



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

TESE DE DOUTORADO

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LATAS
MICRO-RECRAVADAS
PARA ALIMENTOS TERMOPROCESSADOS**

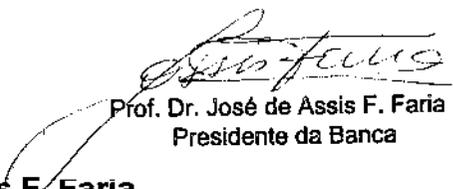
PARECER

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por Roger Marcel Soler, aprovada pela Comissão Julgadora em 30 de novembro de 1999.

Roger Marcel Soler

Engenheiro de Alimentos

Campinas, 30 de novembro de 1999.


Prof. Dr. José de Assis F. Faria
Presidente da Banca

Orientador : Prof. Dr. José de Assis F. Faria

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Doutor em Tecnologia de Alimentos

Campinas, SP
1999

20.000.80

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	So 43a
V.	Ex.
TOMBO	BC/39.867
PROC.	278/00
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PRECIO	R\$ 11,00
DATA	11/01/00
N.º CPD	

CM-00133171-8

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

So43a

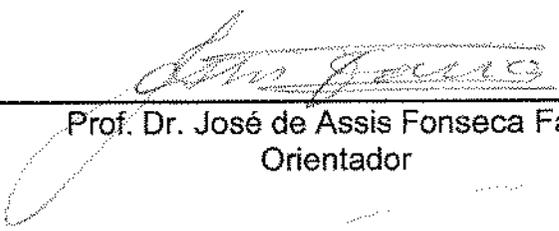
Soler, Roger Marcel

Avaliação do desempenho de latas micro-recravadas para alimentos termoprocessados / Roger Marcel Soler. – Campinas, SP: [s.n.], 1999.

Orientador: José de Assis Fonseca Faria
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia de Alimentos.

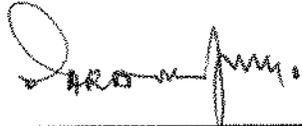
1.Embalagem. 2.Esterilização. 3.Testes – Transporte.
4.Bioteste. I.Faria, José de Assis Fonseca. II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.

BANCA EXAMINADORA

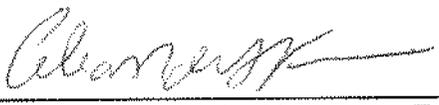


Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador

Dr. Alfredo de Almeida Vitali
Membro

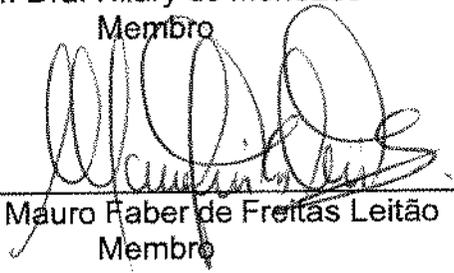


Prof. Dr. Carlos Alberto R. Anjos
Membro



Prof. Dra. Célia Marina de Alvarenga Freire
Membro

Prof. Dra. Hilary de Menezes
Membro



Prof. Dr. Mauro Faber de Freitas Leitão
Membro



Prof. Dra. Pilar Rodriguez de Massager
Membro

DEDICATÓRIA

Aos meus pais e avó, pela educação e formação.

*Aos meus filhos, Carolina, Bruno e Nathalie,
pela oportunidade de viver a fantástica experiência de ser pai.*

AGRADECIMENTOS

Ao ITAL – Instituto de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade e pelo apoio para a realização do doutoramento;

À EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, pela concessão de bolsa para o início do programa de doutorado;

Ao Prof. Dr. José de Assis F. Faria, pela orientação do programa;

Ao Dr. Alfredo de Almeida Vitali, pelas valiosas sugestões e colaboração no trabalho experimental;

À Indústria de Máquinas Kramer Ltda, pelo fornecimento de embalagens, e toda assistência técnica necessária à realização dos ensaios de laboratório e industrial;

À CICA - Companhia Industrial de Conservas Alimentícias Ltda., pelo fornecimento de matéria-prima e instalações industriais para o processamento do extrato de tomate e da conserva de ervilha;

À Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda., pelo fornecimento das embalagens de papelão ondulado;

À pesquisadora Valeria A. Junqueira, pela valiosa colaboração nos ensaios microbiológicos;

À Enga. de Alimentos Mitie Sonia Sadahira, pela colaboração e dedicação na realização do trabalho experimental;

Aos professores Mauro Faber F. Leitão, Pilar Rodríguez de Massaguer, Carlos A. R. Anjos, Hilary de Menezes e Célia M.A. Freire, membros da banca examinadora;

À todos aqueles que direta ou indiretamente, participaram e colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	ív
ÍNDICE DE TABELAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
2.1 Produção de folhas metálicas	08
2.2 Fabricação do corpo da lata	09
2.3 Fabricação da tampa e fundo	12
2.4 Montagem das latas	13
2.5 Estudos de viabilidade da micro-recravação	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Material de embalagem	20
3.1.1 Embalagens metálica.....	20
3.1.2 Embalagens de papelão ondulado	21
3.1.3 Acondicionamento com caldo lactosado	21
3.1.3.1 Acondicionamento com caldo lactosado	21
3.1.3.2 Acondicionamento com caldo "infusão de cérebro e coração	22
3.1.3.3 Esterilização das latas	22
3.1.4 Ensaio industriais	24
3.1.4.1 Extrato de Tomate	24
3.1.4.2 Conserva de ervilha	25

3.2. Métodos	25
3.2.1 Caracterização das amostras	25
3.2.1.1 Espessura	26
3.2.1.2 Dureza	26
3.2.1.3 Revestimento de estanho	26
3.2.1.4 Camada seca de verniz	26
3.2.1.5 Profundidade do friso	27
3.2.1.6 Dimensões das amostras	27
3.2.2 Caracterização das amostras acondicionadas	27
3.2.2.1 Altura do espaço-livre	27
3.2.2.2 Peso	27
3.2.2.3 Nível de vácuo	28
3.2.2.4 Exame de recravação	28
3.2.3 Ensaio de vibração	30
3.2.4 Determinação da resistência ao impacto por queda livre das caixas	31
3.2.5 Bioteste com <i>Enterobacter aerogenes</i>	34
3.2.6 Bioteste com esporos de P. A. 3679	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Caracterização das amostras quanto as dimensões externas, profundidade do friso, espessura, têmpera, camada de estanho e camada seca de verniz	39
4.2. Caracterização dos produtos acondicionados	41
4.2.1 Esterilização das latas	41
4.2.2 Caracterização das amostras acondicionadas com caldo lactosado	43
4.2.3 Caracterização das amostras acondicionadas com caldo BHI	43
4.2.4 Ensaio de vibração	44
4.2.5 Resistência ao impacto por queda livre	44
4.2.6 Bioteste com <i>Enterobacter aerogenes</i>	50
4.2.7 Biosteste com esporos de P.A. 3679	53

4.3. Exame de recravação	54
4.3.1 Latas acondicionadas com caldo lactosado	55
4.3.2 Latas acondicionadas com caldo de infusão de cérebro e coração.....	55
4.3.3 Ensaio industriais	56
	5 CONCLUSÕES
.....	64
6. SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	67
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXO A	74
ANEXO B	77

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Autoclave vertical utilizada na esterilização das latas	23
FIGURA 2. Seção transversal da recravação e identificação dos parâmetros avaliados	29
FIGURA 3. Arranjo das caixas contendo amostras acondicionadas com caldo lactosado na mesa de vibração: (a) vista lateral; (b) vista frontal; (c) vista de topo da 1ª e 3ª camadas e (d) vista de topo da 2ª e 4ª camadas.....	31
FIGURA 4. Identificação das faces, arestas e cantos da embalagem	32
FIGURA 5. Latas micro-recravadas com amassamento pequeno (G1), moderado (G2) e intenso (G3).....	33
FIGURA 6. Latas convencionais com amassamento pequeno (G1), moderado (G2) e intenso (G3).....	33
FIGURA 7. Tanque a vácuo utilizado no ensaio do bioteste.....	35
FIGURA 8. Fluxograma de instalação do método com esporos de P. A 3679	38
FIGURA 9. Histórico de penetração de calor do processamento térmico padrão, para as amostras convencionais.....	42
FIGURA 10. Histórico de penetração de calor do processamento térmico padrão, para as amostras micro-recravadas.....	42
FIGURA 11. Paletização das caixas de latas micro-recravadas antes (a) e após (b), o ensaio de simulação de transporte.....	45

FIGURA 12. Paletização das caixas de latas convencionais antes (a) e após (b) o ensaio de simulação de transporte.....	46
FIGURA 13. Impacto por queda livre com o fundo 3, voltado para baixo.....	47
FIGURA 14. Impacto por queda livre com o lado 4 voltado para baixo.....	47
FIGURA 15. Impacto por queda livre com a face 5 voltada para baixo.....	47
FIGURA 16. Impacto por queda livre com a borda 2-3 voltada para baixo.....	47
FIGURA 17. Distribuição de frequência de latas com recravação convencional com diferentes níveis de defeito após a simulação de transporte.....	48
FIGURA 18. Distribuição de frequência de latas com micro-recravação com diferentes níveis de defeito após a simulação de transporte.....	48
FIGURA 19. Foto das amostras micro-recravadas após quatro impactos por queda livre ilustrando amassamento intenso (G3).....	49
FIGURA 20. Foto das amostras convencionais após quatro impactos por queda livre ilustrando amassamento intenso (G3).....	49
FIGURA 21. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação, avaliados em 62 latas micro-recravadas acondicionadas com caldo lactosado.....	57
FIGURA 22. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 60 amostras convencionais acondicionadas com caldo lactosado.....	58

FIGURA 23. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recavação avaliados em 262 amostras micro-recravadas com as dimensões iguais às do padrão (MN).....	59
FIGURA 24. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recavação avaliados em 86 amostras micro-recravadas com aperto inferior ao recomendável (MA).....	60
FIGURA 25. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recavação avaliados em 316 amostras micro-recravadas com sobreposição inferior ao padrão (MS).....	61
FIGURA 26. Parâmetros (ER;HR;PR;GC; GT e S) e frequência do exame de recavação avaliados em 72 amostras convencionais com dimensões padrão (CN)....	62
FIGURA 27. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recavação avaliados em 200 amostras micro-recravadas no ensaio industrial com extrato de tomate.....	63

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Dimensões da recravação convencional e micro-recravação.....	05
TABELA 2. Descrição das amostras micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo BHI	22
TABELA 3. Avaliação das dimensões externas e do friso do corpo das latas micro-recravadas e convencionais	39
TABELA 4. Avaliação da espessura, dureza, camada seca de verniz das folhas do corpo, tampa e fundo das latas micro-recravada e convencional.....	40
TABELA 5. Revestimento total de estanho do corpo, tampa e fundo das amostras micro-recravadas e convencionais	41
TABELA 6. Valores de espaço-livre, vácuo e peso bruto das amostras micro- recravadas e convencionais acondicionadas com caldo lactosado	43
TABELA 7. Valores de espaço-livre e peso bruto das amostras micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo BHI	44
TABELA 8. Avaliação das condições de estabilidade das suspensões utilizadas na segunda amostragem	50
TABELA 9. Avaliação das amostras micro-recravadas frente ao bioteste com esporos de P. A. 3679 e avaliação das condições de estabilidade das suspensões	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A

FIGURA A1. Vista em corte, mostrando uma recravação obtida através do processo convencional.....	74
FIGURA A2. Vista em corte, mostrando uma micro-recravação obtida através da invenção	74
FIGURA A3. Vista lateral de uma lata recravada convencionalmente de ambos os lados	74
FIGURA A4. Vista lateral de uma lata micro-recravada de ambos os lados.....	74
FIGURA A5. Vista de cima de um disco destinado a formação da tampa e fundo da lata convencional	75
FIGURA A6. Vista de cima de um disco para formação da tampa e fundo da lata, cortado com menor diâmetro	75
FIGURA A7. Vista de uma tampa convencional estampada com medidas padrão	75
FIGURA A8. Vista de cima da tampa e fundo da lata estampada com novas medidas	75
FIGURA A9. Vista em corte da tampa e fundo da lata mostrando as medidas de encurvamento da tampa para recravação convencional	75
FIGURA A10. Vista em corte da tampa e fundo da lata mostrando as medidas do encurvamento da tampa para micro-recravação	75

FIGURA A11. Vista lateral de um corpo cilíndrico da lata convencional	76
FIGURA A12. Vista lateral de um corpo cilíndrico da nova lata com altura reduzida	76
FIGURA A13. Vista lateral de um corpo dotado de flanges de recravação com medidas padrão	76
FIGURA A14. Vista lateral de um corpo de lata, cujas flanges apresentam-se com suas medidas reduzidas para a micro-recravação	76

ANEXO B

FIGURA B1. Dimensões das três recravações: convencional, mini-recravação e micro-recravação	77
--	----

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE LATAS MICRO-RECRAVADAS PARA ALIMENTOS TERMOPROCESSADOS

RESUMO

A tecnologia de micro-recravação consiste numa estrutura similar à da recravação convencional, porém com as dimensões de altura da recravação, profundidade do rebaixo, gancho do corpo, gancho da tampa, e sobreposição, 50% inferiores às recravações conhecidas pelo estado da arte. Essa redução permite que folhas de menor espessura (0,16mm), duplamente reduzidas (DR8) possam ser utilizadas na confecção de tampas e fundos, proporcionando importante economia às embalagens metálicas.

Visando avaliar a eficiência, hermeticidade e resistência mecânica da micro-recravação, realizou-se ensaios de avaliação comparativa entre as latas produzidas pelo processo convencional e por micro-recravação. Avaliou-se a eficiência da integridade do fechamento das latas na esterilização, no transporte (vibração e teste de queda livre), biotestes com *Enterobacter aerogenes* e com esporos de PA 3679 (*Clostridium sporogenes*) e os ensaios industriais com extrato de tomate e conserva de ervilha. As metodologias utilizadas encontram-se descritas na literatura, com exceção daquela com esporos de PA 3679 que foi desenvolvida, especificamente, para se avaliar a integridade de embalagens de alimentos submetidas ao processo de esterilização.

Não evidenciaram-se diferenças entre as amostras após os ensaios de esterilização e de transporte, os dois tipos de latas permaneceram íntegras, sem que nenhuma ocorrência de vazamento ou estufamento tenha sido observada. Entretanto,

como era esperado, as amostras micro-recravadas apresentaram-se mais danificadas que as amostras convencionais, devido a suas menores dimensões.

Após a realização do bioteste com *Enterobacter aerogenes*, e do período de incubação, constatou-se a presença de 2% das amostras micro-recravadas com estufamento. As contaminações somente ocorreram nas amostras com grau de amassamento elevado.

O bioteste com esporos de PA 3679, quando aplicado às amostras micro-recravadas com dimensões padrão, não registrou nenhuma ocorrência de estufamento, assim sendo, todas mantiveram-se íntegras após o período de incubação. Entretanto, quando amostras propositadamente defeituosas foram avaliadas, constatou-se a ocorrência de estufamento em 70% delas, confirmando a adequacidade do bioteste e da nova tecnologia de micro-recravação.

MICROSEAM TECHNOLOGY PERFORMANCE EVALUATION FOR THERMAL PROCESSED FOOD CANS

SUMMARY

The microseam technology consists of a structure similar to the conventional seam. However, the dimensions of the seam height, countersink, body hook, cover hook and overlap are 50% of the normal specifications used and currently known. The new closure system is possible when using twice reduced materials (0.16mm) for can ends and can bottoms, and was envisioned as a method of optimizing cost savings.

In order to evaluate the microseam efficiency in comparison to a conventional double seam, both metal containers were subjected to a two can biotester, one done with *Enterobacter aerogenes* and the other with P.R. 3679 spores (*Clostridium sporogenes*) as a method of integrity evaluation for the closure system after the sterilisation and transport evaluation: vibration test followed by drop test. All methodologies used have been published and can be found in the literature, except for the can biotester with P.A. spores which was designed especially for the integrity evaluation of sterilised food packaging.

Both the microseam and conventional seam samples remained sealed after the sterilisation and transport evaluation, although, as expected, more damage occurred to the microseam design.

After the biotester with *Enterobacter aerogenes* and incubation, it was observed that 2,0% of the microseam cans evaluated failed the test, having all the failures occurred in samples with high degree of damage.

Using the modified can biotester with P.A. spores and the recommended incubation period for standard microseam and conventional seam samples, all samples passed the test. However, when propositionally damaged seam samples were used, 70% of the cans failed. Therefore both the bioteste and the microseam technology were approved.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da indústria de conservas alimentícias está diretamente relacionado à introdução da embalagem metálica, há quase 200 anos. Durante esse período, a fabricação das latas metálicas, também, influenciou o crescimento de outros segmentos, entre os quais merecem ser destacados o setor siderúrgico, as indústrias químicas, a indústria de papel e celulose, o setor agropecuário, o de máquinas e equipamentos bem como toda o sistema de transporte. Mesmo que o acondicionamento de produtos alimentícios perecíveis já fosse praticado, foi somente após a entrada das embalagens metálicas, que os desenvolvimentos de métodos e tecnologias hoje conhecidos, começaram a progredir.

Foram os ingleses, que dominavam o processo de fabricação de folhas estanhadas, através do ateliê londrino Konkin & Hall que produziu em 1813, pela primeira vez, uma lata de folha-de-flandres, as quais foram inicialmente empregadas no acondicionamento de carnes e vegetais. As indústrias de conserva passaram a ser os primeiros fabricantes de latas (MARSAL, 1978).

As primeiras latas eram produzidas manualmente, com o corpo soldado com uma liga de estanho e a seguir o fundo e a tampa, com uma abertura de aproximadamente 4 cm de diâmetro, soldados ao corpo. O enchimento das latas era realizado através da abertura central da tampa e logo após efetuado o fechamento, por meio de soldagem de um disco de metal. A seguir as embalagens eram submetidas às condições de aquecimento exigidas para uma operação de acondicionamento comercialmente seguras, sendo de fundamental importância o fechamento hermético.

Em 1869 Bourguine patenteou na Inglaterra o processo de recravação, ainda hoje utilizado, entretanto, foi somente no início do século, após vários aperfeiçoamentos, que o processo passou a ser utilizado comercialmente, tornando obsoleto o processo de soldagem da tampa e do fundo (CONTINENTAL CAN CO., INC., 1970)

O processo de recravação propriamente dito, permite que a tampa e o fundo sejam mecanicamente enganchados ao corpo da lata em duas operações para tampa e fundo, através de máquinas denominadas recravadeiras. A primeira operação visa enganchar o encurvamento da extremidade da tampa à extremidade do corpo, também conhecida por pestana, através da pressão de um rolete de recravação com contorno especial, contra um disco de recravação. A segunda operação, é realizada com um rolete de perfil mais plano e visa comprimir o conjunto previamente enganchado, garantindo uma compactação do fechamento e a sua integridade.

Como o contato metálico entre o material do corpo e o das tampas não produzia um fechamento hermético, foi desenvolvido um selante à base de borracha líquida, hoje conhecido por vedante, com a finalidade de preencher os espaços vazios da recravação, proporcionando melhor hermeticidade no fechamento. Após a introdução da tecnologia de recravação, as latas passaram a ser denominadas latas sanitárias, uma vez que não mais existia o contato direto entre a solda e o produto alimentício.

As latas sanitárias de três peças produzidas até meados dos anos 70 mantiveram as mesmas características conceituais, entretanto, durante o decorrer deste século as folhas metálicas passaram por grandes transformações. A deposição do estanho que era realizada pelo processo de imersão, passou a ser conduzida através da deposição eletrolítica. Outros revestimentos também foram introduzidos, como é o caso do revestimento de cromo, nos anos 60 (MARSAL, 1984). Hoje são produzidas folhas metálicas pelo processo de simples redução (SR) e dupla redução (DR). As folhas DR, disponíveis comercialmente, podem ser encontradas nas espessuras entre 0,30 a 0,15mm (INTERNATIONAL TIN RESEARCH INSTITUTE, 1982). Entretanto, por apresentar dureza mais elevada torna-se difícil a aplicação industrial, principalmente na fabricação das tampas e fundos.

A especificação dos materiais metálicos é realizada com base em estudos de compatibilidade entre o produto alimentício e a embalagem. São as características do produto que ditam quais especificações devem possuir os materiais metálicos, a fim

de se produzir a melhor embalagem para proporcionar a vida-de-prateleira desejada (SOLER, 1981). A introdução dos vernizes sanitários, hoje amplamente utilizados, foi de fundamental importância na prevenção da corrosão e na migração de metais para o produtos alimentícios, permitindo o aumento considerável na vida-de-prateleira desses produtos.

Uma das inovações mais significativas, foi o advento da soldagem elétrica dos corpos das latas, em substituição ao processo de soldagem com a liga de estanho e chumbo, no final da década de 70, eliminando definitivamente da embalagem metálica, a presença do chumbo, metal reconhecidamente tóxico (CABRAL, 1981). A sua introdução alavancou a utilização de folhas de menor espessura e, paralelamente, o desenvolvimento de tecnologias, como o *beading* (frisos produzidos no corpo das latas) e o *neck* (redução do diâmetro do corpo da lata), ambas com o objetivo de aumentar a resistência mecânica das latas, parcialmente reduzida com o uso de folhas de menor espessura, e a redução de custo.

Os avanços introduzidos na fabricação das embalagens metálicas, praticamente em nada contribuíram para modificar a tecnologia de fechamento das latas, assim sendo, a recravação continuou sendo utilizada com os mesmos padrões dimensionais do início deste século.

Os padrões dimensionais da recravação, recomendados nos Estados Unidos da América, são os do *Can Manufacturers Institute-CMI* (CAN MANUFACTURERS INSTITUTE, 1992), e na Europa os do *European Secretariat of Manufacturers of Light Metal Packaging – SEFEL* (citado por CECCATO, 1997). Para uma lata com diâmetro de 73mm, os padrões recomendados pela SEFEL são: profundidade do rebaixo = 3,07mm; altura da recravação = 2,85mm; gancho do corpo = 1,96mm; gancho da tampa = 1,78mm e sobreposição = 1,00mm (CECCATO, 1997).

As recravações devem também apresentar um gancho de tampa com um grau de enrugamento dentro de padrões preestabelecidos. O enrugamento do gancho da

tampa está associado à espessura da recravação ou seja à sua compactação e é influenciado principalmente pelas características mecânicas do material metálico, isto é, pela dureza Rockwell, ou pelo alongamento ou limite de escoamento, bem como, pela espessura e dureza da folha metálica, pela geometria do encurvamento da tampa e pelo contato entre as ferramentas e a geometria da recravação (CECCATO, 1997). Quanto menor for a espessura e maior for a dureza da folha metálica maior será o enrugamento do gancho da tampa. Por esta razão, folhas de aço com espessura aproximada de 0,21mm e dureza Rockwell 30T entre 53 e 65 são as mais utilizadas na produção das tampas e fundos de latas de produtos alimentícios. Quanto maior for o enrugamento do gancho da tampa menor será a garantia de se obter um fechamento hermético.

