099
	Desvio padrão	0,143	0,005
	Mínimo	2,252	0,093
	Máximo	2,776	0,109
2	Média	1,859	0,100
	Desvio padrão	0,083	0,002
	Mínimo	1,743	0,097
	Máximo	2,025	0,103

Tabela 2. Dados da determinação de força de abertura e de espessura residual do semicorte.

3.3 Teor de carbonatação

A Tabela 3 apresenta os resultados do teor de carbonatação determinado nas latas referentes aos tratamentos A a N, de forma a verificar a eficácia do processo de carbonatação química realizada na preparação das amostras do estudo. O volume de CO₂/volume de água presente dentro da lata interfere diretamente na ocorrência de *blowout*, pois quanto maior for a pressão interna mais favorável será para a abertura da escotilha da tampa, caso o processo de corrosão tenha se desenvolvido. Primeiramente utilizou-se o teor em torno de 3,7 volumes de CO₂/volume de água e nos últimos tratamentos utilizou-se o teor 3,85. Em 3,85 a verificação da influência da maior carbonatação mostrou a ocorrência de deformação irreversível em algumas

latas, fato esse que prejudicou a avaliação da resistência ao *blowout* da segunda amostra de tampa.

O teor de carbonatação de 3,9 volumes CO₂/volume de água também foi avaliado, porém as latas com essa pressão ao serem condicionadas em alta temperatura sofreram deformação irreversível, demonstrando que esse valor não é aplicável ao tipo de embalagem em estudo e que a carbonatação de 3,7 já é suficiente para colaborar com o processo de Blowout.

Tratamento	Carbonatação prevista	Carbonatação determinada			
		Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
A, B, C e D	3,7	3,7	0,042	3,65	3,75
E,F,G, M e N	3,7	3,68	0,052	3,61	3,71
H e I	3,8	3,75	0,059	3,67	3,82
J, K e L (amostra 1)	3,8	3,85	0,019	3,82	3,87
J, K e L (amostra 2)	3,8	3,86	0,037	3,82	3,92

* volumes de CO₂/volume de água

Tabela 3. Resultados dos teores de carbonatação previstos e obtidos em cada tratamento.

3.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microanálise de raios-x por dispersão de energia (EDX).

As Figuras 6 e 7 apresentam microfotografias da superfície de fratura de tampa com abertura manual e abertura espontânea, respectivamente, assim como a microanálise nos pontos indicados. Verifica-se na Figura 6 regularidade na estrutura da superfície fraturada, enquanto na Figura 7 é possível observar na região fratura a estrutura identificada como “delta”, característica da fratura por corrosão sob tensão, que é o mecanismo de falha na ocorrência de *blowout*.

Além da morfologia da fratura nota-se no espectro de microanálise apresentado na Figura 7 a presença marcante de ferro na região central da estrutura “delta”, permitindo que se conclua que provavelmente o ferro presente na liga atuou como ponto de concentração da corrosão e então a composição da liga de alumínio exerce grande influência na ocorrência de fraturas por *blowout*.

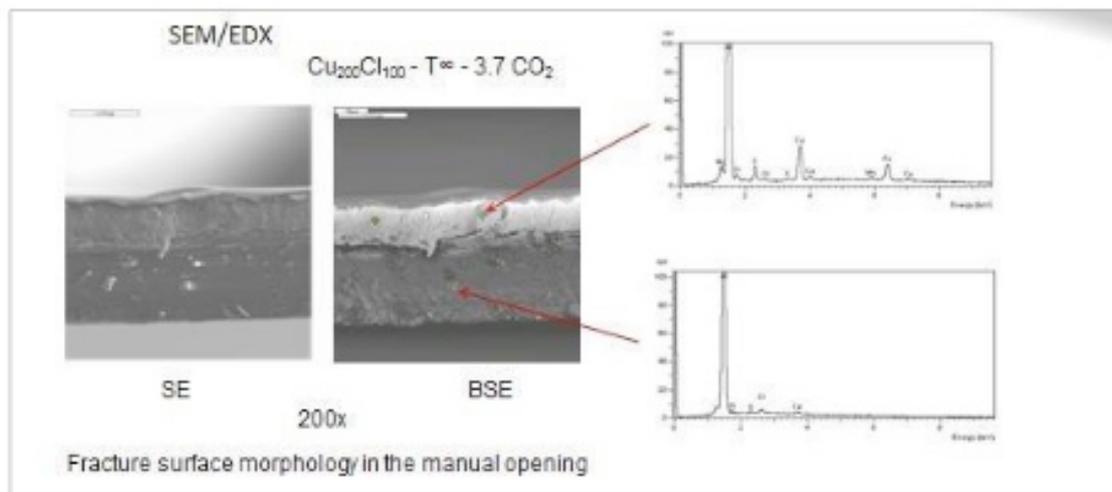


Figura 6. Superfície de fratura de tampa da amostra 1 aberta manualmente.

