

VLADEMIR MORENO FILHO

**EMBALAGEM METÁLICA: AVALIAÇÃO DE FOLHAS-DE-
FLANDRES NA FABRICAÇÃO DE LATAS EXPANDIDAS A
PARTIR DO PROCESSO *STRETCHING***

SÃO CAETANO DO SUL

2007

VLADEMIR MORENO FILHO

**EMBALAGEM METÁLICA: AVALIAÇÃO DE FOLHAS-DE-
FLANDRES NA FABRICAÇÃO DE LATAS EXPANDIDAS A
PARTIR DO PROCESSO *STRETCHING***

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos.

Linha de Pesquisa: Engenharia de Embalagem

Orientadora: Prof^a. Dra. Sílvia Tondella Dantas

SÃO CAETANO DO SUL

2007

Moreno Filho, Vlademir

Embalagem Metálica: Avaliação de folhas-de-flandres na fabricação de latas expandidas a partir do processo *stretching*. Vlademir Moreno Filho – São Caetano do Sul: Escola de Engenharia Mauá, 2007.

Dissertação de Mestrado – Programa de Mestrado da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia – Área de Concentração: Engenharia de Embalagem, São Caetano do Sul, 2007.

FOLHA DE APROVAÇÃO

VLADEMIR MORENO FILHO

EMBALAGEM METÁLICA: AVALIAÇÃO DE FOLHAS-DE-FLANDRES NA FABRICAÇÃO DE LATAS EXPANDIDAS A PARTIR DO PROCESSO *STRETCHING*

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre no Curso de Pós Graduação em Engenharia Química e Bioquímica, Departamento de Engenharia Química e de Alimentos, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: _____

Prof^a. Dra. Sílvia Tondella Dantas

CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagem do ITAL

Prof^a. Dra. Susana M. Giampietri Lebrão

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

Prof^o. Dr. Antonio Carlos Dantas Cabral

Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia

São Caetano do Sul, ___ de _____ de 2007.

DEDICATÓRIA

À minha esposa Camila, ao meu filho Vinicius, aos meus pais Vera e Vlademir, e à minha família, pelo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

À **Dra. Silvia Tondella Dantas** pela orientação, disposição e atenção oferecidas durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu pai, **Sr. Vlademir Moreno** e demais colaboradores da Indústria de Máquinas Moreno pela constante motivação e apoio.

Ao **Prof. Dr. Antonio Carlos Dantas Cabral** e demais colaboradores do Programa de Mestrado, pela idealização e incentivo ao Curso de Mestrado do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.

Ao **Sr. Paulo Campissi de Souza**, Engenheiro Metalúrgico do Centro de Pesquisas da COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL - CSN e demais colaboradores que, direta ou indiretamente, contribuíram na obtenção das amostras de folha-de-flandres e nos ensaios de dureza, tração, análise metalográfica, determinação de tamanho do grão e determinação da camada de estanho das amostras.

Ao **Sr. Luiz Carlos Zago**, da Nestlé Brasil, pelo auxílio na obtenção da amostra de folha-de-flandres T59.

À **Sra. Fiorella B. Hellmeister Dantas**, Pesquisadora do CETEA – Centro de Tecnologia de Embalagem e demais pesquisadores que, direta ou indiretamente, participaram dos ensaios para avaliação de distribuição de espessura, camada de passivação, ferro exposto e rugosidade e análise estatística dos dados obtidos nos ensaios das amostras.

Ao **Sr. Reinaldo Rojek** pelo apoio, assim como aos demais colaboradores da Metalgráfica Rojek, pelas informações e imensurável contribuição durante as etapas de fabricação dos cilindros, fabricação das latas e avaliação dimensional das amostras.

À minha esposa **Sra. Camila Barallobre** pelo incentivo e compreensão.

EPÍGRAFE

"NUNCA É PERDIDO O TEMPO DEDICADO AO TRABALHO"

RALPH WALDO EMERSON

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho das folhas-de-flandres têmpera T52, recozimento em caixa, espessura 0,20mm e têmpera T59, recozimento contínuo, espessura 0,20mm, quando empregadas na fabricação de latas expandidas pelo Processo *Stretching*. O Processo *Stretching*, ao contrário dos processos convencionais de fabricação de *necking* em latas, consiste na fabricação do corpo da lata no diâmetro do *necking* para posteriormente se expandir a porção inferior da lata por meio de ferramentas específicas, até que a lata atinja o seu diâmetro final ou comercial. A avaliação comparativa das duas amostras de folhas-de-flandres, antes do processo de expansão, foi realizada através da determinação de dureza, tração, tamanho do grão do aço-base e análise microestrutural. Para a avaliação das amostras de folhas-de-flandres, antes e após o processo de expansão, foram utilizadas latas fabricadas em linhas comerciais de fabricação de latas a partir das amostras de folhas-de-flandres e avaliadas comparativamente através da determinação da distribuição de espessura da folha no corpo da lata, camada de estanho, ferro exposto, camada de cromo de passivação, rugosidade superficial, altura da lata, diâmetro interno da lata, largura do flange da lata, profundidade dos frisos e avaliação da recravação. Os resultados demonstraram um melhor desempenho da folha-de-flandres T59 para a fabricação de latas expandidas pelo Processo *Stretching*, em comparação com a folha-de-flandres T52. Conclui-se que, embora as duas amostras sejam viáveis para a aplicação pelo Processo *Stretching*, a folha-de-flandres T59 apresenta desempenho superior comparativamente à folha-de-flandres T52.

Palavras-chave: Aço, Embalagem, Expansão, Folha-de-flandres, Lata, Lata Expandida, *Stretching*.

ABSTRACT

METAL PACKAGING: EVALUATION OF TINPLATES USED TO MAKE CANS THROUGH THE STRETCHING PROCESS. The present study was aimed to evaluate the performance of the tinplate T52 temper, batch annealing, thickness 0.20mm and the tinplate T59 temper, continuous annealing, thickness 0.20mm when applied to the manufacture of expanded cans through the Stretching Process. The Stretching Process, on the contrary to the usual necking processes, consists of the can body manufacture on the neck diameter, followed by the expansion on the inferior portion of the can body by using specific tools, until the can reaches its final or commercial diameter. The comparative evaluation of the tinplate samples, before the expansion process, was executed by determining hardness, tensile strength, basis-steel grain size and microstructure. For the tinplate samples evaluation, before and after the expansion process, it was used cans manufactured from the tinplate samples by commercial canmaking lines and executed by determining can body thickness distribution, tin layer, metal exposure, chromium passivation layer, surface roughness, can height, can inner diameter, can flange width, bead depth and double seam. Results have shown a better performance for the tinplate T59 to manufacture expanded cans by the Stretching Process. In conclusion, even though the two samples of tinplates are viable to be applied in the Stretching Process, the T59 tinplate presented a slightly superior performance comparatively with the tinplate T52.

Key words: Can, Can Body Expansion, Expanded Can, Packaging, Steel, Shaped Can, Stretch, Tinplate.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	APRESENTAÇÃO DO TEMA	18
1.2	APRESENTAÇÃO DO PROCESSO <i>STRETCHING</i>	19
1.3	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO	21
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	24
2.1	A EMBALAGEM.....	24
2.1.1	A DEFINIÇÃO E AS FUNÇÕES DA EMBALAGEM	24
2.1.2	O SISTEMA DE EMBALAGEM	25
2.1.3	A IMPORTÂNCIA DA EMBALAGEM MODERNA	27
2.1.4	ANSEIOS DO CONSUMIDOR QUANTO À EMBALAGEM.....	29
2.2	A LATA DE AÇO.....	30
2.2.1	A ORIGEM DA LATA DE AÇO.....	30
2.2.2	DEFINIÇÃO.....	31
2.2.3	CLASSIFICAÇÃO DAS EMBALAGENS METÁLICAS – LATAS	31
2.2.4	FOLHA-DE-FLANDRES	32
2.2.4.1	Conceito de folha-de-flandres	32
2.2.4.2	Produção do aço-base	33
2.2.4.3	Diferença entre recozimento em caixa e recozimento contínuo	35
2.2.4.4	Composição química do aço-base.....	37
2.2.4.5	Acabamento superficial da folha-de-flandres.....	38
2.2.4.6	Propriedades físicas e mecânicas do aço-base	38
2.2.5	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LATAS DE AÇO	43
2.2.6	PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA LATA DE AÇO	44
2.3	MERCADO E TENDÊNCIAS DA LATA DE AÇO	44
2.3.1	O MERCADO DE FOLHA-DE-FLANDRES NO BRASIL	44
2.3.2	O MERCADO DAS LATAS DE AÇO NO BRASIL	45
2.3.3	TENDÊNCIAS DE MERCADO PARA A LATA DE AÇO	48
2.3.4	INOVAÇÕES EM EMBALAGENS METÁLICAS DE AÇO	49
2.3.4.1	Definição de Inovação	49
2.3.4.2	Inovações em Latas de Aço.....	49
2.3.4.3	Materiais	50
2.3.4.4	Tecnologia.....	50
2.3.4.5	Impressão	50
2.3.4.6	Sistemas de Fechamento e Abertura.....	50

2.3.4.7	Outras Inovações.....	51
2.4	AS LATAS COM FORMATOS	52
2.4.1	PROCESSO DE EXPANSÃO POR MANDRIL.....	53
2.4.2	PROCESSO SPIN FLOW SHAPING.....	55
2.4.3	PROCESSO BLOW FORMING	56
2.4.4	PROCESSO PASCAL OU HYDRO FORMING	57
2.4.5	PROCESSO RHEOFORMING.....	58
2.4.6	PROCESSO STRETCHING	59
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	62
3.1	INTRODUÇÃO.....	62
3.2	DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS	64
3.3	DESCRIÇÃO DA LINHA DE FABRICAÇÃO DE LATAS	65
3.4	ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA-DE-FLANDRES	66
3.4.1	DETERMINAÇÃO DE DUREZA SUPERFICIAL	66
3.4.1.1	Equipamentos	67
3.4.1.2	Materiais	67
3.4.1.3	Amostragem	67
3.4.1.4	Procedimento	67
3.4.2	ENSAIO DE TRAÇÃO	68
3.4.2.1	Equipamentos	68
3.4.2.2	Amostragem	69
3.4.2.3	Procedimento	69
3.4.3	DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO DO AÇO-BASE E CARACTERIZAÇÃO DA MICROESTRUTURA .	70
3.4.3.1	Equipamentos	70
3.4.3.2	Materiais	71
3.4.3.3	Reagentes.....	71
3.4.3.4	Amostragem	72
3.4.3.5	Procedimento	72
3.5	ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA FOLHA-DE-FLANDRES NO PROCESSO STRETCHING.....	73
3.5.1	DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA.....	73
3.5.1.1	Equipamentos	73
3.5.1.2	Amostragem	74
3.5.1.3	Procedimento	74
3.5.2	DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO	74
3.5.2.1	Equipamentos	75
3.5.2.2	Materiais	75
3.5.2.3	Reagentes.....	76
3.5.2.4	Amostragem	76
3.5.2.5	Procedimento	76

3.5.3	AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO	77
3.5.3.1	Equipamentos	78
3.5.3.2	Materiais	78
3.5.3.3	Reagentes	79
3.5.3.4	Amostragem	79
3.5.3.5	Procedimento	79
3.5.4	DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO	80
3.5.4.1	Equipamentos	80
3.5.4.2	Materiais	81
3.5.4.3	Reagentes	81
3.5.4.4	Amostragem	82
3.5.4.5	Procedimento	82
3.5.5	DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE	83
3.5.5.1	Equipamentos	84
3.5.5.2	Materiais	84
3.5.5.3	Amostragem	84
3.5.5.4	Procedimento	84
3.5.6	DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA ALTURA DA LATA	84
3.5.6.1	Equipamentos	85
3.5.6.2	Amostragem	85
3.5.6.3	Procedimento	86
3.5.7	DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DA LATA	86
3.5.7.1	Equipamentos	87
3.5.7.2	Materiais	87
3.5.7.3	Amostragem	87
3.5.7.4	Procedimento	87
3.5.8	DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA LARGURA DO FLANGE DA LATA	88
3.5.8.1	Equipamentos	88
3.5.8.2	Amostragem	88
3.5.8.3	Procedimento	89
3.5.9	DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS	89
3.5.9.1	Equipamentos	89
3.5.9.2	Amostragem	89
3.5.9.3	Procedimento	90
3.5.10	AVALIAÇÃO DA RECRAVAÇÃO	91
3.5.10.1	Equipamentos	92
3.5.10.2	Materiais	93
3.5.10.3	Amostragem	93
3.5.10.4	Procedimento	94
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	96

4.1	ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA-DE-FLANDRES	96
4.1.1	DETERMINAÇÃO DE DUREZA SUPERFICIAL	96
4.1.2	ENSAIO DE TRAÇÃO	98
4.1.3	DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO DO AÇO-BASE E CARACTERIZAÇÃO DA MICROESTRUTURA.	99
4.2	ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA FOLHA-DE-FLANDRES NO PROCESSO STRETCHING	101
4.2.1	DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA.....	101
4.2.2	DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO	104
4.2.3	AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO	108
4.2.4	DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO	110
4.2.5	DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE	111
4.2.6	DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA ALTURA DA LATA	114
4.2.7	DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DA LATA	116
4.2.8	DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA LARGURA DO FLANGE DA LATA.....	119
4.2.9	DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS	121
4.2.10	AVALIAÇÃO DA RECRAVAÇÃO.....	125
5	CONCLUSÃO	128

BIBLIOGRAFIA

ANEXO 1

ANEXO 2

GLOSSÁRIO

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. Diagrama representativo do Sistema de Embalagem.	27
FIGURA 2.2. Composição típica da folha-de-flandres.....	32
FIGURA 2.3. Processo de fabricação da folha-de-flandres a partir do aço-base, diferenciando as etapas de recozimento em caixa e recozimento contínuo.....	37
FIGURA 2.4. Folha-de-flandres produzida no Brasil de 2000 a 2004.	45
FIGURA 2.5. Evolução da produção de latas em folha-de-flandres no Brasil de 2000 até 2004.....	46
FIGURA 2.6. Crescimento médio da embalagem de folha-de-flandres por tipo de produto de 1994-2004.....	47
FIGURA 2.7. Participação da embalagem de folha-de-flandres por tipo de produto em 2004.....	47
FIGURA 2.8. Ilustração da tampa <i>Abre-fácil</i>	51
FIGURA 2.9. Exemplo de latas com formatos diferenciados.	53
FIGURA 2.10. Esquema do processo de expansão de latas por Mandril.....	54
FIGURA 2.11. Exemplos de latas expandidas através do Processo de Expansão por Mandril.....	55
FIGURA 2.12. Máquina para a fabricação de latas expandidas pelo processo <i>Spin Flow Shaping</i>	55
FIGURA 2.13. Esquema do Processo <i>Blow Forming</i>	56
FIGURA 2.14. Exemplos de latas expandidas pelo Processo <i>Blow Forming</i>	56
FIGURA 2.15. Exemplificação do Processo Hidráulico.....	57
FIGURA 2.16. Exemplos de latas expandidas pelo Processo Hidráulico.....	57
FIGURA 2.17. Ilustração do Processo Pascal da Toyo Seikan.....	58
FIGURA 2.18. O Processo <i>Rheoforming</i>	59
FIGURA 2.19. Ilustração do equipamento que executa o Processo <i>Stretching</i>	60
FIGURA 2.20. Lata antes e após o Processo <i>Stretching</i> de expansão.....	60
FIGURA 2.21. Exemplos de formatos de latas possíveis com o uso do Processo <i>Stretching</i>	61
FIGURA 3.1. Cilindros antes e após a expansão.	65
FIGURA 3.2. Durômetro Wilson para ensaio de dureza Rockwell HR15T.	67
FIGURA 3.3. Prensa para corte de corpos-de-prova para ensaio de tração.	68
FIGURA 3.4. Máquina universal de ensaio.	69
FIGURA 3.5. Microscópio óptico Carl Zeiss.....	71
FIGURA 3.6. Localização dos pontos de determinação de distribuição de espessura.....	74
FIGURA 3.7. Equipamento potenciostato/galvanostato EG&G, modelo 273A.	75
FIGURA 3.8. Célula para a eletrólise de folha-de-flandres em corte redondo.	76
FIGURA 3.9. Célula para a avaliação do ferro exposto em amostras planas.	78
FIGURA 3.10. Padrão P para corrosão segundo a D-610.....	80

FIGURA 3.11. Unidade óptica modelo P11.....	85
FIGURA 3.12. Tela do software <i>Can Profile Analyser</i>.	85
FIGURA 3.13. Localização dos pontos de determinação da variação de altura dos cilindros soldados.....	86
FIGURA 3.14. Dispositivo para aferição do diâmetro interno da lata.	87
FIGURA 3.15. Localização dos pontos de determinação da largura do flange dos cilindros expandidos e flangeados.....	88
FIGURA 3.16. Localização dos pontos de determinação da profundidade dos frisos dos cilindros expandidos, flangeados e frisados.	90
FIGURA 3.17. Terminologia dimensional da recravação.	91
FIGURA 3.18. Unidade óptica para latas de alimento.	92
FIGURA 3.19. Tela do software <i>SEAMetal Profile Analyser</i>.....	92
FIGURA 3.20. Serra <i>Twin Blade Saw</i> modelo TBS-4.	93
FIGURA 3.21. Abridor de latas especial.	93
FIGURA 3.22. Localização dos pontos de avaliação da recravação dos cilindros expandidos, flangeados, frisados e recravados.....	94
FIGURA 3.23. Remoção da tampa com o uso do abridor de latas especial.....	94
FIGURA 4.1. Micrografias da amostra T52 obtidas em posições aleatórias na região do corpo da lata a uma magnitude de 500X: (a) antes da expansão e (b) após a expansão.	101
FIGURA 4.2. Micrografias da amostra T59 obtidas em posições aleatórias na região do corpo da lata a uma magnitude de 500X: (a) antes da expansão e (b) após a expansão.	101
FIGURA 4.3. Distribuição de freqüência para a camada de estanho das faces interna e externa das amostras antes da expansão.....	107
FIGURA 4.4. Distribuição de freqüência para a camada de estanho das faces interna e externa das amostras após a expansão.....	107
FIGURA 4.5. Distribuição de freqüência para a altura do cilindro antes da operação de expansão.	116
FIGURA 4.6. Distribuição de freqüência para a altura do cilindro após a operação de expansão.	116
FIGURA 4.7. Distribuição de freqüência para o diâmetro do cilindro antes da operação de expansão.....	118
FIGURA 4.8. Distribuição de freqüência para o diâmetro do cilindro após a operação de expansão.....	119
FIGURA 4.9. Distribuição de freqüência para a largura do flange da lata após a expansão.	121
FIGURA 4.10. Variação da profundidade do friso ao longo da altura do corpo da lata.	124
FIGURA 4.11. Distribuição de freqüência para a profundidade dos frisos após a operação de expansão.....	124

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1. Comparação entre os processos <i>Spin flow necking</i> e <i>Stretching</i>	20
TABELA 2.1. Fatores de decisão para a compra de um produto.	27
TABELA 2.2. Composição química do aço-base.	38
TABELA 2.3. Tolerâncias de espessura para folhas-de-flandres.	38
TABELA 2.4. Tolerâncias de espessura para folhas-de-flandres - Continuação.	39
TABELA 2.5. Têmpera para folhas metálicas de simples redução (SR).	40
TABELA 2.6. Classes de propriedades mecânicas para folhas metálicas de dupla redução (DR) e valores de dureza Rockwell superficial 30T.	41
TABELA 2.7. Dureza Rockwell 30T, limite de escoamento (LE), limite de resistência à tração (LR) e alongamento para folhas-de-flandres T52 e T59.	42
TABELA 2.8. Folhas-de-flandres para a fabricação de embalagens.	42
TABELA 2.9. Massa de revestimento igual (E) para folha-de-flandres.	43
TABELA 2.10. Massa de revestimento diferencial (D) para folha-de-flandres.	43
TABELA 4.1. Resultado de determinação de dureza HR30T para as duas amostras ⁽¹⁾	97
TABELA 4.2. Resultados da determinação do limite de escoamento a 0,2% (MPa), limite de resistência (MPa) e alongamento (%) para as duas amostras.	99
TABELA 4.3. Resultados da determinação do tamanho do grão médio para as duas amostras ⁽¹⁾	100
TABELA 4.4. Resultados de distribuição de espessura para a amostra T52 ⁽¹⁾	103
TABELA 4.5. Resultados de distribuição de espessura para a amostra T59 ⁽¹⁾	103
TABELA 4.6. Resultados da determinação de espessura antes e após a expansão para a duas amostras ⁽¹⁾	104
TABELA 4.7. Resultados da determinação da camada de estanho total das faces interna e externa para as duas amostras ⁽¹⁾	106
TABELA 4.8. Resultado da determinação de ferro exposto ⁽¹⁾ nas faces interna e externa para a amostra T52 ⁽²⁾	109
TABELA 4.9. Resultado da determinação de ferro exposto ⁽¹⁾ nas faces interna e externa para a amostra T59 ⁽²⁾	110
TABELA 4.10. Resultados da determinação da camada de passivação por face para as duas amostras (mgCr/m ²) ⁽¹⁾	111
TABELA 4.11. Resultado da determinação da rugosidade superficial Ra para a face externa da amostra T52 (µm) ⁽¹⁾	113
TABELA 4.12. Resultado da determinação da rugosidade superficial Ra para a face externa da amostra T59 (µm) ⁽¹⁾	114
TABELA 4.13. Resultado da determinação da altura para as duas amostras ⁽¹⁾	115
TABELA 4.14. Resultados da determinação do diâmetro interno para as duas amostras ⁽¹⁾	118
TABELA 4.15. Resultados da determinação da largura do flange do cilindro expandido para as duas amostras ⁽¹⁾	120

TABELA 4.16. Resultados da determinação da profundidade dos frisos para a amostra T52⁽¹⁾	122
TABELA 4.17. Resultados da determinação da profundidade dos frisos para a amostra T59⁽¹⁾	123
TABELA 4.18. Resultados gerais da determinação da profundidade dos frisos para as duas amostras⁽¹⁾	123
TABELA 4.19. Dimensões especificadas para a recravação.....	126
TABELA 4.20. Resultados da avaliação da recravação para a amostra T52⁽¹⁾	126
TABELA 4.21. Resultados da avaliação da recravação para a amostra T59⁽¹⁾	127

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Atualmente, tanto os fabricantes de produtos de consumo vendidos a varejo, quanto os fabricantes de embalagem, vêm notando uma influência e uma exigência cada vez maior do consumidor em relação ao produto e, por conseguinte, em relação à embalagem que o acondiciona e o protege. Isto vale para qualquer produto e para qualquer material ou tipo de embalagem, inclusive para a lata de aço.

Critérios outrora não considerados como sendo fatores decisórios na compra de produtos nos pontos de venda devem ser cautelosamente considerados para o sucesso do produto nos dias de hoje, devido a grandes mudanças nos hábitos do consumidor moderno. Características como: praticidade, facilidade de abertura, possibilidade de refeitamento para uso posterior e tempo de preparo, entre outras, vêm sendo cada vez mais exigidas do binômio produto-embalagem. Por outro lado, independentemente do material, a embalagem possui ainda uma responsabilidade cada vez maior no que diz respeito à legislação e à preservação do meio ambiente.

Neste contexto, a embalagem metálica de aço assume um papel de grande importância e vem se desenvolvendo, buscando soluções inovadoras tanto para os usuários quanto para os fabricantes, que evidenciem e concretizem os anseios do consumidor moderno em relação a este tipo de embalagem. Sendo assim, em muitos casos, a lata de aço atua como elemento decisório, sendo ela o único elemento a atrair e a convencer o consumidor, promovendo o produto no momento da compra.

Inúmeras inovações estão sendo implementadas à lata de aço a fim de que este tipo de embalagem atue de maneira eficiente na promoção do produto. Por outro lado, as linhas de fabricação de latas buscam, além de maior eficiência, a fabricação de latas com padrão de qualidade altíssimo. Da mesma maneira, os processos produtivos para a obtenção da folha-de-flandres – matéria prima da lata de aço – vêm se desenvolvendo e se modernizando, de tal forma que atualmente é possível se obter folhas-de-flandres com características específicas e adequadas para cada aplicação e compatíveis com o produto a ser acondicionado.

Inovações como: sistemas de fácil abertura, sistemas que possibilitam o refechamento, impressões atraentes e de alta qualidade com *design* moderno, leveza, aumento da resistência mecânica, características de empilhamento, surgimento da introdução de formatos personalizados e aumento da eficiência das linhas de fabricação vêm sendo atualmente empregados pelos fabricantes, no decorrer do processo evolutivo da lata de aço.

Nos dias de hoje, dentre todas as inovações observadas no segmento de embalagens metálicas, aquela que é a mais desejada, admirada e pesquisada pelos fabricantes é a introdução de formatos diferenciados em latas de aço de três peças, o que permite a personalização do produto enlatado através do emprego de formatos específicos para cada produto.

1.2 APRESENTAÇÃO DO PROCESSO *STRETCHING*

De maneira geral, qualquer processo empregado para a obtenção de latas com formatos diferenciados é denominado Processo de Expansão. Desta forma, as latas com formatos diferenciados são também conhecidas comercialmente por Latas Expandidas.

Dentre todos os processos conhecidos até então para a introdução de formatos em latas de aço, merece especial destaque o Processo *Stretching*, cuja tecnologia foi criada, desenvolvida e patenteada no Brasil e que possibilita, além da introdução de formatos diferenciados, a fabricação de *necking* profundo – ou gargalo – em latas, sendo este um processo mais simples e eficaz do que os atualmente conhecidos.

Em se tratando de fabricação de latas, o termo *necking* significa a redução no diâmetro de uma das extremidades da lata em relação ao diâmetro do corpo da mesma com o propósito de se utilizar uma menor quantidade de matéria-prima na fabricação da tampa desta extremidade menor, além de possibilitar o empilhamento das latas nos pontos de venda, através do encaixe entre tampa e fundo.

De acordo com MICHAELIS (1998), o termo *Stretch*, significa esticar ou estirar, e partindo-se desta definição, o Processo *Stretching* é caracterizado pelo estiramento ou esticamento do material no decorrer do processo.

O Processo *Stretching* surgiu como uma alternativa eficiente e inovadora ao Processo *Spin-flow necking*, através do qual parte-se de um corpo de lata cilíndrico com diâmetro final e obtém-se o *necking* neste corpo de lata através de um equipamento específico cujas ferramentas promovem a redução do diâmetro de uma das extremidades corpo da lata.

Em síntese, para a fabricação de latas pelo Processo *Stretching* parte-se de um corpo de lata cilíndrico com determinado diâmetro e obtém-se o corpo de lata final com formato pré-determinado pelas ferramentas ou mandris do equipamento, e diâmetro maior que o inicial, através da expansão, estiramento ou esticamento deste corpo cilíndrico de lata.

Conforme ilustrado na TABELA 1.1, uma das maiores vantagens do Processo *Stretching* reside no fato de ser o processo mais veloz e eficiente já conhecido para a fabricação de latas com formatos diferenciados ou *necking* profundo, operando a uma velocidade efetiva de produção em torno de 800 latas por minuto e com eficiência superior a 90%. A única desvantagem do processo reside no fato de não ser possível o seu emprego para a fabricação de latas com formatos convexos, sendo somente possível a sua aplicação na fabricação de latas com formatos côncavos e suas variações.

TABELA 1.1. Comparação entre os processos *Spin flow necking* e *Stretching*.