Avanços na redução da espessura dos materiais metálicos continuam ocorrendo. Hoje em dia já são comercializados aços com espessuras de 0,12mm e 0,10mm e em fase de introdução comercial aços de 0,09mm e 0,08mm (GUERRY, 1996). Entretanto, suas aplicações industriais na área de latas ainda são reduzidas, tendo em vista não existirem tecnologias que possibilitem o seu uso, frustando consequentemente as empresas siderúrgicas que continuam trabalhando nessa direção.

Visando melhor aproveitar a utilização dos materiais, de menor espessura e de elevada dureza, depositou-se uma patente no Brasil em 1990 (KRAMER, 1990), propondo um novo processo de recravação, denominado micro-recravação. O novo sistema de fechamento consiste em uma estrutura similar à recravação convencional, porém, com todas as suas dimensões aproximadamente 50% inferiores àquelas conhecidas pelo estado da arte, conforme mostradas na Tabela 1.

A micro-recravação foi desenvolvida como uma alternativa para reduzir e otimizar os custos das embalagens metálicas, e ao mesmo tempo, assegurar à lata uma competitividade contra outras formas de embalagens alternativas, tais como; as embalagens plásticas, de vidro e as cartonadas. A nova tecnologia de fechamento

permite que tampas e fundos sejam produzidos com folhas metálicas de menor espessura e de elevada dureza.

TABELA 1. Dimensões da recravação convencional e micro-recravação

	Dimensões das recravações								
	PR (mm)	HR (mm)	ER (mm)	GC (mm)	GT (mm)	ET (mm)	EC (mm)	SL (mm)	%S
Convencional	3,10	2,93	1,13	2,09	2,08	0,20	0,16	1,29	75
Micro-recravação	1,60	1,45	1,09	1,00	0,95	0,16	0,16	0,65	80

PR= Profundidade de rebaixo; HR= Altura da recravação; ER= Espessura da recravação; GC= Gancho do corpo; GT= Gancho da tampa; ET= Espessura da tampa; EC= Espessura do corpo; SL= Sobreposição linear; %S= Porcentagem de sobreposição (SMALLER, 1996).

O processo micro-recravação é muito similar ao tradicional, os mesmos equipamentos são utilizados, mas com diferentes ferramentas para produzir as tampas e os fundos. A quantidade de vedante utilizado nas tampas é reduzido em aproximadamente 70%. São consumidas menores quantidades de vernizes e tintas litográficas. Consideradas todas as economias descritas anteriormente e somando-se outras não quantificadas, estima-se uma economia total na produção de latas micro-recravadas ao redor de 20%. A essas vantagens deve-se acrescentar o fato de que as latas produzidas com a nova tecnologia são mais leves e apresentam visual mais atrativo.

Uma das principais preocupações com o sistema de micro-recravação é a pequena sobreposição linear que ela apresenta, isto é ao redor de 0,66mm em média, enquanto que na recravação convencional os valores médios encontrados situam-se em 1,29mm. A recontaminação pela ausência da hermeticidade de latas de produtos alimentícios esta quase sempre associada a sobreposições insuficientes. As normas são bastante rígidas quanto ao controle dimensional da sobreposição, seja ela expressa em milímetros (mm) ou em porcentagem (%). A SEFEL recomenda um valor para a sobreposição linear de 0,9mm, pois acredita que valores inferiores estariam dentro de

uma faixa vulnerável de segurança, condenando, portanto, essas recravações (citado por CECCATO, 1997).

Frente ao exposto acima, vários questionamentos passaram a ser dirigidos à nova tecnologia de micro-recravação, principalmente quanto à sua capacidade em garantir a mesma hermeticidade proporcionada pelo sistema tradicional. Outras incertezas, não menos importantes, referem-se ao desempenho no processamento industrial, no manuseio e no transporte. Esses e outros questionamentos só poderiam ser respondidos após uma completa avaliação do desempenho utilizando produtos alimentícios, onde as principais parâmetros pudessem ser avaliados. Assim sendo, o trabalho tem por objetivo principal avaliar os diferentes aspectos da tecnologia de micro-recravação frente às incertezas acima mencionadas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As embalagens metálicas são produzidas em três ou duas peças. As latas de três peças (corpo, tampa e fundo) são preferencialmente utilizadas para conservas alimentícias, enquanto que as de duas peças no acondicionamento de refrigerantes e cervejas.

A fabricação do corpo, da tampa e do fundo pode ser otimizada individualmente de acordo com o tipo de aplicação. Entretanto, além da escolha correta da folha metálica, do tratamento superficial e da proteção frente aos processos corrosivos, pelo uso de vernizes sanitários, é fundamental estabelecer suficiente estabilidade à embalagem. Para que esses resultados sejam alcançados é necessário conhecer a ação dos diferentes parâmetros envolvidos na estabilidade de uma lata.

As conservas alimentícias na maioria das vezes são submetidas ao tratamento térmico, seja de pasteurização ou esterilização, dependendo das características físicas e químicas do produto. Durante a esterilização se a lata experimentar uma pressão interna elevada, em função da dilatação térmica do conteúdo, a tampa e o fundo absorverá esta carga, portanto é desejável que elas sejam produzidas com material que ofereça suficiente resistência e que apresentem capacidade de dilatação adequada. O aumento de volume interno da lata, provocado pela dilatação de uma tampa ou fundo durante o tratamento térmico, é inferior ao volume de dilatação do produto contido na lata, acrescido do ar do espaço livre, portanto, a pressão interna pode subir além dos limites permitidos, deformando seja a tampa, o fundo, ou ambos. Esses problemas podem aumentar ou diminuir dependendo da espessura do material metálico utilizado, da dureza, do anéis de reforço das tampas e das recravações (SAUER et *alii*, 1987).

Outras funções da lata dizem respeito à resistência mecânica durante a industrialização, manuseio e transporte a fim de garantir a sua integridade. É de

fundamental importância que o produto acondicionado na lata permaneça em condições adequadas de consumo, nesse sentido as recravações do fundo e da tampa, bem como, a soldagem ou agrafagem do corpo adquirem um papel de destaque na garantia da hermeticidade.

2.1. Produção de folhas metálicas

A folha-de-flandres é a principal matéria prima utilizada na produção de latas de três peças. As latas de duas peças podem ser produzidas com outros materiais seja de aço ou de alumínio. Como folha-de-flandres entende-se um produto laminado plano, produzido com aço de baixo teor de carbono, revestido em ambas as faces com uma camada de estanho de diferentes espessuras. Hoje empregam-se quase que exclusivamente processos eletrolíticos de revestimento. Nos anos trinta o estanho era aplicado através da imersão das folhas em tanques com estanho fundido. Alternativamente ao revestimento de estanho, são encontradas as folhas revestidas de cromo e óxido de cromo, sendo estas conhecidas por folha cromada e as folhas de aço não-revestidas (INTERNATIONAL TIN RESEARCH INSTITUTE, 1982).

As folhas metálicas podem ser encontradas com diferentes espessuras de 0,15 a 0,49mm, dependendo do processo de laminação empregado. A redução das espessuras é conduzida em laminadores a frio de 5 ou 6 etapas, que operam com uma velocidade final de laminação de 200 até 2400 m/min (LUTH, 1983;). Após a etapa de laminação, com redução de até 90% da espessura inicial, a folha é submetida ao processo de recozimento, que pode ser realizado em caixa ou continuamente. É o recozimento que define o grau de têmpera da folha o qual é determinado pelo ensaio de dureza superficial Rockwell 30T (ANJOS, 1989).

A redução de espessura das folhas metálicas tem sido uma das principais prioridades das siderúrgicas européias. Essas folhas tem sido denominadas por folhas leves, as quais são certamente mais econômicas, porém o seu uso industrial ainda é uma incógnita. O seu reduzido peso, dificulta sobremaneira a produção da latas através dos equipamentos hoje disponíveis, projetados para folhas mais pesadas e, também,

devido à menor resistência oferecida. Nessa direção, a empresa Rasselstein na Alemanha já produz comercialmente folhas-de-flandres com 0,12 e 0,10mm e a Sollac na França já realizou testes com folhas-de-flandres com 0,09mm, com excelentes resultados (GUERRY 1996).

A combinação da folha de aço com o estanho, do modo como ela se dá na folha-de-flandres tradicional, oferece, nos processos de fabricação conhecidos, muitas vantagens por vários motivos. Por isso, fica difícil em muitos casos substituir o estanho por outro material de revestimento. Isto se verifica principalmente no processo de soldagem convencional, e também na soldagem elétrica e no estiramento. No caso da folha cromada, estreita-se consideravelmente a sua faixa de aplicação, uma vez que o material deve ser envernizado em ambos os lados, suprimindo parte das vantagens de redução de custo obtidas com o uso do cromo (LUTH, 1983).

Os vernizes sanitários, aplicados sobre as folha-de-flandres proporcionam, geralmente, uma adequada proteção contra a corrosão da mesma, embora, isto não signifique uma completa eliminação do problema. A presença do verniz sobre a folha-de-flandres, origina uma mudança radical na natureza das interações lata-produto. O efeito principal atribuído ao verniz é a modificação que ele provoca na proporção de superfícies metálicas livres, estanho e ferro, com relação à situação das latas sem aplicação de verniz, modificando as relações eletroquímicas destas superfícies metálicas, resultando em corrosão especial, como a corrosão de ponto (SOLER, 1981).

2.2. Fabricação do corpo da lata

Embora as latas de aço tenham para o consumidor uma única imagem, elas são produzidas a partir de distintas técnicas de fabricação como a estampagem, estiramento ou a soldagem. As duas primeiras são utilizadas na produção de latas de duas peças (tampa e corpo), enquanto que a última é empregada em latas de três peças (SOUZA *et alii*, 1996).

Existem diferentes técnicas utilizadas na fabricação dos corpos de latas de três peças, sendo que o mais empregado atualmente é a soldagem elétrica, que substituiu o antigo sistema que utilizava uma liga à base de estanho e chumbo. Também são encontrados corpos de latas agrafados com termoplástico, porém as aplicações dessas latas restringem-se apenas aos produtos não submetidos a processamento térmico (ORTIZ, 1981).

Dois são os princípios utilizados na soldagem elétrica do corpo das latas. Um deles, é o sistema *Soudronic*, atualmente muito empregado com folhas-de-flandres, onde o aço é soldado através da camada de estanho. O estanho fundido é afastado da área de soldagem com o auxílio de um fio de cobre, colocado sobre os eletrodos, na forma de rolos rotativos, que atua como um eletrodo intermediário. As velocidades são limitadas pela frequência da corrente alternada, portanto, aumentando-se essa frequência obtêm-se velocidades que, dependendo da altura da lata, atingem até 500 corpos por minuto. Devido à corrente elétrica alternada e ao deslocamento sincronizado do cilindro, a soldagem se dá por pontos justapostos. A intensidade da corrente elétrica pode ser regulada para que seja atingida temperatura entre 900 e 1500° C, a qual permite que o aço se torne maleável e não fluido. Uma variante da soldagem por rolo com fio de cobre alcança as velocidades de produção necessárias, através da transformação da onda sinuosa da corrente elétrica em onda quadrada. Os processos hoje empregados apresentam uma pequena sobreposição da folha, com largura variando entre 0,15 a 0,5mm, totalmente soldada (SCHAERER, 1980, LUTH,1983). O outro, é o sistema *Conoweld*, desenvolvido por uma empresa americana utilizando folhas cromadas. Neste caso, a camada de cromo é removida da área que será soldada, antes da soldagem propriamente dita, soldando-se praticamente a chapa de aço não revestida. A velocidade neste processo é menor do que no processo anterior. Em muitos casos é conveniente aplicar sobre a área de soldagem uma proteção contra a corrosão, principalmente quando se deseja evitar a migração dos metais para o conteúdo da embalagem.

A soldagem elétrica no Brasil foi inicialmente utilizada na produção de latas para bebidas carbonatadas, no início da década de 80, entretanto, no final da mesma década

a tecnologia já era bastante difundida na quase totalidade dos produtos alimentícios acondicionados em latas de três peças.

A soldagem elétrica trouxe várias vantagens à fabricação de latas de três peças, merecendo destacar as seguintes entre as mais importantes: propicia maior resistência à região da costura lateral; permite a formação de frisos ao longo do corpo; permite a redução do diâmetro das latas (*neck in*); oferece maior hermeticidade à recravação devido à menor espessura de material existente na área da junção da recravação com a área soldada e propicia economia de material devido à redução de estanho e à menor sobreposição de material na formação da costura (SCHAERER, 1980).

A redução de espessura e a soldagem elétrica possibilitaram o desenvolvimento e a introdução de outras inovações. A introdução dos frisos no corpo da lata tornou-se necessário à medida que a espessura da folha metálica foi sendo reduzida, tendo em vista a menor resistência mecânica que estas folhas oferecem. Essa perda na resistência mecânica foi compensada pela maior resistência que os frisos passaram a oferecer a esse corpo. Hoje a grande maioria dos corpos de latas encontradas no mercado são produzidas com folhas de 0,15mm e invariavelmente, quando destinadas ao processamento térmico, são frisadas. SAUER *et alii* (1987) salienta que à medida que os frisos são mais profundos, cresce a resistência à pressão de deformação do corpo, todavia diminui a resistência ao empilhamento das latas. De maneira geral, os corpos das latas devem resistir à pressão interna negativa, ou seja, ao vácuo e às pressões externas provocadas pelo processo de esterilização, principalmente na fase de aquecimento de produtos onde a transferência de calor ocorre, principalmente, por condução, isto é, a curva de aquecimento do produto não segue a mesma curva do aquecimento da autoclave.

Outra tecnologia desenvolvida para as latas de três peças, com o advento da tecnologia de soldagem elétrica, foi a redução do diâmetro do corpo na região da recravação (*neck in*), visando vários objetivos, tais como: economia de material metálico utilizado na produção das tampas; permitiu o aumento da resistência

mecânica das latas e, principalmente, possibilitou o empilhamento das latas, nas prateleiras dos supermercados.

2.3. Fabricação da tampa e fundo.

O processo de estampagem para produção das tampas deve levar em conta as propriedades mecânicas da folha metálica para que possam ser considerados os efeitos de tracionamento e alongamento do material. No processo de deformação todo o movimento vem da ferramenta de punção e é transmitido à área de posicionamento do disco ("*blank*"), onde o metal é submetido a tração radial e compressão na direção da circunferência. As características do material podem acomodar ambos efeitos e, possivelmente, a variação de espessura. O comprimento radial aumenta durante a formação dos frisos, na prática, o material não desliza totalmente na ferramenta, ocorrendo na verdade um alongamento e a conseqüente redução de espessura que não é constante, sendo dependente das condições de contato do metal com as ferramentas (RENARD, 1992). O coeficiente de anisotropia, controla se mais ou menos material deve ser refilado entre a ruptura e o enrugamento. A variação do material a ser refilado ao longo da circunferência está relacionada à variação final da espessura de parede da lata (DANTAS, 1991).

Os anéis de expansão ou frisos utilizados nas tampas e fundos proporcionam elasticidade que permite uma expansão de volume quando existe uma pressão interna positiva, a exemplo do que ocorre durante a esterilização das latas. Esse desempenho depende do tipo de desenho da tampa, isto é, do formato, distância e profundidade dos frisos, da espessura e do limite de escoamento. SAUER (1987) constatou que tampas produzidas com folha metálica de espessura de 0,24mm suportam o processo de esterilização sem apresentar falhas, pois seu volume de dilatação é maior que o do seu conteúdo. Entretanto, mantendo-se a mesma geometria da tampa e reduzindo a espessura da chapa para 0,20mm, as tampas de dureza inferior falham e as de dureza superior, de até 70 ROCKWELL 30T, situam-se perto do limite de falha. A redução da dureza que se quer conseguir, só pode ser obtida se o aumento da dureza for também acompanhado de um aprimoramento do desenho da tampa.

2.4. Montagem das latas

No início a tampa era encaixada na extremidade do corpo e a soldagem era efetuada manualmente, daí o termo *lata snap-end* (com tampa de encaixe). Em 1859, as latas eram inclinadas e giradas em um banho de solda, à base de estanho e chumbo, e a produção cresceu a 1000 latas por dia por operário. A Meriam Little Joker de 1880 inclinava as latas à medida em que elas eram giradas em um banho de solda, que era aplicada na recravação da tampa e nenhuma aplicação de solda era feita na superfície da tampa (CONTINENTAL CAN CO., INC., 1970). No Peru, algumas linhas de montagem desse tipo continuaram operando até o ano de 1996, para leite evaporado.

Em 1859, foi requerida a patente para uma máquina de recravação que fixava as tampas aos corpos agrafados e soldados. Posteriormente, o processo de recravação foi patenteado na Inglaterra por E.J. Bourguine e utilizado industrialmente a partir de 1900, tornando obsoleto o estilo *hole-in-cap*. Esse fechamento foi completado com a aplicação de vedantes sob o encurvamento da tampa, desenvolvido em 1896 , por Charles Arm (CONTINENTAL CAN CO. INC., 1970).

Desde a sua introdução no início da década até final dos anos 70, quando a maioria dos corpos eram agrafados e soldados com uma liga de estanho e chumbo, a recravação apresentava um ponto crítico na junção com a agrafagem do corpo. Esse ponto era considerado crítico pois compreendia um conjunto de sete folhas, quatro referentes ao corpo e três da tampa ou fundo, portanto com dimensões distintas ao padrão. Com a introdução da soldagem elétrica no final dos anos 70, o ponto crítico das recravações praticamente foi eliminado, garantindo ao fechamento com maior confiabilidade.

Tais latas são produzidas anualmente aos bilhões, portanto, os custos do material e de processamento são muito importantes. Enquanto que ainda nos anos 60, por razões de comodidade, empregavam-se folhas com espessura entre 0,25 e 0,28mm ou mais, nas latas de pequeno diâmetros, predominou uma tendência de se

utilizar folhas de menor espessura, portanto passou-se a utilizar folhas com 0,22mm. Há muito realizam-se testes para a confecção de tampas de latas com chapas mais econômicas, a fim de reduzir o custo dessas embalagens, porém tais chapas como as de dupla redução são muito difíceis de conformar e, por isso, até final de 1970 não eram utilizadas. Um dos problemas causados pelo uso de folhas de menor espessura refere-se ao maior enrugamento e pregas observado no gancho da tampa.

Um primeiro passo, visando a utilização de folhas de dupla redução com 0,22mm de espessura na produção de latas destinadas a acondicionar produtos sob pressão, foi dado pela *Schmalbach-Lubeca AG*, em 1979, quando depositou um pedido de patente da tecnologia de mini-recravação (*miniseam*) na Alemanha. Isso possibilitou o uso de folhas de dupla redução, com espessura 0,22mm, como também reduziu as dimensões da recravação convencional, passando a altura da recravação de 2,9mm para 2,6mm. Essa técnica foi patenteada em 1985 sob o N° DE 2900568 C2). Atualmente as latas de refrigerantes e cervejas utilizam a mini-recravação em lugar da recravação convencional.

As mesmas necessidades de redução de custo das embalagens metálicas foram vivenciadas no Brasil, a partir dos anos 80, com a entrada no mercado das embalagens cartonadas e plásticas, para produtos derivados de tomate e de óleos vegetais. Assim, em 1990 foi depositado o pedido de patente da micro-recravação junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial –INPI, cuja principal reivindicação refere-se à possibilidade do uso de folhas de reduzida espessura 0,16mm ou menores, duplamente reduzidas, através da redução das medidas da recravação convencional em aproximadamente 50%, patente esta deferida em 1995 sob N° PI 9003371-0 (PATENTE PI 9003371-0).

A tecnologia de micro-recravação permite uma redução no diâmetro de corte das tampas de 7,2mm, e uma redução na altura do corpo de 5,2mm, ambas constantes, independentemente do diâmetro e altura da lata, mantendo a mesma capacidade volumétrica da embalagem. Outras importantes economias também são obtidas com a redução do composto vedante em 70%, assim como nas reduções dos vernizes e tintas

litográficas. (PATENTE PI 9003371-0). As figuras da patente brasileira encontram-se no ANEXO-A .

Além das vantagens económicas propiciadas pela tecnologia da micro-recravação, uma outra do ponto de vista técnico também foi observada, qual seja, a minimização do enrugamento do gancho da tampa, que impedia o uso de folhas de menor espessura e dureza DR8 na produção das tampas utilizadas nas recravações convencionais.

CECCATO (1997) do centro de pesquisa da *Sollac – Groupe Usinor*, França, afirma que o aumento do enrugamento do gancho da tampa é inversamente proporcional à diminuição da espessura e o aumento da dureza do material metálico. Nessas circunstâncias ele afirma ser impossível , utilizando materiais de menor espessura e elevada dureza, formar uma recravação ideal utilizando as dimensões padrão do processo de recravação convencional, concluindo que somente a redução das dimensões da recravação é que tornará possível a utilização de folhas *lightweight*. Ele conclui dizendo que o desenvolvimento da *miniseam* e a micro-recravação demonstram claramente a complexidade desses desafios. As três recravações e suas dimensões são apresentadas no ANEXO-B.

2.5. Estudos de viabilidade da micro-recravação

A partir de 1990 a tecnologia de micro-recravação passou a ser avaliada no Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL. Os resultados preliminares dessas avaliações foram apresentados em 1992, no *XIII Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos*, realizado em São Paulo, e na *Fifth International Tinplate Conference*, realizado em Londres (SOLER *et alii*, 1992a, 1992b). O estudo avaliou o desempenho da tecnologia de micro-recravação, através de ensaios de processamento térmico, ensaios de transporte e, finalmente, por meio do bioteste descrito por *Burke & Schultz* do *Natick Laboratories-United States Army* (BURKE, 1972). Constatou-se a incidência de estufamento, somente após o bioteste, em 5,0% das amostras micro-

recravadas, enquanto as amostras recravadas pelo processo convencional mantiveram-se todas íntegras.

Os resultados preliminares da avaliação da micro-recravação foram considerados satisfatórios, razão pela qual decidiu-se dar continuidade na sua avaliação, bem como, apresenta-los, nas duas reuniões acima citadas. No Brasil, o trabalho foi classificado em de primeiro lugar pela *Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos-SBCTA*, em 1992, entre os mais de 300 trabalhos apresentados naquele Congresso, concedido, por primeira vez, pelo *International Life Science Institute - ILSI* (SOLER, 1992a). Na *Fifth International Tinsplate Conference* a apresentação despertou grande interesse e muita curiosidade, quando comparado aos trabalhos apresentados naquela conferência (SOLER, 1992b).