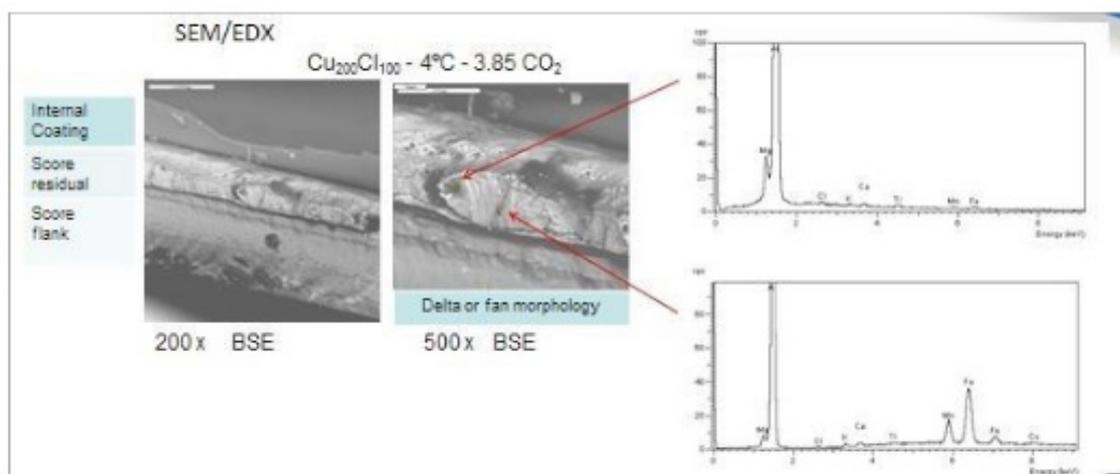


Figura 7. Superfície de fratura de tampa da amostra 1 com abertura espontânea (blowout).

4 | CONCLUSÃO

O estudo permitiu confirmar a gravidade da presença de agentes corrosivos como os íons Cl e Cu na ocorrência de abertura espontânea de tampas de latas em Al de bebidas, assim como revelou que a presença desses íons por si só não são determinantes para a ocorrência de *blowout*. Desta forma, é fundamental que o material utilizado na produção das tampas seja estudado em profundidade para contribuir para o completo controle da ocorrência de *blowout*.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq – PIBIC, pela bolsa concedida e ao CETEA – ITAL, pela oportunidade de estágio. Grata a Beatriz e Sílvia por toda dedicação e conhecimentos desenvolvidos. E agradecimentos às colaboradoras Taiane Bonfante de Faria, Maria do Patrocínio S. V. Boas e Paula Janetti Bócoli que contribuíram para o andamento do projeto de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ABAL, Associação Brasileira do Alumínio. **Latas para Bebidas**. Disponível em: <<http://abal.org.br/aplicacoes/embalagens/latas-para-bebidas/>>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- ASTM F1115. **Standard Test Method for Determining the Carbon Dioxide Loss of Beverage Containers**. ASTM International. West Conshohocken, PA. United States, 2016. 11 p.
- DANTAS, S.T. et al. **Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio**. Campinas: ITAL/CETEA, 1996. 317p.
- DAVIS, J. R. **Corrosion of aluminum and aluminum alloys**. ASM International, 1999. FONTANA, M. G. **Corrosion engineering**. 3rd ed., New York: McGraw-Hill, Inc., 1986, 555p.
- GATTI, Jozeti. Abertura Espontânea de tampa de lata de alumínio para bebida (*BLOWOUT*). **Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens**, Campinas, v. 12, n. 2, p.1-4, 1 jun. 2000. ITAL - Instituto de Tecnologia de Alimentos. Disponível em: <http://www.ital.sp.gov.br/cetea/informativo/v12n2/v12n2_artigo3.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- GOLDSTEIN, J. I.; NEWBURY, D. E.; ECHLIN, P.; JOY, D. C.; ROMIG Jr., A. D.; LYMAN, C. E.; FIORI, C.; LIFSHIN, E. **Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis: a text for biologists, materials scientists, and geologists**. 2nd ed. New York: Plenum Press, 1992. 819p.
- METAL PACKAGING MANUFACTURERS ASSOCIATION. **Environmental stress cracking of aluminium alloy beverage end scores**. Berkshire: MPMA; BSDA; BBPA, 2001. 14 p. Disponível em: <<http://www.britishsoftdrinks.com/write/MediaUploads/Publications/StressCrackingofCans.pdf>>. Acesso em: 04 fev. 2016.

SOBRE A ORGANIZADORA

Carmen Lúcia Voigt - Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-291-3