Processo	Velocidade efetiva (latas/min.)	Exposição de metal ⁽¹⁾ (mA)	Refugo (%)	Eficiência (%)	Resistência ao vácuo (kgf/cm ²)
<i>Spin flow necking</i>	500	10	1,1	75	1,7
<i>Stretching</i>	800	6	0,6	90	3,5

(1) Valores apresentados para latas revestidas com verniz interno.

FONTE: STRETCH MACHINE, 2005.

Em outubro de 2001 a empresa Brasileira Metalgráfica Rojek foi a pioneira no mundo a utilizar o Processo *Stretching* na fabricação de latas Abre-Fácil, através da expansão do corpo da lata para a obtenção do *necking* profundo.

Para o início da operação do novo Processo *Stretching* de fabricação, foi adotada a folha-de-flandres 0,22mm, têmpera T52, com recozimento em caixa, fornecida pela COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. Porém, tendo em

vista a tendência mundial na redução do peso da embalagem de aço com manutenção da resistência mecânica, no início do ano de 2004, a Metalgráfica Rojek passou a utilizar a folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T52, recozimento em caixa, em suas linhas de latas que empregam o Processo *Stretching*.

Ainda em 2004, a COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN lançou no mercado a folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T59, com recozimento contínuo, especificamente para aplicação nas operações de fabricação de latas expandidas.

1.3 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS DO TRABALHO

O objetivo principal deste trabalho foi a comparação de desempenho entre a folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T52, com recozimento em caixa e a folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T59, com recozimento contínuo na fabricação de latas expandidas pelo Processo *Stretching*. Ambas as folhas são nacionais e fabricadas pela COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN.

No processo de fabricação da folha-de-flandres, o termo *recozimento* caracteriza a etapa na qual o aço encruado pelo trabalho mecânico a frio das etapas anteriores é submetido a uma etapa de alívio de tensões internas, recristalização e crescimento de grão, fazendo com que o aço adquira ductilidade específica e compatível à aplicação de fabricação de embalagens metálicas.

De acordo com a NBR 6665 (ABNT, 2006), o termo *têmpera* é utilizado na caracterização das folhas metálicas, sendo expresso na escala de dureza Rockwell 30T e indica o grau de encruamento da folha-de-flandres após o recozimento considerando-se a macro-dureza da folha-de-flandres, isto é, substrato (aço-base) mais revestimento (camada de estanho e camada de passivação).

Segundo DANTAS, GATTI e SARON (1999) utilizando-se o recozimento em caixa do aço durante o processo de fabricação da folha-de-flandres, obtém-se uma folha com grãos maiores e dureza inferior às folhas fabricadas com recozimento contínuo, o qual possibilita a obtenção de uma folha mais homogênea ao longo do comprimento e largura em termos de dureza e tamanho de grão.

Além disso, o recozimento contínuo possibilita maior produtividade e maior velocidade no processo de fabricação da folha-de-flandres, fazendo com que o preço desta matéria prima com recozimento contínuo seja comercialmente mais atrativo do que com recozimento em caixa.

A comparação entre as folhas-de-flandres 0,20mm, têmpera T52, com recozimento em caixa e 0,20mm, têmpera T59, com recozimento contínuo foi feita levando-se em consideração ensaios tanto para a caracterização das matérias-primas base quanto ensaios para a avaliação do desempenho e controle dimensional das latas originadas por estes materiais e fabricadas a partir do Processo *Stretching*.

Ao se trabalhar mecanicamente a embalagem de aço, como nos processos de expansão do corpo da lata, deve-se observar cuidadosamente as possíveis alterações dimensionais da embalagem, o que pode comprometer além da resistência da embalagem em questão, sua hermeticidade.

De acordo com DANTAS *et al* (1996) as variações dimensionais podem causar perdas importantes não somente na embalagem como também no produto que esta irá acondicionar, fazendo com que tal embalagem seja inutilizável.

Ainda, segundo DANTAS *et al* (1996) a excelente integridade do produto acondicionado devido à eficiente hermeticidade da lata está diretamente relacionada à qualidade da recravação, que por sua vez deve possuir características suficientes para suportar condições normais de processamento, manuseio, transporte e estocagem.

Como conseqüência, para uma recravação com qualidade deve-se ter um perfeito dimensionamento dos elementos que a compõem – corpo, tampa e fundo da lata – principalmente quando um destes elementos é submetido a trabalho mecânico durante sua fabricação, como no caso dos corpos de latas produzidos por expansão, onde o corpo produzido pelo Processo *Stretching* é um exemplo.

Sendo assim, pretende-se que tais resultados sejam de grande valia para o dimensionamento de novas possibilidades para emprego do Processo *Stretching*, assim como servir de orientação para especificação e escolha entre os dois tipos de

folhas-de-flandres em questão, levando-se em consideração a relação custo/benefício para cada material e suas implicações nas características finais da lata como: dimensional, resistência mecânica e hermeticidade.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A EMBALAGEM

2.1.1 A DEFINIÇÃO E AS FUNÇÕES DA EMBALAGEM

Ao abordar o tema embalagem, as definições distintas e inter-relacionadas *embalar* e *condicionar*, devem ser perfeitamente compreendidas e interpretadas, pois segundo MICHAELIS (1998), *embalagem* significa *condicionamento*.

Ainda segundo MICHAELIS (1998), *embalar* significa empacotar, *condicionar* e *condicionar* significa preservar contra a deterioração, embalar ou acomodar (objetos) para transporte. Sendo assim, os termos *embalar* e *condicionar* podem ser considerados termos sinônimos ou complementares.

De acordo com SLATER, MARTINS e PHILIPPI (2000), etimologicamente o termo *embalagem* deriva do alemão antigo, onde *balla* significa juntar ou aglomerar, apresentando a idéia de introduzir em *ballas*, e, por extensão, caracterizar *embalagem* como sendo o conjunto de materiais destinados a proteger um produto que deve ser transportado.

Da mesma maneira, etimologicamente, a palavra *condicionamento* deriva do latim *condere*, referindo-se a estabelecer ou estabilizar, e, no caso de um produto, significando sua apresentação de forma definitiva e estável (SLATER, MARTINS e PHILIPPI, 2000).

Complementando as definições de *embalagem* e *condicionamento*, segundo SLATER, MARTINS e PHILIPPI (2000):

“Além das funções iniciais de embalar e acondicionar um produto, como ferramenta de proteção, existem muitas outras funções para a embalagem, como: diminuir as perdas, deterioração e desperdício entre distribuidor e cliente; acelerar as manipulações e operações comerciais; facilitar o armazenamento e organização; melhorar a rentabilidade nas redes de venda; transmitir informação; assegurar a promoção do produto; e inspirar confiança aos compradores e consumidores”.

Isto mostra que a embalagem é algo complexo, e que as suas funções passam pela valorização do uso, da percepção, de instrução e da expressão a respeito de um determinado produto (SLATER, MARTINS e PHILIPPI, 2000).

Ainda segundo SLATER, MARTINS e PHILIPPI (2000), e de acordo com os termos de *Marketing*, embalagem é o recipiente usado para proteger, promover, transportar e/ou identificar um produto.

SANTOS e CASTRO (1998) consideram a embalagem como sendo o elo de ligação entre o produtor e o consumidor, a qual vem acompanhando rapidamente as exigências do consumidor e desempenhando várias funções além de: proteger, promover, transportar e/ou identificar um determinado produto.

Ainda segundo SANTOS e CASTRO (1998) as funções básicas da embalagem estão relacionadas à proteção física do produto. Por outro lado, após o surgimento e fortalecimento dos canais de distribuição do tipo auto-serviço (supermercados) a embalagem adquiriu o papel de vendedor silencioso. Segundo esses autores: “As informações contidas nas embalagens passam a funcionar como veículo de promoção e de venda dos produtos, além de servir, informar e educar o consumidor”.

2.1.2 O SISTEMA DE EMBALAGEM

“Um sistema é um conjunto de partes ou elementos interdependentes em um determinado ambiente que forma um todo unitário” (SANTOS e CASTRO, 1998).

Partindo-se das definições de *embalagem* e *sistema*, segundo SANTOS e CASTRO (1998): “A embalagem pode ser compreendida como um veículo capaz de

organizar um sistema de comunicações, pois tem a faculdade de produzir informações (*inputs*), que são, posteriormente, transformados em decisões (*outputs*)”.

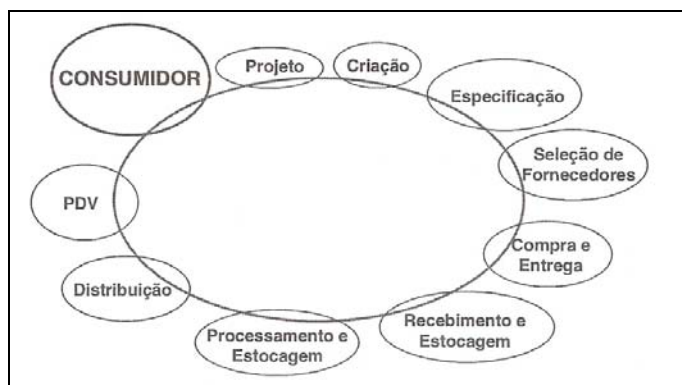
A abordagem sistêmica de embalagens permite identificar a interdependência entre os agentes presentes no sistema, atuando através do *Marketing*, como um elo de ligação entre os interesses da empresa (ambiente interno) e dos consumidores (ambiente externo) (SANTOS e CASTRO, 1998).

Segundo CABRAL (2000), grande parte das empresas vê a embalagem apenas como uma das etapas de seu fluxograma de processo e não como um sistema complexo que exige atenção permanente.

Sendo assim, CABRAL (1994; 2000) apresentam a seguinte definição para o Sistema de Embalagem, a qual é ilustrada na FIGURA 2.1:

“O Sistema de Embalagem pode ser definido como o conjunto de operações, materiais e acessórios que são utilizados na indústria com a finalidade de conter, proteger e conservar os diversos tipos de produtos e transportá-los aos pontos de venda ou de utilização, atendendo às necessidades dos consumidores ou clientes, a um custo adequado, respeitando a ética e o meio ambiente”.

Muitos aspectos positivos são apresentados quando se trata a embalagem como um sistema, dentre eles: monitoramento constante das relações causa e efeito dos elementos que compõem o sistema facilitando-se a detecção de falhas; os objetivos são focados para o consumidor; otimização de custos; possibilidade de visão sistêmica dos profissionais da área; e, estímulo ao aumento de eficiência (CABRAL, 2000).



FONTE: CABRAL, 2000.

FIGURA 2.1. Diagrama representativo do Sistema de Embalagem.

Com isso, o sistema de embalagem deve funcionar de forma que o foco seja sempre nos consumidores, onde a empresa deverá encontrar soluções eficientes em embalagem para atendê-los, agradá-los e encantá-los (CABRAL, 2000).

2.1.3 A IMPORTÂNCIA DA EMBALAGEM MODERNA

A embalagem, além de ser uma poderosa ferramenta de *Marketing*, é um poderoso veículo de comunicação. Quando uma pessoa está diante de um produto embalado, ela gasta cerca de 20 segundos para visualizá-lo e autopersuadir-se, e apenas 8 segundos para tocá-lo e comprá-lo (EMBALAGEM..., 2003).

Conforme EMBALAGEM... (2003), isso faz com que beleza, estética, harmonia, formato, transportabilidade, ergonomia, facilidade de abertura e fechamento e legibilidade de dizeres e rótulos, sejam fatores essenciais para o projeto de qualquer tipo de embalagem destinada a produtos de venda a varejo, onde o principal objetivo da embalagem se resume na comunicação atrativa e emotiva para o consumidor. A TABELA 2.1 ilustra a importância da embalagem como fator decisório para a compra.

TABELA 2.1. Fatores de decisão para a compra de um produto.

Pela Embalagem	Pelo Preço	Memorização da Marca	Outros fatores
35%	26%	21%	18%

FONTE: EMBALAGEM..., 2003.

É importante salientar que, no Brasil, os consumidores apresentam um dos mais altos índices do mundo sobre a decisão de compra e de marca nas lojas de

super e hipermercados, em torno de 73%, e a embalagem assume um papel importantíssimo, o de facilitar essa decisão (DANTAS e DANTAS, 2003).

Além disso, segundo SERAGINI (2000), dentre estes 73% de decisão de compra nas lojas dos supermercados, cerca de 50% de todas as compras são feitas por impulso.

EMBALAGEM... (2003) ressalta também que se um produto é bom, deve ser mostrado através da embalagem como realmente sendo bom. Porém, se a embalagem for incompatível com a qualidade do produto em seu interior, ou o produto não venderá satisfatoriamente mesmo sendo bom, devido à ineficiência da embalagem; ou o produto terá um declínio em suas vendas no decorrer do tempo devido à embalagem transmitir características e sensações superiores às reais características do produto, fato este conhecido por dissonância cognitiva. Logo, para o projeto de embalagem deverá ser estabelecido um perfeito equilíbrio e compatibilidade entre embalagem e produto.

Em resumo, a embalagem ideal deve atrair o consumidor e vender o produto, transmitir ao consumidor não só a imagem do produto como também a própria imagem da empresa, deve ser desenvolvida para determinado público, deve proteger o produto durante todo o ciclo de fabricação e logística, deve conservar adequadamente o produto, deve ser prática e segura para o consumidor em termos de transporte, abertura, uso e reuso do produto, deve respeitar a legislação vigente e não poluir o ambiente durante fabricação, utilização e pós-utilização (EMBALAGEM..., 2003).

“A embalagem deve ser projetada de forma a criar o desejo real no consumidor potencial de comprar o produto” (SERAGINI, 2000).

SERAGINI (2000), complementa enfatizando que:

“A embalagem que falhar nesta função, dificilmente sairá da prateleira. Ela deve comunicar rapidamente e claramente todas as informações pertinentes e necessárias para convencer o consumidor de que o produto satisfará suas necessidades ou desejos e fará isto melhor do que qualquer outra marca concorrente. Para cumprir isto completa e efetivamente, a embalagem deve identificar o produto, informar o consumidor potencial sobre as características importantes do produto e motivá-lo a comprar”.

SERAGINI (2000) ainda afirma que: “O teste final da embalagem é feito quando o consumidor toma a decisão de comprar ou rejeitar o produto”.

2.1.4 ANSEIOS DO CONSUMIDOR QUANTO À EMBALAGEM

O consumidor tem necessidades, expectativas e valores, que as empresas estão empenhadas em conhecer, entender e satisfazer. Com isso, fica cada vez mais evidente a importância da embalagem e a crescente exigência do consumidor em relação ao binômio produto-embalagem. O consumidor é o objetivo final das indústrias e dos negócios na área de alimentos, o que faz com que os novos lançamentos de alimentos ou embalagens sejam influenciados por mudanças importantes nas atitudes e no estilo de vida dos consumidores (SARANTÓPOULOS, 2000).

SARANTÓPOULOS (2000) ainda afirma que o consumidor do novo milênio, inclusive o de baixa renda, tende a escolher um estilo de vida próprio, e pagar mais por certos produtos que caracterizem este estilo. Isto mostra que, em muitos casos, certamente o preço será o fator decisório no momento da compra, porém o consumidor busca, além da conveniência de preço, satisfazer muitas outras necessidades ao adquirir um produto ou uma embalagem.

As pessoas valorizam o tempo de maneira diferente nos dias de hoje, e como consequência estão dispostas a pagar por produtos que ofereçam conveniência (THE INDUSTRY..., 2003).

Da mesma maneira, conforme TOMORROW'S..., *apud* MADI (2000), o consumidor está disposto a pagar por conveniência, o que faz com que a embalagem seja um elemento versátil, eficiente, que permita economia de tempo, e,

que acima de tudo, garanta disponibilidade e a qualidade do produto a qualquer tempo e em qualquer lugar.

HEITZMAN *apud* MADI (2000) enfoca a segurança como sendo outro requisito fundamental buscado pelo consumidor, o que deve garantir que a embalagem seja inviolável e que o produto esteja íntegro no momento da compra pelo consumidor, com garantia das características de qualidade do produto, apesar dos conflitos quanto aos problemas de abertura destas embalagens.

Além da conveniência e segurança, segundo TOMORROW'S... *apud* MADI (2000) também fica cada vez mais acentuada a consciência do consumidor em relação ao meio ambiente, o que exige que a embalagem seja politicamente correta, e que não agrida ou polua o meio ambiente.

Em suma, de acordo com SARANTÓPOULOS (2000), o consumidor busca nos produtos e embalagens conveniência e praticidade no preparo de alimentos, onde o tempo de preparo é muito valorizado. Os consumidores estão também exigindo embalagens mais funcionais, informativas, fáceis de segurar, carregar, manipular, abrir, usar, refechar, estocar e descartar.

MADI (2000) conclui que apesar da existência de um processo de globalização e homogeneização fazendo com que as tendências das indústrias de embalagem fiquem muito parecidas nos diferentes lugares, há uma série de particularidades inerentes a regiões e países, fazendo com que ainda exista um espaço para diferenciação dentro deste cenário homogêneo.

2.2 A LATA DE AÇO

2.2.1 A ORIGEM DA LATA DE AÇO

O uso de folhas metálicas para produção de embalagens surgiu de experimentos rudimentares feitos no século XVIII. Foi o francês Nicolas Appert o primeiro a constatar, em 1790, que alimentos aquecidos e acondicionados em embalagens devidamente seladas podiam ser guardados por mais tempo, livre da ação de certos tipos de bactérias. O método foi cientificamente comprovado mais de

70 anos depois pelo pesquisador Louis Pasteur, que batizou o processo de pasteurização (CSN, 2003).

No século XIX, em 1810, o inglês Peter Durand patenteava uma invenção: uma técnica especial permitindo o uso do metal na fabricação de embalagens. Um ano depois, a empresa *Durand Iron Works* fazia os primeiros testes em grande escala, atendendo a uma solicitação da marinha e do exército britânico (CSN, 2003).

Finalmente na década de 1940, as embalagens metálicas passaram por um importante e decisivo teste de ordem prática: mostraram-se perfeitas para o fornecimento de alimentos aos combatentes e a população civil, durante a II Guerra Mundial (CSN, 2003).

Desde então, as embalagens de aço são utilizadas para acondicionar, proteger e conservar os mais diferentes produtos. As características exclusivas oferecidas pelo aço tornaram este tipo de embalagem insubstituível na composição da imagem e da qualidade de muitos dos mais renomados e conhecidos produtos que fazem parte do nosso cotidiano (CSN, 2003).

2.2.2 DEFINIÇÃO

Segundo as normas NBR 11276 (ABNT, 1990) *apud* DANTAS, GATTI e SARON (1999) e NBR 10531 (ABNT, 1998) *apud* DANTAS, GATTI e SARON (1999) a *Lata* é definida como embalagem metálica. Da mesma forma, a *Embalagem Metálica* é definida como um recipiente hermético ou não, produzido a partir de materiais metálicos, destinado a acondicionar e conservar produtos diversos.

2.2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS EMBALAGENS METÁLICAS – LATAS

As embalagens metálicas podem ser classificadas de acordo com a matéria-prima (material metálico) que a originou em: latas de aço e latas de alumínio. São exemplos de embalagens metálicas as latas de folha-de-flandres (aço), as latas de alumínio e os tambores de aço (ABRE, 2005).

Segundo DANTAS, GATTI e SARON (1999), dependendo do processo de fabricação, as latas podem ser classificadas em:

- Latas de Três Peças: constituída por corpo, tampa e fundo, possuindo na maioria dos casos formato cilíndrico e em outros casos formatos retangulares ou diferenciados. As latas de alimentos são chamadas *open top* e as latas para produtos não alimentícios são chamadas *general line*.
- Latas de Duas Peças: são formadas apenas pela tampa e pelo corpo e apresentam a característica de não possuírem a costura, ou solda, lateral.

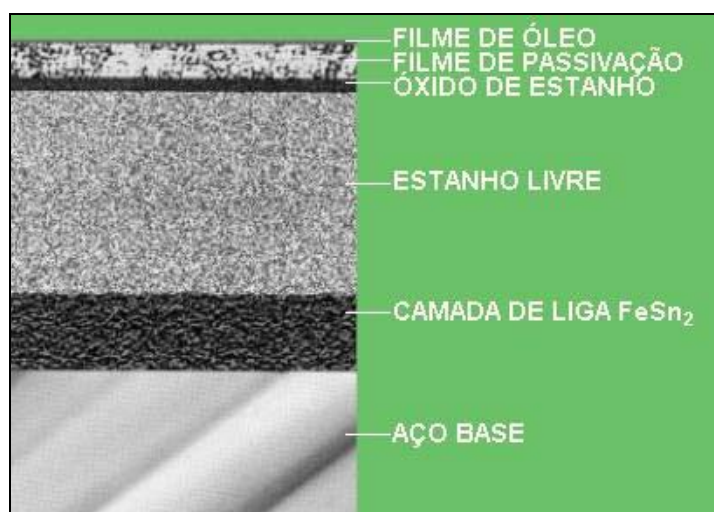
Em linhas gerais, tanto a folha-de-flandres quanto o alumínio alcançam os requisitos necessários para a fabricação de latas, embora tais materiais apresentem características diferentes (DANTAS, GATTI e SARON, 1999).

2.2.4 FOLHA-DE-FLANDRES

2.2.4.1 CONCEITO DE FOLHA-DE-FLANDRES

Segundo a NBR 6665 (ABNT, 2006), a folha-de-flandres é uma folha laminada de aço-carbono, revestida em ambas as faces com estanho, pelo processo de eletrodeposição.

A folha-de-flandres combina características como: resistência mecânica, capacidade de conformação, resistência à corrosão e soldabilidade (DANTAS, GATTI & SARON, 1999). A composição típica da folha-de-flandres é ilustrada na FIGURA 2.2.



FONTE: CSN, 2003.

FIGURA 2.2. Composição típica da folha-de-flandres.

2.2.4.2 PRODUÇÃO DO AÇO-BASE

Segundo SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON (1999) e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON (1999) as etapas iniciais dos processos siderúrgicos para a obtenção de folhas-de-flandres são comuns para todos os produtos laminados, sendo que os métodos de produção e os tipos de aço podem ser os mesmos para os diversos tipos de folhas metálicas ou folhas-de-flandres com diferentes revestimentos.

Inicialmente o minério de ferro é “beneficiado”, termo que compreende uma série de operações, como: britamento, peneiramento, mistura, moagem, concentração, classificação e aglomeração (CHIAVERINI, 1986).

A aglomeração tem por objetivo produzir materiais mais adequados, ou seja, com partículas maiores para o carregamento dos alto-fornos. Um dos processos de aglomeração do minério de ferro é a sinterização, na qual ocorre a aglomeração a quente e uma pré-redução dos minérios finos, dando origem ao sinter. Outro processo é a pelletização, na qual ocorre a aglomeração de minérios muito finos juntamente com um aglomerante, por meio de tambores ou discos rotativos (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA, 1981 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

A coqueria é a etapa de formação do coque, o qual é obtido pela pirólise do carvão mineral, feita pela sua destilação seca em ausência de ar, dando origem ao carvão coque, um produto poroso, celular e resistente. Na formação do carvão coque ocorre a formação de produtos voláteis e gás de coqueria (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA, 1981 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Segundo CHIAVERINI (1986) a metalurgia do ferro, isto é, a produção de ferro gusa ocorre no alto-forno e consiste na redução dos óxidos do minério de ferro por um redutor, que é o carbono oriundo do carvão mineral e que atua igualmente como combustível. Além disso, segundo SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON (1999) e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON (1999), durante o processo metalúrgico de fusão redutora do minério de ferro, ocorre a absorção de C, Si, Mn, P e S.

Na aciaria o gusa é transformado em aço líquido através da oxidação de seus elementos (C, Mn e Si) com o oxigênio em conversores de oxigênio. Após, o aço é colocado em painéis de vazamento para lingotamento contínuo, através do qual o aço se solidifica em moldes de cobre resfriados em água e de maneira progressiva da superfície para o núcleo, resultando em blocos que são cortados em placas, com espessura de 200 a 250mm, largura de 830 a 1630mm e comprimento de 4950mm a 10630mm (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

A seguir, com o objetivo de redução de espessura, o aço é submetido ao laminador de tiras a quente através de etapas sucessivas de laminação, formada por uma série de operações mecânicas, onde a placa de aço tem a espessura reduzida de 22 a 25mm para 2 a 2,5 mm, correspondendo a uma redução de cerca de 90%. Ainda nesta etapa, as temperaturas de acabamento e bobinamento influenciam diretamente as propriedades mecânicas finais da folha de aço, pois temperaturas muito elevadas implicam em resfriamento mais lento, originando uma folha de aço mais dura (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

A próxima operação é a decapagem contínua, onde ocorre a limpeza da superfície da chapa de aço para a retirada dos óxidos formados no processo de laminação a quente. Após esta etapa, a bobina é submetida à laminação a frio, isto é, uma laminação abaixo da temperatura de recristalização do aço de 727°C, na qual ocorre o encruamento do aço com aumento da dureza e aumento dos limites de escoamento e de resistência à tração, ficando a ductilidade prejudicada e havendo a necessidade de um alívio de tensões posterior para recristalização dos grãos. Nesta etapa de laminação a frio a redução de espessura varia de 70 a 90%, com valores de 0,18 a 0,45mm (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

O óleo remanescente da operação de laminação a frio é removido numa etapa subsequente, durante a qual ocorre uma limpeza eletrolítica seguida das etapas de lavagem, secagem com sopro de ar quente, inspeção e formação de bobinas. (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

O recozimento da bobina pode ser em caixa ou contínuo, cujo processo consiste em aquecer o aço encruado pelo trabalho a frio a um nível de temperatura tal que a estrutura do material se altere fazendo com que o aço recupere a ductilidade adequada às suas aplicações. Nesta etapa ocorrem: alívio de tensões internas, a recristalização e o crescimento dos grãos (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Após o recozimento, a folha segue para o laminador de encruamento, cujas operações consistem no encruamento superficial e na laminação de dupla redução (DR), quando aplicável. Este laminador de encruamento visa uniformizar as condições superficiais do aço, aumentar a rigidez, produzir o acabamento superficial e melhorar o aplainamento. Nesta etapa a redução de espessura é de 1 a 3% (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

A seguir, a folha metálica de aço passa por um processo eletrolítico de deposição de estanho em suas faces, seguido por um processo de passivação com deposição de compostos de cromo, cuja finalidade é proteger a camada de estanho contra a corrosão, inibindo o crescimento de óxido de estanho (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Finalizando, as folhas revestidas recebem um filme de óleo, inspeção e acondicionamento, que pode ser feito em bobinas ou fardos de folhas empilhadas (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

2.2.4.3 DIFERENÇA ENTRE RECOZIMENTO EM CAIXA E RECOZIMENTO CONTÍNUO

Segundo a NBR 6665 (ABNT, 2006), o recozimento em caixa (RCX) é o tratamento térmico estático da bobina em atmosfera redutora, já o recozimento contínuo (RC) é o tratamento térmico da bobina em linhas contínuas e em atmosfera redutora. Em ambos os casos, esse tratamento térmico é aplicado ao material laminado a frio para sua recristalização e adequação das propriedades mecânicas.