As principais revistas especializadas em embalagens metálicas dedicaram especial atenção ao tema, divulgando os resultados apresentados na conferência (SMALLER, 1992, MICROSEAM, 1992, MICROSEAM'S, 1992, INNOVATIVE, 1992).

Quando estes resultados foram divulgados aos principais fabricantes de latas, e de conservas alimentícias no Brasil, um deles mostrou particular interesse, solicitando um teste industrial, o qual foi conduzido ainda em 1992. Após o término do teste, autorizou-se a introdução da micro-recravação nas latas da *Companhia Industrial de Conservas Alimentícias-CICA*, iniciada em 05 de agosto de 1993 com o produto "Pomarola", tendo sido produzidas até 1996 mais de 250 milhões de latas micro-recravadas, sem registros de problemas, seja na fabricação das latas ou na industrialização do produto.

Desde a aprovação da tecnologia pela CICA a micro-recravação continua sendo avaliada no Brasil e no exterior.

DANTAS & FARIA (1993), elaboraram o primeiro manual de controle de qualidade a pedido da *Indústria Metalgráfica Sul Americana-MSA*, onde os principais defeitos da micro-recravação são apresentados, entre os quais encontram-se; micro-

recravação cortante, gancho da tampa fraturado e gancho do corpo duplo. Avaliou-se, também, a primeira e a segunda operação de micro-recravação. Trata-se de um manual orientativo aos fabricantes de latas e de conservas contendo recomendações dimensionais e presença de defeitos.

FARIA *et alii* (1996) realizou um trabalho a pedido da empresa *Metalgráfica Sul Americana-MSA*, onde avaliaram a resistência de latas micro-recravadas, comparativamente às latas convencionais, quando submetida a abuso mecânico. O ensaio consiste em provocar um impacto mecânico sobre a região da recravação, em ângulos de 45° e 67° e logo após o impacto promover o contacto da parte externa da lata com uma suspensão de bactérias. Os resultados permitiram concluir que a micro-recravação apresentou performance comparável à lata convencional para o ângulo de 45°, enquanto para o ângulo de 67° sua performance foi superior. Essa superioridade foi atribuída à sua maior maleabilidade, isto é, à sua maior capacidade de deformação quando submetida ao teste de impacto, à sua estrutura mais compacta e ao tipo de deformação resultante desse tipo de impacto.

DANTAS (1995), a pedido da *MSA*, preparou para o *Can Manufacturers Institute-CMI*, as recomendações dimensionais da micro-recravação para latas com diâmetros de 60,2 e 73,0mm, tendo em vista que nos Estados Unidos da América todas as empresas interessadas passaram a exigir esses padrões do *CMI*, para que se pudessem produzir latas micro-recravadas dentro das especificações.

DANTAS (1996), realizou a pedido da *MSA*, um estudo comparativo de resistência mecânica entre latas micro-recravadas produzidas com corpos frisados, tampas e fundos com espessuras de 0,16mm e latas recravadas pelo processo convencional produzidas com corpo agrafado sem friso de 0,17mm e tampa e fundo de 0,18mm, para óleos vegetais com capacidade de 900ml. Ambas as amostras, contendo óleo de soja, foram submetidas a ensaios de transporte (vibração e teste de queda), e avaliações mensais de vácuo, e índice de peróxido. A lata micro-recravada apresentou melhor desempenho à formação de vácuo e menor resistência à carga vertical que a lata agrafada sem friso, porém muito superior à carga à qual foi submetida no transporte

e estocagem. No transporte, a lata micro-recravada apresentou melhor desempenho frente ao ensaio de simulação de transporte e frente ao teste de queda. Portanto, o autor concluiu que a lata micro-recravada apresentou desempenho plenamente satisfatório ao acondicionamento de óleo de soja.

SOLER (1996) avaliou o desempenho de folhas de flandres duplamente reduzidas com espessuras de 0,14 e 0,12mm produzidas pela *Rasselstein* na Alemanha, tendo em vista a *Companhia Siderúrgica Nacional - CSN*, não produzir essas folhas no Brasil. O trabalho objetivou avaliar o desempenho de latas, produzidas com a tecnologia da micro-recravação, onde no corpo foram utilizadas folhas com espessura de 0,16mm e as tampas e fundos foram produzidos com folhas de 0,14 e 0,12mm. Escolheu-se a lata com diâmetro 60,2mm para a realização dos testes, pois essas latas são as que apresentam maiores dificuldades no processo de recravação. Dois tipos de produtos foram escolhidos para avaliar as latas: extrato de tomate e patê de presunto. As latas de tomate foram remetidas à CICA na cidade de Patos de Minas - MG e foram introduzidas na linha de produção. As latas de patê foram processadas na empresa *Swift Brazil*, utilizando uma recravadeira da *Indústria de Máquinas Kramer*, apropriada para latas micro-recravadas. Após o processamento, as latas foram mantidas a 35°C durante 30 dias e posteriormente avaliadas quanto à integridade. Não se verificou qualquer amostra estufada. As recravações foram avaliadas dimensionalmente e em relação à presença de rugas no gancho da tampa. Não foram observadas presença de rugas no gancho da tampa, como também não foram observadas deformações mecânicas nas latas de patê após o processo de esterilização. Portanto, conclui-se que os materiais utilizados na fabricação das tampas das latas micro-recravadas, com espessura de 0,12 e 0,14mm, apresentaram desempenho satisfatório.

A *Alcan Alumínio Corporation*, avaliou a tecnologia da micro-recravação aplicada às latas de alumínio para bebidas carbonatadas, comparativamente às latas recravadas pela tecnologia *miniseam* (BROWN, 1999). O trabalho foi realizado com o suporte dos principais fabricantes de equipamentos de latas, tampas e recravadeiras dos EUA. Desenvolveu-se novas tampas com as dimensões patenteadas, bem como

corpos com flanges apropriadas. As latas foram envasadas com água e pressurizadas com injeção de nitrogênio líquido, para avaliar o ponto de resistência ao teste de abaulamento. Neste teste registrou-se a pressão em que ocorreu o *buckle*, e a pressão em que as tampas se inverteram. O teste de queda foi realizado com amostras envasadas com água, mantendo o mesmo espaço-livre e a seguir adicionados dois tabletes de *Alka-Seltzer* (antiácido efervescente) antes do fechamento, observando-se formação da pressão interna após um minuto. As latas sofreram uma queda de uma altura de 50,8cm (20 polegadas) sobre uma superfície pontiaguda hexagonal. Ambas as amostras permaneceram herméticas, porém, como era de se esperar as latas micro-recravadas apresentaram-se mais danificadas. As conclusões foram que as latas micro-recravadas mantiveram-se integras. A micro-recravação parece requerer tolerâncias e especificações menores. As economias e benefícios proporcionadas pela micro-recravação são substanciais. A aplicação e a quantidade de vedante podem afetar a integridade da micro-recravação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material de embalagem

3.1.1 Embalagens metálicas

Foram avaliadas, comparativamente, dois tipos de amostras, isto é, 1500 latas micro-recravadas e 1500 latas recravadas pelo processo convencional.

As folhas-de-flandres utilizadas para a produção dos corpos das latas convencionais e micro-recravadas apresentavam as seguintes características: espessura de 0,16mm, duplamente reduzida - DR8 (Rockwell 30T) e revestimento eletrolítico de estanho E 5,6 g/m². As folhas-de-flandres utilizadas na fabricação das tampas e fundos das amostras convencionais possuíam as seguintes especificações: espessura 0,20mm, dureza T61 (Rockwell 30T) e revestimento de estanho E 5,6 g/m². As especificações das folhas utilizadas na produção das tampas e fundos das amostras micro-recravadas foram: espessura 0,16mm, dureza DR8 (Rockwell 30T) e revestimento de estanho E 5,6 g/m².

As folhas-de-flandres do corpo, tampa e fundo de ambas as amostras foram envernizados com verniz epoxi-fenólico (na proporção 60/40), curado a 200°C por 12 minutos, de acordo com as especificações do fabricante, *Tintas Coral S.A.*, com uma camada seca de 4g/m².

O envernizamento das folhas metálicas utilizadas na fabricação das amostras convencionais e micro-recravadas, a produção das latas convencionais (corpo, tampa e fundo) e a fabricação dos corpos das amostras micro-recravadas foram conduzidas pela *Rheem Empreendimentos Industriais S.A.*, São Paulo-SP. A produção das tampas e fundos micro-recravados, bem como a montagem das amostras micro-recravadas foram conduzidas pela *Indústria de Máquinas Kramer Ltda*, Jundiaí-SP.

A lata micro-recravada, de ambos os lados, possuía as seguintes dimensões: diâmetro 74,80mm e altura 94,14mm, enquanto que a lata recravada pelo processo convencional de ambos os lados, apresentava como dimensões: diâmetro 74,92mm e altura 90,94mm. Ambas as amostras possuíam 10 frisos no corpo da lata.

3.1.2 Embalagens de papelão ondulado

Caixas de papelão ondulado do tipo *wrap-around*, com onda do tipo B, foram utilizadas para o acondicionamento das amostras. A caixa de papelão ondulado utilizada para as amostras micro-recravadas possuía as dimensões; 455mm de comprimento, 303mm de largura e 190mm de altura, e para as latas convencionais as seguintes dimensões; 455mm de comprimento, 303mm de largura de 184mm de altura, produzidas pela *Rigesa Celulose, Papel e Embalagens Ltda*, localizada na cidade de Valinhos – SP. Cada caixa permitia o acondicionamento de 48 latas, com duas camadas de 24 latas.

3.1.3. Acondicionamento e esterilização das latas

3.1.3.1. Acondicionamento com caldo lactosado

O caldo lactosado fabricado pela *Biobrás Diagnósticos*, Montes Claros-MG, foi preparado na concentração de 13g/l. Após a diluição e aquecimento à temperatura de 90°C acondicionou-se nas latas, deixando um espaço livre de 10mm. As latas foram a seguir recravadas em uma recravadeira industrial, semi-automática, de fabricação da *Indústria de Máquinas Kramer Ltda*. Jundiaí-SP, e logo após submetidas a resfriamento em tanques de aço inoxidável, com circulação de água da rede pública, à temperatura ambiente. Após o resfriamento todas as amostras foram avaliadas quanto ao nível interno de vácuo de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.2.3.

3.1.3.2 Acondicionamento com caldo “infusão de cérebro e coração” (BHI)

Preparou-se o caldo de infusão de cérebro e coração (BHI), produzido *Biobrás Diagnósticos*, Montes Claros – MG, na concentração de 37g/l. Após a diluição e aquecimento à temperatura de 90°C foi acondicionado nas amostras micro-recravadas e convencionais, deixando um espaço-livre de 10mm. A seguir as amostras foram recravadas em uma recravadeira semi-automática, de fabricação da *Indústria de Máquinas Kramer*, Jundiaí – SP, regulada para propiciar o fechamento das latas micro-recravadas e convencionais conforme descrito na Tabela 2 e logo após submetidas ao resfriamento com água clorada, à temperatura ambiente, em tanques de aço inoxidável. Após o resfriamento todas as amostras foram avaliadas quanto ao nível interno de vácuo de acordo com a metodologia descrita no item 3.2.2.3. Os fundos das amostras micro-recravadas e convencionais possuíam as dimensões padrão da recravação específica de cada tipo, isto é, as dimensões MN e CN respectivamente, indicados na Tabela 2.

TABELA 2. Descrição das amostras micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo BHI.

Código	Nº de Latas	Amostra
MN	400	Amostras micro-recravadas com dimensões padrão (*)
MA	400	Amostras micro-recravadas com menor aperto
MS	400	Amostras micro-recravadas com sobreposição fora do padrão
CN	400	Amostras convencionais com dimensões padrão (**)

(*) definidas pela Patente PI 9003371-0

(**) definidas pela SEFEL (citado por CECCATO, 1997)

3.1.3.3. Esterilização das latas

Todos os processos de esterilização foram conduzidos em autoclave fixa vertical, pertencente ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, conforme a Figura 1, com processamento sob pressão em vapor, seguindo o procedimento descrito por FOOD PROCESSORS INSTITUT (1990). Para as latas descritas no item 3.1.1 a capacidade da autoclave era de 200 latas. A desaeração da autoclave foi mantida constante para

todas os ensaios, em três minutos mais um minuto para atingir a temperatura de processo, correspondendo a um total de quatro minutos. A entrada de vapor foi realizada pelo fundo da autoclave. As condições utilizadas foram 121°C, durante 15 minutos. O resfriamento das latas foi realizado com água tratada da rede pública, sob pressão de ar comprimido de 16psi, suficiente para contrabalançar a pressão interna a um nível seguro, isto é, permitindo exposição à pressão atmosférica, sem o risco de empenamento das suas extremidades. As amostras foram retiradas da autoclave à temperatura de 35°C.

As temperaturas e os tempos de aquecimento e resfriamento, para cada esterilização, foram monitorados através de termopares posicionados a 1/3 da altura da lata, partindo do fundo, sendo estas colocadas no centro da autoclave à meia altura. Todos os dados de tempo/temperatura foram registrados em um aparelho *ELLAB*, modelo 24 FD.

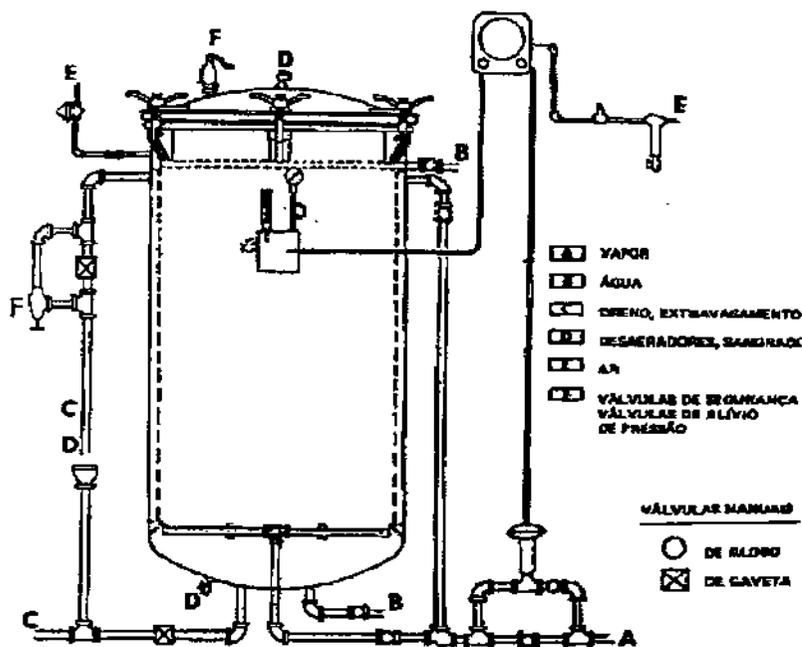


FIGURA 1. Autoclave vertical utilizada na esterilização das latas

Após a esterilização, as amostras foram armazenadas em câmara de incubação à temperatura de 35°C, durante 10 dias.

3.1.4. Ensaios industriais

Os ensaios descritos a seguir foram realizados com o objetivo de avaliar o desempenho das latas micro-recravadas, frente às latas recravadas convencionalmente em condições de processamento industrial.

Os ensaios foram realizados com a co-participação da *Companhia Industrial de Conservas Alimentícias-CICA*, nas suas unidades de Jundiaí-SP e Monte Alto-SP. Realizaram-se dois testes, o primeiro foi realizado com o extrato de tomate, um produto de pH ácido (4,0-4,5). O outro produto foi a conserva de ervilha, de baixa acidez (pH superior a 4,6), o qual é submetido a tratamento de esterilização. Utilizou-se um total de 10.000 latas, conforme descrito no item 3.1.1. para os dois testes, sendo 5.000 latas com extrato de tomate e 5.000 latas acondicionadas com ervilha.

3.1.4.1. Extrato de tomate

O ensaio com o extrato de tomate foi conduzido na unidade industrial da *CICA* de Monte Alto-SP. As latas foram enchidas na linha de processamento, com o extrato a 90°C e a seguir micro-recravadas em recravadeira semi-automática da *Indústria de Máquinas Kramer Ltda.*, Jundiaí – SP. Após o fechamento as latas retornaram à linha de processamento, onde foram pasteurizadas a 95°C por 15 minutos, seguida de resfriamento por 15 minutos, até a temperatura de 35°C, secagem e acondicionamento das latas em caixas de papelão. As caixas foram paletizadas e transportadas para a unidade industrial de Jundiaí-SP, onde permaneceram em câmara à temperatura de 35°C durante 30 dias.

Após o período de estocagem, as caixas foram abertas e todas as latas avaliadas individualmente quanto a estufamento e demais danos provocados durante o ensaio de processamento e de transporte.

3.1.4.2. Conserva de ervilha

As ervilhas após sofrerem uma reidratação e posterior branqueamento, conforme especificações industriais não reveladas pelo fabricante, foram acondicionadas nas latas (220g) e a seguir realizado o enchimento (180 ml) com salmoura aquecida a 90°C. Imediatamente após o enchimento, as latas foram micro-recravadas com a mesma recravadeira semi-automática utilizada no ensaio anterior. Após o fechamento, as latas retornaram à linha de produção e conduzidas aos cestos, que posteriormente foram introduzidos na autoclave vertical.

A autoclave estática vertical, com capacidade para 3000 latas, foi especificamente adaptada para operar com injeção de ar comprimido durante a etapa de resfriamento, condição requerida pelas latas micro-recravadas produzidas com folhas de menor espessura. Com exceção do sistema de contra-pressão, as demais operações da autoclave mantiveram-se como as utilizadas pela CICA, para as latas recravadas pelo processo convencional, isto é, esterilização a 121°C, durante 20 minutos, seguido do resfriamento até a temperatura de 35°C. A seguir as latas foram conduzidas à linha de encaixotamento e paletização e a seguir incubadas a 35°C durante 30 dias, conforme procedimento interno da empresa CICA.

3.2 Métodos

3.2.1. Caracterização das amostras

As características das amostras de folha-de-flandres foram avaliadas seguindo metodologias descritas em (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.1.1. Espessura

A espessura da folha de flandres utilizada para a fabricação das amostras foi avaliada por meio de micrômetro digital da marca *Mitutoyo*, realizando-se 5 determinações em 10 corpos-de-prova do corpo e 5 corpos-de-prova da tampa e fundo (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.1.2. Dureza

A dureza superficial Rockwell em escala 15T, das folhas utilizadas para a fabricação do corpo, tampa e fundo das amostras foi determinada por meio de um durmetro, com penetração de uma esfera de aço de diâmetro 1,59mm utilizando-se como suporte do corpo de prova disco de aço contendo diamante no centro, realizando-se três determinações em três corpos-de-prova de cada tipo de lata (FARIA *et alii*, 1990, ABNT, 1985).

3.2.1.3. Revestimento de estanho

A camada de estanho total (estanho livre e estanho liga) foi determinada realizando-se 5 determinações em cinco corpos de prova pelo coulométrico, utilizando-se um potenciômetro, um registrador potenciométrico em milivolts e uma fonte de corrente contínua com corrente elétrica ajustada para 100mA. Amostras de 25,8cm² foram colocadas na célula e a seguir introduzida a solução eletrolítica de ácido clorídrico 1,0N. Um eletrodo de platina foi utilizado como contra-eletrodo e como eletrodo de referência um eletrodo de prata pura com 3,18mm de diâmetro e 25mm de comprimento. Após o desestanhamento, obtem-se dois degraus no registrador potenciométrico, um referente ao estanho livre e outro ao estanho na forma ligada (FeSn₂), através dos quais calcula-se a quantidade de estanho total (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.1.4. Camada seca de verniz

A determinação da camada seca de verniz foi conduzida pelo método gravimétrico. Amostras de área conhecida foram pesadas em balança analítica com precisão de 10^{-4} g. Após a remoção do verniz epóxi-fenólico, com acetona, as amostras foram novamente pesadas. O resultado da diferença dos pesos obtidos, expressa a quantidade do verniz em gramas por metro quadrado. Foram realizadas cinco determinações em 10 corpos de prova do corpo e da tampa e fundo das amostras (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.1.5. Profundidade do friso

A profundidade do friso foi determinada por meio do projetor de perfil *Mitutoyo* modelo PJ300 com lente de aumento de 10 vezes. Foram avaliadas cinco amostras de latas micro-recravadas e cinco convencionais (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.1.6. Dimensões das amostras

O diâmetro externo e a altura das amostras recravadas dos dois lados foram determinados através de um paquímetro *Mitutoyo* com resolução de 0,02mm. Foram realizadas três determinações em 15 unidades de latas (FARIA *et alii*, 1990).

3.2.2 Caracterização das amostras acondicionadas

3.2.2.1 Altura do espaço-livre

A altura do espaço-livre, foi determinada por meio de uma régua graduada em milímetros, descontando-se a altura do rebaixo da recravação, determinada através de relógio comparador *Mitutoyo* com resolução de 10^{-2} mm.

3.2.2.2 Peso

Todas as amostras micro-recravadas e convencionais foram pesadas em balança semi-analítica com resolução de 10^{-2} g, após a etapa de acondicionamento e esterilização.

3.2.2.3 Nível de vácuo

A determinação do nível de vácuo foi realizada através de método não destrutivo, utilizando equipamento Vac-u-Lac System, modelo ABC, fabricado pela *Dun-Rite Products*, EUA, o qual correlaciona nível de vácuo com força eletromagnética. Cinco amostras de latas micro-recravadas e convencionais, produzidas com as mesmas características descritas no item 3.1.1, foram utilizadas para obtenção da curva de calibração nível de vácuo (mmHg) x força eletromagnética (mV). Cada amostra foi enchida com caldo lactosado, deixando-se um espaço-livre de 10mm e a seguir posicionada sobre o equipamento para registrar o valor da força eletromagnética para um nível de vácuo igual a zero. Para calibração, utilizou-se uma tampa de acrílico apropriada, dotada com uma gaxeta de borracha de igual diâmetro que a lata, acoplada através de mangueira flexível uma bomba de vácuo manual. Fez-se o fechamento da lata por pressão manual e a seguir aplicam-se diferentes níveis de vácuo interno, com incrementos de 5 polegadas, registrando-se os valores da força-eletromagnética correspondente em milivolts, até um valor próximo de 760mmHg, conforme instruções do catálogo do equipamento. Com o auxílio da curva de calibração fez-se a determinação do nível de vácuo das amostras.

3.2.2.4 Exame da recravação

Uma recravadeira industrial semi-automática de fabricação da *Indústria de Máquinas Kramer Ltda*, Jundiaí-SP, foi modificada para efetuar o fechamento das latas micro-recravadas e das latas convencionais. Um jogo de ferramentas específico para cada tipo de amostra foi utilizado na recravadeira Kramer, compreendendo: roletes de 1ª e 2ª operação com perfis especiais, placa de base e disco de recravação.