No recozimento em caixa, o tratamento térmico é descontínuo, lento e heterogêneo, com temperaturas que variam entre 600 e 700°C por um período de 3 a 15 horas. Este processo é realizado colocando-se as bobinas sobre uma base circular e formando-se uma pilha de bobinas sobre a qual é colocada uma campânula, cuja finalidade é possibilitar o envolvimento da carga por uma atmosfera redutora ou desoxidante, visando a não ocorrência do mesmo óxido da laminação a quente. Um ciclo completo de recozimento em caixa pode durar até uma semana (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

No recozimento contínuo a bobina reduzida a frio na etapa anterior passa em fornos contínuos contendo zonas de pré-aquecimento, aquecimento, encharque e resfriamento, de modo que o aquecimento do aço ocorra em uma espessura da chapa e não pela transmissão de calor por meio das espirais da bobina enrolada como ocorre no recozimento em caixa (SILVA (s.d.) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999 e SILVA (1981) *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Segundo DANTAS, GATI e SARON (1999) utilizando-se o recozimento em caixa, obtém-se uma folha com grãos maiores e dureza inferior às folhas fabricadas a partir do recozimento contínuo, o qual possibilita a obtenção de uma folha mais homogênea ao longo do comprimento e largura em termos de dureza e tamanho de grão, pois durante este processo os tempos de tratamento não são suficientes para o crescimento dos grãos. Além disso, o recozimento contínuo possibilita maior produtividade e velocidade na fabricação da folha fazendo com que o preço da folha com recozimento contínuo seja inferior ao da folha com recozimento em caixa. A FIGURA 2.3 representa esquematicamente o processo de fabricação da folha-de-flandres a partir do aço-base, diferenciando as etapas de recozimento em caixa e recozimento contínuo para alívio de tensões.

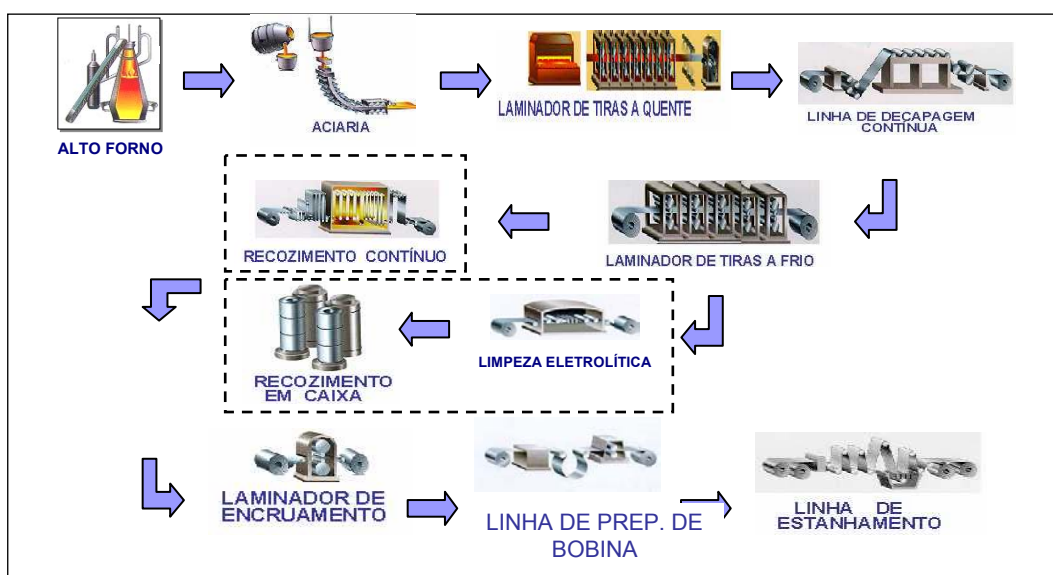


FIGURA 2.3. Processo de fabricação da folha-de-flandres a partir do aço-base, diferenciando as etapas de recozimento em caixa e recozimento contínuo.

2.2.4.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO AÇO-BASE

O aço utilizado na fabricação de folhas-de-flandres é de baixo teor de carbono, com valores que variam de 0,06 a 0,15%, conferindo ao aço boas propriedades de ductilidade. O teor de manganês (Mn) conserva-se na faixa de 0,30 a 0,60% e tem a função de compensar os efeitos negativos causados pelo enxofre (S) na deformação a quente do aço e na aceleração da corrosão. A presença de teores elevados de fósforo (P) e enxofre (S) são prejudiciais ao produto final, sendo que o teor de enxofre (S) deve ser controlado entre 0,015 a 0,040%, para se evitar problemas na estampagem e o teor de fósforo (P) deve ser mantido num valor máximo de 0,015% para se evitar a fragilidade a frio e diminuição da resistência à corrosão. Para maior rigidez e maior resistência à corrosão, pode ser adicionado nitrogênio (N), boro (B) ou nióbio (Ni) ao aço. O teor de silício (Si) não deve ultrapassar 0,01 a 0,02% pois sua elevada concentração diminui a estampabilidade da folha. O cobre (Cu) tem boa propriedade de proteção à corrosão externa em teores entre 0,10 e 0,30%. Na TABELA 2.2 têm-se os teores máximos especificados pela norma NBR 6665 (ABNT, 2006).

TABELA 2.2. Composição química do aço-base.

Elemento químico	C	Mn	P	S	Si	Cu	Ni	Cr	Al	Outros elementos
Teores máximos (%)	0,13	0,60	0,020	0,030	0,020	0,20	0,15	0,10	0,020 mín.	0,020 máx.

FONTE: ABNT, 2006.

2.2.4.5 ACABAMENTO SUPERFICIAL DA FOLHA-DE-FLANDRES

Conforme ilustrado na FIGURA 2.2, a folha-de-flandres é formada por camadas distintas. Sobre o aço base encontra-se a camada de liga ferro-estanho, obtida após o processo de eletrodeposição do estanho sobre o aço base. A camada de estanho para revestimento deve ser obtida a partir do estanho com pureza superior a 99,5%, sendo expressa em gramas por metro quadrado (g/m^2) para cada uma das faces. O tratamento de passivação é um tratamento eletroquímico aplicado na superfície da folha, cuja finalidade é proteger a camada de estanho contra a corrosão, inibir o crescimento do estanho livre, favorecer a aderência de tintas e vernizes e prevenir a formação de manchas de sulfuração. A camada de óleo é mais fina que as demais e visa facilitar o manuseio e deslizamento durante a separação, garantindo proteção adicional contra a abrasão e arranhões (DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

2.2.4.6 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO AÇO-BASE

2.2.4.6.1 Espessura

A espessura da folha é inicialmente reduzida na laminação a quente, seguindo-se na laminação a frio e na laminação de encruamento e, em alguns casos, na laminação de dupla redução e influi significativamente nas propriedades mecânicas do material. As TABELAS 2.3 e 2.4 apresentam uma série de espessuras e suas respectivas tolerâncias padronizadas pela NBR 6665 (ABNT, 2006).

TABELA 2.3. Tolerâncias de espessura para folhas-de-flandres.

Espessura nominal (mm)		Tolerância
Folha Simples Redução	Folha Dupla Redução	$\pm(\text{mm})$
----	0,13	0,006
----	0,14	0,007
----	0,15	0,008

TABELA 2.4. Tolerâncias de espessura para folhas-de-flandres - Continuação.

Espessura nominal (mm)		Tolerância
Folha Simples Redução	Folha Dupla Redução	±(mm)
----	0,16	0,008
0,17	0,17	0,009
0,18	0,18	0,009
0,19	0,19	0,010
0,20	0,20	0,010
0,21	0,21	0,011
0,22	0,22	0,011
0,23	0,23	0,012
0,24	0,24	0,012
0,25	0,25	0,013
0,26	0,26	0,013
0,27	0,27	0,014
0,28	0,28	0,014
0,29	0,29	0,015
0,30	----	0,015
0,31	----	0,016
0,32	----	0,016
0,33	----	0,017
0,34	----	0,017
0,35	----	0,018
0,36	----	0,018
0,37	----	0,019
0,38	----	0,019
0,39	----	0,020
0,40	----	0,020
0,41	----	0,021
0,42	----	0,021
0,43	----	0,022
0,44	----	0,022
0,45	----	0,023
0,46	----	0,023
0,47	----	0,023
0,48	----	0,024
0,49	----	0,024

FONTE: ABNT, 2006.

2.2.4.6.2 Têmpera

O termo *têmpera* é utilizado na caracterização das folhas metálicas, sendo expresso na escala de dureza Rockwell 30T e indica o grau de encruamento da folha-de-flandres simples redução (SR) após o recozimento, caracterizando uma combinação de propriedades mecânicas interrelacionadas (ABNT, 2006).

Segundo ANJOS (1989) *apud* DANTAS, GATTI & SARON (1999) a dureza dos aços é influenciada pela composição química e pelas etapas de recozimento (parâmetros tempo e temperatura e tipo de processo, que pode ser contínuo ou em caixa). A espessura e têmpera estão correlacionadas no que diz respeito à resistência mecânica da folha. Na TABELA 2.5, encontram-se os valores de dureza Rockwell 30T para materiais metálicos com suas respectivas têmperas.

TABELA 2.5. Têmpera para folhas metálicas de simples redução (SR).

Têmpera	Recozi- mento	Espessura ≤ 0,21mm		0,21 < espessura ≤ 0,28mm		Espessura > 0,28mm	
		Nominal	Tolerância	Nominal	Tolerância	Nominal	Tolerância
T50	RCX	53 máx.	-	52 máx.	-	51 máx.	-
T52	RCX	53	±4	52	±4	51	±4
T57	RCX	58	±4	57	±4	56	±4
T61	RC	62	±4	61	±4	60	±4
T65	RC	65	±4	65	±4	64	±4

FONTE: ABNT, 2006.

As folhas metálicas de dupla redução (DR) são menos dúcteis que as folhas simples redução (SR), sendo que tais materiais devem ser caracterizados pelo limite de escoamento (LE) com 0,2% de deformação. Na TABELA 2.6, encontram-se os valores do limite de escoamento para as folhas de aço de dupla redução (DR) (ABNT, 2006).

TABELA 2.6. Classes de propriedades mecânicas para folhas metálicas de dupla redução (DR) e valores de dureza Rockwell superficial 30T.

Classe segundo as propriedades mecânicas	LE nominal (0,2%) (MPa)	Tolerância (MPa)	Dureza Rockwell 30T
DR 520	520	±70	70±3
DR 550 RCX	550	±70	73±3
DR 550 RC	550	±50	73±3
DR 620	620	±70	76±3
DR 660	660	±70	77±3

FONTE: ABNT, 2006.

Apesar das folhas metálicas de dupla redução (DR) serem menos dúcteis que as folhas de simples redução (SR) e serem caracterizados pelo limite de escoamento (LE) a 0,2% de deformação, assim como limite de resistência à tração e alongamento percentual, estes três parâmetros podem também ser aplicados às folhas de simples redução (SR), pois fornecem informações sobre a resistência mecânica e ductilidade do material (ANJOS, 1989 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Embora não conste na norma NBR 6665 (ABNT, 2006), conforme pode ser observado na TABELA 2.5, a folha-de-flandres T59 foi lançada pela COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN em 2003, sendo especialmente desenvolvida para a fabricação de latas expandidas no Brasil e tendo as suas propriedades mecânicas similares àquelas especificadas para a folha-de-flandres TH415 presente na EN 10202 (EURONORM, 2001).

A TABELA 2.7 apresenta os valores de dureza, limite de escoamento a 0,2% de deformação (LE), limite de resistência à tração (LR) e alongamento mínimo percentual para as folhas T52 e T59, segundo as especificações do Centro de Pesquisas da COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL e segundo as normas NBR 6665 (ABNT, 2006) e EN 10202 (EURONORM, 2001).

TABELA 2.7. Dureza Rockwell 30T, limite de escoamento (LE), limite de resistência à tração (LR) e alongamento para folhas-de-flandres T52 e T59.

NBR 6665 (ABNT, 2006)	Equivalente EN 10202 (EURONORM, 2001)	Denominação CSN	Espessura ≤ 0,21mm Dureza Rockwell 30T	LE nominal (0,2%) (MPa)	LR (MPa)	Alongamento mínimo (%)
T52	TS245	T52	53 ± 4	245 ± 50	340 ± 50	25%
-----	TH415	T59	62 ± 4	415 ± 50	435 ± 50	16%

A TABELA 2.8 apresenta uma relação de equivalência entre normas para classificação e as possíveis aplicações da folha-de-flandres de acordo com esta classificação de dureza.

TABELA 2.8. Folhas-de-flandres para a fabricação de embalagens.

Classificação da Têmpera		Dureza Rockwell Escala 30T	Aplicação
Antiga	Atual		
T1	T50	46-52	Peças profundamente estiradas
T2	T52	50-56	Peças específicas de latas e com estiramento raso
T3	T57	54-63	Corpos e fundos de latas, fechamentos de grandes diâmetros e rolhas metálicas
T4	T61	58-64	Corpos e fundos de latas, pequenos fechamentos com rosca
T5	T65	62-68	Fundos e corpos de latas rígidos para produtos não corrosivos
T6	T70	67-73	Aplicações muito rígidas
DR550	DR8	70-76	Corpos de latas redondas e fundos de latas
DR620	DR9	73-79	Corpos de latas redondas e fundos de latas
DR660	DR9M	74-80	Fundos de bebidas carbonatadas e cerveja

FONTE: ROBERTSON, 1992.

2.2.4.6.3 Revestimento de estanho

Assim como a têmpera, o revestimento de estanho também é base para a seleção da folha-de-flandres para a fabricação de embalagens. A massa de estanho aplicada e o tipo caracterizam a folha mais apropriada, de acordo com a agressividade do produto a ser acondicionado e características do meio externo (CSN, 2003). A TABELA 2.9 apresenta valores de revestimento de estanho iguais (em ambos os lados) em folhas-de-flandres e a TABELA 2.10 apresenta valores de revestimentos diferenciais.

TABELA 2.9. Massa de revestimento igual (E) para folha-de-flandres.

Código de identificação do revestimento	Massa nominal (g/m ²)		
	Por face	Desvio de massa permitido para menos na média de ensaio triplo	Total de ambas as faces
E1,1/1,1	1,10	-0,25	2,20
E2,0/2,0	2,00	-0,30	4,00
E2,8/2,8	2,80	-0,35	5,60
E5,6/5,6	5,60	-0,50	11,20
E8,4/8,4	8,40	-0,65	16,80
E11,2/11,2	11,20	-0,90	22,40

FONTE: ABNT, 2006.

TABELA 2.10. Massa de revestimento diferencial (D) para folha-de-flandres.

Código de identificação do revestimento	Massa nominal (g/m ²)			
	Face de maior revestimento	Desvio de massa permitido para menos na média de ensaio triplo	Face de menor revestimento	Desvio de massa permitido para menos na média de ensaio triplo
D2,0/1,0	2,00	-0,30	1,00	-0,25
D2,8/1,1	2,80	-0,35	1,10	-0,25
D5,6/2,8	5,60	-0,50	2,80	-0,35
D8,4/2,8	8,40	-0,65	2,80	-0,35
D8,4/5,6	8,40	-0,65	5,60	-0,50
D11,2/2,8	11,20	-0,90	2,80	-0,35
D11,2/5,6	11,20	-0,90	5,60	-0,50
D11,2/8,4	11,20	-0,90	8,40	-0,65

FONTE: ABNT, 2006.

2.2.5 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS LATAS DE AÇO

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA EMBALAGEM DE AÇO – ABEAÇO (2003) a lata de aço é uma das melhores formas de se acondicionar, transportar e proteger os alimentos ou outros produtos de uso industrial. Suas principais características são: elevada resistência mecânica; produtividade, pois hoje se pode fabricar cerca de 1.200 latas por minuto; excelente apelo visual para o consumidor devido à impressão (litografia) com até seis cores; conveniência ao consumidor; reciclabilidade e degradabilidade, isto é, se deixada no ambiente em contato com o solo e intempéries se decompõe na forma de óxido de ferro num período médio de 5 anos.

De forma muito similar, segundo a CSN (2005), a embalagem de aço possui as seguintes características: é inviolável; se constitui de um recipiente ou embalagem totalmente hermética, o que possibilita o isolamento do produto em seu interior, atuando como barreira natural à ação da luz, evitando-se assim a oxidação do produto acondicionado em seu interior; não é inflamável e se apresenta reciclável e degradável.

THE CHOICE... (2004) cita como vantagens da embalagem de aço: a preservação do sabor e dos valores nutricionais do produto; elevada qualidade da impressão, o que ajuda na diferenciação da marca; propriedades magnéticas do aço, o que contribui para facilidade no processo de envase da embalagem e na reciclagem da lata vazia; além da inerente resistência do aço, a qual faz com que a embalagem seja resistente a danos durante manuseio e transporte.

2.2.6 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA LATA DE AÇO

A COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN (2005) cita que as principais aplicações da lata de folha-de-flandres são o acondicionamento de produtos alimentícios como: atomatados, bebidas, leite em pó, óleos, cafés, conservas, cereais, *pet food* e pescados, entre outros e o acondicionamento de produtos não alimentícios como: aerossóis, cosméticos e tintas, entre outros. Além disso, a folha-de-flandres é largamente empregada na produção de rolhas metálicas para o fechamento de garrafas de vidro.

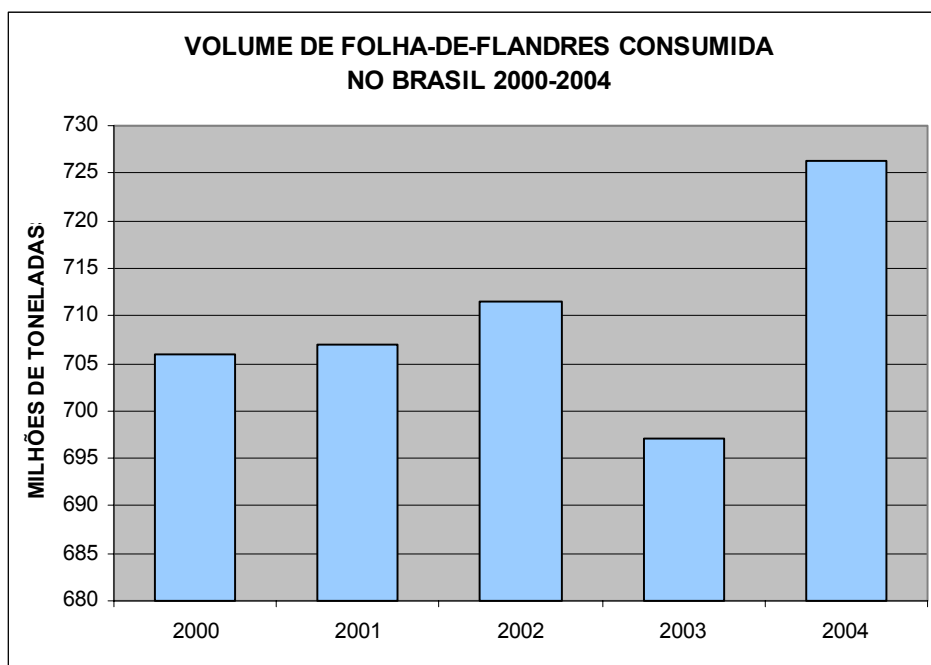
2.3 MERCADO E TENDÊNCIAS DA LATA DE AÇO

2.3.1 O MERCADO DE FOLHA-DE-FLANDRES NO BRASIL

A folha-de-flandres é produzida em larga escala pela CSN – COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL, a qual fornece cerca de 700 mil toneladas ao ano para abastecer os cerca de 50 fabricantes de embalagens de aço no Brasil (A LATA..., 2003).

Considerando-se ainda as exportações de folha-de-flandres, a produção estimada da CSN chega próximo a 1,1 milhão de toneladas ao ano (WALLIS, 2000).

Segundo dados do DATAMARK (2005), a FIGURA 2.4 mostra o volume de folha-de-flandres produzido no Brasil no período de 2000 a 2004, com valores expressos em milhões de toneladas.



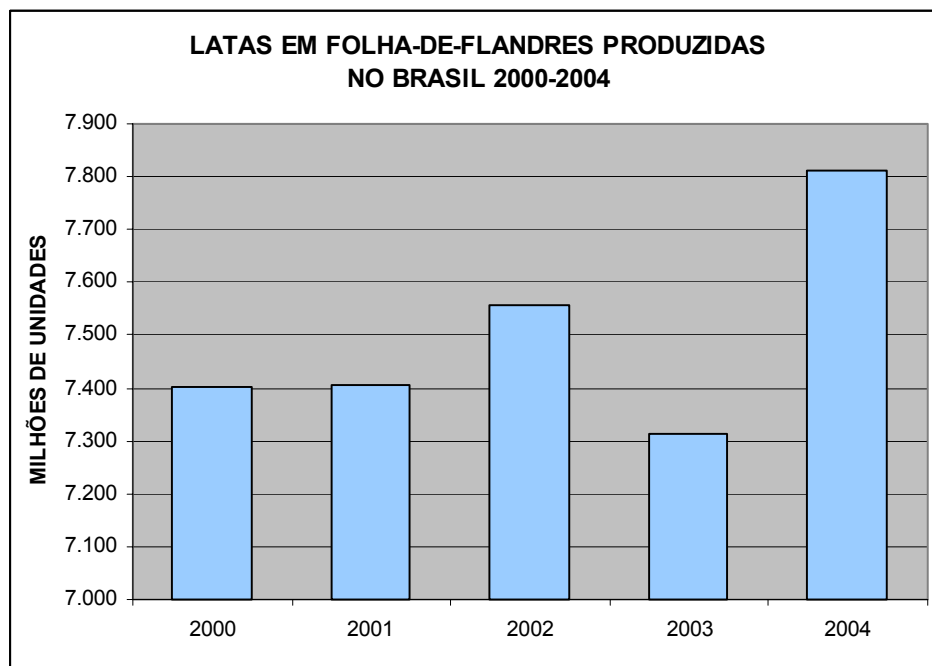
FONTE: DATAMARK, 2005.

FIGURA 2.4. Folha-de-flandres produzida no Brasil de 2000 a 2004.

2.3.2 O MERCADO DAS LATAS DE AÇO NO BRASIL

O consumo de folha-de-flandres no Brasil, destinada à fabricação de embalagens vem mantendo-se estabilizado em torno de 700 mil toneladas por ano desde 1995. Por outro lado, há um aumento no volume de latas produzidas em praticamente todos os gêneros de produtos devido à contínua redução de espessura da folha metálica. A única exceção é o óleo comestível que vem perdendo mercado para a embalagem tipo PET (ESPAÇO..., 2003).

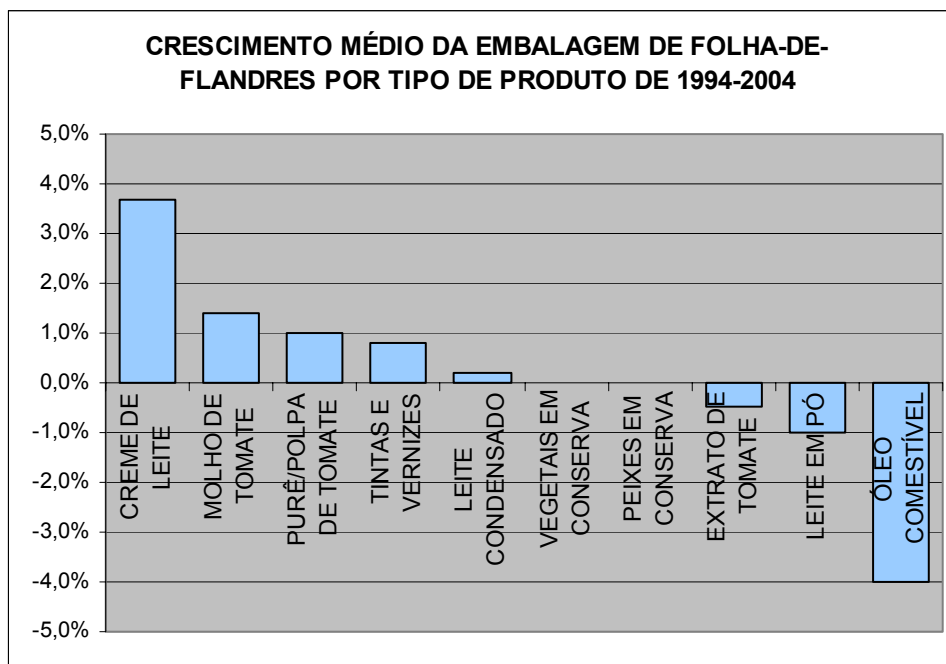
Segundo dados DATAMARK (2005), a FIGURA 2.5 representa um histórico do volume total de latas em folha-de-flandres fabricadas no Brasil, de 2000 a 2004, expresso em milhões de unidades, onde a queda apresentada no ano de 2003, representa um período de incerteza econômica ocasionado pelo início do governo do Presidente Lula.



FONTE: DATAMARK, 2005.

FIGURA 2.5. Evolução da produção de latas em folha-de-flandres no Brasil de 2000 até 2004.

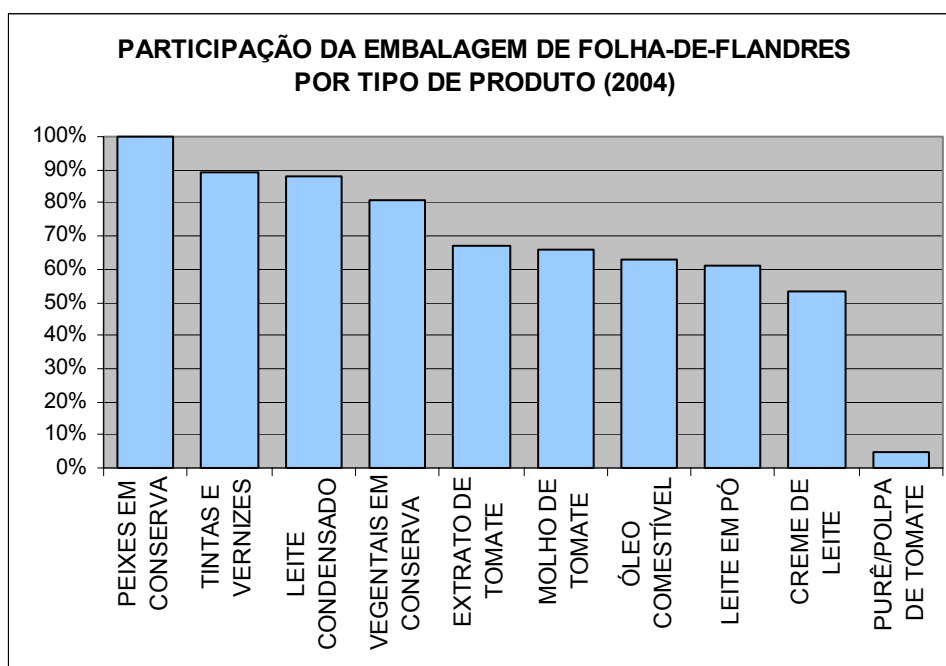
A FIGURA 2.6 representa o crescimento médio brasileiro de 1994 a 2004 para a embalagem de folha-de-flandres por tipo de produto, segundo dados do DATAMARK (2005). O decréscimo nas embalagens de folha-de-flandres apresentados para os produtos extrato de tomate, leite em pó e óleo comestível foi ocasionado pela substituição da folha-de-flandres por outros materiais de embalagem, respectivamente: embalagens flexíveis, caixinhas longa vida e garrafas plásticas PET.



FONTE: DATAMARK, 2005.

FIGURA 2.6. Crescimento médio da embalagem de folha-de-flandres por tipo de produto de 1994-2004.

No Brasil, a participação da embalagem de folha-de-flandres por categoria de produto, segundo dados do DATAMARK (2005) para o ano de 2004 é apresentada na FIGURA 2.7.



FONTE: DATAMARK, 2005.

FIGURA 2.7. Participação da embalagem de folha-de-flandres por tipo de produto em 2004.

2.3.3 TENDÊNCIAS DE MERCADO PARA A LATA DE AÇO

As mudanças que ocorrem ou virão a ocorrer no segmento de embalagem são consideradas respostas a estímulos que afetam a indústria a médio ou longo prazo. Podem ser considerados estímulos: o crescimento da população, alterações no padrão ou estilo de vida da população, redução de peso e quantidade de material por unidade de embalagem, introdução de novas tecnologias de fabricação, desenvolvimento de novos materiais, mudanças no varejo e distribuição, imposições legais ou questões ambientais (HOWKINS e HULSE *apud* MADI, 2000).

Tem havido uma maior preocupação e pressões dos consumidores no desenvolvimento de embalagens invioláveis para alimentos e medicamentos, apesar do conflito com os problemas de abertura destas embalagens. O consumidor está cada vez mais atento às questões ambientais e reciclagem dos materiais. (HEITZMAN *apud* MADI, 2000).

A demanda por embalagens convenientes e funcionais também está crescendo, as quais devem possibilitar fácil manuseio e apresentar informações compreensíveis sobre o produto e reciclagem da embalagem (TOMORROW'S *apud* MADI, 2000).

Ainda segundo TOMORROW'S *apud* MADI (2000) a embalagem é cada vez mais um elemento estratégico de *Marketing*, onde o *design* e o formato são cada vez mais importantes e mais valorizados.

Conveniência, praticidade no preparo e no consumo são cada vez mais esperados e exigidos pelos consumidores. Pratos prontos para consumo, congelados ou refrigerados exigem embalagens que permitam o preparo na própria embalagem. Estes produtos são chamados *home meal replacement* e apresentam um mercado atualmente em evidência nos EUA e crescente no Brasil (SARANTÓPOULOS, 2000).

Ainda de acordo com SARANTÓPOULOS (2000) como os consumidores estão exigindo embalagens cada vez mais funcionais em termos de comunicação e informação e fáceis de abrir, segurar, carregar, manipular, usar, refechar, estocar e descartar, as latas de aço devem dar preferência aos sistemas de fácil abertura,

devendo ser seguras ao consumidor no tocante à saúde pública (contaminação do alimento) e quanto a acidentes com o consumidor.

SARANTÓPOULOS (2000) salienta ainda a necessidade de opções de tamanhos e porções variadas em relação aos produtos embalados.

A constante redução no diâmetro das tampas das latas deve possibilitar, além da importante economia de material, uma facilidade no empilhamento das latas. Além disso, as latas devem apresentar formatos alternativos, introduzindo um apelo de diferenciação do produto (DANTAS, 2000).

No que diz respeito à impressão, a utilização de imagens com qualidade fotográfica agrega apelo à embalagem por meio da evolução da litografia (KLEIN e PIRUTTI, 2000).

Segundo CABRAL (2000), a embalagem, ou sistema de embalagem, deve ser explorado continuamente com a finalidade de se obter vantagens competitivas através do *design*, da redução de custos, da informação, da terceirização ou instalações *in-house*, e, principalmente, através do aprimoramento da tecnologia e do aprendizado.

2.3.4 INOVAÇÕES EM EMBALAGENS METÁLICAS DE AÇO

2.3.4.1 DEFINIÇÃO DE INOVAÇÃO

Segundo MICHAELIS (1998), o termo *inovação* significa o ato ou o efeito de inovar, o que nos remete ao ato ou ao efeito de introduzir novidades ou renovar algo.

Conforme INOVAÇÕES... (2003) a inovação é algo essencial e imprescindível para a sobrevivência num ambiente corporativo cada vez mais competitivo. Além disso, a qualidade da inovação é também algo fundamental.

2.3.4.2 INOVAÇÕES EM LATAS DE AÇO

A embalagem metálica de aço vem inovando e evoluindo com o mundo moderno e conquistando avanços significativos na qualidade do produto, nos sistemas de fechamento e abertura, nas novas possibilidades de impressão em diversas cores e com aplicação de imagens, na redução da espessura da folha de

aço com desenvolvimento de estruturas mais finas, leves e igualmente resistentes, e na execução de projetos que permitem maior resistência à embalagem e facilidade na estocagem devido aos seus formatos atuais. (INOVAÇÕES..., 2003).

2.3.4.3 MATERIAIS

Os produtores de folhas metálicas estão inovando no lançamento de folhas metálicas revestidas com filmes plásticos, dispensando a aplicação de vernizes protetores nas latas. Além disso, o constante esforço na redução da espessura da folha metálica destinada à fabricação de latas vem promovendo o surgimento de folhas mais finas, mais flexíveis e igualmente resistentes (DANTAS, 2004).

2.3.4.4 TECNOLOGIA

Diversas tecnologias vêm sendo desenvolvidas e aplicadas na fabricação de latas com diferentes formatos, relevos e texturas, conforme apresentado e detalhado nos próximos tópicos. A introdução de novos formatos é um recurso de diferenciação das embalagens, valorizando e conferindo à marca uma melhor identificação e condição para reposicionamento. (DANTAS e DANTAS, 2003).

2.3.4.5 IMPRESSÃO

Embora o desenvolvimento em equipamentos seja amplo, as novas possibilidades gráficas têm sido especialmente aplicadas no segmento de latas promocionais, conferindo às latas um visual mais sofisticado e atraente. (INOVAÇÕES..., 2003).

DANTAS (2003) enfatiza que a impressão das latas vem sendo aprimorada com a melhoria da qualidade, maior versatilidade das linhas e aumentos de produtividade, incluindo ainda a opção de aplicação de acabamentos com efeitos multi-sensoriais.

2.3.4.6 SISTEMAS DE FECHAMENTO E ABERTURA

Com relação aos sistemas de fechamento das latas, deve ser dispensado o uso de dispositivos especiais para a abertura, como abridores de latas. Apenas os dedos devem ser utilizados para remover a tampa facilmente e de maneira segura.

Além disso, após a primeira abertura, as tampas das latas devem possibilitar o fácil refechamento do produto, principalmente para aqueles produtos de uso progressivo, garantindo assim, uma vedação eficiente da embalagem e promovendo a conservação do produto (INOVAÇÕES..., 2003).

Os sistemas de fechamento devem ainda possibilitar uma força de rasgamento cada vez menor com área de abertura cada vez maior, o que implica diretamente numa maior facilidade de abertura e utilização para o consumidor de produtos enlatados (DANTAS, 2004).

A tampa *Abre-fácil* mostrada na FIGURA 2.8 é fechada ao corpo da lata através de alto vácuo e dotada de selo plástico para a fácil abertura da lata. Esta tampa, cuja invenção e patente são brasileiras, atualmente está presente na maioria das latas e copos de vidro para produtos atomatados e conservas, sendo também um excelente exemplo de conveniência, pois permite a fácil abertura da embalagem e o consumo gradual do produto.



FIGURA 2.8. Ilustração da tampa *Abre-fácil*.

2.3.4.7 OUTRAS INOVAÇÕES

Outra característica que vem sendo observada é a fabricação de latas híbridas, isto é, latas que além do aço (folha-de-flandres) possuem componentes de outros materiais como o plástico e o alumínio (INOVAÇÕES..., 2003).

Como exemplo de latas híbridas tem-se a utilização de selos ou membranas de alumínio e das sobre-tampas plásticas em latas, cuja finalidade de emprego destes elementos é a proteção externa contra a contaminação, fácil remoção ou abertura da embalagem e a possibilidade de refechamento após o primeiro uso (DANTAS, 2004).

Finalmente, do ponto de vista da conveniência, outro conceito que vem sendo aplicado à lata é a chamada embalagem ativa, exemplificada pela embalagem dotada de tecnologia especialmente desenvolvida para promover em poucos minutos o esfriamento ou o aquecimento do produto contido em seu interior (DANTAS, 2004).

2.4 AS LATAS COM FORMATOS

Segundo SHAPED... (1998) os consumidores de latas aproveitam os benefícios das inovações e aparência que estão transformando os fabricantes de latas pelo mundo. Latas com formato único e com decoração ou impressão interessantes estão mais fáceis de se abrir através das novas configurações de abertura. Outras latas mais tradicionais são também mais duráveis e fabricadas com menor custo através da redução de espessura ou *downgauging*, como também através da utilização de tecnologias mais eficientes de fabricação. Algumas empresas já estão mostrando ao resto do mundo como as latas com formatos devem ser.

SARANTÓPOULOS (2000) afirma que:

“Alimentos básicos estão se tornando cada vez mais similares e a embalagem será uma ferramenta importante para distingui-los por meio de formas (*shape*), apresentação gráfica e *design*. A similaridade tecnológica e a globalização valorizam o *design* de embalagem de alimentos no novo cenário competitivo. A aplicação de recursos de informática reduziu os preços de serviços na última década, incluindo o de *design* de embalagem, melhorando a competitividade de empresas de qualquer porte, instaladas nos diversos lugares do País, que lançam mão dele para conquistar e manter posições no mercado de alimentos”.

Também DANTAS & DANTAS (2003) enfocam que a introdução de novos formatos em latas é um recurso para a diferenciação da marca, fazendo com que seu valor seja aumentado através de melhor identificação e reposicionamento.

Ainda, DANTAS & DANTAS (2003) enfatizam que:

“A diferenciação da marca de um produto objetiva três pontos principais: o aumento de seu valor e, conseqüentemente, de seu preço, a introdução de impacto visual e o aumento da ergonomia da embalagem; o foco final é o aumento da participação no mercado”.

São várias as tecnologias que podem ser empregadas na fabricação de latas com formatos, sendo as atualmente conhecidas e aplicadas: Processo de Expansão por Mandril, Processo *Spin Flow Shaping*, Processo Hidráulico ou Pascal, Processo *Rheoforming*, Processo por Sopro e Processo *Stretching* (NAYAR, 2002) (DANTAS & DANTAS, 2003). Na FIGURA 2.9, tem-se exemplos de latas com formatos diferenciados (*Shaped Cans*).



FONTE: A REVOLUTION..., 2000.

FIGURA 2.9. Exemplo de latas com formatos diferenciados.

2.4.1 PROCESSO DE EXPANSÃO POR MANDRIL

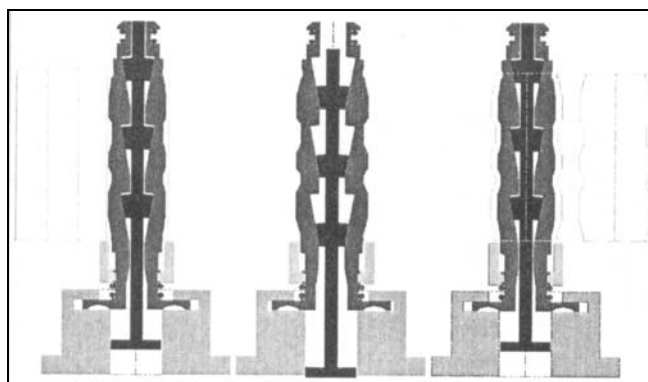
O Processo de Expansão por Mandril tem sido utilizado na Europa, Japão, EUA e América do Sul, inclusive no Brasil. Grandemente utilizado na fabricação de latas de três peças, este processo opera a aproximadamente 50 latas por minuto por

cabeçote e tem a desvantagem de deixar marcas da ferramenta de expansão na embalagem final (DANTAS & DANTAS, 2003).

Ainda segundo DANTAS & DANTAS (2003), no Brasil, a CSN em parceria com a Companhia Brasileira de Latas (CBL) e com a Bertol Embalagens, tem investido em equipamentos para a aplicação deste processo. Na FIGURA 2.10, tem-se um esquema do processo de expansão por mandril e na FIGURA 2.11, tem-se exemplos de algumas latas expandidas por este sistema e fabricadas pela Bertol Embalagens no Brasil.

DANTAS & DANTAS (2003) afirmam também que, no início, as latas eram produzidas com espessura 0,20mm e hoje já é possível a utilização da folha 0,17mm. As folhas são de simples redução e dureza T4, as quais permitem que a expansão atinja de 18% a 20% e que a máquina opere até 600 latas por minuto.

NEVER ONE... (2002) apresenta que o Processo de Expansão por Mandril já vem sendo utilizado pelo grupo Jumex no México há cerca de cinco anos. Neste caso, o processo de expansão ou formato foi utilizado como elemento de *Marketing* para aumentar as vendas de suco. Como exemplo, foi introduzida uma lata de suco expandida no formato do número 8, o que simboliza que oito tipos de sucos foram combinados para a obtenção do suco final. Na FIGURA 2.9 tem-se a ilustração das latas com formatos, fabricadas a partir do processo de expansão por mandril, fabricadas pelo Grupo Jumex no México.



FONTE: NAYAR, 2002.

FIGURA 2.10. Esquema do processo de expansão de latas por Mandril.



FONTE: ESPAÇO..., 2003.

FIGURA 2.11. Exemplos de latas expandidas através do Processo de Expansão por Mandril.

2.4.2 PROCESSO SPIN FLOW SHAPING

Segundo VERSATILITY... (2001), o Processo *Spin Flow Shaping* é uma derivação do Processo *Spin Flow Necking* e desenvolvido pelo mesmo fabricante do equipamento. O princípio deste processo consiste na aplicação de ferramentas superiores e inferiores centralizadas uma em relação à outra para formar um perfil concêntrico e uniforme em relação à lata, e na altura desejada. Neste processo apenas formatos côncavos podem ser obtidos e sua velocidade é de cerca de 600 latas por minuto. Na FIGURA 2.12, tem-se um exemplo de máquina utilizada no Processo *Spin Flow Shaping*.

Ainda segundo VERSATILITY... (2001), os processos *Spin Flow Necking* e *Spin Flow Shaping* são uma derivação do princípio de fabricação de latas *Draw and Wall Ironing* (DWI), os quais permitem uma redução de até 13mm no diâmetro para materiais de simples ou dupla redução.

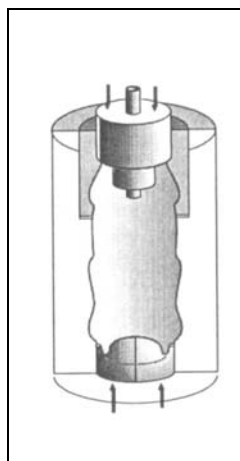


FONTE: VERSATILITY..., 2001.

FIGURA 2.12. Máquina para a fabricação de latas expandidas pelo processo *Spin Flow Shaping*.

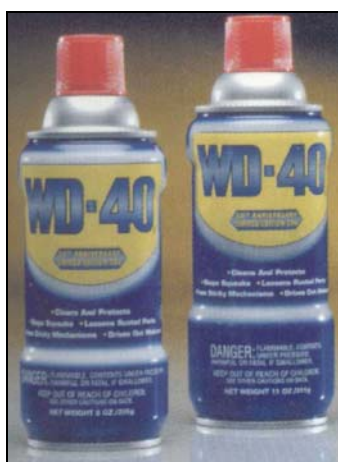
2.4.3 PROCESSO BLOW FORMING

De acordo com NAYAR (2002), no processo *Blow Forming* ou Processo por Sopros, a lata é posicionada no interior de um molde, sendo introduzidas pressões de ar de 50 a 80bar (50 a 80MPa), paralelamente à aplicação de uma carga vertical, sendo possível a produção de uma ampla variedade de formatos com bom controle dimensional e sem danos ao verniz interno da lata. Opera a velocidade de até 30 a 40 latas por minuto. Na FIGURA 2.13 tem-se um exemplo esquemático do Processo *Blow Forming* e na FIGURA 2.14 tem-se exemplos de latas expandidas por este processo.



FONTE: NAYAR, 2002.

FIGURA 2.13. Esquema do Processo *Blow Forming*.

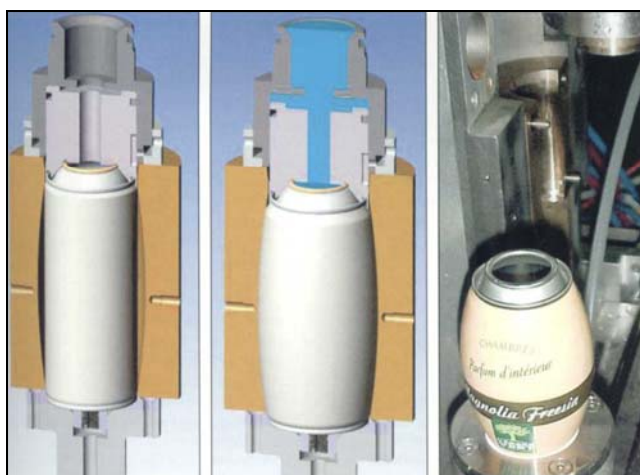


FONTE: SHAPED..., 2003.

FIGURA 2.14. Exemplos de latas expandidas pelo Processo Blow Forming.

2.4.4 PROCESSO PASCAL OU HYDRO FORMING

No Processo Hidráulico ou Processo Pascal, a lata é posicionada no interior de um molde após a recravação de uma das extremidades. O molde é fechado e em seguida é introduzida a pressão hidráulica de aproximadamente 40bar (4MPa). É um processo similar ao Processo por Sopros, porém ao invés do ar, um líquido como água, por exemplo, é utilizado no processo. Na FIGURA 2.15 exemplifica-se o Processo Hidráulico e na FIGURA 2.16, tem-se exemplos de latas expandidas utilizando-se deste processo (SUCCESSFUL..., 2002).



FONTE: SUCCESSFUL, 2002.

FIGURA 2.15. Exemplificação do Processo Hidráulico.



FONTE: PASCAL'S..., 1998.

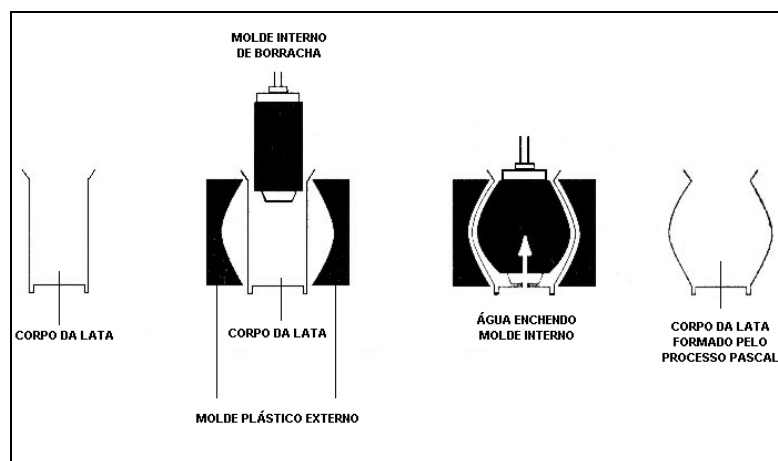
FIGURA 2.16. Exemplos de latas expandidas pelo Processo Hidráulico.

Segundo PASCAL'S... (1998), o Processo Pascal oferece uma grande variedade de formatos de latas onde qualquer formato é possível. Além disso, a

superfície externa da lata permanece polida, o que resulta numa embalagem agradável aos olhos e ao tato. No caso das latas de aerossol, elas são capazes de suportar uma pressão interna de até 13 kgf/cm^2 ($1,3\text{MPa}$).

Já, conforme CANS... (2002), no processo desenvolvido pela Toyo Seikan e denominado de Método Pascal da Toyo Seikan para fabricação de latas, um tubo de borracha é inserido no interior da lata e preenchido com alta pressão de água, fazendo com que o tubo de borracha pressione as paredes da lata contra a parte interior do molde. Na FIGURA 2.17 tem-se a ilustração do processo Toyo Seikan.

Por outro lado, segundo NAYAR (2002), as máquinas para este processo operam a baixas velocidades de produção.

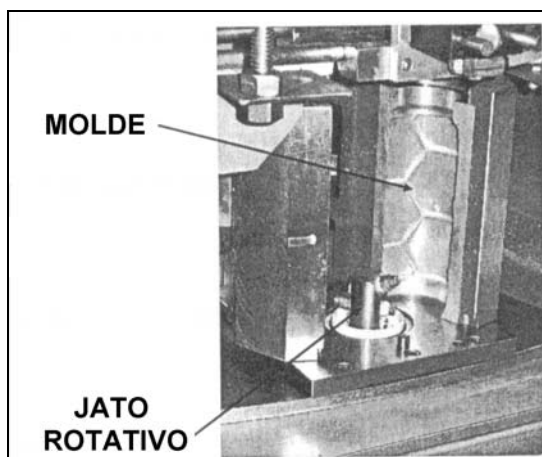


FONTE: CANS..., 2002.

FIGURA 2.17. Ilustração do Processo Pascal da Toyo Seikan.

2.4.5 PROCESSO RHEOFORMING

Segundo NAYAR (2002), no Processo *Rheoforming* um jato de água é aplicado à pressão de até 5.000psi (34MPa), por meio de bicos girando a 2.000rpm ou velocidades superiores, e o formato é controlado pelo molde externo. Este processo possibilita grande capacidade de expansão com versatilidade de formatos. Este processo opera de 5 a 10 latas por minuto e por molde. Na FIGURA 2.18 tem-se ilustrado o Processo *Rheoforming*.



FONTE: NAYAR, 2002.

FIGURA 2.18. O Processo *Rheoforming*.

2.4.6 PROCESSO STRETCHING

Segundo DANTAS & DANTAS (2003), os processos empregados para expansão do corpo da lata, além de possibilitarem a conformação de formatos diferenciados em latas, podem também ser usados como recurso para aumento de produtividade da linha de fabricação de latas.

De acordo com STRETCHING THE... (2003), destaca-se a *Lata Abre-Fácil* produzida pela Metalgráfica Rojek, na qual foi introduzida a tecnologia do Processo *Stretching* com o objetivo de se eliminar problemas na execução de *necking* profundo através do Processo *Spin Flow Necking*, nas linhas de fabricação de latas do tipo Abre-Fácil.

O processo convencional de formação do *necking* em latas consiste na redução do diâmetro do topo da lata, o que significa que a lata é produzida com diâmetro final e o *necking* é formado em uma das extremidades. O *Stretching* é realizado de forma contrária, o corpo da lata é produzido em diâmetro menor e expandido para o diâmetro final, cerca de 10mm maior, dependendo do aço utilizado (DANTAS & DANTAS, 2003).

Na FIGURA 2.19 tem-se a ilustração do equipamento que executa o Processo *Stretching* e na FIGURA 2.20 tem-se a lata (cilindro) antes e depois da aplicação do Processo *Stretching*.



FONTE: STRETCH..., 2005.

FIGURA 2.19. Ilustração do equipamento que executa o Processo *Stretching*.



FONTE: STRETCH..., 2005.

FIGURA 2.20. Lata antes e após o Processo *Stretching* de expansão.

Além disso, com a utilização do Processo *Stretching*, pode-se fabricar latas com formatos diferenciados sem se reduzir a velocidade de produção da linha de latas e até um limite de 800 latas por minuto (STRETCHING..., 2003). Na FIGURA 2.21 tem-se exemplos de formatos possíveis com o uso do Processo *Stretching*.



FONTE: STRETCH..., 2005.

FIGURA 2.21. Exemplos de formatos de latas possíveis com o uso do Processo *Stretching*.

A expansão do corpo da lata através do Processo *Stretching* é inevitavelmente ligada à qualidade da folha-de-flandres utilizada. O processo começou a ser empregado com o uso de folha-de-flandres 0,22mm, T52, recozimento em caixa e atualmente utiliza-se da folha-de-flandres 0,20mm, T52, recozimento em caixa. Até fevereiro de 2007, cerca de dois bilhões de latas foram produzidas com este processo. (STRETCHING..., 2003).

Com o lançamento da folha-de-flandres 0,20mm, T59, recozimento contínuo pela COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN em 2003, especialmente para a fabricação de latas expandidas no Brasil, torna-se necessário o conhecimento do desempenho de novas opções de matéria-prima para emprego no Processo *Stretching*.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 INTRODUÇÃO

A execução dos ensaios foi dividida em duas fases distintas, onde:

A primeira fase teve por objetivo avaliar, caracterizar e comparar entre si as duas amostras de matéria-prima, através dos seguintes fatores:

- Dureza superficial;
- Propriedades mecânicas obtidas através do ensaio de tração;
- Determinação do tamanho do grão do aço-base e caracterização da microestrutura, antes e após o processo de expansão.

Para os ensaios da primeira fase foram utilizadas duas amostras distintas: T52 com recozimento em caixa e T59 com recozimento contínuo, da mesma maneira em que tais matérias-primas são entregues pela CSN aos seus clientes e antes de serem submetidas a qualquer etapa posterior de fabricação.

A segunda fase teve por objetivo avaliar, caracterizar e comparar entre si as latas fabricadas pelo Processo *Stretching*, a partir das duas amostras de matéria-prima avaliadas na primeira fase. A avaliação das latas foi executada através dos seguintes fatores:

- Variação da distribuição de espessura da lata na região expandida após o processo de expansão;
- Variação da camada de estanho na região expandida nas faces interna e externa, antes e após o processo de expansão;
- Variação da porosidade da camada de estanho através da avaliação da variação do ferro exposto nas faces interna e externa, na região expandida, antes e após o processo de expansão;

- Variação da camada de passivação na região expandida, antes e após o processo de expansão;
- Variação da rugosidade superficial nas direções paralela e transversal à direção de laminação na região expandida, antes e após o processo de expansão;
- Variação na altura do corpo da lata, antes e após o processo de expansão;
- Variação do diâmetro interno do cilindro expandido, antes e após o processo de expansão;
- Variação da largura do flange inferior da lata, na região expandida, antes e após o processo de expansão;
- Avaliação da profundidade dos frisos da lata;
- Avaliação da recravação.

A expansão da lata pelo Processo *Stretching* foi obtida partindo-se de um cilindro soldado de lata com diâmetro interno $\text{Ø}62,40\text{mm}$ e expandindo tal cilindro até o diâmetro interno de $\text{Ø}72,95\text{mm}$, preservando a sua porção superior em seu diâmetro original para formar o *necking* da lata.

Além da expansão acima caracterizada, para a fabricação de latas expandidas pelo Processo *Stretching* a partir das duas amostras: T52 com recozimento em caixa e T59 com recozimento contínuo, foi considerada a avaliação do “piores caso” pois para os ensaios não foi empregado nenhum tipo de verniz para o revestimento da folha-de-flandres.

Para as condições de fabricação de latas pelo Processo *Stretching* em escala industrial, a partir de qualquer uma das amostras citadas acima, em geral utiliza-se a aplicação de vernizes adequados e que contribuem para um melhor desempenho da folha-de-flandres no processo.

Tanto para a fabricação dos cilindros de latas, quanto para a expansão, formação do flange, formação de frisos e recravação foram utilizados equipamentos

industriais, respeitando-se ao máximo as suas reais características, ajustes e condições de fabricação em escala industrial para este tipo de lata.

3.2 DESCRIÇÃO DAS AMOSTRAS

Neste trabalho foram avaliadas as folhas-de-flandres têmpera T52, recozimento em caixa, espessura 0,20mm e têmpera T59, espessura 0,20mm, recozimento contínuo, obtidas a partir de:

- 01 fardo contendo 50 folhas-de-flandres com espessura 0,20mm, têmpera T52, simples redução, recozimento em caixa, revestimento de estanho 5.6/2.8g/m², nas dimensões de 879mm de largura x 993mm de comprimento;
- 01 fardo contendo 50 folhas-de-flandres com espessura 0,20mm, têmpera T59, simples redução, recozimento contínuo, revestimento de estanho 5.6/2.8g/m², nas dimensões de 877mm de largura x 863mm de comprimento.