As amostras foram inicialmente avaliadas pelo método visual, para observar a presença de defeitos, como pregas, escorrimentos e recravações laminadas ou cortantes. A seguir realizou-se medições externas, em três posições da tampa e fundo, em pontos eqüidistantes, separados por 120° , da altura e da espessura da recavação com um micrômetro específico para recavação da marca *Mitutoyo* com resolução de 10^{-2} mm, assim como da profundidade do rebaixo, através de relógio comparador *Mitutoyo* com resolução de 10^{-2} mm.

Após a avaliação visual e a determinação das medidas externas, as recravações foram examinadas internamente, isto é, por abertura da recavação, separando fisicamente o corpo da tampa e do fundo e realizando as medições, do gancho da tampa, gancho do corpo nas mesmas posições já referidas anteriormente, através de um micrômetro específico para recavação, *Mitutoyo* com resolução de 10^{-2} mm. Avaliou-se visualmente o grau de enrugamento do gancho da tampa e do fundo das amostras micro-recravadas e convencionais (FARIA *et alii*, 1990).

A espessuras da folha do corpo, tampa e fundo foram determinadas através de um micrômetro *Mitutoyo* com ponta esférica e resolução de 10^{-2} mm. A Figura 2 mostra os parâmetros avaliados na seção transversal da recavação.

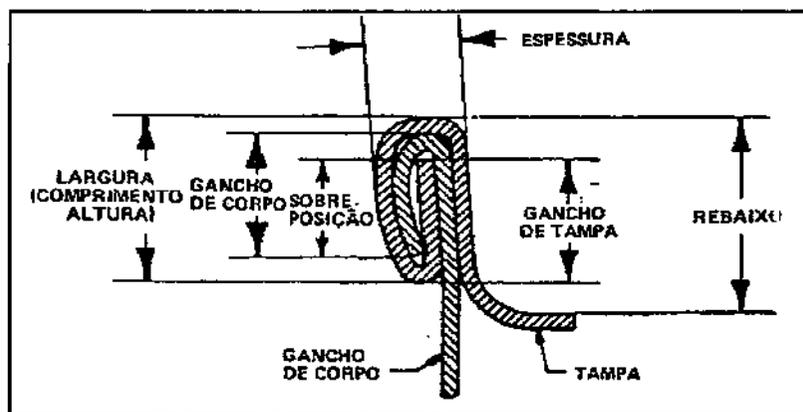


FIGURA 2. Seção transversal da recavação e identificação dos parâmetros avaliados.

A partir da determinação dos parâmetros anteriores foram determinadas a sobreposição relativa, calculada de acordo com a Equação 1 e a sobreposição linear calculada de acordo com a Equação 2.

$$S = \frac{GC + GT - 1.1ET - HT}{HT - 1.1(2ET - EC)} \times 100 \quad (1)$$

$$SL = GT + GC + ET - HT \quad (2)$$

onde: S é a sobreposição relativa calculada (%); GC é o comprimento do gancho do corpo (mm); GT é o comprimento do gancho da tampa (mm); ET é a espessura da folha da tampa e do fundo (mm); EC é a espessura da folha do corpo (mm), SL é a sobreposição linear calculada (mm)

3.2.3 Ensaio de vibração

O ensaio de vibração para simular o transporte foi realizado segundo metodologia descrita por ASTM (1987), no Centro de Tecnologia de Embalagem de Alimentos do ITAL, utilizando-se uma mesa de vibração *MTS Systems Corp, USA*, modelo 495.10, com 1,5 x 1,5m de dimensão e 5 toneladas de força dinâmica. Foi utilizado o espectro para caminhões, com valor médio na aceleração (rms) de 0,5g's, durante 240 minutos, correspondendo a aproximadamente 2000 km percorridos. A vibração randômica foi controlada por meio do equipamento *Random Vibration Controller, Schlumberger*, modelo 1209.

As latas foram acondicionadas em caixas de papelão ondulado com capacidade para 48 latas cada, em duas camadas de 24 latas. Foram ensaiadas 32 caixas de cada tipo de lata separadamente (micro-recravada e convencional), dispostas sobre um *palet* de 1200 x 1000mm, com 4 camadas, contendo 8 caixas cada uma, conforme ilustrado na Figura 3.

Cada camada foi arranjada de tal forma a permitir uma perfeita amarração das caixas no *palet*. Após o empilhamento das caixas sobre o *palet* este foi posicionado sobre a mesa de vibração, colocadas cantoneiras de madeira e amarrada a carga à mesa de vibração, com o auxílio de cordas e o ensaio conduzido conforme anteriormente descrito.

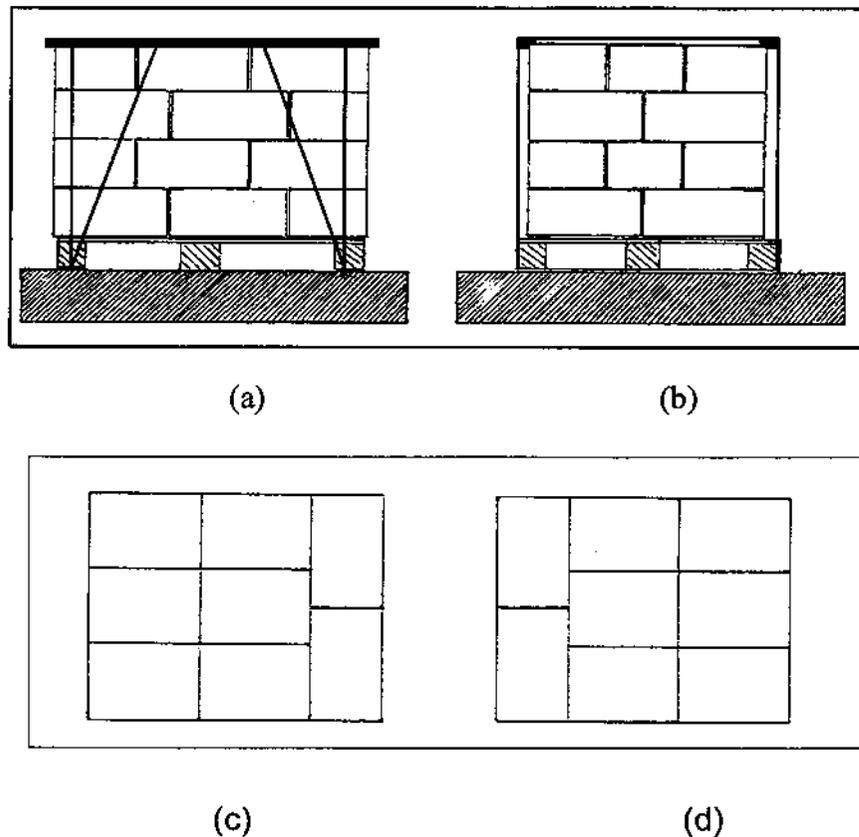


FIGURA 3. Arranjo das caixas contendo amostras acondicionadas com caldo lactosado na mesa de vibração: (a) vista lateral; (b) vista frontal; (c) vista de topo da 1ª e 3ª camadas e (d) vista de topo da 2ª e 4ª camadas.

3.2.4 Determinação da resistência ao impacto por queda livre das caixas

O teste de queda foi realizado nas caixas de papelão, que previamente foram submetidas ao teste de vibração, de acordo com a metodologia da ASTM D 775-86, utilizando-se o equipamento de queda construído pelo Centro de Tecnologia de

Embalagem de Alimentos-CETEA, do Instituto de Tecnologia de Alimentos-ITAL. A altura definida para o teste foi de 45,0 cm. O mecanismo é operado através de um dispositivo, que garante uma correta orientação durante a queda, sem que outras forças, rotacional ou lateral sejam aplicadas à caixa (ASTM, 1980).

Cada caixa foi submetida a quatro quedas subsequentes, três faces e uma borda. Inicialmente foram realizadas três quedas livres com as faces 3,4 e 5 da caixa, nesta ordem, voltadas para baixo, e finalmente com a borda (2-3) voltada para baixo. A Figura 4 apresenta um diagrama identificando as faces e bordas da caixa (ASTM, 1997), que sofreram impacto com a superfície de choque.

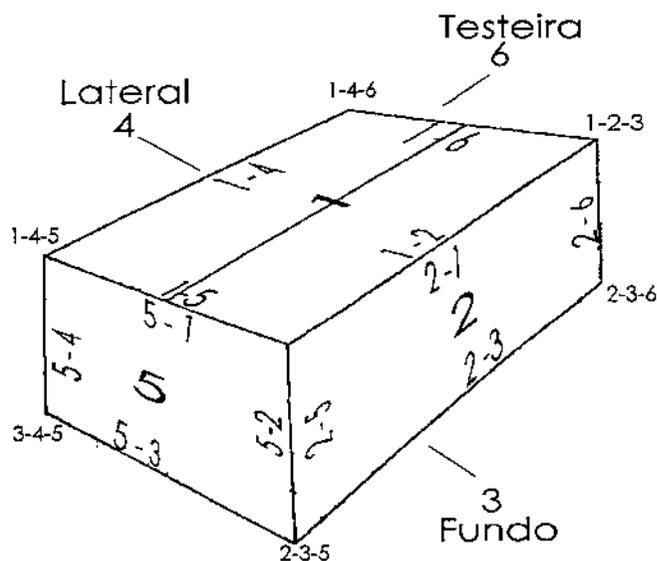


FIGURA 4. Diagrama dos lados, faces e cantos da caixa utilizadas no teste de queda

Após os quatro ensaios de queda, realizou-se uma avaliação visual das latas para verificar os danos causados a nível de amassamento do corpo, tampa ou fundo, conforme descreve a escala de três graus, indicadas nas Figuras 5 e 6, para as latas micro-recravadas e convencionais, respectivamente. A seguir as amostras foram armazenadas em câmara à temperatura de 35°C durante 10 dias.

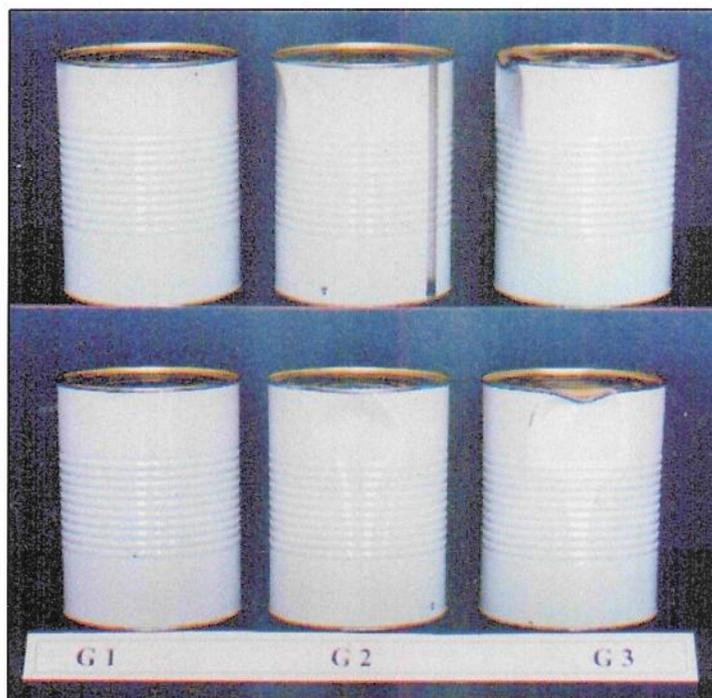


FIGURA 5. Latas micro-recravadas com amassamento pequeno (G1), moderado (G2) e intenso (G3).

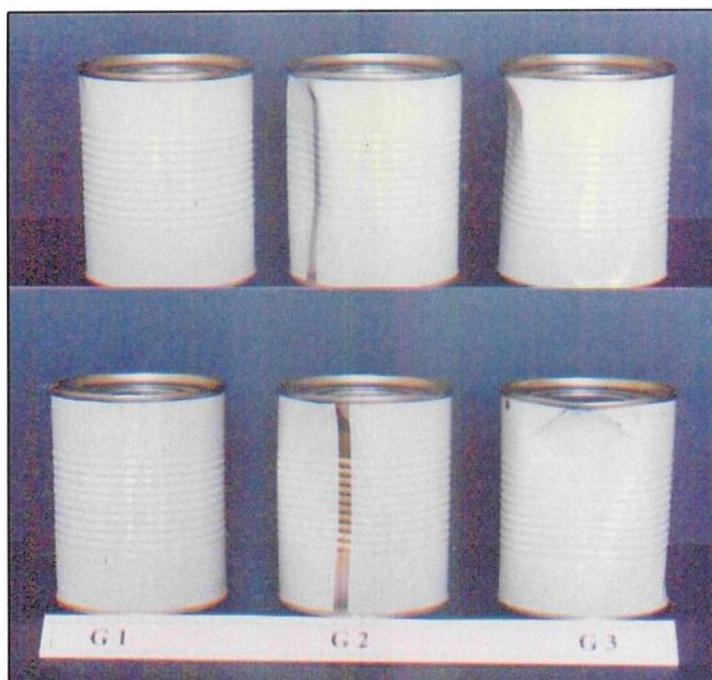


FIGURA 6. Latas convencionais com amassamento pequeno (G1), moderado (G2) e intenso (G3).

3.2.5 Bioteste com *Enterobacter aerogenes*

O bioteste foi aplicado nas latas micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo lactosado, conforme descrito no item 3.1.3.1, após os ensaios de vibração (item 3.2.3) e de resistência ao teste de queda (item 3.2.4), conforme a metodologia de BURKE & CHULTZ (1972).

□ Preparo da suspensão de *Enterobacter aerogenes*

A suspensão de *Enterobacter aerogenes* , foi preparada através da diluição de 200ml da cultura com uma contagem de 4.0×10^9 U.F.C./ml em 20 litros da solução de ensaio, contendo 0,1% de peptona e 0,05% de agente umectante Tween 80 em água destilada.

□ Ensaio do bioteste

O ensaio consiste em introduzir as latas num tanque à vácuo (utilizou-se um tacho a vácuo marca Gröen), conforme mostra a Figura 7, com capacidade para 40 latas, contendo uma suspensão de *Enterobacter aerogenes* à 10^7 U.F.C./ml. Após o fechamento do tanque aplicou-se vácuo de 20 pol Hg e manteve-se por 10 segundos, retornando a seguir a pressão ambiente, a qual foi mantida por mais 10 segundos. Repetiu-se o procedimento durante 90 ciclos para cada lote de 40 latas testadas, conforme descrito por BURKE & CHULTZ (1972).

Ao final do bioteste, foram retiradas alíquotas da suspensão e efetuadas contagens em triplicada, para confirmar a concentração da suspensão.

Em seguida, armazenadas as amostras em câmara à temperatura de 35°C por um período de 10 dias. Após o período de armazenamento as latas foram avaliadas visualmente quanto ao estufamento, devido à produção de gases.

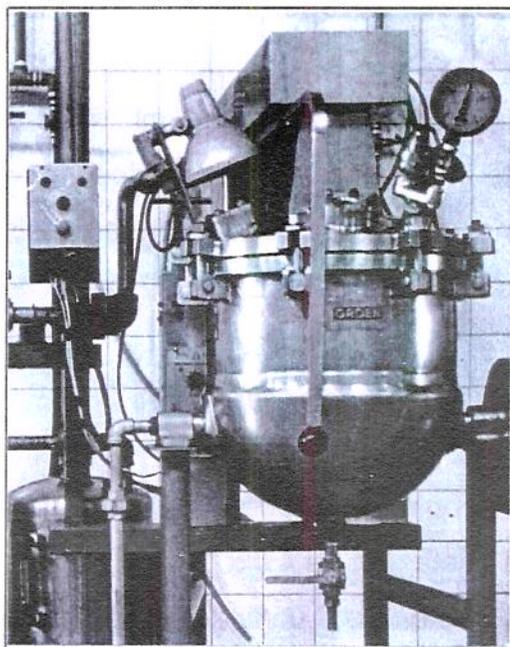


FIGURA 7. Tanque a vácuo utilizado no ensaio do bioteste

As amostras que se mantiveram íntegras, após o período de incubação foram inoculadas com 1,5ml da suspensão de *Enterobacter aerogenes* à concentração de $1,2 \times 10^7$ U.F.C./ml, com o objetivo de confirmar a efetiva integridade das amostras que não sofreram estufamento, isto é, checar os resultados falso-positivos, visto que as latas que não estufaram durante o período de incubação poderiam apresentar vazamentos.

Um septo de silicone foi aplicado na tampa de todas as amostras que não apresentaram estufamento, através do qual foi realizada a perfuração da tampa, com o auxílio de um punção metálico pontiagudo, previamente esterilizado. Após a inoculação, as amostras foram mantidas em câmara à temperatura de 35°C, por mais 10 dias. Desta forma, se a lata inoculada ainda não estufasse seria por causa de microvazamento.

3.2.6 Bioteste com esporos de P.A. 3679

O bioteste com esporos de P.A. 3679 foi desenvolvido com o objetivo de reproduzir o principal ponto crítico na recontaminação de embalagens metálicas, ou seja, o momento onde termina o processo de esterilização e se inicia o processo de resfriamento. Vários fatores contribuem simultaneamente para tornar, este, o ponto mais crítico do termoprocessamento. Entre eles podem ser destacados os seguintes; é o momento no qual a lata entra em contato com a água de resfriamento, onde o vácuo começa a ser formado e o vedante ainda se apresenta relativamente fluído.

Os esporos de P.A. 3679 (*Clostridium sporogenes*) são largamente empregados nos estudos de embalagem que objetivam avaliar as condições de processamento térmico de alimentos de baixa acidez. O PA 3679 foi escolhido, para contaminar a água de resfriamento, por ser um microrganismo não tóxico, ser mais resistente ao calor e possuir os mesmos requerimentos fisiológicos que o *Clostridium botulinum* (POTTER, 1973). A resistência térmica (D_{250}) aproximada do PA 3679 é de 0,10 a 1,50 enquanto que para o *C.botulinum* ela é de 0,10 a 0,20 (STUMBO, 1965).

□ Preparo da suspensão de esporos P.A. 3679

As culturas utilizadas de P.A. 3679 foram obtidas da empresa *National Cannery Association* e mantidas no laboratório de Microbiologia do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL.

A metodologia para reprodução dos esporos utilizada foi descrita por Goldoni et alii. (1980). Alíquotas de 100ml da suspensão de esporos obtida, contendo aproximadamente 10^8 esporos/ml, foram diluídos em 150 litros de água de resfriamento contido em um tanque de aço inoxidável; resultando numa concentração final na ordem de 10^4 esporos/ml. A quantidade de esporos foi determinada através de plaqueamento em profundidade de diluições previamente submetidas a choque térmico a 80°C por 10

minutos, em duplicata, utilizando o meio Agar Fígado de Vitela- "LVA" da empresa *Biobrás Diagnósticos*, Montes Claros – MG, (DIFCO, 1984).

O mesmo procedimento de plaqueamento em profundidade usado para contar os esporos da suspensão final foi empregado na enumeração dos esporos na água de resfriamento, antes da entrada e após a saída da autoclave.

□ Descrição do método com esporos P.A. 3679

As amostras de latas micro-recravadas e convencionais foram acondicionadas com caldo infusão de cérebro e coração (BHI), e a seguir submetidas a fechamento. Uma recravadeira Kramer foi regulada para produzir três tipos de fechamentos distintos para as amostras micro-recravadas. O primeiro com as dimensões definidas pelo padrão da micro-recravação (PATENTE, 1990). Os outros dois foram propositalmente efetuados visando reproduzir os principais defeitos associados ao estufamento de latas de produtos alimentícios, quais sejam: recravações com pequena sobreposição, inferior a 50% (MS) e recravações com pouco aperto (MA), conforme descrito no item 3.1.3.2. As amostras recravadas pelo processo convencional possuíam dimensões definidas pelo padrão SEFEL (citado por CECCATO, 1997).

As latas foram introduzidas na autoclave vertical a vapor com capacidade para 200 latas, e a seguir esterilizadas conforme descrito no item 3.1.3.3. O resfriamento foi realizado sob pressão de ar comprimido, utilizando-se água de resfriamento, previamente contaminada com esporos P.A. 3679 à concentração de 10^4 U.F.C./ml proveniente de um tanque de aço inoxidável, acoplado à autoclave. O resfriamento com água contaminada foi mantido até que a temperatura interna das latas atingisse os 100°C e concluído com água tratada da rede pública por mais 6 a 8 minutos.

Amostras da água de resfriamento contaminada com esporos de PA 3679 foram coletadas antes e após o resfriamento, para a contagem dos esporos

Toda a água utilizada no resfriamento da autoclave foi coletada em outro tanque, ao qual foi adicionada uma solução de hipoclorito de sódio de 1500ppm (FOOD PROCESSORS INSTITUTE, 1990). A água de resfriamento somente foi descartada após a redução do número dos esporos PA 3679 em 99 por cento, confirmada por contagem. A Figura 8 ilustra o esquema de instalação do método modificado.

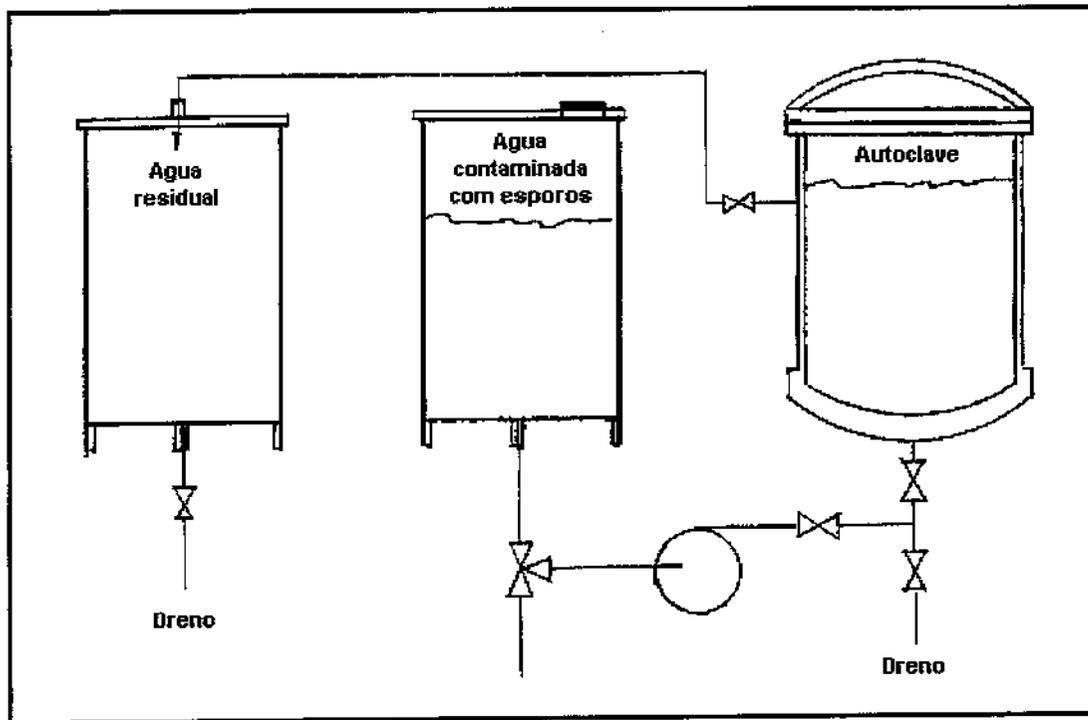


FIGURA 8. Fluxograma de instalação do método com esporos de P. A. 3679.