Além das amostras acima descritas, foram utilizados:

- 100 fundos de latas Ø73mm, fabricados em folha-de-flandres com espessura 0,17mm, têmpera T61, e que foram recravados nas latas fabricadas a partir das amostras acima especificadas.

Com cada uma das amostras T52 e T59 acima, foram fabricados:

- 50 blanques de latas nas dimensões 197,30mm de comprimento x 109,10mm de largura;
- 200 cilindros soldados Ø62,40mm;
- 200 cilindros expandidos de Ø62,40mm para Ø72,95mm pelo Processo *Stretching*, conforme apresentado na FIGURA 3.1;

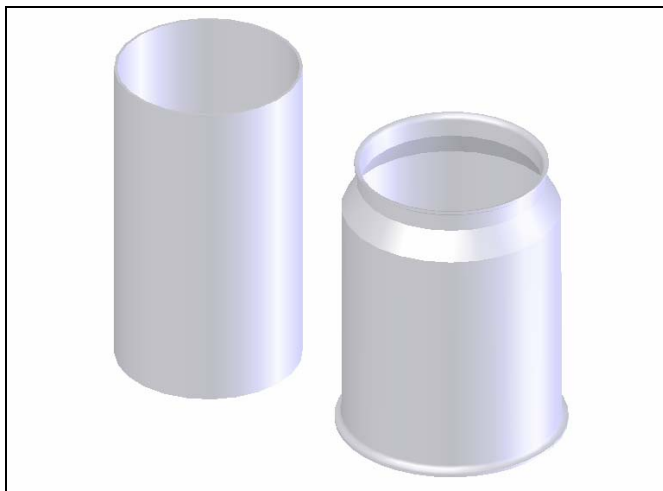


FIGURA 3.1. Cilindros antes e após a expansão.

- 50 latas soldadas, expandidas e flangeadas;
- 200 latas acabadas, isto é, soldadas, expandidas, flangeadas, frisadas, com os fundos recravados e os topos abertos.

3.3 DESCRIÇÃO DA LINHA DE FABRICAÇÃO DE LATAS

Os blanques, cilindros soldados, cilindros soldados e expandidos, latas soldadas, expandidas e flangeadas e as latas acabadas foram fabricados na linha nº4 de fabricação de latas expandidas da empresa Metalgráfica Rojek, a qual é composta pelas seguintes máquinas:

- Tesoura Dupla para corte de folhas-de-flandres em blanques, marca Krupp, modelo CUT-O-MAT;
- Eletrossoldadora automática para a formação e soldagem lateral dos cilindros, com aplicação de gás inerte na solda (N_2) e equipada com sistema para a aplicação de verniz líquido por rolos na costura dos cilindros, marca Soudronic, modelo FBB-1000;
- Estufa a gás para secagem e cura do verniz aplicado na solda dos cilindros, marca Soudronic, modelo USC-30;

- Expansora automática de latas para a expansão dos cilindros soldados, equipada com ferramental para se expandir cilindros soldados do Ø62,40mm para Ø72,95mm, marca Moreno, modelo 320-M;
- Máquina Combinada automática para a execução de pestana e frisos nos corpos de latas, equipada com ferramental Ø72,95mm, marca Moreno, modelo 199-M;
- Recravadeira automática com sistema de pista para a recravação dos fundos de latas nos corpos de latas, equipada com ferramental Ø72,95mm, marca Moreno, modelo 829-M;
- Paletizador automático de latas para a formação dos paletes de latas marca Moreno, modelo 742-M;
- Sistema completo e automático de transporte e monitoramento de latas para toda a linha de fabricação marca Moreno, modelo 870-M.

3.4 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA-DE-FLANDRES

Os ensaios para avaliação e caracterização da folha-de-flandres tiveram por objetivo avaliar, caracterizar e comparar entre si as duas amostras através das determinações de: dureza superficial, propriedades mecânicas obtidas através do ensaio de tração e análise metalográfica para caracterização do grão.

3.4.1 DETERMINAÇÃO DE DUREZA SUPERFICIAL

A têmpera quando aplicada para materiais de simples redução (SR), caracteriza uma combinação de propriedades mecânicas inter-relacionadas, sendo avaliadas pelo ensaio de dureza superficial Rockwell 30T (ABNT, 1995 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

Para materiais metálicos à base de aço com espessura entre 0,21mm e 0,55mm deve-se utilizar a escala HR30T (30N ou 294kgf), enquanto para espessuras inferiores a 0,21mm, a escala recomendada é HR15T (15N ou 147kgf) (ABNT, 1995 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

3.4.1.1 EQUIPAMENTOS

- Micrômetro de 25,0mm com ponta esférica e resolução de 0,001mm;
- Durômetro marca Wilson para a determinação de dureza Rockwell superficial na escala HR15T, série 3JS, equipado com penetrador de esfera de aço de 1,59mm de diâmetro e mesa diamantada conforme FIGURA 3.2.



FIGURA 3.2. Durômetro Wilson para ensaio de dureza Rockwell HR15T.

3.4.1.2 MATERIAIS

- Padrão de dureza Rockwell 15T;

3.4.1.3 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 03 corpos-de-prova nas dimensões de 50mm x 50mm de cada amostra retirados com intervalo de 1.000mm um do outro ao longo do comprimento da bobina, sendo executadas 03 impressões ao longo da largura de cada corpo-de-prova (largura da bobina): uma em cada borda (B1 e B2) e uma ao centro (C).

3.4.1.4 PROCEDIMENTO

Para a execução deste ensaio foi empregado o procedimento segundo as normas NBR 7407 (ABNT, 1982), NBR 6665 (ABNT, 2006) e apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996).

Após a leitura do mostrador, a medida de dureza expressa na escala Rockwell 15T foi convertida para a escala 30T com o auxílio do QUADRO do ANEXO 1.

3.4.2 ENSAIO DE TRAÇÃO

Apesar das folhas metálicas de dupla redução (DR) serem menos dúcteis que as folhas de simples redução (SR) e serem caracterizadas pelo limite de escoamento (LE) com 0,2% de deformação, assim como pelo limite de resistência à tração e alongamento, estes três parâmetros podem ser também aplicados às folhas de simples redução (SR), pois fornecem informações sobre a resistência mecânica e ductilidade do material (ANJOS, 1989 *apud* DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

3.4.2.1 EQUIPAMENTOS

- Prensa para corte de corpo-de-prova com formato “gravata” padronizado segundo a NBR 6892 (ABNT, 2002) para ensaio de tração em folhas de aço, conforme FIGURA 3.3;



FIGURA 3.3. Prensa para corte de corpos-de-prova para ensaio de tração.

- Extensômetro com comprimento inicial (L_0) igual a 50mm;
- Dinamógrafo de tração (Máquina universal de ensaio), marca Instron com capacidade de 3ton, série 4206, conforme FIGURA 3.4;



FIGURA 3.4. Máquina universal de ensaio.

- Micrômetro de 25,0mm com ponta esférica e resolução de 0,001mm;
- Paquímetro com resolução de 0,02mm.

3.4.2.2 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 18 corpos-de-prova por amostra, tomados na posição paralela à direção de laminação da bobina e em formato de “gravata” segundo as normas NBR 6673 (ABNT, 1981) e NBR 6892 (ABNT, 2002).

3.4.2.3 PROCEDIMENTO

Em folhas de aço duplamente reduzidas, determina-se o limite de escoamento a 0,2% de deformação, segundo a norma NBR 6665 (ABNT, 2006). O procedimento para a determinação das propriedades mecânicas de tração dos aços é padronizado pela norma NBR 6673 (ABNT, 1981) e apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996), conforme abaixo:

- Com o uso da prensa para corte, foram cortados os corpos-de-prova, evitando-se dobras, cortes ou rebarbas;
- Um extensômetro com comprimento inicial (L_0) de 50,0mm foi instalado para a medição do alongamento;
- A velocidade de tracionamento foi ajustada em 3,0mm/min;
- O ensaio foi executado até a ruptura do corpo-de-prova, onde foi registrada a curva força x deformação;

- Na curva força x deformação foram determinados os valores da força máxima e da força correspondente à 0,2% de deformação;
- O limite de resistência à tração, limite de escoamento a 0,2% de deformação e o alongamento, foram calculados através das Equações 1, 2 e 3 abaixo:

$$\text{Limite de escoamento a 0,2\% de deformação (MPa) ou (N/mm}^2) = \frac{\text{Força a 0,2\% de deformação (N)}}{\text{Área da seção transversal (mm}^2)} \quad (1)$$

$$\text{Limite de resistência à tração (MPa) ou (N/mm}^2) = \frac{\text{Força máxima (N)}}{\text{Área da seção transversal (mm}^2)} \quad (2)$$

$$\text{Alongamento (\%)} = \frac{\text{Comprimento final} - \text{Comprimento inicial}}{\text{Comprimento inicial}} \times 100 \quad (3)$$

3.4.3 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO DO AÇO-BASE E CARACTERIZAÇÃO DA MICROESTRUTURA

De acordo com ANJOS (1993) *apud* DANTAS *et al* (1996) a resistência mecânica de um material metálico é influenciada tanto pela composição química do material quanto pelos parâmetros de fabricação como tempo e temperatura de bobinamento após a laminação a quente e tipo de recozimento, o qual tem influência direta sobre o tamanho de grão do material, refletindo nas suas propriedades mecânicas.

A maioria das ligas são policristalinas, isto é, um agregado de cristais muito pequenos e de diferentes tipos. Cada cristal individual é chamado de “grão”, onde seu tamanho pode influenciar as propriedades físicas e mecânicas do material MEIER (2004).

3.4.3.1 EQUIPAMENTOS

- Microscópio óptico Carl Zeiss, modelo Axioplan 2, conforme FIGURA 3.5;



FIGURA 3.5. Microscópio óptico Carl Zeiss.

- Prensa de aquecimento para cura do baquelite;
- Lixadeira e politriz rotativa;
- *Software* específico em MS-DOS para o cálculo do tamanho do grão segundo a E-112 (ASTM, 1974).

3.4.3.2 MATERIAIS

- Tesoura para corte de folha-de-flandres;
- Baquelite (resina fenólica);
- Discos de lixa com granulometria 120, 220, 320, 400 e 600;
- Discos de panos para polimento;
- Pasta de diamante com granulometria de 3 μ m e 6 μ m;
- Pasta de alumina (Al₂O₃) com granulometria 0,3 μ m;

3.4.3.3 REAGENTES

- Nital – ácido nítrico (3%) em álcool etílico;
- Solução de tiosulfato de sódio saturado em água destilada (50ml) mais 1g de metabisulfito de potássio dissolvido.

3.4.3.4 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 03 corpos-de-prova de cada amostra retirados na direção da largura de uma folha, sendo um em cada borda (B1 e B2) e um ao centro (C) da bobina.

3.4.3.5 PROCEDIMENTO

O método empregado para a determinação do tamanho do grão do aço-base foi o método do intercepto linear, executado segundo a norma E-112 (ASTM, 1974), no qual após a preparação da micrografia segundo a norma E-3 (ASTM, 2001) com a revelação do contorno dos grãos foi determinado o seu tamanho.

- Preparação do corpo-de-prova metalográfico, segundo a norma E-3 (ASTM, 2001):
 - O material foi embutido em baquelite;
 - O corpo-de-prova teve sua face lixada com o uso da lixadeira na seguinte seqüência de granulometria das lixas: 120, 220, 320, 400 e 600;
 - O corpo-de-prova teve a face polida com o uso da politriz, seqüencialmente com discos de pano e pasta de diamante com granulometria $6\mu\text{m}$ e $3\mu\text{m}$, e pasta de alumina com granulometria $0,3\mu\text{m}$;
- O corpo-de-prova foi atacado quimicamente por imersão em nital – ácido nítrico (3%) em álcool etílico, durante 10 segundos, e por imersão em solução de tiosulfato de sódio saturado em água destilada (50ml) com 1g de metabisulfito de potássio dissolvido, durante 20 segundos.
- A Determinação do tamanho do grão do aço-base pelo método do intercepto linear, segundo a norma E-112 (ASTM, 1974):
 - O corpo-de-prova foi posicionado na mesa do microscópio e foi estabelecida a ampliação (100x);

- O cálculo do tamanho do grão, segundo a norma E-112 (ASTM, 1974) é representada pela Equação (4):

$$K = 3,7 + 3,33\text{LOG}(Z), \text{ onde:} \quad (4)$$

K é o número de tamanho de grão ASTM, e

Z é o número de grãos por cm^2 a uma magnitude de 100X.

- Foram introduzidas no software específico para a determinação do tamanho do grão: os valores de ampliação utilizada, a contagem dos grãos obtida, o número do campo, o número de linhas e medida da grade.

3.5 ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA FOLHA-DE-FLANDRES NO PROCESSO STRETCHING

Os ensaios para a avaliação do desempenho da folha-de-flandres no Processo *Stretching* tiveram por objetivo avaliar, caracterizar e comparar entre si as latas fabricadas pelo Processo *Stretching* a partir das duas amostras, através de ensaios para a determinação da distribuição de espessura, determinação da camada de estanho, avaliação do ferro exposto, determinação da camada de passivação, determinação da rugosidade superficial, determinação da variação da altura do corpo da lata, determinação do diâmetro interno da lata, determinação da variação da largura do flange, avaliação da profundidade dos frisos e avaliação da recravação.

3.5.1 DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA

A determinação da distribuição de espessura teve como objetivo avaliar o desempenho da espessura ao longo do corpo da lata após expansão pelo Processo *Stretching*.

3.5.1.1 EQUIPAMENTOS

- Micrômetro de 25,0mm com ponta esférica e resolução de 0,001mm.

3.5.1.2 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros expandidos por amostra, tomando-se a medida de cinco pontos ao longo da altura e em três pontos na circunferência, separados 120° entre si, totalizando-se quinze pontos por cilindro, como representado na FIGURA 3.6.

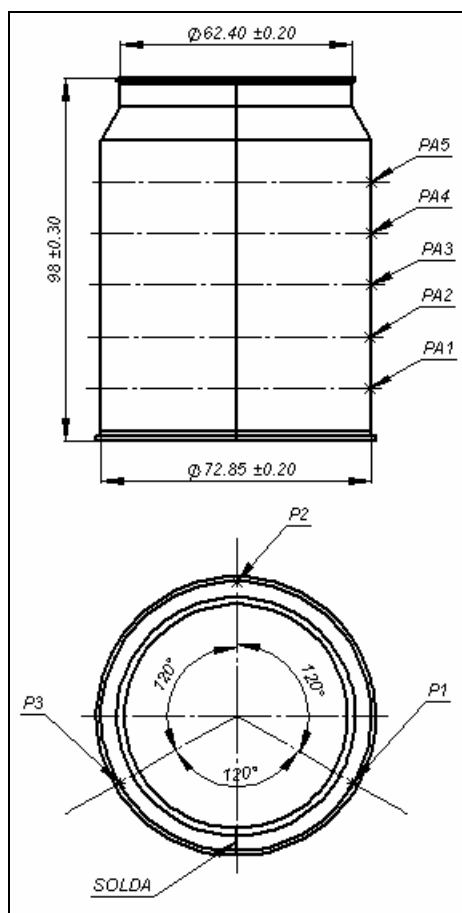


FIGURA 3.6. Localização dos pontos de determinação de distribuição de espessura.

3.5.1.3 PROCEDIMENTO

- Determinação por leitura direta com o uso do micrômetro.

3.5.2 DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO

Segundo DANTAS *et al* (1996) o estanho presente na folha-de-flandres se apresenta de duas formas: estanho liga, resultante da combinação com o aço, formando a liga FeSn_2 e que protege o aço-base diretamente contra a corrosão, e o

estanho livre, correspondendo à camada de estanho restante e que não faz parte da liga.

O objetivo deste ensaio foi determinar da camada de estanho total: estanho livre mais estanho liga (FeSn_2) em folha-de-flandres eletrolítica através do emprego do método coulométrico.

3.5.2.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema potenciostato/galvanostato EG&G, modelo 273A, representado na FIGURA 3.7 e acoplado a um microcomputador, utilizando-se o *software* EG&G 354.

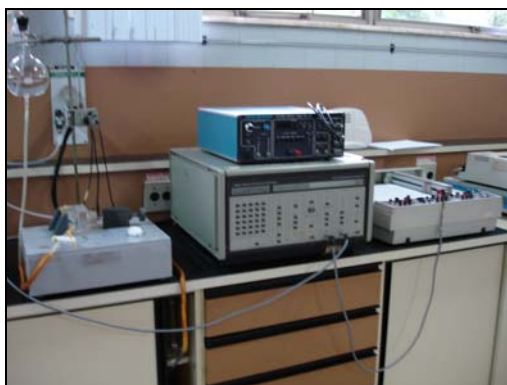
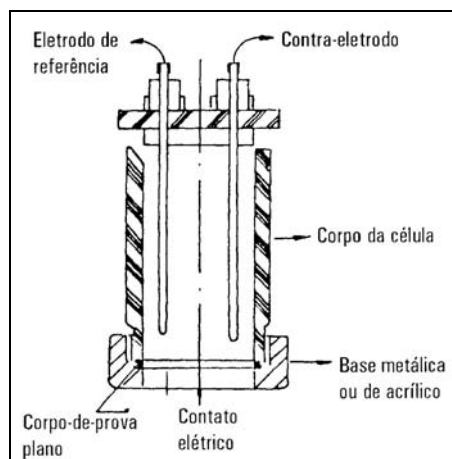


FIGURA 3.7. Equipamento potenciostato/galvanostato EG&G, modelo 273A.

3.5.2.2 MATERIAIS

- Célula para eletrólise de folha-de-flandres (material resistente ao ácido) plana e com corte circular, conforme mostrada na FIGURA 3.8;



FONTE: DANTAS *et al.*, 1996.

FIGURA 3.8. Célula para a eletrólise de folha-de-flandres em corte redondo.

- Contra-eletródo de platina com 6,35mm de diâmetro;
- Eletrodo de referência de prata pura com 3,18mm de diâmetro e 25mm de comprimento.

3.5.2.3 REAGENTES

- Solução eletrolítica de ácido clorídrico 1,0N

3.5.2.4 AMOSTRAGEM

- Foram realizadas 2 determinações por face em cada um dos 6 corpos-de-prova, sendo 3 antes do processo de expansão e 3 após o processo de expansão para cada uma das amostras, onde cada corpo-de-prova possuía uma área correspondente a 20 cm².

3.5.2.5 PROCEDIMENTO

O procedimento detalhado para a determinação da camada de estanho é apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996), conforme abaixo resumido:

- O sistema potenciostato/galvanostato foi conectado à célula para eletrólise;
- Os corpos-de-prova foram limpos com acetona;

- O corpo-de-prova redondo foi preso ao fundo da célula conforme mostrada na FIGURA 3.8;
- A célula foi preenchida com a solução eletrolítica cobrindo o corpo-de-prova e atingindo os eletrodos;
- O pólo positivo do sistema potenciostato/galvanostato foi conectado ao corpo-de-prova e o pólo negativo ao eletrodo de platina através da célula para eletrólise;
- A corrente elétrica foi aplicada durante cerca de 5min;
- A determinação da camada de estanho total foi obtida pela aplicação da Lei de Faraday, segundo as Equações (5) e (6) abaixo:

$$M1 = \frac{E.I.t1}{A} \quad (5)$$

$$M2 = \frac{E.I.t2.0,66}{A} \quad , \text{ onde:} \quad (6)$$

M1 é a quantidade de estanho livre por face (g/m^2);

M2 é a quantidade de estanho ligado por face (g/m^2);

E é o equivalente eletroquímico do estanho ($6,15 \times 10^{-4} \text{ g/Coulomb}$);

I é a corrente de desestanhamento (A);

A é a área da amostra;

t1 é o tempo requerido para a remoção do estanho livre (s);

t2 é o tempo requerido para a remoção do estanho ligado (s);

O fator 0,66 corresponde à porção de corrente envolvida na remoção do estanho liga, do FeSn_2 . Do total de corrente utilizada para a retirada da liga, 2/3 são consumidos pelo estanho.

3.5.3 AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO

Segundo DANTAS *et al* (1996) o ferro exposto em latas de aço pode causar o estufamento por produção de hidrogênio ou a perfuração das latas, quando utilizadas no acondicionamento de produtos agressivos ao ferro. Uma vez que as folhas-de-flandres com baixo revestimento de estanho têm sido freqüentemente usadas na fabricação de latas sanitárias submetidas a processos de fabricação com

embutimentos, estiramentos e formação de frisos, pode ocorrer a exposição de ferro em maior quantidade nas regiões deformadas mecanicamente.

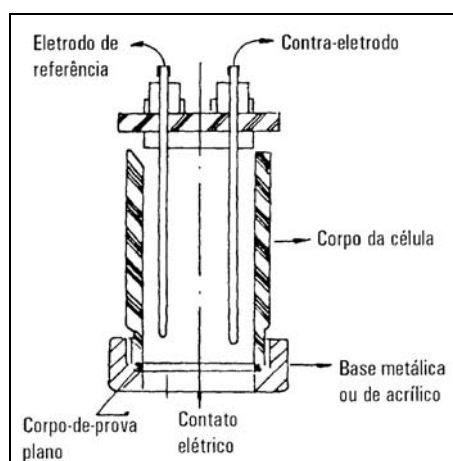
Este ensaio envolve a medida da corrente de dissolução anódica do ferro exposto em folhas-de-flandres em uma solução tampão de carbonato, sendo que a quantidade de ferro exposto é proporcional ao valor da corrente depois de determinado tempo e sua localização é detectada como depósito de óxido de ferro hidratado (DANTAS *et al*, 1996).

3.5.3.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema potenciostato/galvanostato Eg&G, modelo 273A, acoplado a um microcomputador, utilizando-se o *software* EG&G 354.

3.5.3.2 MATERIAIS

- Eletrodo de platina;
- Eletrodo de calomelano saturado;
- Célula para a avaliação de amostras planas, conforme mostrada na FIGURA 3.9;
- Tesoura para o corte de amostras planas.



FONTE: DANTAS *et al*, 1996.

FIGURA 3.9. Célula para a avaliação do ferro exposto em amostras planas.

3.5.3.3 REAGENTES

- Solução tampão 0,2M de carbonato/bicarbonato de sódio a pH 10,0, com 0,005M de cloreto de sódio.

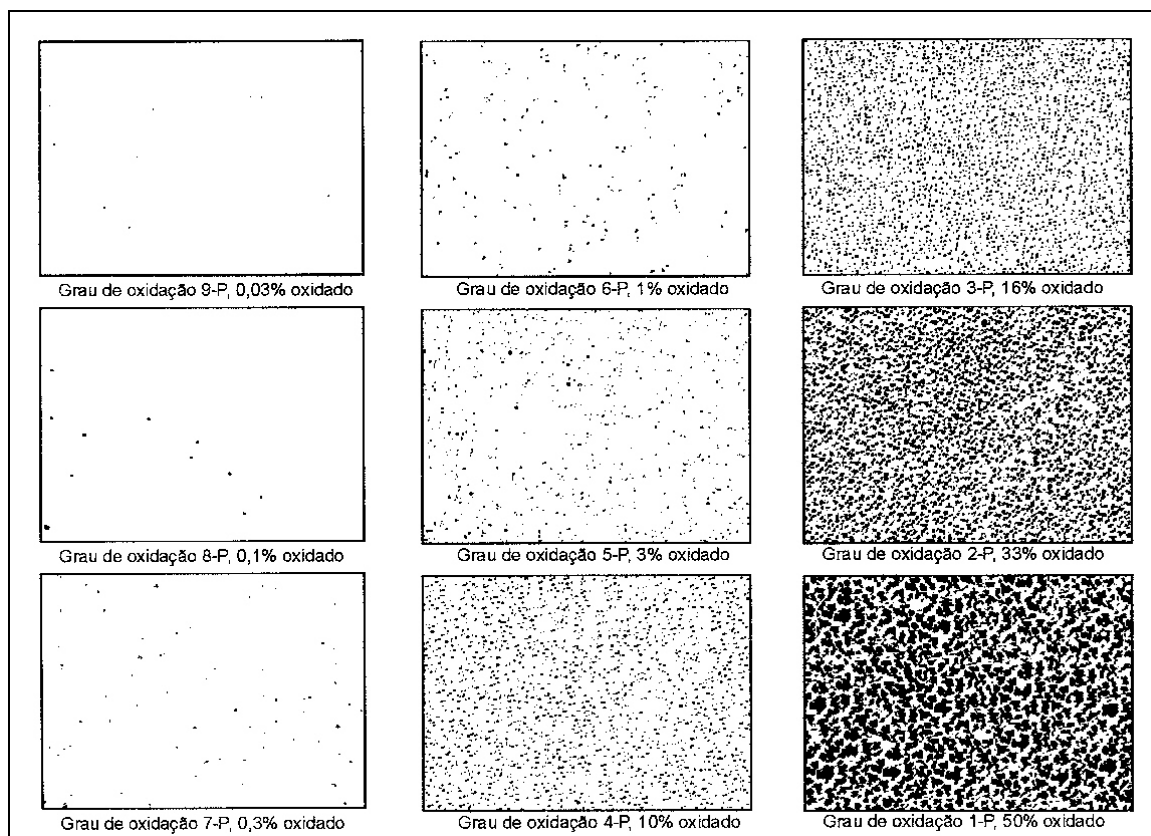
3.5.3.4 AMOSTRAGEM

- Foram realizadas 15 determinações em 15 corpos-de-prova em ambas faces de cada um dos corpos-de-prova de cada amostra, antes e após serem expandidas, sendo que a área avaliada corresponde a 20cm².

3.5.3.5 PROCEDIMENTO

O procedimento detalhado para a avaliação do ferro exposto é apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996), conforme abaixo resumido:

- Os corpos-de-prova foram limpos com acetona;
- O corpo-de-prova redondo foi preso ao fundo da célula conforme mostrado na FIGURA 3.9;
- O potencial de 1,2V foi aplicado durante três minutos, e foi registrada a corrente, sendo que a quantidade de ferro exposto é proporcional ao valor da corrente após os três minutos;
- O corpo-de-prova foi avaliado visualmente, onde as áreas de exposição do ferro foram reveladas pela formação de óxido de ferro hidratado;
- A superfície foi classificada conforme a norma D-610 (ASTM, 2001), padrão P, conforme apresentada na FIGURA 3.10.



FONTE: ASTM, 2001.

FIGURA 3.10. Padrão P para corrosão segundo a D-610.

3.5.4 DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO

Segundo DANTAS *et al* (1996) para proteger a camada de estanho contra a corrosão, facilitar a aderência de vernizes e prevenir a formação de manchas de sulfuração, as folhas-de-flandres recebem um tratamento superficial por deposição eletroquímica ou por imersão em solução de compostos de cromo, denominado passivação.

Segundo a NBR 6665 (ABNT, 2006), as folhas-de-flandres com tratamento convencional, denominado SN 311, apresentam uma camada de passivação de 3,5 mg/m² a 8,0 mg/m² de compostos de cromo por face.

3.5.4.1 EQUIPAMENTOS

- Espectrofotômetro UV-VISÍVEL Perkin Elmer, modelo Lambda 3B;
- Manta de aquecimento;

- Balança analítica com resolução 10^{-4} g.

3.5.4.2 MATERIAIS

- Bureta de 25ml;
- Pipeta volumétrica de 100ml;
- Balões volumétricos de 100ml;
- Balões volumétricos de 1000ml;
- Béqueres de 250ml;
- Conta-gotas;
- Proveta de 25ml.