Após a esterilização as latas foram lavadas para remoção dos esporos e mantidas em câmara à temperatura de 35°C, durante 30 dias.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização das amostras quanto as dimensões externas, profundidade do friso, espessura, têmpera, camada de estanho, camada seca de verniz.

A Tabela 3 apresenta os resultados da avaliação dimensional e da profundidade do friso do corpo das latas micro-recravadas e convencionais. Os resultados permitem observar que o menor valor do diâmetro externo encontrado nas amostras micro-recravadas se deve à menor espessura da folha-de-flandres utilizada na fabricação das tampas e fundos, isto é, 0,16mm. Quanto aos resultados de altura das latas verifica-se que as amostras micro-recravadas são aproximadamente 3,2mm superiores às das amostras convencionais, confirmando as informações da patente PI 9003371-0. Essa diferença na altura das amostras permite observar que a capacidade volumétrica das amostras micro-recravadas é superior à das amostras convencionais. Quanto à profundidade do friso não se verificam diferenças entre as amostras micro-recravadas e convencionais.

TABELA 3. Avaliação das dimensões externas e do friso do corpo das latas micro-recravadas e convencionais

		Micro-recravação	Convencional
Diâmetro externo (mm) ⁽¹⁾	M	74,75	74,89
	DP	0,09	0,10
	IV	74,66-74,84	74,79-74,99
Altura com dois Lados recravados (mm) ⁽¹⁾	M	94,20	90,98
	DP	0,12	0,07
	IV	90,91-01,95	94,08-94,32
Profundidade do friso (mm) ⁽¹⁾	M	0,408	0,408
	DP	0,060	0,060
	IV	0,348-0,468	0,348-0,468

M/DP/IV – Média / Desvio-padrão / Intervalo de variação

(1) Resultado de três determinações em 15 latas

A Tabela 4 apresenta os resultados de espessura, dureza, camada seca de verniz e camada de estanho. Os resultados permitem concluir que para a lata micro-recravada a folha do corpo, tampa e fundo apresenta espessura de 0,16mm, enquanto que para a lata convencional o corpo possui espessura 0,16mm e a tampa e fundo espessura 0,20mm.

TABELA 4. Avaliação da espessura, dureza e camada seca de verniz das folhas do corpo, tampa e fundo das latas micro-recravadas e convencional.

Latas		Espessura ⁽¹⁾ (mm)	Dureza ⁽²⁾ Rockwell 30T	Camada seca ⁽³⁾ verniz (g/m ²)	
Micro-recravada	Tampa	M	0,159	73	4,15
		DP	0,001	1	0,05
		IV	0,158-0,160	72-74	4,10-4,20
	Corpo	M	0,159	73	3,95
		DP	0,001	1	0,07
		IV	0,158-0,160	72-74	3,88-4,02
	Fundo	M	0,159	73	4,10
		DP	0,001	1	0,05
		IV	0,158-0,160	72-74	4,05-4,15
Convencional	Tampa	M	0,207	62	4,05
		DP	0,002	1	0,06
		IV	0,205-0,209	61-63	3,99-4,11
	Corpo	M	0,159	73	3,95
		DP	0,001	1	0,07
		IV	0,158-0,160	72-74	3,88-4,02
	Fundo	M	0,209	62	4,03
		DP	0,002	1	0,04
		IV	0,207-0,211	61-63	3,99-4,07

M/DP/IV – Média/ Desvio-padrão/ Intervalo de variação

(1) Resultado de 5 determinações em 5 corpo-de-prova

(2) Resultado de 3 determinações em 3 corpo-de-prova

(3) Resultado de 3 determinações em 3 corpo-de-prova.

Os resultados de dureza confirmam as especificações técnicas citadas no item 3.1.1., isto é, a folha do corpo de ambas as latas e das tampas e fundos das latas micro-recravadas apresentaram dureza Rockwell 30T igual a 73 que corresponde à folha DR8. A dureza Rockwell 30T, obtida da folha utilizada na fabricação da tampa e do fundo da lata convencional, foi igual a 62 correspondendo à classificação T61, com base na norma NBR 6665 da ABNT (1981).

A camada seca de verniz da tampa, corpo e fundo das amostras micro-recravadas e convencionais é de aproximadamente 4,0 g/m², conforme indicado na Tabela 4.

Os resultados da camada de estanho total obtidos no corpo, tampa e fundo das amostras micro-recravadas e convencionais, encontram-se na Tabela 5. Uma análise desses resultados permite observar que embora inferiores ao revestimento nominal, isto é, a 5,6g/m², eles foram superiores ao revestimento mínimo permitido para essa classe de produtos, conforme descrito por ITRI (1984), qual seja de 4,9g/m².

TABELA 5. Revestimento total de estanho do corpo, tampa e fundo das amostras micro-recravadas e convencionais

		Micro-recravada			Convencional		
		Tampa	Corpo	Fundo	Tampa	Corpo	Fundo
Camada de	M	5,10	5,08	5,15	5,27	5,08	5,20
Estanho total	DP	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
(g/m ²) ⁽¹⁾	IV	5,07-5,13	5,05-5,11	5,12-5,18	5,24-5,30	5,05-5,11	5,17-5,23

M/DP/IV – Média/ Desvio Padrão e Intervalo de variação.

(1) Resultado de 5 determinações em 5 corpos-de-prova

4.2. Caracterização dos produtos acondicionados

4.2.1. Esterilização das latas

As Figuras 9 e 10 ilustram o histórico de penetração de calor do ensaio de esterilização nas amostras convencionais e micro-recravadas, respectivamente. Todos os ensaios apresentam comportamento bastante semelhante com o valor de esterilização de Fo entre 15,6 a 17,8 minutos.

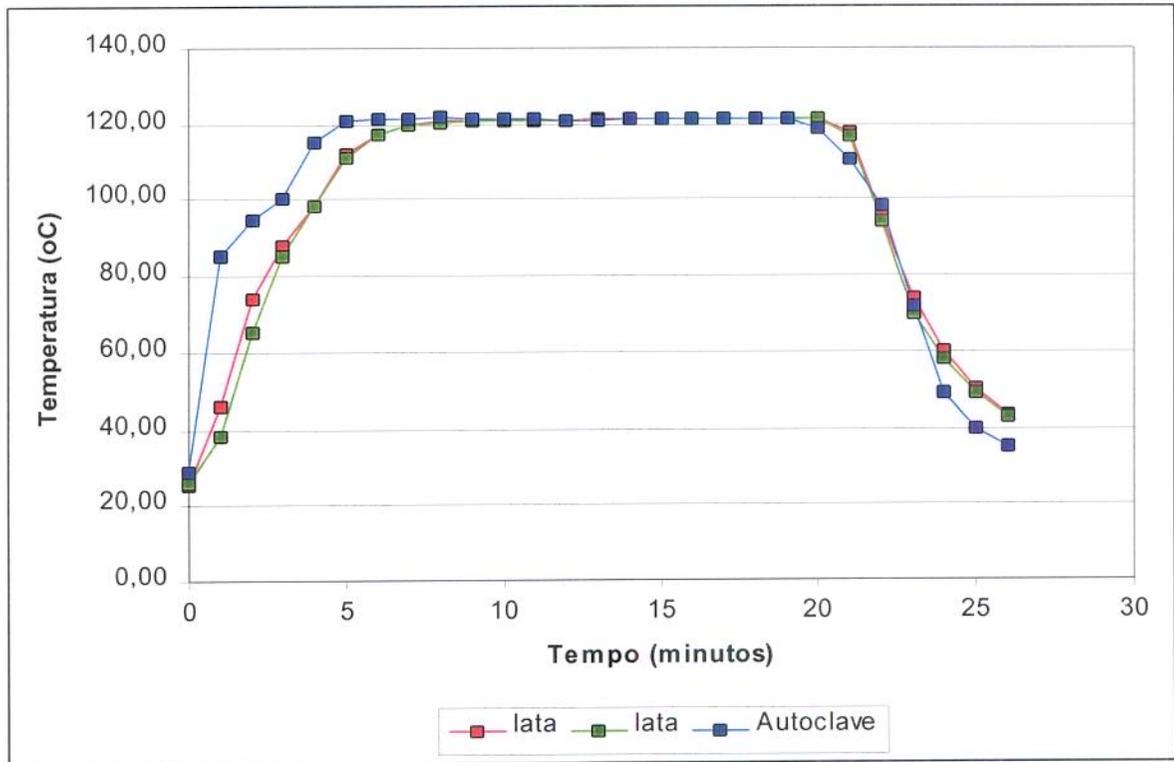


FIGURA 9. Histórico de penetração de calor do processamento térmico padrão, para as amostras convencionais.

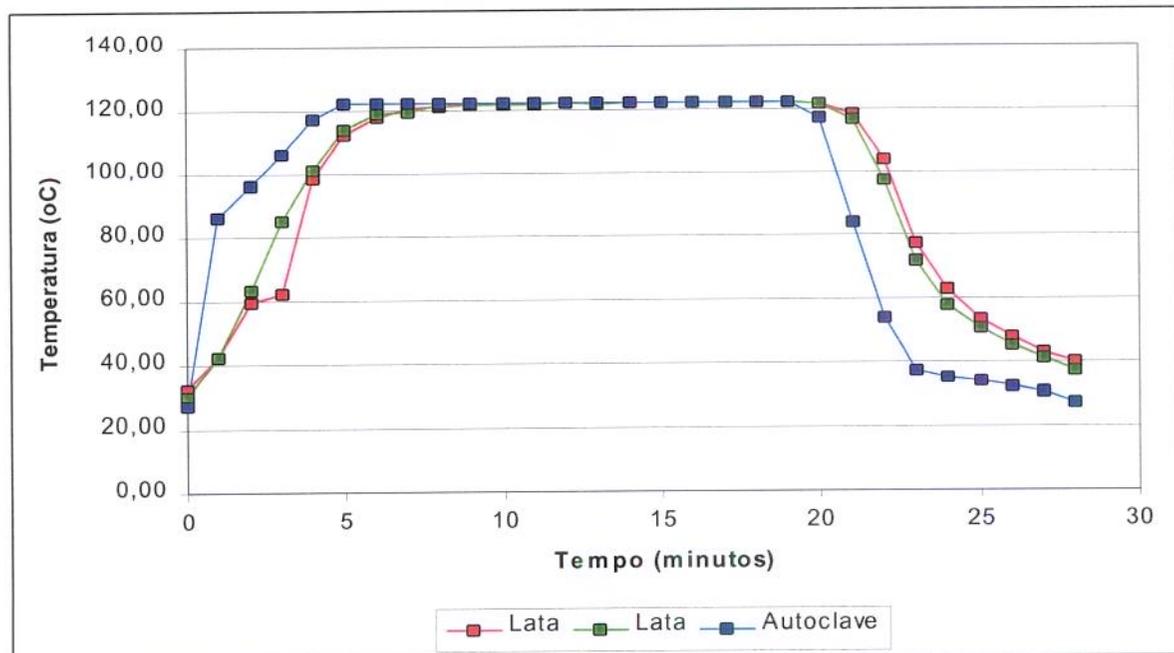


FIGURA 10. Histórico de penetração de calor do processamento térmico padrão, para as amostras micro-recravadas.

4.2.2. Caracterização das amostras acondicionadas com caldo lactosado

A Tabela 6 apresenta os resultados de altura do espaço-livre, vácuo e peso das amostras micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo lactosado. Verifica-se que os valores de vácuo e altura do espaço-livre, obtidos para ambas as amostras são muito próximos. Entretanto, como já salientado anteriormente no item 4.1, o peso bruto das amostras micro-recravadas foi superior ao das amostras convencionais, em virtude da maior altura das latas e, conseqüentemente, do maior volume interno das amostras.

TABELA 6. Valores de espaço-livre, vácuo e peso bruto das amostras micro-recravadas e convencionais acondicionadas com caldo lactosado.

		Espaço-livre ⁽¹⁾ (mm)	Vácuo ⁽²⁾ (pol Hg)	Peso Bruto ⁽³⁾ (g)
Micro-recravação	M	10,40	15,8	380,02
	DP	0,50	1,5	7,23
	IV	9,90-10,90	14,3-17,3	372,79-387,25
Convencional	M	10,10	15,5	371,52
	DP	0,50	1,5	7,37
	IV	9,60-10,60	14,0-17,0	364,15-378,89

M / DP / IV – Média / Desvio-padrão / Intervalo de variação

(1) Resultado de 5 determinações

(2) Resultado de 20 determinações

(3) Resultado de 20 determinações

4.2.3. Caracterização das amostras acondicionadas com caldo BHI

Os resultados de espaço-livre, vácuo e peso bruto das amostras micro-recravadas acondicionadas com caldo infusão de cérebro e coração (BHI) encontram-se no Tabela 7. Verifica-se que ambos os tipos de amostras apresentaram valores muito próximos de vácuo, espaço-livre e peso bruto.

TABELA 7. Valores de espaço-livre, vácuo e peso bruto das amostras micro-Recravadas e convencionais acondicionadas com caldo BHI.

		Espaço-livre ⁽¹⁾ (mm)	Vácuo ⁽²⁾ (pol Hg)	Peso bruto ⁽³⁾ (g)
Micro-recravação	M	9,90	15,3	380,02
	DP	0,50	1,7	7,23
	IV	9,40-10,40	13,6-17,0	372,79-387,25
Convencional	M	10,05	16,2	377,05
	DP	0,50	1,6	6,45
	IV	9,55-10,55	14,6-17,8	364,15-383,50

M / DP / IV – Média / Desvio-padrão / Intervalo de variação

(4) Resultado de 5 determinações

(5) Resultado de 20 determinações

(6) Resultado de 20 determinações

4.2.4. Ensaio de vibração

O desempenho das caixas de papelão no ensaio de vibração para simulação de transporte, foi bastante estável, não tendo ocorrido nenhum caso de vazamento de latas ou qualquer outra alteração significativa. As Figuras 11 e 12 apresentam fotos da carga antes e após o ensaio de vibração. Através das Figuras 11b e 12b pode-se visualizar que as caixas após o ensaio de vibração, embora tenham sido fixadas através de cantoneiras e com o auxílio de cordas, afastaram-se do alinhamento inicial, principalmente as das duas últimas camadas.

4.2.5. Resistência ao impacto por queda livre

As Figuras 13, 14, 15 e 16 mostram fotos das quatro quedas a que foram submetidas cada caixa de papelão, contendo 48 latas cada. Após as quedas, as caixas foram abertas e as amostras examinadas quanto ao grau de amassamento.

A avaliação das amostras convencionais e micro-recravadas após o impacto por queda livre das caixas, é apresentado nas Figuras 17 e 18, as quais apresentam diagramas de distribuição por frequência da classificação dos defeitos encontrados na tampa, corpo e fundo.

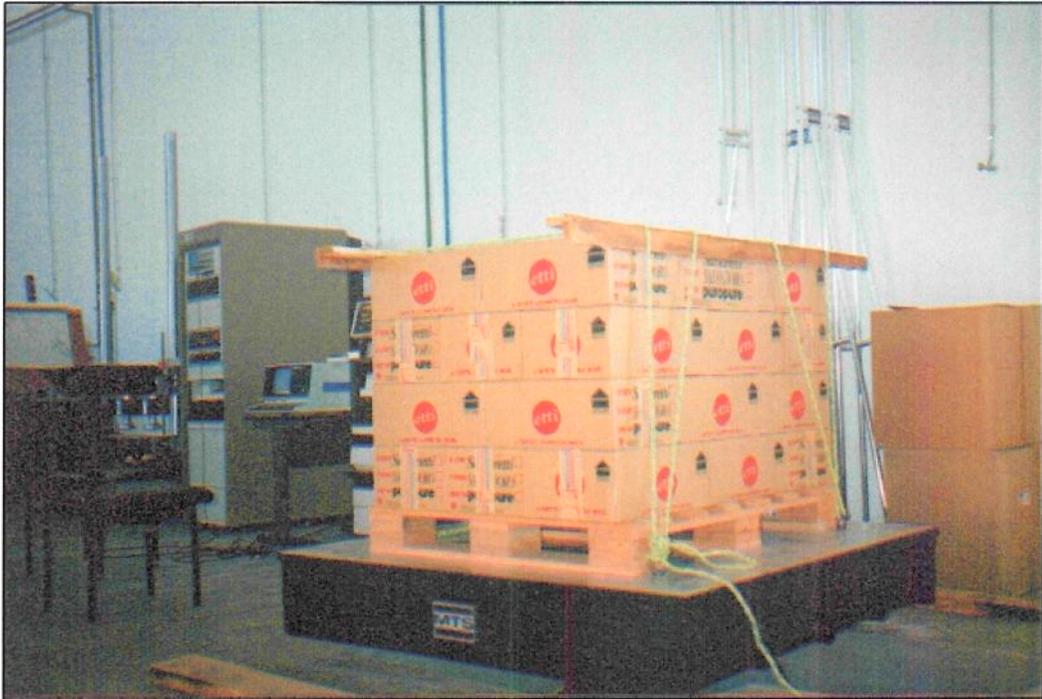


(a)



(b)

FIGURA 11. Paletização das caixas de latas micro-recravadas antes (a) e após (b), o ensaio de simulação de transporte.



(a)



(b)

FIGURA 12. Paletização das caixas de latas convencionais antes (a) e após (b) o ensaio de simulação de transporte.



FIGURA 13. Impacto por queda livre com o fundo 3 voltado para baixo.



FIGURA 14. Impacto por queda livre com o lado 4 voltado para baixo.

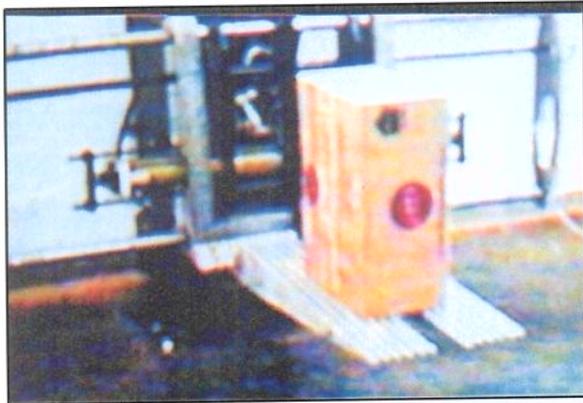


FIGURA 15. Impacto por queda livre com a face 5 voltada para baixo.



FIGURA 16. Impacto por queda livre com a borda 2-3 voltada para baixo.

Observa-se em ambas as figuras uma maior incidência de amostras com amassamento moderado (Grau 2), independentemente do tipo de amostra avaliada. Entretanto, constatou-se que as amostras micro-recravadas apresentaram um amassamento diferenciado, quando comparado às amostras recravadas pelo processo convencional. Por ser menor a área da recravação estas sofreram maior amassamento, assim as tampas e fundos micro-recravados ficaram mais deformadas, algumas vezes formando recravações com bicos projetados para baixo.

Após o ensaio de queda livre, não se observou latas convencionais ou micro-recravadas com vazamentos. As Figuras 19 e 20 apresentam fotografias das latas micro-recravadas e convencionais, respectivamente, ilustrando o nível de danificação.

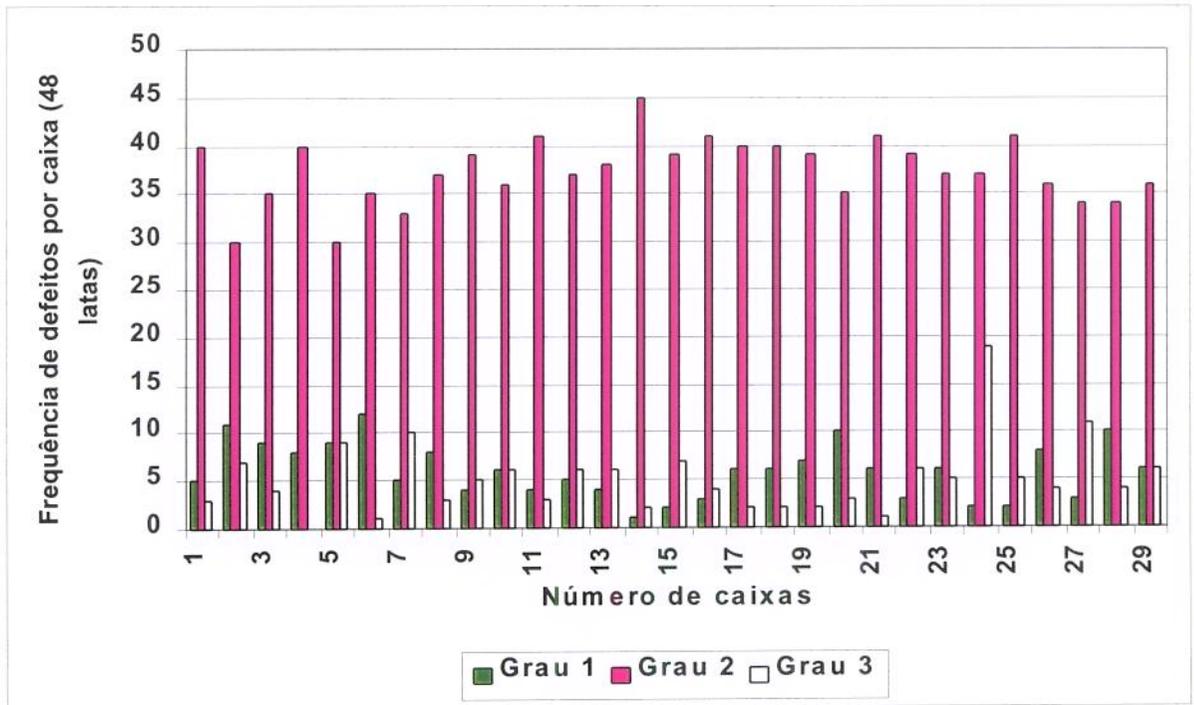


FIGURA 17. Distribuição de frequência de latas com recravação convencional com diferentes níveis de defeito após a simulação de transporte.

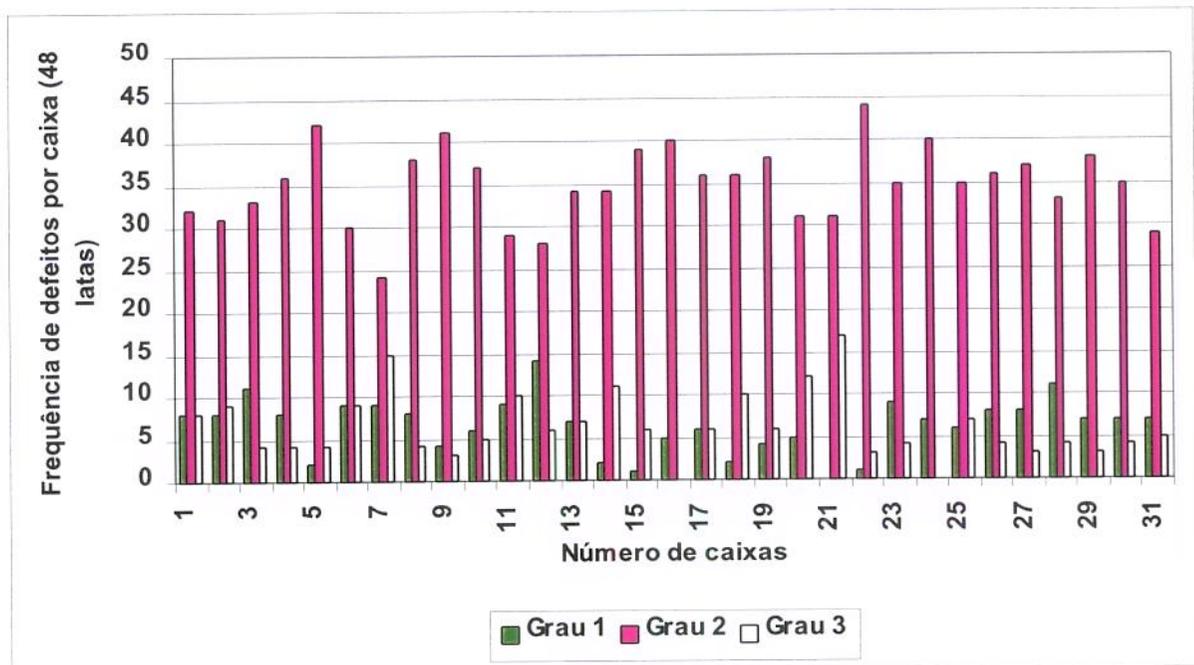


FIGURA 18. Distribuição de frequência de latas com micro-recravação com diferentes níveis de defeito após a simulação de transporte.



FIGURA 19. Foto das amostras micro-recravadas após quatro impactos por queda livre ilustrando amassamento intenso (G3).



FIGURA 20. Foto das amostras convencionais após quatro impactos por queda livre ilustrando amassamento intenso (G3).

Todas as amostras submetidas aos ensaios de vibração e queda livre mantiveram sua hermeticidade, após o período de condicionamento, permitindo constatar que mesmo as amostras com amassamento intenso (G3) permaneceram herméticas.

Embora várias amostras convencionais e micro-recravadas apresentassem amassamento intenso optou-se por submeter todas elas ao bioteste, mesmo sabendo que industrialmente essas amostras seriam destruídas, uma vez que não atendiam as condições mínimas de segurança.

4.2.6. Bioteste com *Enterobacter aerogenes*

O bioteste com *Enterobacter aerogenes* foi realizado durante um período de seis dias, e a Tabela 8 apresenta as condições de estabilidade das diferentes suspensões utilizadas. Verifica-se através dos resultados apresentados que as suspensões utilizadas mantiveram sua estabilidade conforme indicam os valores de U.F.C./ml, obtidos no início, quando as suspensões foram diluídas em água destilada dentro do tacho a vácuo e no final do bioteste.

TABELA 8. Avaliação das condições de estabilidade das suspensões utilizadas na Segunda amostragem.

Meio	Intervalo	Valores (U.F.C./ml)*					
		1º dia	2º dia	3º dia	4º dia	5º dia	6º dia
TSA**	Inicial	$8,7 \times 10^6$	$9,7 \times 10^6$	$5,2 \times 10^6$	$5,4 \times 10^6$	$4,8 \times 10^6$	$9,7 \times 10^6$
	Final	$5,0 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$	$3,5 \times 10^7$	$5,3 \times 10^7$	$2,1 \times 10^7$	$2,3 \times 10^7$
VRB***	Inicial	$6,6 \times 10^6$	$6,9 \times 10^6$	$3,7 \times 10^6$	$2,7 \times 10^7$	$5,4 \times 10^6$	$5,9 \times 10^6$
	Final	$8,8 \times 10^7$	$2,6 \times 10^7$	$2,7 \times 10^7$	$4,2 \times 10^8$	$1,5 \times 10^7$	$1,5 \times 10^7$

* Unidades formadoras de colônias por mililitro da solução de imersão do tanque a vácuo (média de duas repetições)

** Ágar tripton-soja, meio de cultura de uso geral (BBC 11043)

*** Ágar vermelho-violeta-bile, meio de cultura seletivo para contagem de enterobactérias (DIFCO 0012)

Das 1500 amostras avaliadas, recravadas pelo processo convencional e micro-recravadas, observou-se a presença de 30 amostras micro-recravadas com estufamento, após o bioteste e a incubação, e nenhuma lata estufada com recravação convencional.. Portanto, a incidência de estufamento das latas micro-recravadas foi de 2,0%.

Conforme PFLUG *et alii* (1981) a incidência de latas estufadas varia entre 2,1 a 78,4 latas a cada 100.000 unidades vendidas (0,0021 – 0,0784%) entre diferentes tipos de alimentos. Os mesmos autores citam a ocorrência encontrada pela *NATIONAL MEAT CANNERS-NMC* de 0,189% de amostras estufadas para 93.720 latas com tampas do sistema de abertura fácil avaliados em 1967 e 1973.

Como a incidência de latas micro-recravadas estufadas (2%), foi muito superior aos citados pela literatura (PFLUG *et alii*, 1981), poder-se-ia concluir que o uso da tecnologia de micro-recravação estaria comprometida para produtos processados termicamente. Entretanto, outros aspectos devem ser considerados nessa análise, antes da decisão final sobre a condenação da tecnologia de micro-recravação.

O bioteste de BURKE & SCHULTZ (1972), foi desenvolvido para avaliar a resistência das embalagens flexíveis esterilizáveis (*retort pouch*), comparativamente às embalagens metálicas, para o programa espacial americano. Portanto, decidiu-se expor as embalagens a sucessivas quedas e aumentos de pressão interna (90 ciclos) procurando simular as condições a que eventualmente estariam expostas as embalagens durante uma viagem espacial. Todavia, dificilmente uma conserva alimentícia esterilizada, sofreria tantas quedas e aumentos de pressão, durante as etapas compreendidas entre o processamento térmico, transporte, armazenamento e a sua comercialização. Por esta razão considerou-se este bioteste muito severo, principalmente, por não reproduzir as reais condições a que normalmente estão expostas as conservas alimentícias.

As tampas e fundos das amostras recravadas pelo processo convencional foram produzidas com folha-de-flandres com espessura de 0,20mm e dureza T61, ou seja, as mesmas características das amostras avaliadas por BURKE & SCHULTZ (1972), obtendo-se resultados comparativos, isto é, nenhuma lata estufada após o período de incubação. Entretanto, as tampas e fundos das amostras micro-recravadas, foram produzidas com folha-de-flandres de espessura 0,16mm e dureza DR8, e de acordo com RENARD (1992) sofrem, durante o processo de estampagem, efeitos de tracionamento e alongamento, chegando a atingir na região dos frisos, espessuras de até 80% abaixo do valor teórico. O autor também salienta que esse tipo de folha-de-flandres, utilizada para a produção das tampas, apresenta um volume de dilatação menor que o seu conteúdo. Portanto, supõe-se que o afinamento da espessura das tampas micro-recravadas associado à exposição das amostras a pressões internas ora positivas ora negativas (90 ciclos) pode ter propiciado a formação de micro-fraturas nos frisos da tampa e promover a contaminação das amostras.

Deve-se ainda acrescentar que as amostras micro-recravadas antes de serem submetidas ao bioteste foram previamente expostas aos ensaios de transporte (vibração e queda livre das caixas) e acrescentar que todas as amostras micro-recravadas que sofreram estufamento já apresentavam amassamento intenso (Grau 3).

Tendo em vista os diferentes aspectos analisados, não foi possível atribuir o estufamento das amostras micro-recravadas à falta de hermeticidade conferida pela nova tecnologia de fechamento, razão pela qual procurou-se desenvolver um bioteste que reproduzisse o principal ponto crítico na recontaminação de embalagens, durante o processamento térmico.

Como resultado do controle positivo constatou-se que todas as amostras inoculadas sofreram estufamento após o período de estocagem.

4.2.7. Bioteste com esporos de PA 3679

O bioteste com esporos de PA 3679 foi aplicado em três tipos de amostras micro-recravadas: com dimensões padrão (MN), com pouco aperto (MA) e com sobreposição inferior ao padrão (MS) conforme descrito no item 3.1.3.1.

Todos os ensaios foram realizados em duplicata com os lotes contendo aproximadamente 200 latas de cada tipo (MN, MA, MS e CN). Portanto, foram realizados seis processos de esterilização para as amostras micro-recravadas e dois processos de esterilização para amostras convencionais.

A Tabela 9 apresenta os resultados do número de latas avaliadas em cada processo e do número de latas que sofreram estufamento após o bioteste modificado e o período de incubação. A mesma tabela apresenta os resultados da contagem de esporos inicial, antes do início de resfriamento, e no final, após o resfriamento, coletado na saída da autoclave.

TABELA 9. Avaliação das amostras micro-recravadas frente ao bioteste com esporos de P.A. 3679 e avaliação das condições de estabilidade das suspensões

Lote	Contagem de esporos (U.F.C./ml)*		Número de latas por lote	Número de latas estufadas
	Inicial	Final		
MN-1	$5,6 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	178	Zero
MN-2	$9,9 \times 10^4$	$2,5 \times 10^4$	192	Zero
MA-1	$8,3 \times 10^4$	$6,7 \times 10^4$	195	141
MA-2	$1,0 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$	190	151
MS-1	$1,0 \times 10^5$	$2,0 \times 10^4$	187	Zero
MS-2	$7,8 \times 10^4$	$6,3 \times 10^4$	187	Zero
CN-1	$6,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	194	Zero
CN-2	$1,0 \times 10^5$	$7,4 \times 10^4$	198	Zero

* Unidades formadoras de colônias por mililitro de água de resfriamento

OBS.: - Meio de cultura usado para contagem dos esporos – ágar fígado de vitela (LVA)

- Atmosfera de anaerobiose – H₂ + CO₂ (gás pak)

- Temperatura / tempo de incubação – 35°C / 72 h

Verifica-se, através da Tabela 9 que grande parte das amostras micro-recravadas com pouco aperto (MA) apresentaram estufamento, isto é, 72% das amostras do primeiro processo de esterilização e 79% das amostras do segundo processo de esterilização. As demais amostras micro-recravadas, seja com as dimensões padrão (MN) e com menor sobreposição (MS) mantiveram-se todas íntegras, não se verificando nenhum caso de estufamento. Todas as amostras convencionais, com dimensões padrão (CN) também mantiveram-se íntegras após o período de estocagem. O resultado foi considerado extremamente positivo, pois acreditava-se que mais amostras do tipo (MN e MS), também viessem a apresentar estufamento.

Comparando os três tipos de amostras micro-recravadas avaliadas, constata-se que somente as amostras com pouco aperto (MA) sofreram estufamento, sendo que as demais (MN e MS), nenhuma sofreu estufamento.

Deve-se acrescentar que amostras de latas micro-recravadas (MN, MA e MS), que não sofreram estufamento, após a inoculação com 0,1ml das suspensões de água de resfriamento, apresentaram-se estufadas após o período de incubação.

Outro aspecto que merece ser destacado refere-se ao bioteste propriamente dito, que mostrou-se adequado na avaliação de embalagens frágeis submetidas a processos de esterilização, entre as quais se destacam as embalagens de vidro, as bandejas plásticas termoformadas, as bolsas flexíveis (*retort pouch*) e as latas plásticas.

4.3 Exame da recravação

O exame de recravação foi conduzido nas amostras micro-recravadas e convencionais após as etapas de acondicionamento, esterilização, ensaio de vibração, ensaio de queda livre e bioteste. Consideraram-se amostras adequadas para a avaliação aquelas que apresentaram Grau 1 (amassamento pequeno) e Grau 2 (amassamento moderado) na avaliação visual.

4.3.1 Latas acondicionadas com caldo lactosado

Os resultados dos parâmetros de recravação das amostras, micro-recravadas e convencionais estão indicados nas Figuras 21 e 22, respectivamente. Observa-se que os resultados das amostras micro-recravadas encontram-se dentro da especificação, o mesmo ocorrendo com os resultados das amostras recravadas pelo processo convencional.

4.3.2 Latas acondicionadas com caldo de infusão de cérebro e coração (BHI)

As amostras micro-recravadas acondicionadas com BHI foram codificadas conforme indicado no item 3.1.3.2. A Figura 23 apresenta os resultados das amostras recravadas conforme especifica a patente PI 9003371-0 (MN), constatando-se que todos os parâmetros avaliados encontram-se dentro do padrão recomendado.

Na Figura 24, estão indicados os resultados das amostras micro-recravadas quando o aperto da recravação foi menor que o recomendado pelo padrão (MA). Verifica-se, que os parâmetros de espessura da recravação, altura da recravação, profundidade do rebaixo, gancho do corpo, gancho da tampa e sobreposição, encontram-se todos fora do padrão especificado. Os valores médios da espessura da recravação (1,33mm) ficaram aproximadamente 30% acima daqueles recomendados para a espessura padrão (1,04mm). Neste caso a compactação do fechamento amostras ficou comprometido, prejudicando a hermeticidade do fechamento. Somente as latas que se mantiveram íntegras, isto é, não sofreram estufamento após o período de estocagem, foram submetidas a exame de recravação, isto é, 30% do total de amostras processadas, pois as demais sofreram estufamento, impossibilitando a sua avaliação. Deve-se ressaltar que, embora os parâmetros de recravação das latas remanescentes situaram-se fora do padrão, 30% das amostras ainda mantiveram a integridade, permitindo concluir que os parâmetros de recravação das latas estufadas poderiam estar, ainda, mais distantes que os apresentados na Figura 24.

A Figura 25 apresenta os resultados dos parâmetros de recravação das amostras micro-recravadas com sobreposição inferior ao padrão (MS). Constata-se que alguns resultados individuais de gancho de corpo e gancho de tampa, assim como de sobreposição, apresentam-se fora do padrão, entretanto, não foi possível reproduzir, experimentalmente, através das diferentes regulagens, a que foi submetida a recravadeira, valores de sobreposição ainda menores, como era desejado. Normalmente sobreposições fora do padrão são obtidas quando roletes de segunda operação encontram-se desgastados ou danificados, entretanto, os roletes utilizados no fechamento das latas micro-recravadas eram praticamente novos, com pouco tempo de uso. Entretanto, cabe ressaltar que micro-recravações com sobreposições ao redor de 50% mantiveram boa integridade à lata.

A Figura 26 apresenta os resultados referentes às amostras convencionais normal (CN). Todos os parâmetros da recravação convencional apresentam resultados iguais ao recomendado pelo padrão.

4.3.3. Ensaio industrial

A Figura 27 apresenta os resultados do exame de recravação das amostras micro-recravadas avaliadas no ensaio industrial com extrato de tomate. Constata-se que todos os parâmetros da recravação avaliados estão dentro das especificações padrão.



FIGURA 21. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação, avaliados em 62 latas micro-recravadas acondicionadas com caldo lactosado.

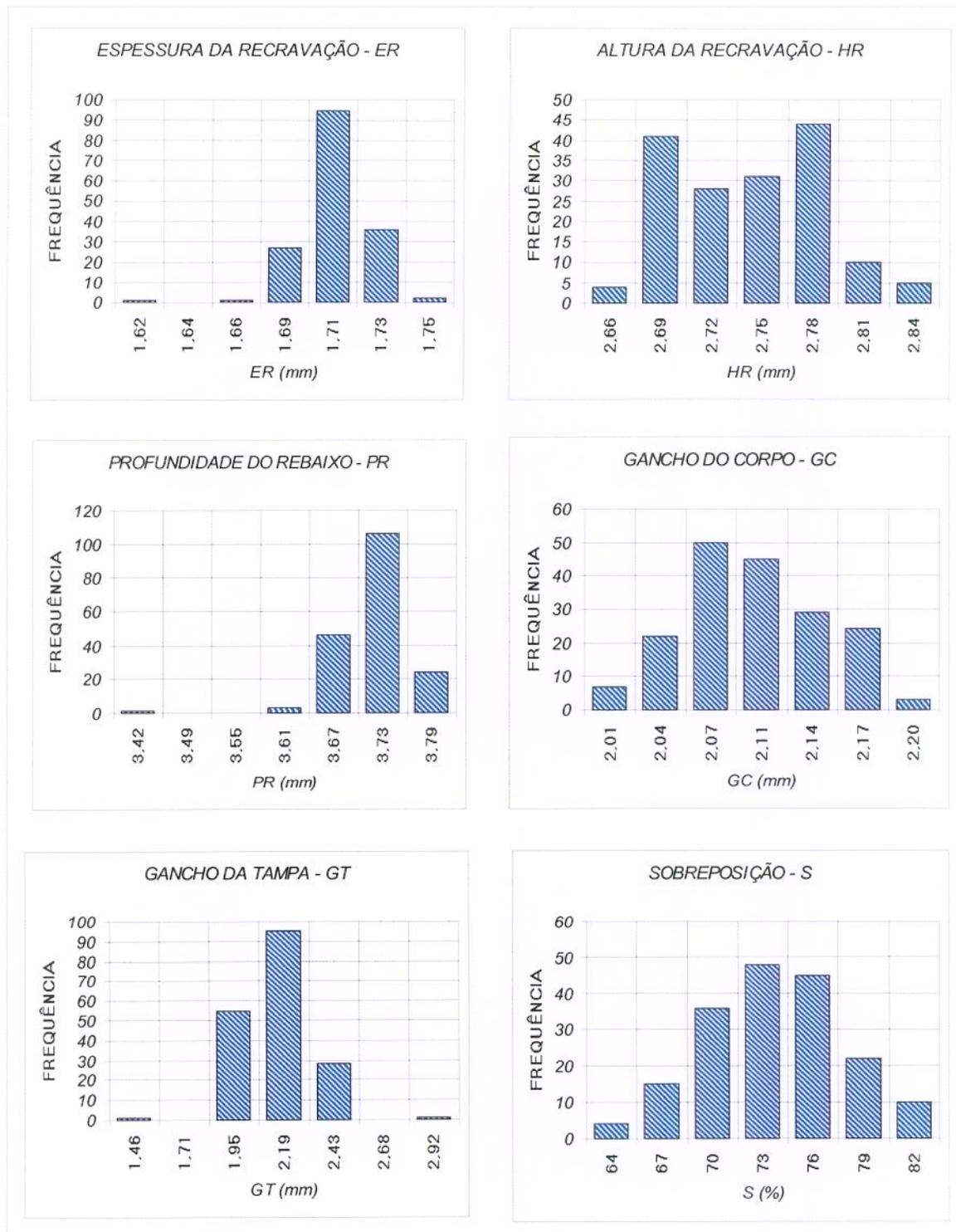


FIGURA 22. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 60 amostras convencionais acondicionadas com caldo lactosado..

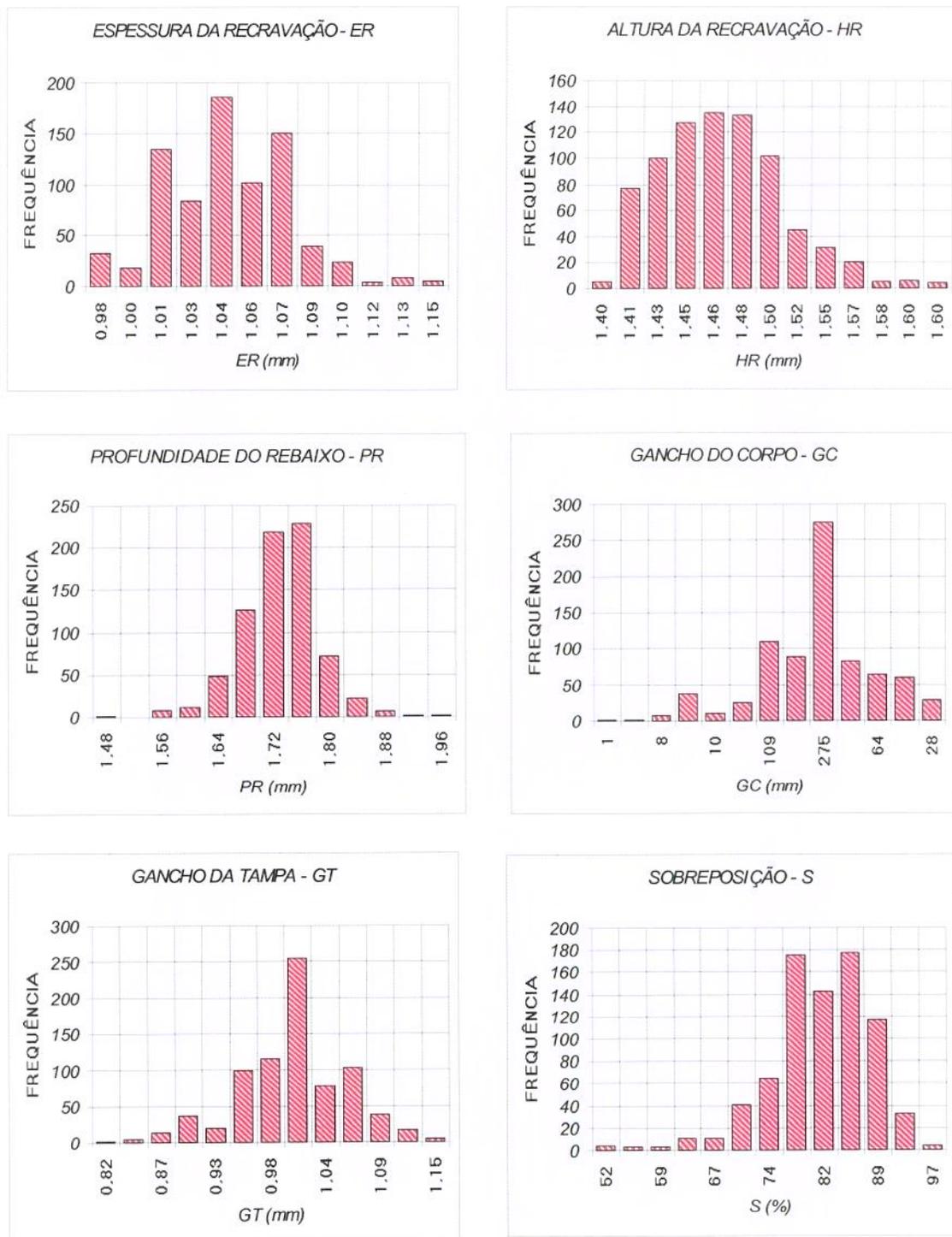


FIGURA 23. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 262 amostras micro-recravadas com as dimensões iguais às do padrão (MN).