3.5.4.3 REAGENTES

- Solução de hidróxido de sódio (NaOH) e fosfato de sódio hidratado ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Dissolver 40g de NaOH e 50g de $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ em água destilada e completar para 1000ml;
- Ácido fosfórico (H_3PO_4) a 85%;
- Solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) a 25%;
- Solução de nitrato de prata (AgNO_3) a 2%;
- Solução de persulfato de amônio ($(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$) a 30% e preparada no dia do ensaio;
- Solução de permanganato de potássio (KMnO_4) 0,1N;
- Solução de ácido acético (CH_3COOH) a 5%;
- Solução de difenilcarbazida ($\text{C}_{13}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}$) a 0,25% dissolvida em acetona (mantida sob refrigeração);

- Solução de bicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Dissolver 0,2828g do sal em água destilada e completar para 1000ml. Medir 100ml da solução e diluir para 1000ml para resultar em uma solução de 0,01mgCr/ml.

3.5.4.4 AMOSTRAGEM

- Foram realizadas determinações simultâneas das duas faces do corpo-de-prova, sendo realizadas 5 determinações para cada amostra.

3.5.4.5 PROCEDIMENTO

O método empregado para a determinação da camada de passivação foi o método colorimétrico, utilizado para a determinação do cromo total: óxido de cromo e cromo metálico, determinada simultaneamente nas duas faces das amostras. O procedimento detalhado para a determinação da camada de passivação é apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996), conforme abaixo resumido:

- O corpo-de-prova foi limpo com acetona e teve as bordas dobradas para que as mesmas não tocassem o fundo do béquer;
- 25ml da solução de NaOH + Na_3PO_4 foram adicionados ao béquer, sendo aquecidos, mantidos em ebulição durante 3 minutos e cobertos com relógio de vidro – extração do cromo presente na forma de óxidos;
- A solução foi transferida para outro béquer e o corpo-de-prova foi lavado com água destilada;
- O corpo-de-prova foi colocado no mesmo béquer da etapa anterior, foi adicionado 25ml de H_2SO_4 a 25% e mantida em ebulição durante 3 minutos. Após o aquecimento, a solução foi transferida para o béquer contendo a solução de NaOH + Na_3PO_4 . O vidro de relógio e o béquer foram lavados com água destilada – extração do cromo metálico;
- A seguir foi adicionado 2ml de ácido fosfórico a 85%, 2ml de solução de nitrato de prata a 2%, 5ml de solução de persulfato de amônio a 30% e

aquecido até a ebulição, mantendo nesta condição por aproximadamente 10 minutos até que o persulfato fosse decomposto;

- Com o conta-gotas, foram adicionadas 2 gotas da solução de permanganato de potássio até que a cor rosa claro persistisse. A ebulição foi continuada durante cerca de 10 minutos até que volume fosse reduzido para aproximadamente 75ml;
- Para a eliminação a cor rósea foi adicionado 2ml de ácido acético 5% na solução ainda em ebulição e mantida em ebulição, reduzindo o volume para 50ml;
- As soluções foram resfriadas até a temperatura ambiente e transferidas para balões volumétricos de 100ml;
- No momento da leitura, foram adicionados a cada balão 3ml da solução de difenilcarbazida, completado o volume e aguardado 2 minutos;
- Decorrido o tempo, a leitura de absorbância foi feita em um espectrofotômetro a 560nm, usando água destilada como referência;
- A leitura foi corrigida com o ensaio em branco, para o qual todo o procedimento foi efetuado em ausência de corpo-de-prova;
- Com a leitura das amostras foi determinado o resultado a partir da curva-padrão previamente obtida;
- Para a obtenção da curva-padrão, foram medidos com o auxílio de uma bureta 5,0, 10,0, 15,0 e 20,0ml da solução de bicromato de potássio 0,01mg/ml e colocados em béqueres de 250ml.

3.5.5 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE

A rugosidade é avaliada através da variação do perfil geométrico, isto é, da intersecção da superfície com um plano perpendicular, através da avaliação dos sinais elétricos do apalpador de um instrumento denominado rugosímetro (DANTAS *et al*, 1996).

3.5.5.1 EQUIPAMENTOS

- Rugosímetro Hommel Tester, modelo T6D.

3.5.5.2 MATERIAIS

- Padrão de rugosidade R_a ;

3.5.5.3 AMOSTRAGEM

- Foram realizadas cinco determinações em cinco corpos-de-prova de cada amostra, antes e após a expansão, sendo as leituras correspondentes às direções paralela e transversal à direção de laminação da folha e executadas na face externa de cada um dos materiais.

3.5.5.4 PROCEDIMENTO

O apalramento da face externa foi efetuado nas direções paralela e perpendicular à direção de laminação e obtidos na escala R_a , ou seja, na escala média, definida como a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento dos pontos do perfil em relação à linha média dentro do percurso de medição (DANTAS *et al.*, 1996). O procedimento detalhado para a determinação da rugosidade superficial é apresentado em *Avaliação da qualidade de embalagens metálicas: aço e alumínio* (DANTAS *et al.*, 1996), conforme abaixo resumido:

- Os corpos-de-prova foram cortados com 100cm^2 (10 x 10cm);
- O rugosímetro foi calibrado com auxílio do padrão de rugosidade R_a ;
- O corpo-de-prova foi posicionado na mesa de medição e foi executada a medição.

3.5.6 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA ALTURA DA LATA

Essa determinação visou avaliar a variação da altura da lata, em mm, e o percentual de variação de altura, decorrente do processo de expansão, para as duas amostras.

3.5.6.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema e *software Can Profile Analyser* com unidade óptica, modelo P11 *Automatic Can Profiloscope*, marca *Quality by vision*, acoplado a um microcomputador. A unidade óptica é apresentada na FIGURA 3.11 e a tela do *software Can Profile Analyser* é mostrada na FIGURA 3.12.



FIGURA 3.11. Unidade óptica modelo P11.

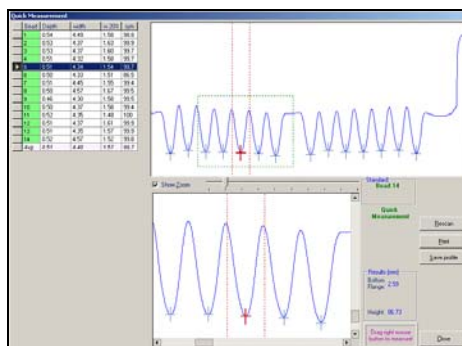


FIGURA 3.12. Tela do *software Can Profile Analyser*.

3.5.6.2 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros por amostra, antes e após serem expandidos, tomando-se a medida de altura e em três pontos na circunferência, sendo (H1) a aproximadamente 30° à direita da solda lateral, (H2) a 180° da solda lateral e (H3) a aproximadamente 30° à

esquerda da solda lateral, totalizando três medições por cilindro, como representado na FIGURA 3.13.

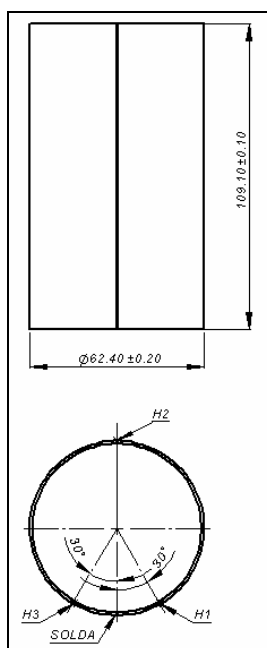


FIGURA 3.13. Localização dos pontos de determinação da variação de altura dos cilindros soldados.

3.5.6.3 PROCEDIMENTO

- Os cilindros foram numerados de 1 a 20;
- No *software Can Profile Analyzer* foi selecionado o tipo de medição a ser efetuada no cilindro e a quantidade de cilindros a serem dimensionados por amostra;
- Os cilindros foram colocados sobre a mesa com a unidade óptica um a um e posicionados nas regiões da primeira, segunda e terceira posições a serem escaneadas e dimensionadas;
- Um relatório foi gerado com as medições executadas.

3.5.7 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DA LATA

Essa determinação visou avaliar a variação de diâmetro interno da lata, em mm, e o percentual de variação de diâmetro, decorrente do processo de expansão, para as duas amostras.

3.5.7.1 EQUIPAMENTOS

- Dispositivo para aferição de diâmetro interno munido de relógio comparador com resolução de 0,01mm, modelo 232-M, marca Moreno, conforme mostrado na FIGURA 3.14.



FIGURA 3.14. Dispositivo para aferição do diâmetro interno da lata.

3.5.7.2 MATERIAIS

- Padrão de diâmetro interno $\varnothing 62,40\text{mm}$;
- Padrão de diâmetro interno $\varnothing 72,95\text{mm}$.

3.5.7.3 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros por amostra, antes e após serem expandidos, tomando-se a medida diâmetro interno por leitura no dispositivo.

3.5.7.4 PROCEDIMENTO

- O dispositivo foi aferido com o auxílio do padrão calibrador de diâmetro interno;
- Os cilindros foram seguros na posição vertical, sendo pressionada a alavanca e introduzido o dispositivo no interior de um a um dos cilindros;
- A alavanca foi solta e através da leitura direta do mostrador do dispositivo foi determinada a dimensão do diâmetro interno de cada cilindro.

3.5.8 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA LARGURA DO FLANGE DA LATA

A largura do flange é de grande importância para a obtenção do gancho do corpo uniforme em todo o perímetro da circunferência da lata, além de contribuir para que as dimensões da recavação fiquem dentro dos padrões.

3.5.8.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema e *software Can Profile Analyser* com unidade óptica, modelo P11 *Automatic Can Profiloscope*, marca *Quality by vision*, acoplado a um microcomputador. A unidade óptica é apresentada na FIGURA 3.11 e a tela do *software Can Profile Analyser* é mostrada na FIGURA 3.12.

3.5.8.2 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros flangeados por amostra, após serem expandidos, tomando-se a medida da largura do flange da lata e em três pontos na circunferência, sendo (P1) a aproximadamente 30° à direita da solda lateral, (P2) a 180° da solda lateral e (P3) a aproximadamente 30° à esquerda da solda lateral, totalizando três medições por cilindro, como representado na FIGURA 3.15.

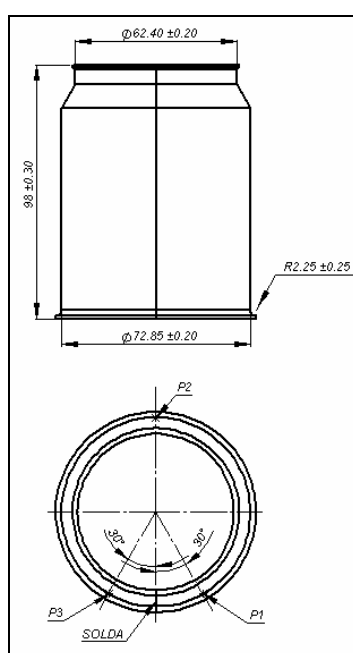


FIGURA 3.15. Localização dos pontos de determinação da largura do flange dos cilindros expandidos e flangeados.

3.5.8.3 PROCEDIMENTO

- Os cilindros foram numerados de 1 a 20;
- No *software Can Profile Analyzer* foi selecionado o tipo de medição a ser efetuada no cilindro e a quantidade de cilindros a serem dimensionados por amostra;
- Os cilindros foram colocados sobre a mesa com a unidade óptica um a um e posicionados nas regiões da primeira, segunda e terceira posições a serem escaneadas e dimensionadas;
- Um relatório foi gerado com as medições executadas.

3.5.9 DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS

Segundo DANTAS, GATTI & SARON (1999) a resistência mecânica da embalagem é função de seu tamanho, formato, espessura e dureza da folha-de-flandres. Com relação ao formato inclui-se o tipo, distribuição e quantidade de frisos.

A distribuição dos frisos é um fator importante para o desempenho mecânico. Além disso, a profundidade dos frisos exerce influência na resistência ao apainelamento e à carga vertical ou compressão. Quanto maior a profundidade do friso, maior a resistência ao apainelamento e menor à carga vertical (DANTAS, GATTI & SARON, 1999).

3.5.9.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema e *software Can Profile Analyser* com unidade óptica, modelo P11 *Automatic Can Profiloscope*, marca *Quality by vision*, acoplado a um microcomputador. A unidade óptica é apresentada na FIGURA 3.11 e a tela do *software Can Profile Analyser* é mostrada na FIGURA 3.12.

3.5.9.2 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros frisados por amostra, após serem expandidos, tomando-se a medida de profundidade dos 15 frisos do corpo da lata em três pontos na circunferência, sendo (S1) a aproximadamente

30° à direita da solda lateral, (S2) a 180° da solda lateral e (S3) a aproximadamente 30° à esquerda da solda lateral, totalizando três medições por cilindro, como representado na FIGURA 3.16.

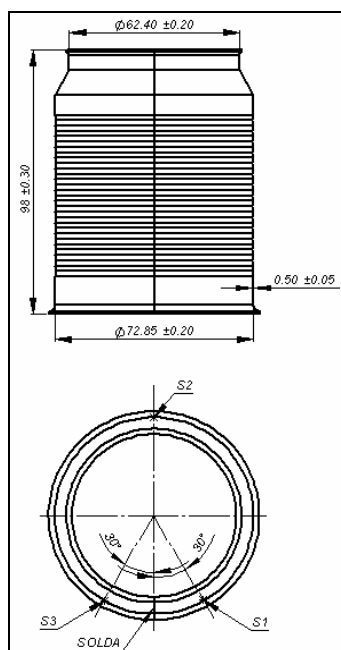


FIGURA 3.16. Localização dos pontos de determinação da profundidade dos frisos dos cilindros expandidos, flangeados e frisados.

3.5.9.3 PROCEDIMENTO

- Os cilindros foram numerados de 1 a 20;
- No *software Can Profile Analyzer* foi selecionado o tipo de medição a ser efetuada no cilindro e a quantidade de cilindros a serem dimensionados por amostra;
- Os cilindros foram colocados sobre a mesa com a unidade óptica um a um e posicionados nas regiões da primeira, segunda e terceira posições a serem escaneadas e dimensionadas;
- Um relatório foi gerado com as medições executadas.

3.5.10 AVALIAÇÃO DA RECRAVAÇÃO

Conforme DANTAS *et al* (1996) a recravação é definida como a junção hermética formada pela interligação das extremidades da tampa e do corpo de uma lata, sendo produzida em duas operações e envolve o uso de um vedante previamente colocado na tampa. Na FIGURA 3.17 a terminologia dimensional da recravação.



FONTE: DANTAS *et al*, 1996.

FIGURA 3.17. Terminologia dimensional da recravação.

A avaliação dimensional da recravação é geralmente realizada com o auxílio de um sistema e *software* típicos para a avaliação da seção transversal da recravação, onde tal *software* utiliza as Equações (7) e (8) apresentadas a seguir para o cálculo do percentual de enganchamento do corpo (EGC) e da sobreposição percentual (S').

$$\text{EGC (\%)} = \frac{\text{CG} - 1,1 \times \text{EC}}{\text{A} - 1,1 \times (2 \times \text{ET} + \text{EC})} \times 100 \quad (7)$$

$$\text{S}' = \frac{\text{CG} + \text{GT} + 1,1 \times \text{ET} - \text{A}}{\text{A} - 1,1 \times (2 \times \text{ET} + \text{EC})} \times 100, \text{ onde:} \quad (8)$$

GC é o comprimento do gancho do corpo em mm;

EC é a espessura do corpo em mm;

A é a altura da recravação em mm;

ET é a espessura da tampa em mm.

GT é o comprimento do gancho da tampa em mm.

3.5.10.1 EQUIPAMENTOS

- Sistema e *software* SEAMetal 9000W para análise e inspeção de recravação com unidade óptica para latas de alimentos e dispositivo para centralização automática, marca *Quality by vision*, acoplado a um microcomputador. A unidade óptica é apresentada na FIGURA 3.18 e a tela do *software* SEAMetal 9000W é mostrada na FIGURA 3.19;

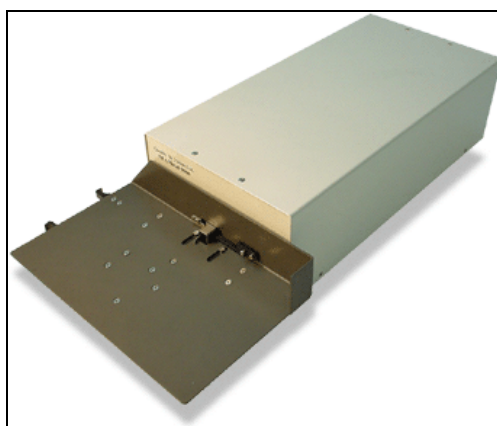


FIGURA 3.18. Unidade óptica para latas de alimento.

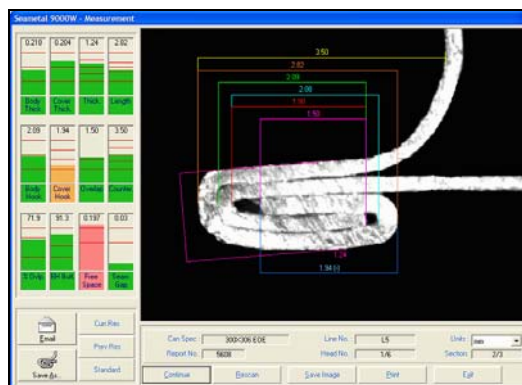


FIGURA 3.19. Tela do *software* SEAMetal Profile Analyser.

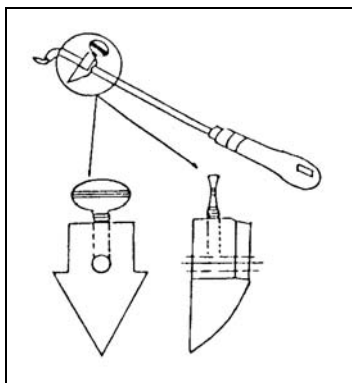
- Serra *Twin Blade Saw*, modelo TBS-4, marca *Quality by vision*. A serra é apresentada na FIGURA 3.20.



FIGURA 3.20. Serra *Twin Blade Saw* modelo TBS-4.

3.5.10.2 MATERIAIS

- Abridor de latas especial, conforme FIGURA 3.21;
- Borracha;
- Alicates.



FONTE: DANTAS *et al*, 1996.

FIGURA 3.21. Abridor de latas especial.

3.5.10.3 AMOSTRAGEM

- Foram avaliados 20 cilindros recravados por amostra, após serem expandidos, tomando-se as medidas da recravação e em três pontos na circunferência, sendo (R1) a aproximadamente 30° à direita da solda lateral, (R2) a 180° da solda lateral e (R3) a aproximadamente 30° à esquerda da solda lateral, totalizando três medições por cilindro, como representado na FIGURA 3.22.

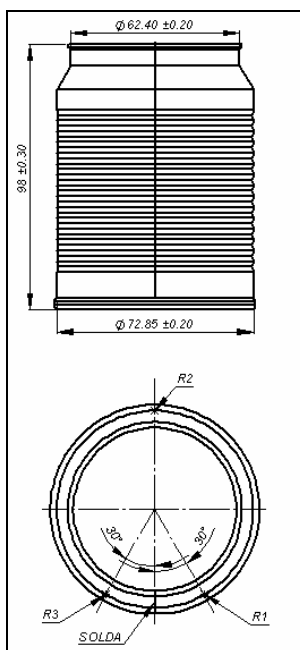


FIGURA 3.22. Localização dos pontos de avaliação da recavação dos cilindros expandidos, flangeados, frisados e recravados.

3.5.10.4 PROCEDIMENTO

- Os cilindros foram numerados de 1 a 20;
- Foi realizada a inspeção visual para a detecção de defeitos;
- A parte central da tampa da lata foi removida com o uso de um abridor de latas especial, conforme FIGURA 3.23;



FONTE: DANTAS *et al*, 1996.

FIGURA 3.23. Remoção da tampa com o uso do abridor de latas especial.

- Com o uso da serra, foram feitos cortes transversais na recavação nas regiões onde foi realizada a avaliação da recavação;

- As partes cortadas foram empurradas para dentro da lata para que a unidade óptica pudesse fazer a leitura da seção transversal da recravação;
- Com o uso da borracha, as seções transversais a serem visualizadas e avaliadas foram esfregadas para que fossem removidas possíveis rebarbas provenientes da operação de corte com serra;
- No *software* SEAMetal 9000W foi selecionado o tipo de medição e a quantidade de cilindros a serem dimensionados por amostra;
- Os cilindros foram colocados um a um sobre a mesa com unidade óptica e posicionados nas regiões da primeira, segunda e terceira posições das seções transversais da recravação a serem escaneadas e dimensionadas;
- Um relatório foi gerado com as medições executadas.
- A recravação de cada um dos cilindros foi aberta e retirado o gancho da tampa do corpo de cada uma delas com o cuidado de não danificá-los;
- Foi verificada a impressão na parede interna do corpo e avaliado visualmente o aperto;
- Foi realizada a inspeção visual de rugas, dobras ou outras irregularidades possíveis nos ganchos da tampa e do corpo;
- Foi avaliado o enrugamento do gancho da tampa para a classificação do aperto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram introduzidos em planilhas eletrônicas com o uso do *software Microsoft Excel*, sendo calculado para cada ensaio e amostra, os respectivos valores da média aritmética, valor máximo, valor mínimo e desvio-padrão. O Anexo 2 apresenta na íntegra os resultados de todos os ensaios.

Os resultados das determinações de dureza superficial, tração, distribuição de espessura, camada de estanho, avaliação do ferro exposto, camada de passivação, rugosidade, altura da lata, diâmetro interno, largura do flange e profundidade dos frisos foram tratados estatisticamente por meio de análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Mínima Diferença Significativa (LSD), considerando-se o nível de erro de 5%, através do uso do *software Statistica* versão 5.0 (1995).

4.1 ENSAIOS PARA AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA FOLHA-DE-FLANDRES

4.1.1 DETERMINAÇÃO DE DUREZA SUPERFICIAL

Os valores encontrados na determinação de dureza superficial na escala Rockwell 30T para as amostras T52 e T59 são apresentados na TABELA 4.1.

A norma NBR 6665 (ABNT, 2006) estabelece que a folha-de-flandres T52, com espessura inferior a 0,21mm, deve apresentar dureza superficial 53 ± 4 HR30T.

Como a folha-de-flandres T59 não é citada na norma NBR 6665 (ABNT, 2006), foi tomado como referência o valor de dureza especificado pelo Centro de Pesquisas da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN e a especificação para a folha-de-flandres similar TH415 da EN 10202 (EURONORM, 2001), a qual estabelece que a folha-de-flandres TH415 (equivalente à T59), com espessura inferior a 0,21mm, deve apresentar dureza superficial 62 ± 4 HR30T.

Assim, os valores de dureza medidos nas bordas (B1 e B2) e no centro (C), tomados na direção da largura da folha demonstram que as duas amostras apresentaram valores de dureza superficial compatíveis com os valores

normalizados e recomendados. A amostra T52 apresentou valor médio inferior ao valor central de 53 HR30T para o intervalo e a amostra T59 apresentou valor médio próximo ao limite superior de 66 HR30T para o intervalo.

Em média, a amostra T59 apresentou dureza superficial superior à amostra T52 em aproximadamente 14 unidades HR30T ou 27% maior.

Tanto a amostra T52 quanto a T59 não apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados de dureza HR30T nas diferentes posições avaliadas.

Embora as duas amostras apresentem seus resultados de dureza superficial dentro das faixas de tolerâncias normalizadas e especificadas, a maior dureza superficial apresentada para a amostra T59, representa a necessidade de um maior esforço mecânico para expansão durante a produção da lata a partir deste material, por outro lado, a menor maleabilidade da amostra T59 representa a possibilidade de uma maior precisão dimensional da lata expandida, quando comparada com a amostra T52. Além disso, a maior dureza superficial da amostra T59, possibilita uma lata final com maior resistência mecânica quando comparada comparada com a lata acabada produzida com a amostra T52.

TABELA 4.1. Resultado de determinação de dureza HR30T para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra		Borda 1 (B1)	Centro (C)	Borda 2 (B2)
T52	Média	51a	52a	52a
	Desvio-padrão	0,29	1,04	0,87
	Mínimo	51,0	51,0	51,5
	Máximo	51,5	53,0	53,0
T59	Média	65a	66a	66a
	Desvio-padrão	1,26	1,00	0,00
	Mínimo	63,5	65,0	66,0
	Máximo	66,0	67,0	66,0

(1) Resultado de 3 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.1.2 ENSAIO DE TRAÇÃO

Os valores encontrados para as propriedades mecânicas através da realização do ensaio de tração para as amostras T52 e T59 são apresentados na TABELA 4.2.

Uma vez que a NBR 6665 não especifica os valores das propriedades mecânicas do ensaio de tração para as folhas de simples redução (SR), foi tomado como referência os valores especificados pelo Centro de Pesquisas da CSN, os quais são baseados em folhas-de-flandres similares especificadas pela EN 10202 (EURONORM, 2001) e estabelecem que a folha-de-flandres TS245, similar à T52, deve apresentar limite de escoamento a 0,2% de deformação permanente de $245\pm 50\text{N/mm}^2$, limite de resistência à tração de $340\pm 50\text{N/mm}^2$ e alongamento mínimo de 25%, e a folha-de-flandres TH415, similar à T59, deve apresentar limite de escoamento a 0,2% de deformação permanente de $415\pm 50\text{N/mm}^2$, limite de resistência à tração de $435\pm 50\text{N/mm}^2$ e alongamento mínimo de 16%.

Assim, os valores de limite de escoamento a 0,2% de deformação permanente (LE) e limite de resistência à tração (LR) resultantes do ensaio de tração para as duas amostras apresentaram-se compatíveis com os valores normalizados e recomendados. A amostra T59 apresentou valores médios para limite de escoamento a 0,2% de deformação permanente e limite de resistência à tração superiores aos valores da amostra T52 em 93% e 25%, respectivamente.

As duas amostras apresentaram alongamentos médios (A) superiores aos valores mínimos apresentados. A amostra T59 apresentou alongamento médio 41% inferior ao valor apresentado para a amostra T52.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados de limite de escoamento a 0,2% (MPa), limite de resistência (MPa) e alongamento (%).

O maior valor para o limite de escoamento a 0,2% de deformação permanente (LE) e limite de resistência à tração (LR) para a amostra T59, representa a necessidade de um maior esforço mecânico para expansão da lata produzida a partir

deste material, originando uma lata com resistência mecânica superior quando comparada com a amostra T52.

O maior valor para alongamento médio percentual (A) apresentado para a amostra T52 representa a possibilidade de obtenção de um maior percentual de expansão para a lata produzida a partir deste material, ou seja, maior aproveitamento da possibilidade de expansão do diâmetro da lata quando comparada quando comparada com a amostra T59.

TABELA 4.2. Resultados da determinação do limite de escoamento a 0,2% (MPa), limite de resistência (MPa) e alongamento (%) para as duas amostras.

Amostra		LE 0,2% (MPa)	LR (MPa)	A (%)
T52 ⁽¹⁾	Média	207a	351a	34,5a
	Desvio-padrão	5	3	1,8
	Mínimo	196	345	31,5
	Máximo	214	357	37,1
T59 ⁽²⁾	Média	400b	437b	20,2b
	Desvio-padrão	9	11	1,4
	Mínimo	386	422	18,7
	Máximo	413	450	23,7

(1) Resultado de 21 determinações.