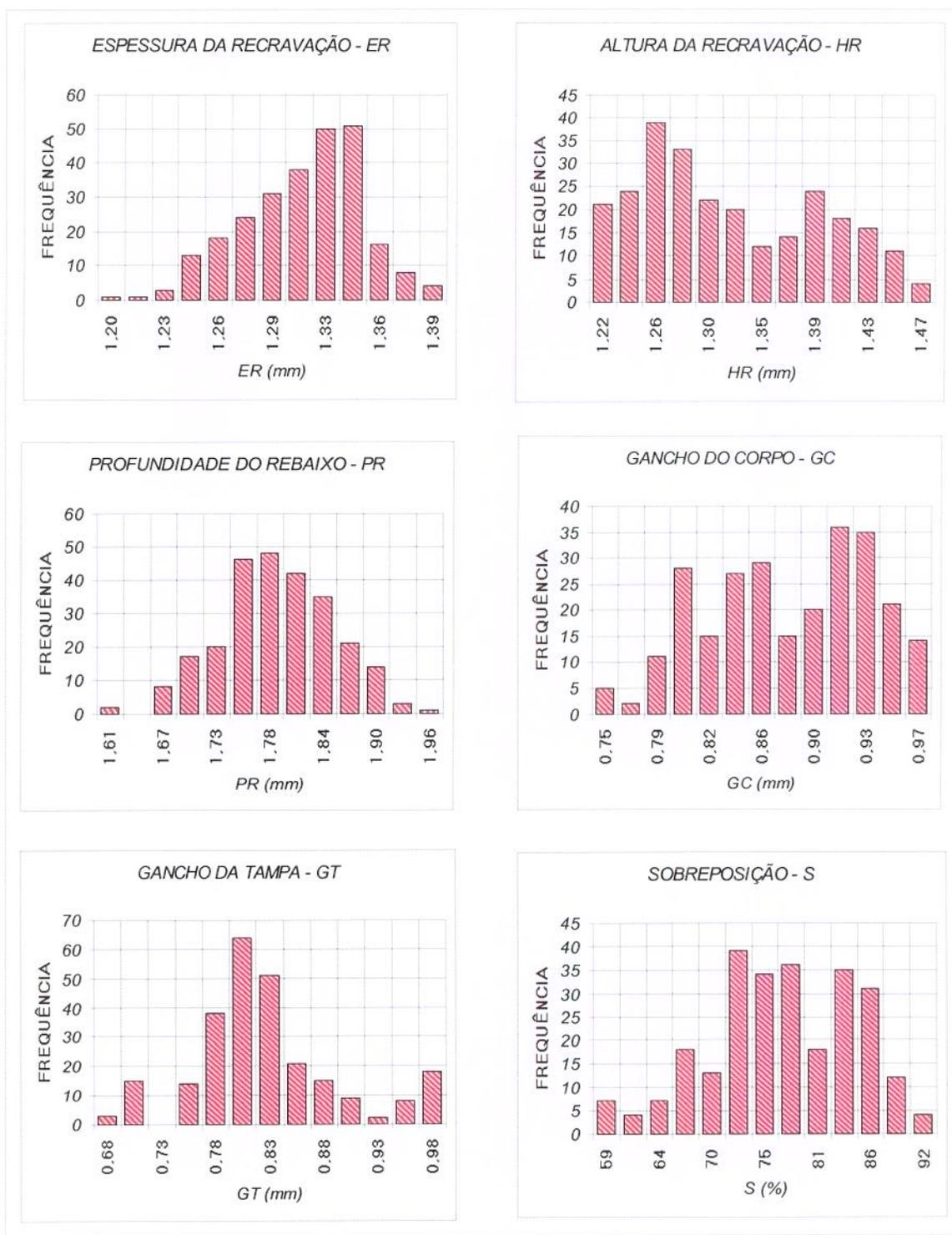


FIGURA 24. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 86 amostras micro-recravadas com aperto inferior ao recomendável (MA).

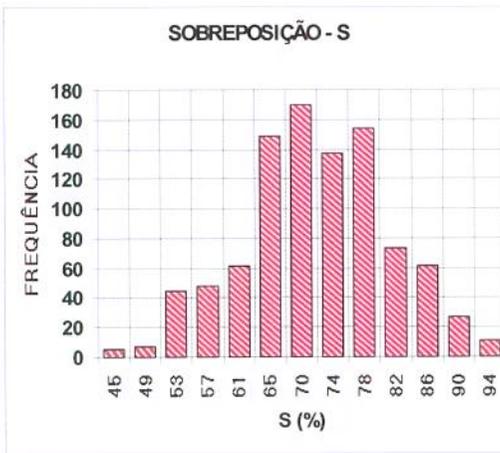
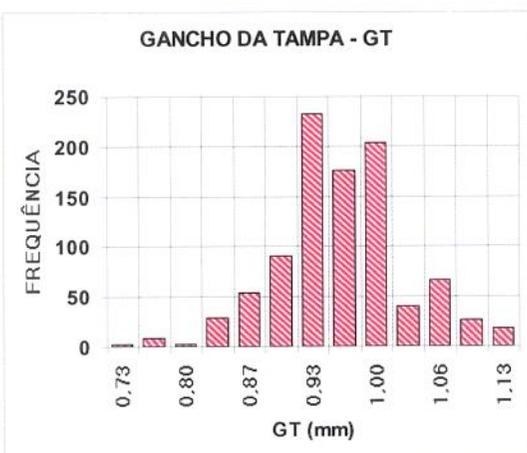
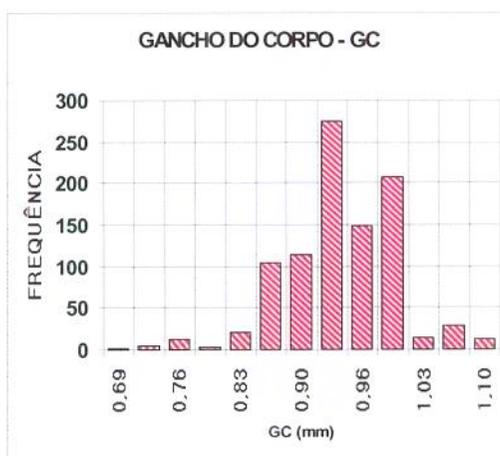
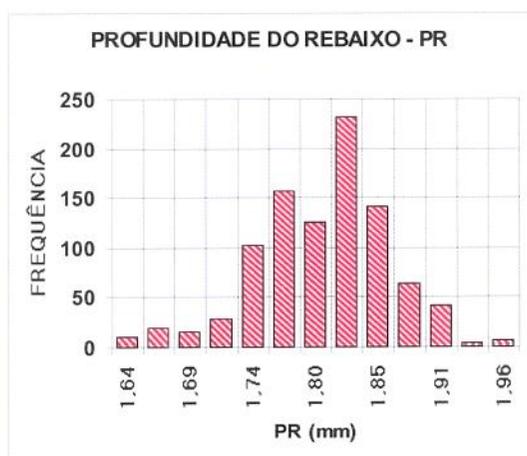


FIGURA 25. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 316 amostras micro-recravadas com sobreposição inferior ao padrão (MS).

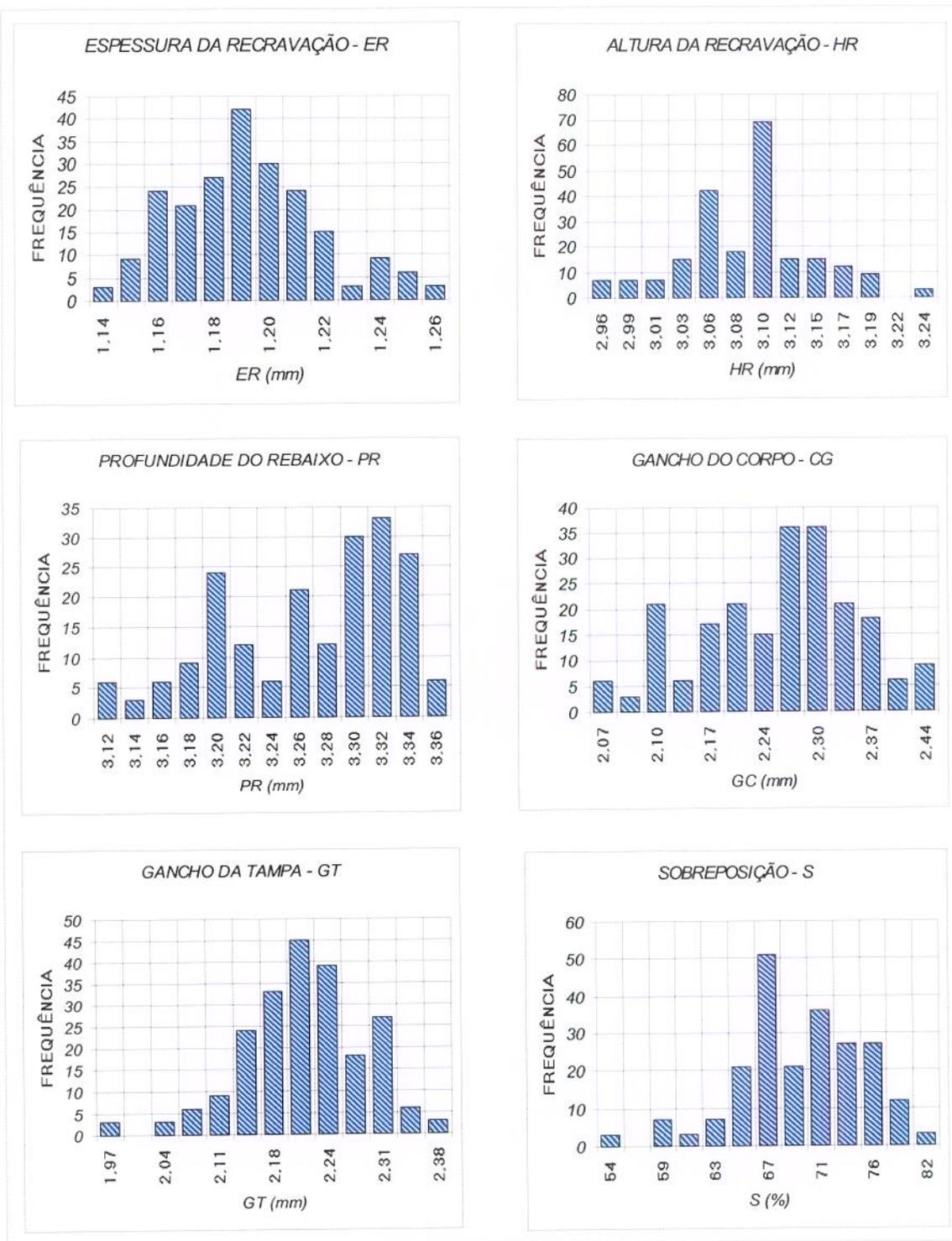


FIGURA 26. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 72 amostras convencionais com dimensões padrão (CN).

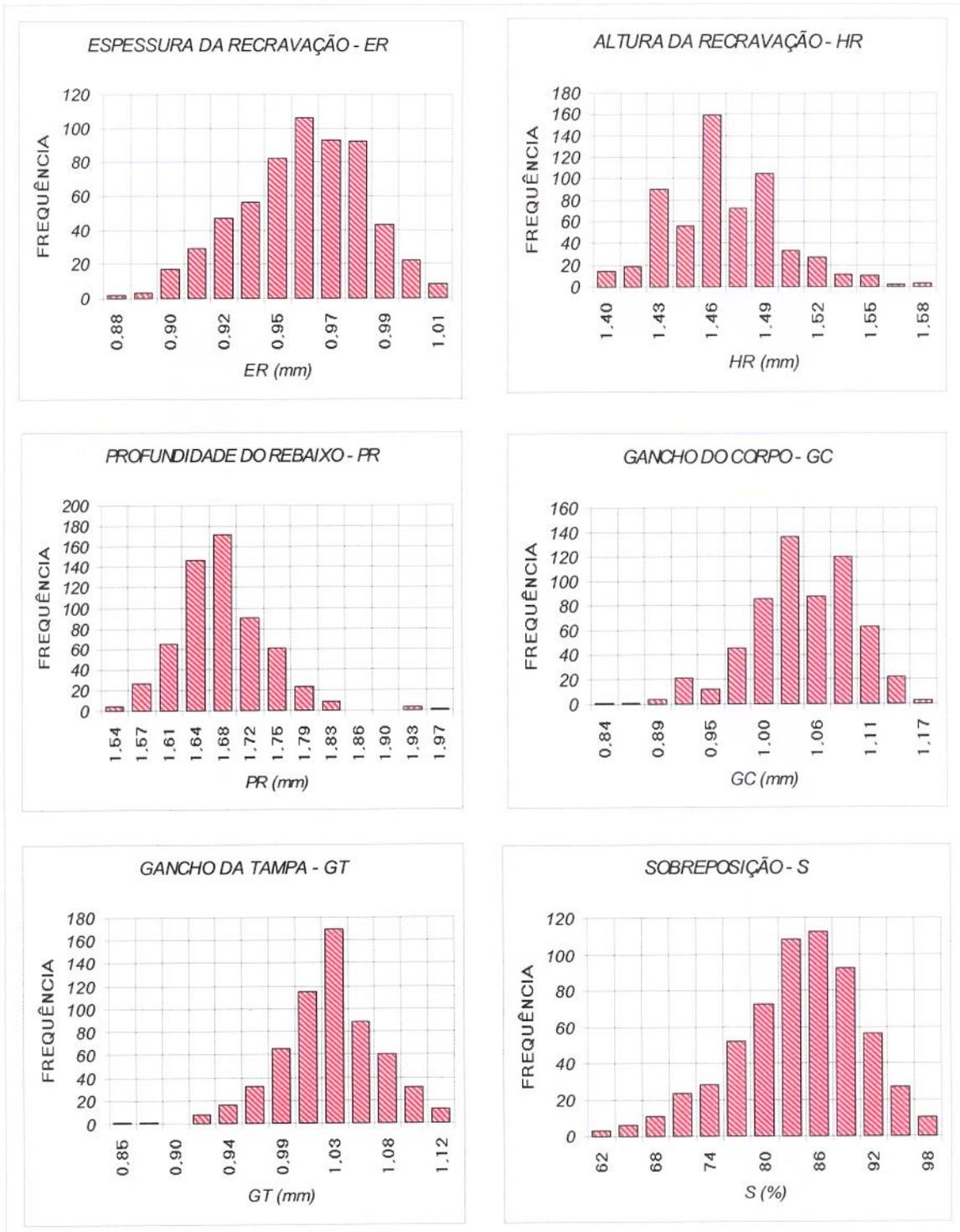


FIGURA 27. Parâmetros (ER;HR;PR;GC;GT e S) e frequência do exame de recravação avaliados em 200 amostras micro-recravadas no ensaio industrial com extrato de tomate.

5. CONCLUSÕES

- As amostras de latas produzidas com a tecnologia de micro-recravação, com diâmetro de 73mm e espessura da tampa e fundo de 0,16mm e dureza (DR8), apresentaram desempenho plenamente satisfatório no processamento térmico de esterilização, sempre e quando a etapa de resfriamento foi monitorada com sistema de sobrepressão de ar comprimido, assim sendo, as tampas e fundos não sofreram os problemas de abaulamento, frequentemente observados, quando se utilizam folhas-de-flandres de menor espessura na produção de tampas e fundos. Desta forma, recomenda-se o uso de latas micro-recravadas, sempre e quando as autoclaves estiverem capacitadas a operar com o sistema de sobrepressão de ar comprimido.
- Nos ensaios de transporte, vibração e teste de queda, aplicados às latas convencionais e micro-recravadas não foi evidenciada diferença, em relação à perda da integridade, após o período de incubação, entre os dois tipos de latas avaliados. Entretanto, como era esperado as amostras micro-recravadas, por serem produzidas com folhas-de-flandres de menor espessura, e possuírem recravações menores, sofreram maiores deformações, após a realização dos quatro testes de queda consecutivos, comparativamente às amostras convencionais. Deve-se salientar que embora as deformações tenham sido mais intensas, a sua estrutura permaneceu compacta, demonstrando a grande capacidade de deformação desse novo tipo de tecnologia de fechamento.
- As amostras micro-recravadas, avaliadas através do bioteste com *Enterobacter aerogenes*, sofreram estufamento de 5,0% e 2,0%, para a primeira e segunda amostragem, respectivamente, enquanto que as amostras convencionais mantiveram-se íntegras após o bioteste e a incubação. Essa metodologia foi desenvolvida durante os anos 60, para se avaliar embalagens flexíveis esterilizáveis (*retort pouch*) destinadas ao programa americano de viagens espaciais. A metodologia foi considerada inadequada uma vez que não reproduz as reais

condições às quais normalmente estão expostas as embalagens de conservas e sim a situações hipotéticas a que poderiam estar expostas as embalagens numa viagem fora do nosso campo gravitacional da terra. Provavelmente as tampas e fundos das amostras micro-recravadas, produzidas com folhas de reduzida espessura e elevada dureza, ao serem submetidas a 90 ciclos de pressão interna, ora positiva, ora negativa, sofreram micro-fraturas do metal junto aos frisos, onde normalmente ocorre redução da espessura da folha, provocando a recontaminação.

- O bioteste modificado com esporos PA 3679, foi desenvolvido especificamente para se avaliar a integridade das latas produzidas com a nova tecnologia de micro-recravação. Os resultados obtidos demonstram que o bioteste atendeu perfeitamente às expectativas. Quando aplicado em amostras produzidas em condições padronizadas, não se observaram latas estufadas após o período de incubação. Entretanto, quando amostras micro-recravadas foram produzidas intencionalmente com defeitos, isto é, com pequeno aperto na segunda operação de fechamento, mais de 70% das amostras avaliadas estufaram. Esses resultados permitiram validar a metodologia do novo bioteste e ao mesmo tempo a tecnologia de micro-recravação. Deve-se enfatizar que o bioteste com esporos de P.A. 3679 não se restringe apenas à avaliação de embalagens metálicas, podendo também ser utilizado na avaliação da integridade de qualquer outro tipo de embalagem, submetida a processamento térmico, seja ela de vidro, alumínio ou plástica.
- As avaliações dimensionais das recravações convencionais e micro-recravadas da primeira e segunda amostragem demonstraram estar muito próximas das especificações recomendadas a cada uma delas. Entretanto com relação aos resultados das latas micro-recravadas constata-se que, ao contrario do que se imaginava, que os parâmetros de espessura da recravação, altura da recravação profundidade do rebaixo, gancho da tampa, gancho do corpo e sobreposição, avaliados através dos gráficos, se apresentam dentro de intervalos adequados.

- Os resultados dos ensaios indústrias realizados com extrato de tomate e conserva de ervilha foram extremamente importantes, pois, vieram confirmar os resultados experimentais obtidos em condições de planta piloto, permitindo a seguir a introdução comercial, definitiva, da tecnologia de micro-recravação no Brasil, em produtos dessa classe.

6. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

- Sugere-se que avaliações comparativas sejam conduzidas entre os diferentes sistemas de fechamento existentes para quantificar a sua permeabilidade aos gases, e procurar correlacioná-los com os resultados obtidos através do bioteste. Esse estudo deverá abranger os diferentes tipos de latas, com diferentes diâmetros e condições de fechamento.
- A grande maioria dos estudos de avaliação, realizados no passado, sobre a dilatação volumétrica das embalagens metálicas, foram planejados para autoclaves operadas sem auxílio da contra-pressão. Entretanto, como salientado na presente tese, as latas micro-recravadas devem ser, obrigatoriamente, esterilizadas em autoclaves adaptadas para operar no sistema de contrapressão. Portanto, sugere-se que novos estudos sobre dilatação volumétrica, com amostras micro-recravadas, com novos desenhos de friso, tanto da tampa como do corpo, etc. sejam realizados.
- Na área de máquinas para embalagem metálica existem inúmeras questões sem resposta. Qual o melhor perfil do rolete de 1ª operação, para latas micro-recravadas, de espessura reduzida e elevada dureza? Quantas rotações ao redor da lata devem dar os roletes, na 1ª e na 2ª operação? Qual deve ser a pressão ideal dos roletes, e da placa de recravação? Essas respostas foram sendo respondidas, durante esse século para as latas produzidas com a tecnologia convencional, porém, precisam ser respondidas para a lata micro-recravada, que possui uma área de contato entre o rolete e a recravação 50% reduzida.
- Muito ainda deverá ser feito na área de vedantes, no que diz respeito às suas características reológicas: teor de sólidos, viscosidade, cor, etc. Uma outra preocupação está relacionada à aplicação desses vedantes sobre reduzidas áreas de encurvamento das tampas micro-recravadas. Esses aspectos dificilmente serão estudados pelas atuais empresas produtoras de vedantes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos gerais para folhas-de-flandres e folhas não revestidas – Padronização.** Rio de Janeiro: ABNT, 1981. 14p. NBR 6665, jul/1981.
- 2 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for drop test for loaded boxes.** Philadelphia: ASTM, 1986. 4p. ASTM D 775-80 - Reapproved 1986.
- 3 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard test method for random vibration testing of shipping container.** Philadelphia: ASTM, 1987. 6p. ASTM D 4728-87.
4. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for performance testing of shipping container and system.** Philadelphia: ASTM, 1997. p . 549-560. ASTM D 4169-96.
- 5 ANJOS, V. D. A. Características dos materiais utilizados na fabricação de embalagens metálicas para alimentos. In: ANJOS, V.D.A.; FARIA, E.V.; SOLER, R.M.; DANTAS, S. T. **Interação de embalagens metálicas com produtos alimentícios.** Campinas: CETEA/ITAL, 1989. Cap. 1, p.01-22.
- 6 BROWN, M. C. The aluminum micro-seam. In: WORLD SEAMING CONFERENCE, 1999, Houston. **Proceedings...**, Arvada: SPG Exhibitions, 1999. 18p.
- 7 BURKE, P. T., SCHULZ, G. L. **The comparative performance of flexible packages and metal cans.** Massachusetts: Natick Laboratories, 1972, 29p.
- 8 CAN MANUFACTURERS INSTITUTE. **CMI voluntary can standards.** Washington, 1992, 60p.