(2) Resultado de 18 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.1.3 DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO DO AÇO-BASE E CARACTERIZAÇÃO DA MICROESTRUTURA

Os resultados encontrados na determinação do tamanho do grão médio para as amostras T52 e T59, antes e após o processo de expansão, são apresentados na TABELA 4.3. As imagens das microestruturas obtidas por microscopia óptica a uma magnitude de 500X para as amostras T52 e T59, antes e após o processo de expansão, são apresentadas na FIGURA 4.1 e FIGURA 4.2, respectivamente.

Segundo DANTAS, GATTI e SARON (1999) utilizando-se o recozimento em caixa, obtém-se uma folha com grãos maiores e dureza inferior às folhas fabricadas a partir do recozimento contínuo, o qual possibilita a obtenção de uma folha mais homogênea ao longo do comprimento e largura em termos de dureza e tamanho de

grão, pois durante este processo os tempos de tratamento não são suficientes para o crescimento dos grãos. Além disso, o recozimento contínuo possibilita maior produtividade e velocidade na fabricação da folha fazendo com que o preço da folha com recozimento contínuo seja inferior ao da folha com recozimento em caixa.

Para a amostra T52, tanto antes quanto após o processo de expansão, observou-se que o tamanho do grão médio obtido segundo a norma ASTM E-112 é 10,5, sendo não homogêneo em toda a extensão da largura do material, visto que uma de suas bordas apresentou tamanho do grão 11,0. A microestrutura obtida por microscopia óptica a uma magnitude de 500X para a amostra T52 apresentou grãos ferríticos e linhas de deformação.

Para a amostra T59, tanto antes quanto após o processo de expansão, observou-se que o tamanho do grão médio obtido segundo a norma ASTM E-112 é 11,0, sendo homogêneo em toda a extensão da largura do material. A microestrutura obtida por microscopia óptica a uma magnitude de 500X para a amostra T59 apresentou grãos ferríticos e linhas de deformação.

Ao contrário do que é apresentado na teoria para os materiais submetidos a recozimento em caixa e recozimento contínuo, as duas amostras T52 e T59 apresentaram aproximadamente o mesmo tamanho do grão médio para o aço-base, independente do processo de recozimento ao qual essas amostras foram submetidas, não tendo sido possível observar a partir dos dados coletados, o motivo de tal discrepância. Além disso, para as duas amostras avaliadas, o tamanho do grão médio do aço-base foi conservado após a expansão do cilindro, indicando que o processo de expansão não influi nessa característica do aço-base.

TABELA 4.3. Resultados da determinação do tamanho do grão médio para as duas amostras⁽¹⁾.

	Amostra	Borda 1 (B1)	Centro (C)	Borda 2 (B2)
T52	Cilindro antes da expansão	10,5	10,5	11,0
	Cilindro após a expansão	10,5	10,5	10,5
T59	Cilindro antes da expansão	11,0	11,0	11,0
	Cilindro após a expansão	11,0	11,0	11,0

(1) Resultado de 1 determinação.

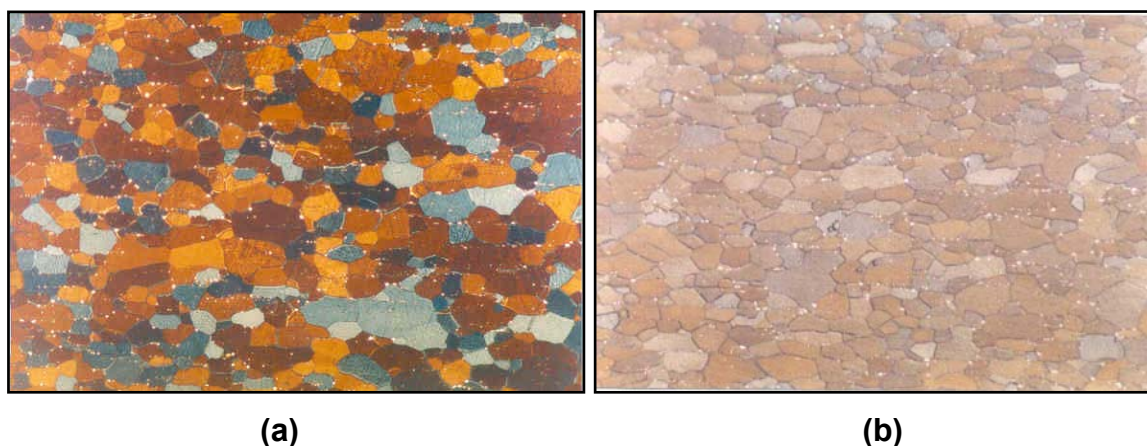


FIGURA 4.1. Micrografias da amostra T52 obtidas em posições aleatórias na região do corpo da lata a uma magnitude de 500X: (a) antes da expansão e (b) após a expansão.

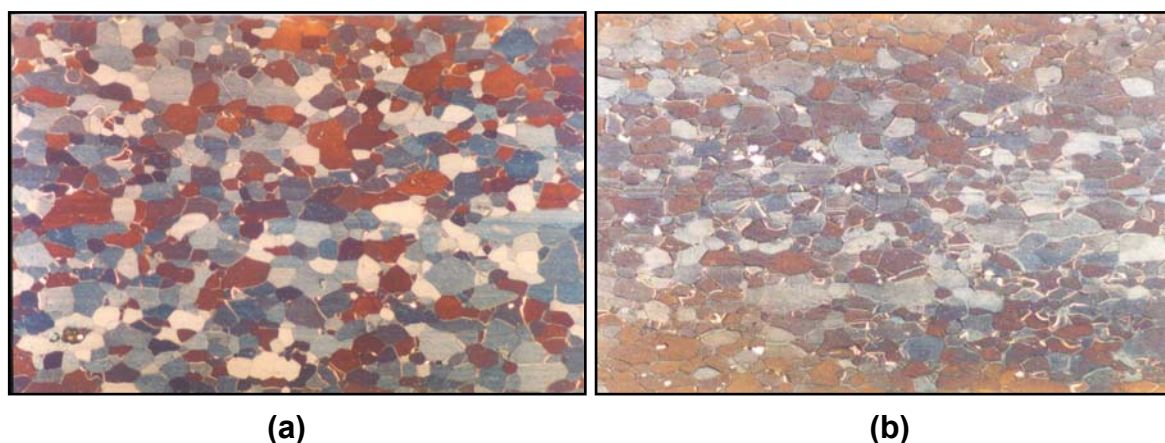


FIGURA 4.2. Micrografias da amostra T59 obtidas em posições aleatórias na região do corpo da lata a uma magnitude de 500X: (a) antes da expansão e (b) após a expansão.

4.2 ENSAIOS PARA A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA FOLHA-DE-FLANDRES NO PROCESSO STRETCHING

4.2.1 DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA

Os valores encontrados na determinação da distribuição de espessura para as amostras T52 e T59 são apresentados na TABELA 4.4 e TABELA 4.5, respectivamente.

Para a amostra T52, os cilindros antes da expansão apresentaram em média espessura de 0,200mm, com valores mínimo e máximo de 0,195mm e 0,209mm, respectivamente. Para a amostra T59, os cilindros antes da expansão apresentaram

em média espessura de 0,201mm, com valores mínimo e máximo de 0,197mm e 0,208mm, respectivamente.

A norma NBR 6665 (ABNT, 2006) estabelece que a tolerância para a espessura nominal seja de $0,200 \pm 0,010$ mm quando avaliada pelo método de leitura direta por micrômetro. Sendo assim, em média, a espessura das duas amostras antes do processo de expansão apresentou-se conforme a norma NBR 6665.

Para as duas amostras o processo de expansão promoveu uma redução de espessura da folha, sendo em média de 5,0% para a amostra T52 e de 4,0% para a amostra T59. Quando comparadas entre si, a amostra T52 sofreu uma redução de espessura na região expandida 25% maior que a amostra T59, o que deve ter sido ocasionado pelo fato da amostra T52 apresentar dureza superficial inferior e ser mais maleável quando comparada com a amostra T59.

Conforme apresentado na TABELA 4.4. e TABELA 4.5, a análise estatística da espessura nas cinco posições de medida mostrou que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre elas tanto para a amostra T52 quanto para a amostra T59, antes e após o processo de expansão.

Entretanto, conforme mostrado na TABELA 4.6, a análise estatística mostrou que há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para as duas amostras, T52 e T59, quando comparadas as espessuras antes e após o processo de expansão indicando que a expansão promove redução significativa da espessura.

TABELA 4.4. Resultados de distribuição de espessura para a amostra T52⁽¹⁾.

Amostra	(mm)	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5
T52 - Cilindro antes da expansão	Média	0,201a	0,200a	0,200a	0,200a	0,200a
	Desvio-padrão	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
	Mínimo	0,196	0,196	0,197	0,196	0,195
	Máximo	0,209	0,207	0,205	0,205	0,207
T52 - Cilindro após a expansão	Média	0,190a	0,190a	0,190a	0,190a	0,190a
	Desvio-padrão	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
	Mínimo	0,188	0,186	0,187	0,187	0,187
	Máximo	0,194	0,193	0,193	0,193	0,193

(1) Resultado de 60 determinações.

As posições acima apresentadas são ilustradas na FIGURA 3.6, sendo a Pos. 1 localizada na extremidade superior da lata próxima à tampa e a Pos. 5 na extremidade inferior da lata próxima ao fundo.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

TABELA 4.5. Resultados de distribuição de espessura para a amostra T59⁽¹⁾.

Amostra	(mm)	Pos. 1	Pos. 2	Pos. 3	Pos. 4	Pos. 5
T59 - Cilindro antes da expansão	Média	0,202a	0,201a	0,201a	0,201a	0,201a
	Desvio-padrão	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Mínimo	0,198	0,198	0,198	0,198	0,197
	Máximo	0,206	0,208	0,205	0,205	0,206
T59 - Cilindro após a expansão	Média	0,193a	0,193a	0,193a	0,193a	0,194a
	Desvio-padrão	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	Mínimo	0,188	0,189	0,188	0,188	0,188
	Máximo	0,199	0,198	0,196	0,196	0,197

(1) Resultado de 60 determinações.

As posições acima apresentadas são ilustradas na FIGURA 3.6, sendo a Pos. 1 localizada na extremidade superior da lata próxima à tampa e a Pos. 5 na extremidade inferior da lata próxima ao fundo.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

TABELA 4.6. Resultados da determinação de espessura antes e após a expansão para a duas amostras⁽¹⁾.

Amostra	T52		T59	
	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)
Média	0,200a	0,190b	0,201a	0,193b
Desvio-padrão	0,001	0,001	0,002	0,002
Mínimo	0,197	0,188	0,198	0,189
Máximo	0,205	0,192	0,205	0,197

(1) Resultado de 60 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha para a mesma amostra, antes e após a expansão, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.2.2 DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO

Os valores encontrados na determinação da camada de estanho para as amostras T52 e T59, antes e após a expansão, nas faces interna e externa, são apresentados na TABELA 4.7.

Conforme apresentado na TABELA 2.10, a norma NBR 6665 (ABNT, 2006) estabelece que o valor mínimo admissível para a massa de revestimento de estanho para a folha-de-flandres com revestimento diferencial D5,6/2,8 deve ser 5,10g/m² para a face interna e 2,45g/m² para a face externa.

Através da análise dos dados é possível verificar que o processo de expansão promoveu em média uma diminuição da camada de estanho tanto para a amostra T52 quanto para a amostra T59 e em ambas as faces do material, devido ao estiramento ao qual o material é submetido em decorrência do processo de expansão.

Para as duas amostras nas condições face interna e face externa observou-se em média uma diminuição da camada de estanho, sendo que a amostra T52 apresentou para as faces interna e externa uma diminuição da camada de estanho de 8,5% e 16,3%, respectivamente, e a amostra T59 apresentou para as faces interna e externa uma diminuição da camada de estanho de 1,4% e 4,1%, respectivamente.

Para as duas amostras observou-se ainda que após o processo de expansão houve em média uma diminuição mais acentuada da camada de estanho na face externa, possivelmente devido ao fato desta face ser originalmente a de menor revestimento de estanho em g/m^2 .

Antes do processo de expansão, a amostra T52 apresentou em média valores para a massa de revestimento de estanho nas faces interna e externa superiores aos valores mínimos especificados. Por outro lado, a amostra T59 apresentou em média valores para a massa de revestimento de estanho na face interna inferior e na face externa superior aos valores especificados.

Após o processo de expansão, a amostra T52 apresentou valores para a massa de revestimento de estanho na face interna inferior ao especificado e na face externa conservando-se superior ao especificado. Por outro lado, a amostra T59 apresentou valores para a massa de revestimento de estanho nas faces interna e externa inferiores aos valores especificados.

Verificou-se que a amostra T52 apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para ambas as faces na comparação antes e após a expansão. Já a amostra T59 não apresentou diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para a camada de estanho total antes e após o processo de expansão tanto na face interna quanto na face externa.

Conforme apresentado na FIGURA 4.3, antes da expansão, a amostra T52 apresentou a camada de estanho dentro da especificação nas faces interna e externa para 100% corpos-de-prova avaliados. No caso da amostra T59, 67% e 50% dos corpos-de-prova avaliados apresentaram camada de estanho inferior ao especificado para as faces externa e interna, respectivamente, antes da expansão. Fato este provavelmente originado por alguma deficiência durante o processo produtivo dessa amostra de folha-de-flandres.

Conforme apresentado na FIGURA 4.4, após a expansão, a amostra T52 apresentou para 100% dos corpos-de-prova a camada de estanho inferior ao especificado para a face interna e 100% dos corpos-de-prova conforme o especificado para a face externa. No caso da amostra T59, 100% e 67% dos corpos-de-prova avaliados apresentavam camada de estanho inferior ao especificado para

a face externa e interna, respectivamente, indicando que o processo de expansão, quando aplicado em materiais não revestido por verniz protetor, promove uma alteração na camada de estanho das faces do material.

TABELA 4.7. Resultados da determinação da camada de estanho total das faces interna e externa para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra			Face interna Sn total (g/m ²)	Face externa Sn total (g/m ²)
T52	Cilindro antes da expansão	Média	5,40a	3,06b
		Desvio-padrão	0,03	0,04
		Mínimo	5,36	3,01
		Máximo	5,43	3,11
	Cilindro após a expansão	Média	4,94b	2,56b
		Desvio-padrão	0,09	0,05
		Mínimo	4,80	2,50
		Máximo	5,07	2,65
T59	Cilindro antes da expansão	Média	5,04a	2,45a
		Desvio-padrão	0,12	0,13
		Mínimo	4,91	2,34
		Máximo	5,17	2,62
	Cilindro após a expansão	Média	4,97a	2,35a
		Desvio-padrão	0,29	0,05
		Mínimo	4,69	2,27
		Máximo	5,32	2,41

(1) Resultado de 20 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna, antes e após a expansão, para cada amostra não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

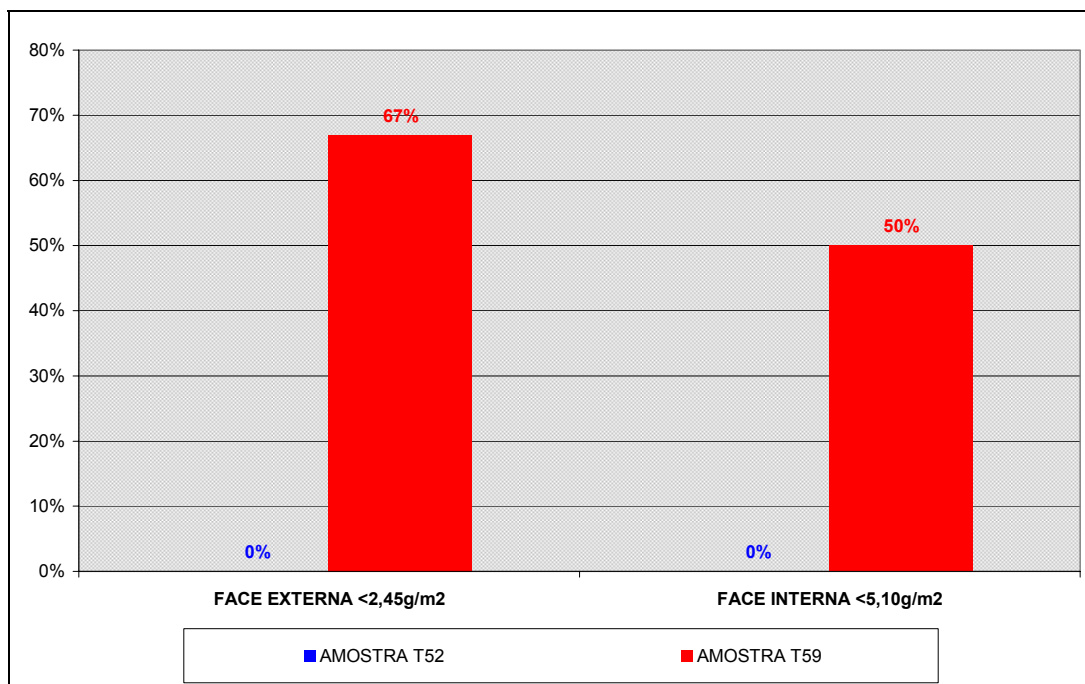


FIGURA 4.3. Distribuição de frequência para a camada de estanho das faces interna e externa das amostras antes da expansão.

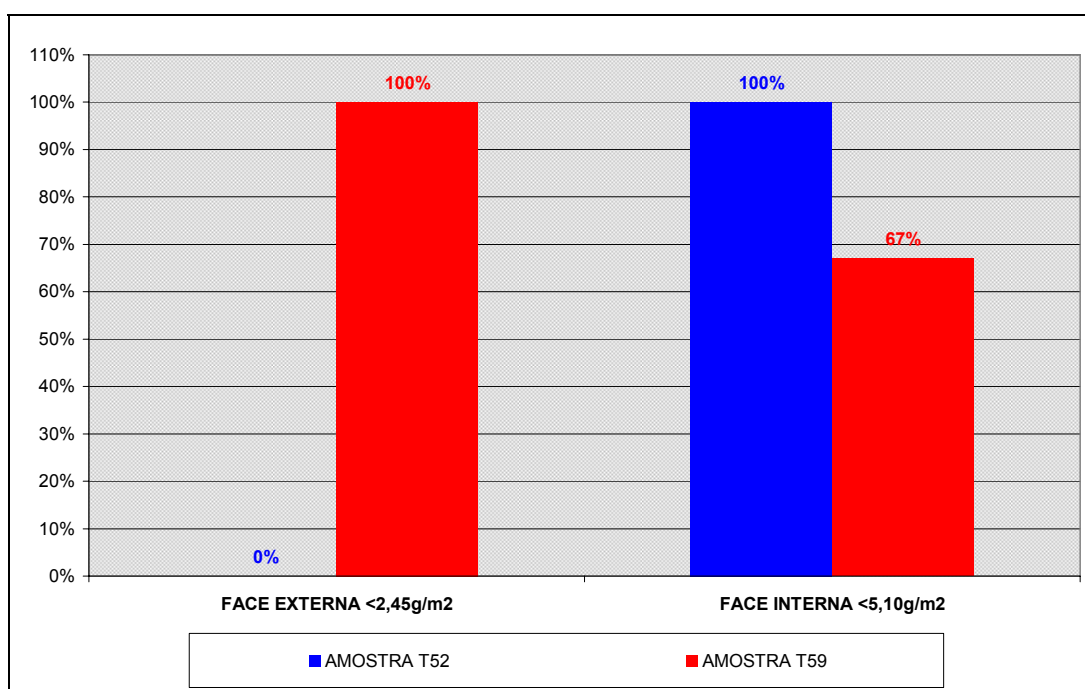


FIGURA 4.4. Distribuição de frequência para a camada de estanho das faces interna e externa das amostras após a expansão.

4.2.3 AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO

Os valores encontrados na determinação do ferro exposto para as amostras T52 e T59, antes e após a expansão, nos lados interno e externo, são apresentados na TABELA 4.8 e TABELA 4.9, respectivamente.

Através da análise dos dados é possível verificar que o processo de expansão tornou o material mais poroso em termos de exposição ao ferro tanto para a amostra T52 quanto para a amostra T59 e em ambas as faces do material.

Para as duas amostras nas condições face interna e face externa observou-se em média um aumento do ferro exposto, sendo que a amostra T52 apresentou para as faces interna e externa um aumento de 89% e de 162%, respectivamente, e a amostra T59 apresentou para as faces interna e externa um aumento de 161% e 86%, respectivamente.

Antes do processo de expansão, as amostras T52 e T59 apresentaram maior ferro exposto na face externa e após a expansão essa característica se manteve.

Comparando-se a avaliação do ferro exposto com a determinação da camada de estanho, observou-se em média que para a amostra T52 o aumento do ferro exposto nas faces interna e externa representou a diminuição da massa de revestimento de estanho nas referidas faces, sendo este aumento do ferro exposto ou esta diminuição da camada de estanho mais acentuado na face externa.

Por outro lado, para a amostra T59 observou-se um resultado inverso entre as faces, isto é, houve uma diminuição mais acentuada da camada de estanho na face externa e um aumento mais acentuado do ferro exposto na face interna. Tal fato pode ter ocorrido devido à amostra T59 apresentar em média valor para a massa de revestimento de estanho da face interna antes do processo de expansão inferior ao mínimo admissível especificado.

A exposição ao ferro quanto maior pior, pois indica uma descontinuidade na camada de estanho, o que pode gerar tanto uma interação do produto enlatado com o aço-base no caso da face interna, quanto uma interação do meio ambiente com a face externa, ocasionando a corrosão da lata.

Verificou-se que a amostra T52 não apresenta diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para a face interna na comparação antes e após a expansão, porém apresenta diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% nessa comparação para a face externa.

A amostra T59 apresenta diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para o ferro exposto antes e após o processo de expansão tanto na face interna quanto na face externa.

A análise estatística mostrou também não haver diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para o ferro exposto das duas amostras quando comparadas às faces internas e externas.

TABELA 4.8. Resultado da determinação de ferro exposto⁽¹⁾ nas faces interna e externa para a amostra T52⁽²⁾.

Amostra		IEV (mA/cm ²)	Classificação (Grau)	
T52 - Cilindro antes da expansão	Face Interna	Média	0,89a	8a
		Desvio-padrão	0,84	1
		Mínimo	0,03	7
		Máximo	3,05	9
	Face Externa	Média	2,30a	7a
		Desvio-padrão	1,82	1
		Mínimo	0,57	6
		Máximo	5,80	9
T52 - Cilindro após a expansão	Face Interna	Média	1,68a	8a
		Desvio-padrão	1,34	1
		Mínimo	0,23	6
		Máximo	4,71	9
	Face Externa	Média	6,02b	6b
		Desvio-padrão	3,79	1
		Mínimo	0,82	4
		Máximo	12,57	8

(1) Área = 20cm².

(2) Resultado de 15 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna para cada face e condição (antes e após a expansão) não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

TABELA 4.9. Resultado da determinação de ferro exposto⁽¹⁾ nas faces interna e externa para a amostra T59⁽²⁾.

Amostra		IEV (mA/cm ²)	Classificação (Grau)
T59 - Cilindro antes da expansão	Face Interna	Média	0,62a
		Desvio-padrão	0,34
		Mínimo	0,06
		Máximo	3,92
	Face Externa	Média	3,93a
		Desvio-padrão	3,05
		Mínimo	0,62
		Máximo	10,55
T59 - Cilindro após a expansão	Face Interna	Média	1,62b
		Desvio-padrão	0,90
		Mínimo	0,49
		Máximo	3,41
	Face Externa	Média	7,29b
		Desvio-padrão	1,98
		Mínimo	3,53
		Máximo	9,96

(1) Área = 20cm².

(2) Resultado de 15 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna para cada face e condição (antes e após a expansão) não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.2.4 DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO

Os valores encontrados na determinação da camada de passivação para as amostras T52 e T59, antes e após a expansão, são apresentados na TABELA 4.10.

A norma NBR 6665 (ABNT, 2006) estabelece que a folha-de-flandres com passivação convencional, chamada 311, apresenta média para o revestimento de cromo variando de 3,5 a 8,0mg/m². Comparando-se os valores obtidos para as amostras T52 e T59, observou-se que as duas amostras apresentaram-se de acordo com o especificado para a passivação 311, antes e após a expansão, exceção feita à amostra T59, que apresentou, antes da expansão, valor médio 8% superior ao máximo estabelecido pela norma.

Para as duas amostras observa-se que o processo de expansão promoveu uma redução na camada de cromo de passivação, em média, de 30% e 17% para as amostras T52 e T59, respectivamente.

Observa-se também que a amostra T59 apresentou camada de cromo de passivação superior ao da amostra T52 anteriormente ao processo de expansão, em média de 16%. Após o processo de expansão, a amostra T59 também apresentou camada de cromo de passivação superior ao da amostra T52, 38% em média.

A porosidade na camada de cromo de passivação quanto maior pior, pois indica uma descontinuidade na proteção da camada de estanho, podendo gerar oxidação da camada de estanho, sendo esta responsável por proteger o aço-base tanto do contato com o produto enlatado quanto com o ambiente.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados antes e após a expansão, mostrando sua influência nesse parâmetro. Verificou-se também que as duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre si na condição normal e expandida.

TABELA 4.10. Resultados da determinação da camada de passivação por face para as duas amostras (mgCr/m^2)⁽¹⁾.

Amostra	T52		T59	
	Cilindro antes da expansão (mgCr/m^2)	Cilindro após a expansão (mgCr/m^2)	Cilindro antes da expansão (mgCr/m^2)	Cilindro após a expansão (mgCr/m^2)
Média	7,44a	5,20b	8,62a	7,18b
Desvio-padrão	0,23	0,83	0,17	0,26
Mínimo	7,08	3,88	8,41	6,89
Máximo	7,67	6,15	8,91	7,54

(1) Resultado de 60 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha para cada amostra (antes e após a expansão), não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.2.5 DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE

Os valores encontrados na determinação da rugosidade superficial R_a nas direções paralela e transversal à direção de laminação para a face externa das

amostras T52 e T59, antes e após a expansão, são apresentados na TABELA 4.11 e TABELA 4.12, respectivamente.

Para as folhas-de-flandres, quanto maior a rugosidade superficial, maiores são as chances de exposição do ferro. Por outro lado, quanto maior a rugosidade, melhor a aderência de tintas e vernizes (DANTAS *et al*, 1996).

A norma NBR 6665 (ABNT, 2006) estabelece que a folha-de-flandres com acabamento extra brilhante deve apresentar rugosidade R_a inferior a $0,35\mu\text{m}$, a folha-de-flandres com acabamento brilhante deve apresentar rugosidade R_a de $0,35$ a $0,60\mu\text{m}$ e a folha-de-flandres com acabamento fosco deve apresentar rugosidade R_a de $0,75$ a $1,50\mu\text{m}$, quando determinadas na direção transversal à de laminação. Desta forma a amostra T52 pode ser classificada como acabamento extra brilhante e a amostra T59 como acabamento brilhante, anteriormente ao processo de expansão.

Para as duas amostras, o processo de expansão promoveu um aumento na rugosidade superficial R_a nas duas direções avaliadas da face externa, promovendo um aumento da possibilidade de exposição ao ferro e não favorecendo em nada a aderência de tintas e vernizes uma vez que as latas têm seus rótulos e revestimento interno de vernizes protetores aplicados nas etapas iniciais de fabricação, antes mesmo do processo de expansão.