- 9 CABRAL, A.C.D. Consequências práticas da corrosão de latas de folha-de-flandres. In: SOLER, R.M.S.; ORTIZ, S.A.; CABRAL, A.C.D.; FERNANDES, M.H.C.; ALVIM, D.D.A.; GUEDES, L.B.R. **Curso sobre vida-de-prateleira de alimentos enlatados**. Campinas: ITAL/SBCTA, 1981, Cap. 5, p.01-32.
- 10 CECCATO, F. Smoothing out the wrinkles. **The Canmaker**, Inglaterra, v.10, p.67-78, Jun 1997.
- 11 CONTINENTAL CAN CO., INC. **Canmaking materials and methods manual**. Chicago: 1970. V.1, Cap. 3: A brief history of canning and canmaking, p.1-7.
- 12 DANTAS, S. T.; FARIA, E. V. **Latas eletrossoldadas: aspectos tecnológicos e avaliação da qualidade**. Campinas: CETEA/ ITAL, 1991. 81p.
- 13 _____, FARIA, E. V.; BORGONOV, E.; HELLMEISTER, F. B. **Technical information for microseam acceptance by CMI- Can Manufacturers Institute**. Campinas: CETEA/ITAL, 1995. 15p.
- 14 _____, A otimização de desempenho mecânico de embalagens metálicas. In: SEMINÁRIO PROJETO E ESPECIFICAÇÃO DE EMBALAGENS METÁLICAS PARA ALIMENTOS E BEBIDAS 1996, Campinas. **Anais...** Campinas:CETEA/ ITAL, 1996. p.61-75.
- 15 _____; GARCIA, A. E.; ANJOS, V. D. A.; HELLMEISTER, F.; GODOI, P.; DRAGONETE, D. C. C.; VENEGA, M. A. **Avaliação comparativa da resistência mecânica entre latas micro-recravadas e latas convencionais de 900ml para óleo de soja**. Campinas: CETEA/ITAL, 1996. 25p.
- 16 DIFCO LABORATORIES. **Difco manual**. dehydrated culture media and reagents for microbiology. 10 ed, Detroit, 1984. 1155p.

- 17 FARIA, E. V.; DANTAS, S. T.; SOLER, R. M.; ANJOS, V. D. A.; ARDITO, E. F.G.
Controle de qualidade de embalagens metálicas para alimentos.
Campinas: CETE/ ITAL, 1990. 228p.
- 18 _____; DANTAS, S. T.; JUNQUEIRA, V. C. A.; GARCIA, A. E. Evaluation of
can microseam resistance when submitted to mechanical abuse. **Packaging
Technology and Science.** Surrey, v.9, p.187-202, 1996.
- 19 FOOD PROCESSORS INSTITUTE. **Alimentos enlatados:** Princípios de controle
do proceso térmico, acidificação e avaliação do fechamento de recipientes.
Seção 9, Avaliação do fechamento de recipientes. Traduzido pelo ITAL,
4 ed. Campinas: ITAL, 1990. 239p. Tradução de " Canned Foods - Principles
of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation".
- 20 GOLDONI, J. S., KOJIMA, S. L., HEIL, J.R. Growing spores of P.A. 3679 in
formulations of beef heart infusion broth. **Journal of Food Science,** Chicago,
v.45, n.3, p.467-475, 1980.
- 21 GUERRY, G. Lightweight Steels for Packaging In: METPACK'96 CONGRESS,
1996, Essen. **Proceedings...**Philadelphia: Packaging Strategies, 1996. p. 34.
- 22 INNOVATIVE can making. **NV – Packaging International,** Heidelberg, p.76,78,80-
81, 1992/1993.
- 23 INTERNATIONAL TIN RESEARCH INSTITTUTE. **Guide to tinfoil.** Middlesex:
ITRI, 1982. 91p. (Publication n^o 622).
- 24 _____. **Metallography of tin and tin alloys.** Middlesex: ITRI, 1982.
54p. (Publication 580).

- 25 KRAMER, A. H. **Recipiente de acondicionamento**. B21D 51/26, BR, n. PI **9003371-0**, 13.07.1990, 30.05.1995.
- 26 LUTH, A. Tendências beim herstellen und verarbeiten von Weissblech. **Bänder Bleche Rohre**. Munich, v.9, p.250-253, 1983.
- 27 MARSAL, P. Le fer-blanc évolution de ses caractéristique . In: JOURNÉE DE L'ÉTAİN, 20., Lille. **Proceedings ...** Bruxelles: Centre d'Information de l'Étain, 1976, p.28-37, não paginado.
- 28 _____ . **Un guide du fer-blanc**. Thionville: Centre de Recherches du Fer Blanc, 1984, 250p, não publicado
- 29 MASSIVE cost savings claimed for Brazil's 'microseam' design. **The Canmaker**, Crawley, p.8, Sept. 1992.
- 30 MICROSEAM on target. **The Canmaker**, Crawley, p.63, Oct. 1992.
- 31 MICROSEAM'S performance under scrutiny. **The Canmaker**, Crawley, p. 49-50, Nov. 1992.
- 32 ORTIZ, S.A. Principais materiais de embalagens metálicas utilizados para acondicionamento d alimentos e suas aplicações. In: SOLER, R.M.S.; ORTIZ, S. A.; CABRAL, A.D.C.; FERNANDES, M.H.C.; ALVIM, D.D.A.; GUEDES, L.B.R. **Curso sobre vida-de-prateleira de alimentos enlatados**. Campinas:ITAL/SBCTA, 1981, Cap. 5, p. 01-42.
- 33 PFLUG, I.J.; DAVIDSON, P.M.; HOLCOMB, R. G. Incidence of canned food spoilage at the retail level. **Journal of Food Protection**, Ames, v.44, p.682-685, 1981.

- 34 POTTER, N. N. **Food Science**. 2.ed. Westport: AVI, 1973, chap. 8, Heat preservation and processing, p.156-186.
- 35 RENARD, J.F., GELLEZ, J. Tinplate specification for new applications. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 4, 1992, London, **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute, 1992. p.111-123.
- 36 SAUER, R.; SODEIK, M.; TÄFFNER, K & NEUWIED. Geringere Blechdicken gefragt: Entwicklungen bei der Weissblecherzeugung und Dosenherstellung. **Industrie-Anzeiger**, Leinfelder-Echterdingen, v. 26, p.26-30, 1987.
- 37 SCHAERER, G. Food and beverage can anufacture by Soudronic welding technology. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 2, 1980, London. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute - ITRI, 1980. p. 176-186.
- 38 SCHMALBACH-LUBECA AG. Supik Helmut. **Dose aus blech, insbesondere für bier und andere getränke**. B65D 8/20, DE, n. 2900568 C2, 09.01.1979, 19.12.1985.
- 39 SMALLER, but still perfectly formed. **The Canmaker**, Crawley, p.89-90, May 1996.
- 40 SOLER, R.M. Corrosão interna em latas de folha-de-flandres. In: SOLER, R.M.; ORTIZ, S. A.; CABRAL, A. C. D.; FERNANDES, M. H. C.; ALVIM, D. D. A.; GUEDES, L.B.R. **Curso sobre vida-de-prateleira de alimentos enlatados**. Campinas: ITAL/SBCTA, 1981. Cap. 4, p.01-14.
- 41 _____.; VITALI, A. A. ; SADAHIRA, M. S.; JUNQUEIRA, V. A. Micro- recravação um novo sistema de fechamento para embalagens metálicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 13., 1992, São

Paulo: Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos – SBCTA, 1992, p.148.

- 42 _____; VITALI, A. A.; SADAHIRA, M. S.; JUNQUEIRA, V. A. Microseam: a new closure system for metal containers. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 5., 1992, London. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute - ITRI, 1992. p.164-169.
- 43 _____. New microseam technology. In: INTERNATIONAL CAN MANUFACTURING TECHNOLOGY CONFERENCE. 1994, Chicago. **Proceedings...** Dearborn: Society of Manufacturing Engineers – SME, 1994. 8p.
- 44 _____. Microseam: the seaming technology that reduces container area, weight and costs. In: METPACK'96 CONGRESS, 1996, Essen. **Proceedings...** Philadelphia: Packaging Strategies, 1996.p.35-37.
- 45 _____. Microseam: its consolidation and enhancement. In: INTERNATIONAL TINPLATE CONFERENCE, 6., 1996, London. **Proceedings...** Middlesex: International Tin Research Institute - ITRI, 1996. p.180-185.
- 46 SOUZA, M.; GRIBEL, E.; GARCIA, R. Padronização de materiais para embalagens metálicas. In: SEMINÁRIO PROJETO E ESPECIFICAÇÃO DE EMBALAGENS METÁLICAS PARA ALIMENTOS E BEBIDAS. 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, 1996. p.76-88.
- 47 STUMBO, C. R. **Thermobacteriology in food processing**. London: Academic Press, 1973. 236p.

ANEXO A

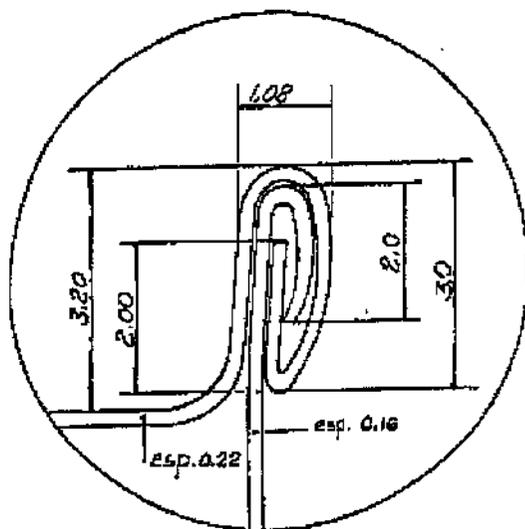


FIGURA A1 Vista em corte, mostrando uma recravação obtida através do processo convencional.

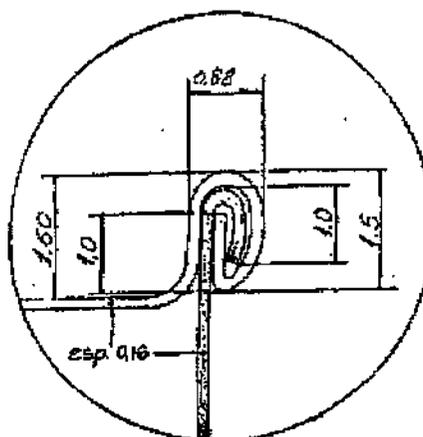


FIGURA A2 Vista em corte, mostrando uma micro-recravação obtida através da invenção.

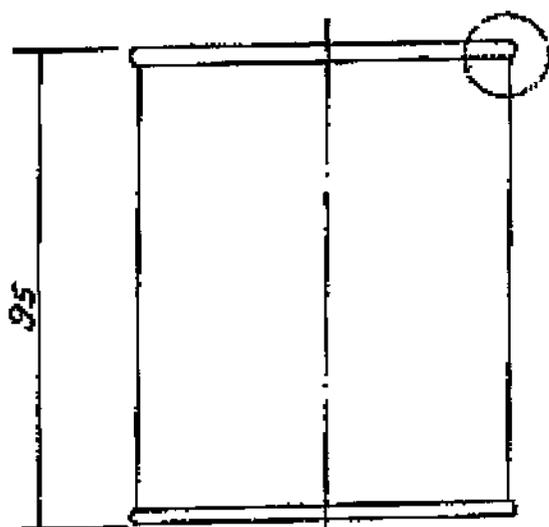


FIGURA A3. Vista lateral de uma lata recravada convencionalmente de ambos os lados.

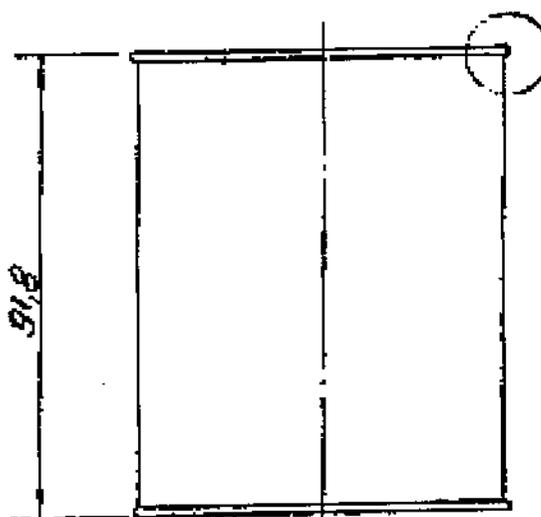


FIGURA A4. Vista lateral de uma lata micro-recravada de ambos os lados.

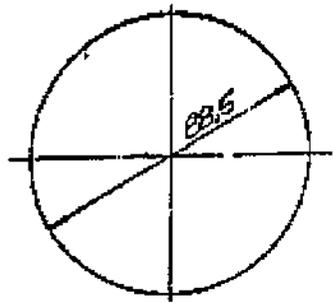


FIGURA A5. Vista de cima de um disco destinado a formação da tampa e fundo da lata convencional.

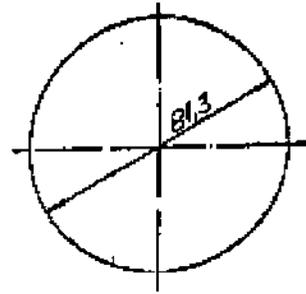


FIGURA A6. Vista de cima de um disco a formação da tampa e fundo da lata, cortado com menor diâmetro

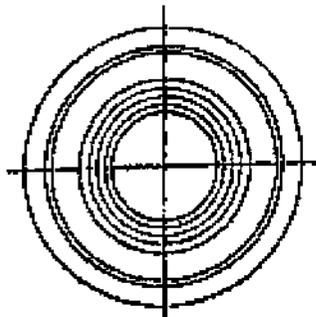


FIGURA A7. Vista de uma tampa convencional estampada com medidas padrão.

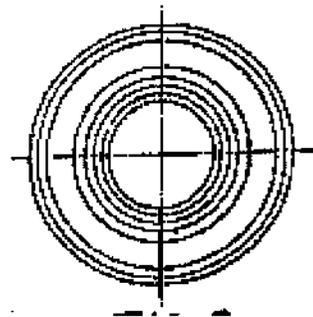


FIGURA A8. Vista de cima da tampa e fundo da lata estampada com novas medidas.

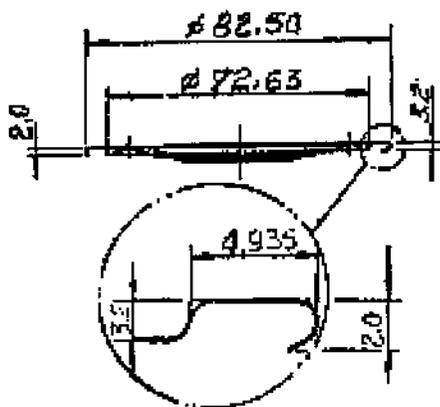


FIGURA A9. Vista em corte da tampa e e fundo da Lata mostrando as medidas encurvamento da tampa para recravação convencional.

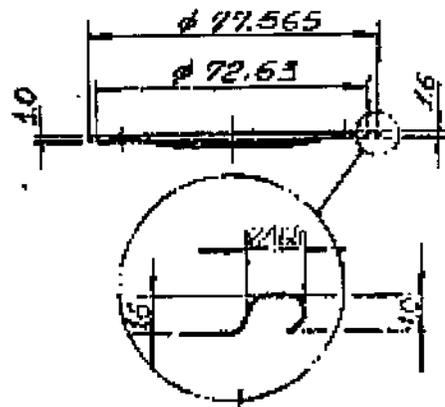


FIGURA A10. Vista em corte da tampa e fundo da lata mostrando as medidas do encurvamento da tampa para micro-recravação.

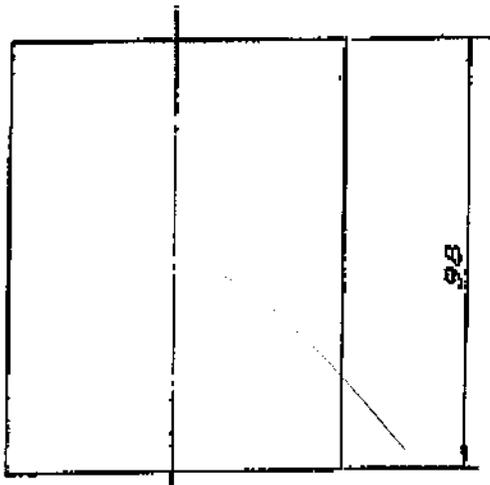


FIGURA A11. Vista lateral de um corpo cilíndrico da lata convencional.

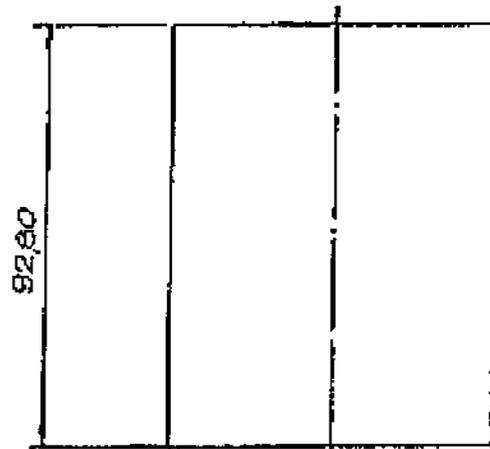


FIGURA A12. Vista lateral de um corpo cilíndrico da nova lata com altura reduzida.

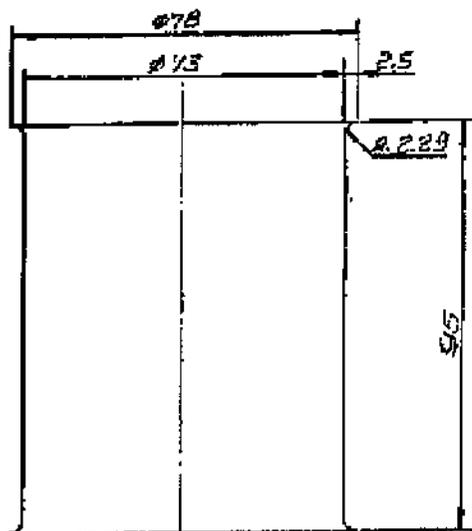


FIGURA A13. Vista lateral de um corpo dotado de flanges de recravação com medidas padrão.

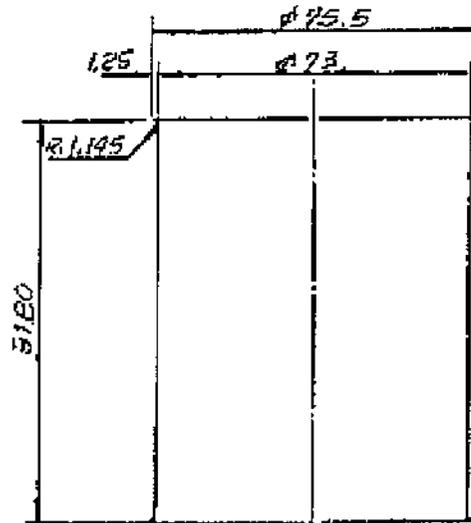
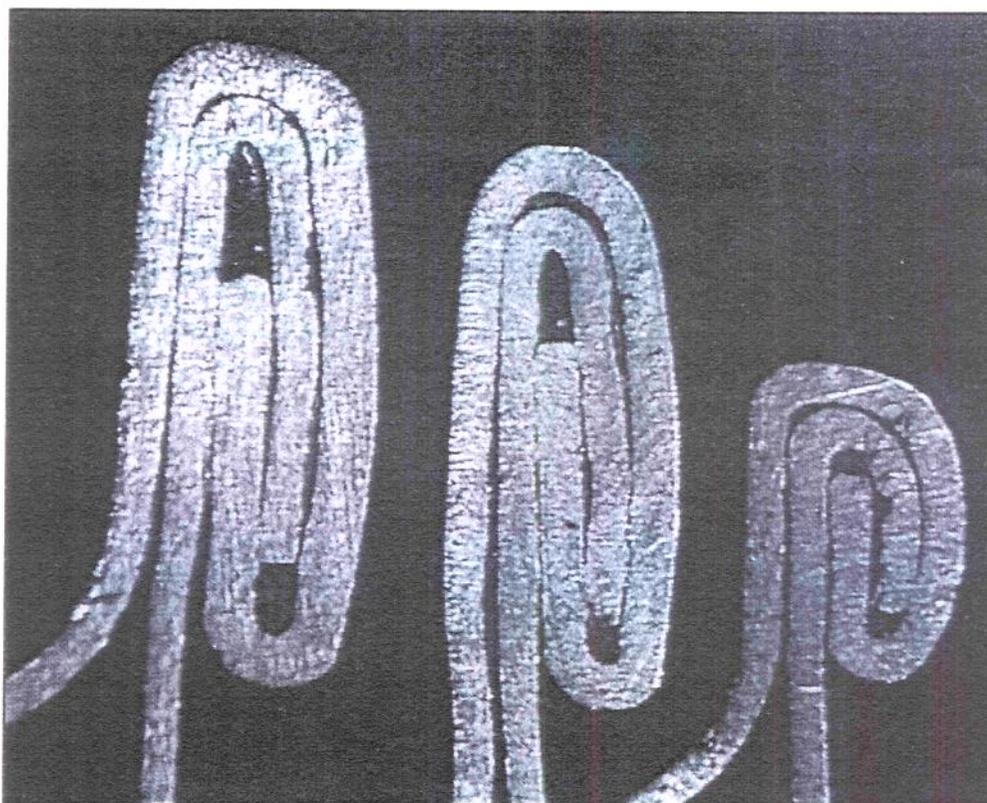


FIGURA A14. Vista lateral de um corpo de lata, cujas flanges apresentam-se com suas medidas reduzidas para a micro-recravação

ANEXO B



	Dimensões das três recravações								
	PR	HR	ER	GC	GT	ET	EC	SL	%S
Convencional									
pol.	0.124	0.115	0.0445	0.0825	0.0735	0.0080	0.0085	0.051	83
mm	3.14	2.90	1.13	2.09	1.86	0.20	0.21	1.29	
Mini-recravação									
pol.	0.126	0.102	0.0400	0.0755	0.0660	0.0070	0.0062	0.047	86
mm	3.20	2.59	1.01	1.91	1.67	0.18	.016	1.19	
Micro-recravação									
pol.	0.081	0.058	0.0385	0.0385	0.0370	0.0062	0.0062	0.026	85
mm	2.06	1.46	0.97	0.97	0.93	0.16	0.16	0.66	

PR = Profundidade do rebaixo; HR = Altura da recravação; ER = Espessura da recravação; GC = gancho do corpo; GT= Gancho da tampa; ET= Espessura da tampa; EC= Espessura do corpo; SL= sobreposição linear e S = sobreposição (%).

FIGURA B1. Dimensões das três recravações: convencional, mini-recravação e micro-recravação.