A amostra T52 apresentou em média um aumento da rugosidade superficial R_a nas direções transversal e paralela à de laminação de 78% e 192%, respectivamente. A amostra T59 apresentou em média um aumento da rugosidade superficial R_a nas direções transversal e paralela à de laminação de 74% e 121%, respectivamente.

As duas amostras apresentaram um maior aumento da rugosidade superficial R_a na direção paralela à de laminação, quando comparado com a direção transversal.

A amostra T59 apresentou em média rugosidade superficial R_a maior que a rugosidade superficial R_a da amostra T52 nas duas direções avaliadas, antes e após o processo de expansão.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados antes e após a expansão, nas duas direções avaliadas, mostrando sua influência nesse parâmetro.

TABELA 4.11. Resultado da determinação da rugosidade superficial Ra para a face externa da amostra T52 (μm)⁽¹⁾.

Amostra		Ra (μm)	
T52 - Cilindro antes da expansão	Direção Transversal	Média	0,27a
		Desvio-padrão	0,02
		Mínimo	0,25
		Máximo	0,30
	Direção Paralela	Média	0,12a
		Desvio-padrão	0,00
		Mínimo	0,11
		Máximo	0,12
T52 - Cilindro após a expansão	Direção Transversal	Média	0,48b
		Desvio-padrão	0,04
		Mínimo	0,44
		Máximo	0,51
	Direção Paralela	Média	0,35b
		Desvio-padrão	0,03
		Mínimo	0,30
		Máximo	0,39

(1) Resultado de 25 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna para cada direção, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

TABELA 4.12. Resultado da determinação da rugosidade superficial Ra para a face externa da amostra T59 (μm)⁽¹⁾.

Amostra		Ra (μm)	
T59 - Cilindro antes da expansão	Direção Transversal	Média	0,38a
		Desvio-padrão	0,03
		Mínimo	0,36
		Máximo	0,42
	Direção Paralela	Média	0,28a
		Desvio-padrão	0,02
		Mínimo	0,26
		Máximo	0,30
T59 - Cilindro após a expansão	Direção Transversal	Média	0,66b
		Desvio-padrão	0,03
		Mínimo	0,53
		Máximo	0,69
	Direção Paralela	Média	0,62b
		Desvio-padrão	0,06
		Mínimo	0,57
		Máximo	0,72

(1) Resultado de 25 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna para cada direção, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

4.2.6 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA ALTURA DA LATA

Os valores encontrados na determinação da variação de altura para as amostras T52 e T59, antes e após a expansão, são apresentados na TABELA 4.13.

O valor especificado para a altura do cilindro antes da operação de expansão é de $109,10 \pm 0,1\text{mm}$ e para a altura do cilindro após a operação de expansão é de $98 \pm 0,3\text{mm}$.

A amostra T52 apresentou em média as suas dimensões para a altura do cilindro antes e após a expansão dentro da faixa de tolerância especificada. Já a amostra T59 apresentou em média a altura do cilindro antes da expansão dentro da faixa de tolerância especificada e a altura do cilindro após a expansão em média 0,06% abaixo da altura mínima especificada, provavelmente por ser mais dura e menos maleável.

A amostra T52 apresentou uma redução de altura após o processo de expansão em média de 11,1mm, o que equivale a 10,2% de redução na altura. Da mesma forma, a amostra T59 apresentou uma redução de altura após o processo de expansão em média de 11,4mm, o que equivale a 10,5% de redução na altura.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados antes e após a expansão. Além disso, verificou-se que há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre as duas amostras, T52 e T59, após a expansão.

Conforme apresentado na FIGURA 4.5, antes da expansão, as amostras T52 e T59 apresentaram, respectivamente, 65% e 57% dos valores da altura do cilindro dentro da especificação. Além disso, as amostras T52 e T59 apresentaram, respectivamente, 23% e 35% dos valores de altura do cilindro inferior ao especificado antes da expansão.

A FIGURA 4.6 mostra que as amostras T52 e T59 apresentaram, respectivamente, 82% e 37% dos valores de altura do cilindro conforme a especificação após a expansão e que 63% dos valores de altura do cilindro da amostra T59 apresentaram após a expansão a altura do cilindro com dimensão inferior àquela especificada. Com isso conclui-se que o material de maior dureza e menos maleável, no caso a amostra T59, sofre uma maior redução de altura após a expansão.

TABELA 4.13. Resultado da determinação da altura para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra	T52		T59	
	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)
Média	109,08a	97,98b	109,05a	97,64b
Desvio-padrão	0,11	0,25	0,11	0,21
Mínimo	108,86	97,29	108,83	97,12
Máximo	109,29	98,62	109,31	98,19

(1) Resultado de 60 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha para a mesma amostra, antes e após a expansão, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

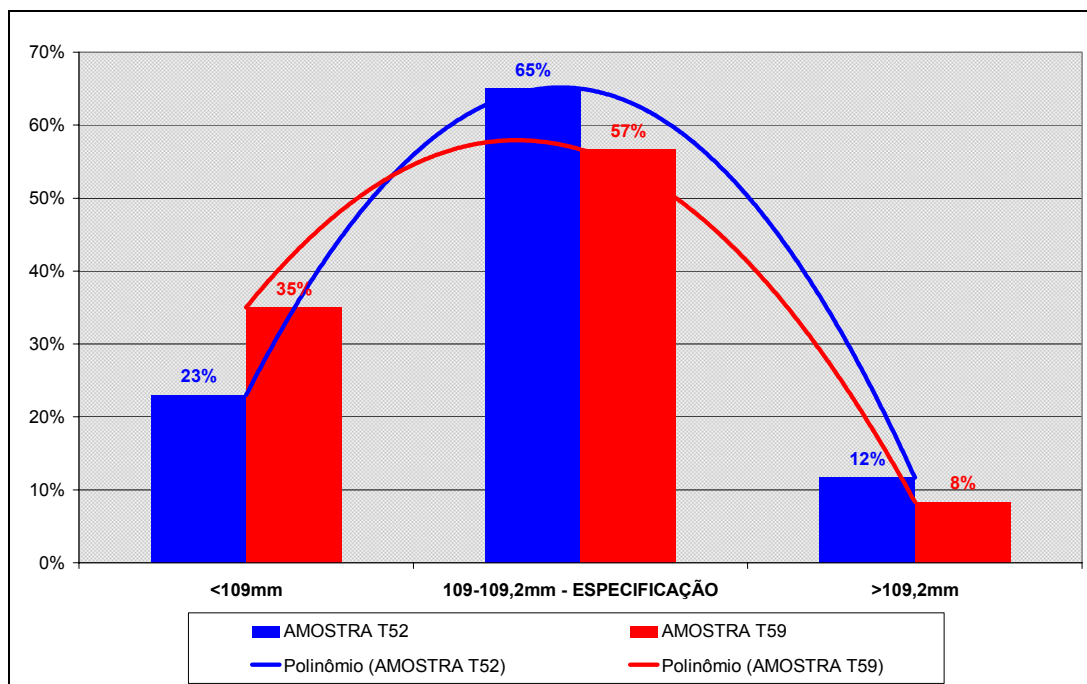


FIGURA 4.5. Distribuição de frequência para a altura do cilindro antes da operação de expansão.

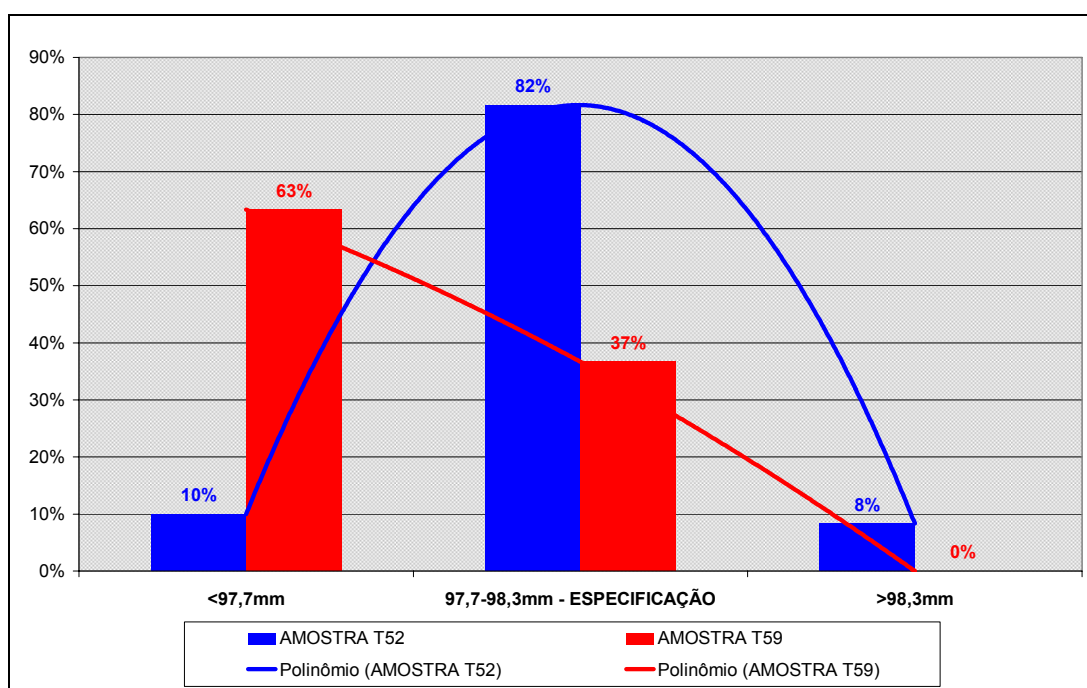


FIGURA 4.6. Distribuição de frequência para a altura do cilindro após a operação de expansão.

4.2.7 DETERMINAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO DA LATA

Os valores encontrados na determinação do diâmetro interno para as amostras T52 e T59, antes e após a expansão, são apresentados na TABELA 4.14.

O valor especificado para o diâmetro interno do cilindro antes da operação de expansão é de $62,40 \pm 0,2$ mm e para o diâmetro do cilindro após a operação de expansão na região expandida, é de $72,85 \pm 0,20$ mm.

As duas amostras analisadas T52 e T59 apresentaram em média as suas dimensões para o diâmetro interno do cilindro antes da operação de expansão, acima da dimensão máxima especificada 0,05mm e 0,04mm, o que corresponde a 0,08% e 0,06%, respectivamente.

Para a dimensão do diâmetro interno das amostras T52 e T59 após o processo de expansão, as duas amostras apresentaram em média as dimensões acima da dimensão máxima especificada 0,42mm e 0,44mm, o que corresponde a 0,57% e 0,60%, respectivamente.

A amostra T52 apresentou um aumento no diâmetro interno de 10,82mm, o que equivale a uma expansão percentual no diâmetro de 17,27%. A amostra T59 apresentou um aumento no diâmetro interno de 10,85mm, o que equivale a uma expansão percentual no diâmetro interno de 17,32%. De modo geral, pode-se afirmar que a diferença entre as expansões percentuais das duas amostras foi de 0,03mm ou 0,05%, podendo ser considerada desprezível. Além disso, pode-se afirmar que a expansão percentual é geralmente determinada pela forma construtiva do ferramental de expansão, onde a influência do material utilizado pode ser desprezada.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados antes e após a expansão. Além disso, verificou-se que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre as duas amostras, T52 e T59, após a expansão.

Conforme apresentado na FIGURA 4.7, antes da expansão, as amostras T52 e T59 apresentaram 100% dos corpos-de-prova acima da especificação para a dimensão do diâmetro interno do cilindro, devido à necessidade de calibração da eletrossoldadora para soldagem dos cilindros conforme o diâmetro interno original especificado.

A FIGURA 4.8 mostra que as amostras T52 e T59 apresentaram 100% dos cilindros dos corpos-de-prova acima da especificação para a dimensão do diâmetro interno do cilindro após a expansão, devido à necessidade de calibração da expansora para expansão dos cilindros conforme o diâmetro interno expandido especificado.

TABELA 4.14. Resultados da determinação do diâmetro interno para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra	T52		T59	
	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)	Cilindro antes da expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)
Média	62,65a	73,47b	62,64a	73,49b
Desvio-padrão	0,02	0,04	0,04	0,05
Mínimo	62,62	73,38	62,58	73,40
Máximo	62,69	73,53	62,70	73,57

(1) Resultado de 40 determinações para a condição antes da expansão e 20 para a condição expandida.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha para a mesma amostra, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

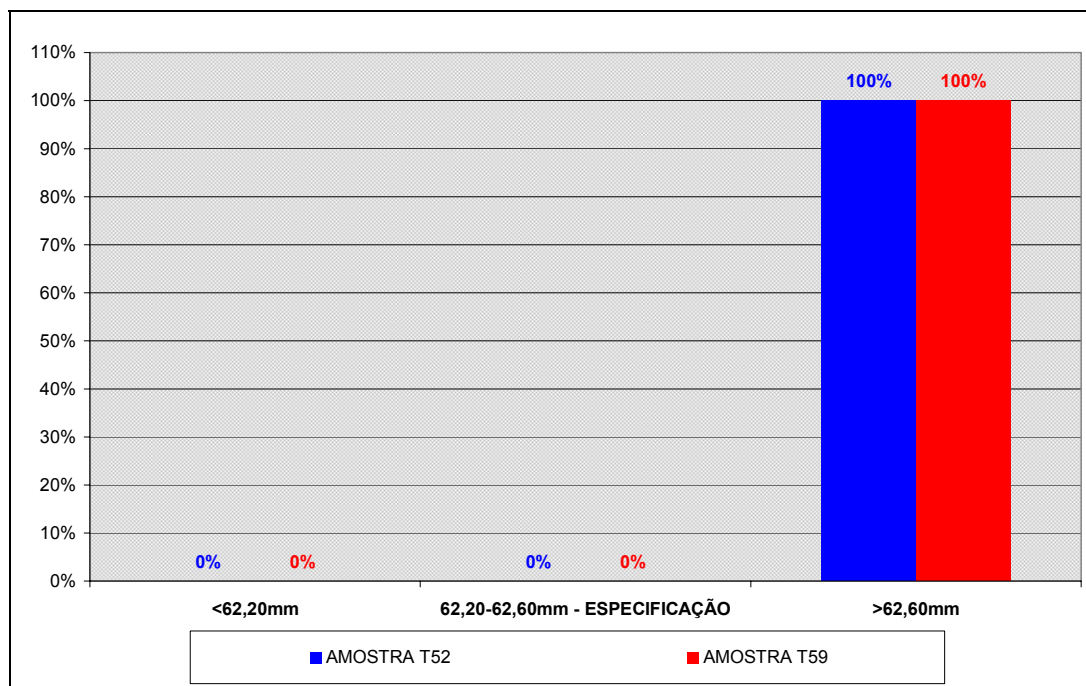


FIGURA 4.7. Distribuição de frequência para o diâmetro do cilindro antes da operação de expansão.

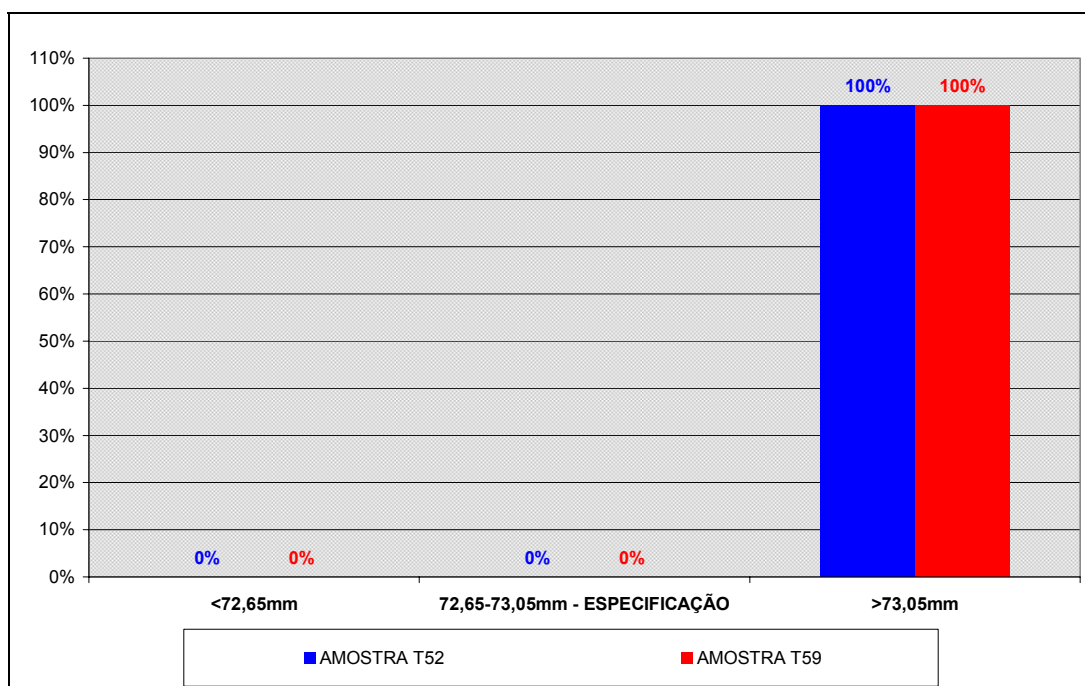


FIGURA 4.8. Distribuição de frequência para o diâmetro do cilindro após a operação de expansão.

4.2.8 DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DA LARGURA DO FLANGE DA LATA

Os valores encontrados na determinação da variação da largura do flange da lata para as amostras T52 e T59, após o processo de expansão, são apresentados na TABELA 4.15.

O valor especificado para a largura do flange acabado da lata é $2,25 \pm 0,25$ mm. A amostra T52 apresentou em média a dimensão para a largura do flange da lata após a operação de expansão dentro do especificado. Já a amostra T59 apresentou em média a dimensão para a largura do flange da lata após a operação de expansão 2,0% inferior ao mínimo especificado, resultando num flange pequeno, podendo comprometer a boa qualidade da recravação do fundo da lata pela falta de material na formação do gancho do corpo.

A dimensão para a largura do flange abaixo do especificado para a amostra T59, se deve ao fato deste material ser mais duro e menos maleável. Vale notar que a dimensão da largura do flange para a amostra T59 pode ser corrigida segundo a especificação com um ajuste fino na máquina pestanheira.

Pode-se notar ainda que a amostra T52 apresentou um flange mais uniforme quando comparado com a amostra T59, visto a amostra T52 apresentar um menor valor para o desvio-padrão e valores extremos mais próximos dos especificados.

As duas amostras apresentaram diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% para os resultados de largura do flange (pestanda) tanto para os resultados gerais como para os resultados individuais nas posições F2 e F3. Somente para a posição F1 verificou-se que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre as duas amostras, T52 e T59, após a expansão.

A FIGURA 4.9 mostra que, embora, a amostra T52 apresentou valores da largura do flange em média dentro do especificado, 20% dos valores apresentaram a largura do flange inferior ao especificado. Já a amostra T59 apresentou 67% dos valores de largura do flange inferior ao especificado. Com isso conclui-se que a formação do flange dentro da especificação requer um maior esforço mecânico para a amostra de maior dureza, no caso para a amostra T59.

TABELA 4.15. Resultados da determinação da largura do flange do cilindro expandido para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra		Geral (mm)	F1 (mm)	F2 (mm)	F3 (mm)
T52 - Cilindro após a expansão	Média	2,09a	2,06a	2,17a	2,03a
	Desvio-padrão	0,11	0,10	0,10	0,09
	Mínimo	1,85	1,91	2,03	1,85
	Máximo	2,38	2,24	2,38	2,20
T59 - Cilindro após a expansão	Média	1,96b	1,98a	1,95b	1,94b
	Desvio-padrão	0,18	0,18	0,21	0,14
	Mínimo	1,66	1,74	1,72	1,66
	Máximo	2,59	2,48	2,59	2,21

(1) Resultado de 60 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma coluna não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

As posições acima apresentadas são ilustradas na FIGURA 3.15, sendo F1 localizado a 30° à direita da solda lateral, F2 a 180° da solda lateral e F3 a 30° à esquerda da solda lateral.

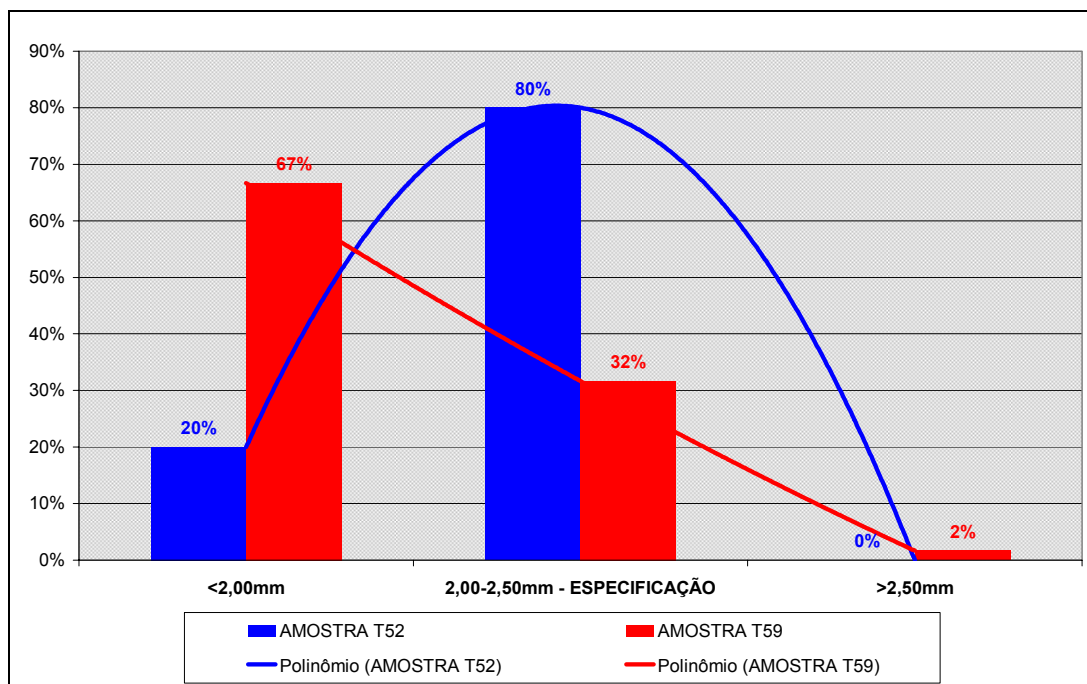


FIGURA 4.9. Distribuição de frequência para a largura do flange da lata após a expansão.

4.2.9 DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS

Os valores encontrados na determinação da profundidade dos frisos para as amostras T52 e T59, após a expansão, são apresentados na TABELA 4.16 e TABELA 4.17, respectivamente. Os resultados gerais são apresentados na TABELA 4.18.

O valor especificado para a quantidade de frisos no corpo da lata acabada é de 15 frisos e a profundidade dos frisos é especificada em $0,50 \pm 0,05$ mm, onde para as duas amostras analisadas T52 e T59 as dimensões estiveram em média conforme o especificado, com exceção dos frisos das posições F14 e F15 para as amostras T52 e T59.

Segundo a FIGURA 4.10, que apresenta a variação da profundidade dos frisos ao longo da altura do corpo da lata para as amostras T52 e T59, onde F1 representa o friso da porção mais alta da lata e F15 o friso da porção mais baixa da lata e próximo à recavação do fundo, as duas amostras analisadas T52 e T59 apresentaram em média as dimensões para a profundidade dos frisos maior e conforme o especificado na porção superior da lata (frisos superiores) e menor na porção inferior da lata (frisos inferiores). Os frisos F14 e F15 da porção inferior da lata apresentaram-se 2% e 18%, respectivamente, menores em relação à dimensão

mínima especificada tanto para a amostra T52 quanto para a amostra T59, sendo esse um fato típico para qualquer tipo lata com frisos.

A análise estatística da profundidade dos frisos dos cilindros após a expansão mostrou que não há diferença estatisticamente significativa ao nível de erro de 5% entre as amostras T52 e T59.

A FIGURA 4.11 mostra que as amostras T52 e T59 apresentaram respectivamente, 27% e 32% dos valores para a profundidade dos frisos inferiores ao mínimo especificado. Por outro lado, as amostras T52 e T59 apresentaram respectivamente 69% e 64% dos valores para a profundidade dos frisos superiores ao máximo especificado. Assim, como a profundidade dos frisos tem influência direta na resistência da lata à pressão, tanto externa quanto interna, frisos com profundidade inferior ao mínimo especificado podem gerar regiões na lata menos resistentes à pressão. Por outro lado, frisos com profundidade maior do que a máxima especificada contribuem para o aumento da resistência da lata à pressão.

TABELA 4.16. Resultados da determinação da profundidade dos frisos para a amostra T52⁽¹⁾.

Amostra T52 – Cilindro após a expansão				
Friso	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
F1 (mm)	0,55	0,03	0,50	0,62
F2 (mm)	0,54	0,02	0,51	0,59
F3 (mm)	0,53	0,03	0,48	0,57
F4 (mm)	0,52	0,03	0,48	0,57
F5 (mm)	0,52	0,02	0,48	0,56
F6 (mm)	0,51	0,02	0,47	0,54
F7 (mm)	0,49	0,04	0,41	0,54
F8 (mm)	0,50	0,03	0,44	0,56
F9 (mm)	0,49	0,03	0,45	0,54
F10 (mm)	0,46	0,05	0,38	0,52
F11 (mm)	0,47	0,04	0,40	0,53
F12 (mm)	0,46	0,03	0,39	0,50
F13 (mm)	0,45	0,04	0,37	0,51
F14 (mm)	0,44	0,04	0,37	0,50
F15 (mm)	0,37	0,05	0,28	0,42

(1) Resultado de 60 determinações.

O friso F1 é localizado na porção mais superior, próximo à tampa da lata, e o friso F15 na porção inferior, próximo ao fundo da lata.

TABELA 4.17. Resultados da determinação da profundidade dos frisos para a amostra T59⁽¹⁾.

Amostra T59 – Cilindro após a expansão				
Friso	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
F1 (mm)	0,54	0,03	0,49	0,59
F2 (mm)	0,53	0,03	0,49	0,58
F3 (mm)	0,52	0,03	0,48	0,57
F4 (mm)	0,51	0,02	0,46	0,56
F5 (mm)	0,50	0,02	0,46	0,54
F6 (mm)	0,51	0,02	0,46	0,55
F7 (mm)	0,50	0,02	0,46	0,55
F8 (mm)	0,50	0,02	0,45	0,54
F9 (mm)	0,49	0,03	0,45	0,54
F10 (mm)	0,47	0,03	0,43	0,52
F11 (mm)	0,46	0,03	0,41	0,50
F12 (mm)	0,46	0,03	0,42	0,50
F13 (mm)	0,45	0,03	0,41	0,50
F14 (mm)	0,44	0,03	0,39	0,49
F15 (mm)	0,37	0,03	0,32	0,42

(1) Resultado de 60 determinações.

O friso F1 é localizado na porção mais superior, próximo à tampa da lata, e o friso F15 na porção inferior, próximo ao fundo da lata.

TABELA 4.18. Resultados gerais da determinação da profundidade dos frisos para as duas amostras⁽¹⁾.

Amostra	T52	T59
	Cilindro após a expansão (mm)	Cilindro após a expansão (mm)
Média	0,49a	0,48a
Desvio-padrão	0,06	0,05
Mínimo	0,28	0,32
Máximo	0,62	0,59

(1) Resultado de 300 determinações.

a, b – médias acompanhadas pela mesma letra numa mesma linha, não diferem significativamente entre si, ao nível de erro de 5%, pelo teste da mínima diferença significativa.

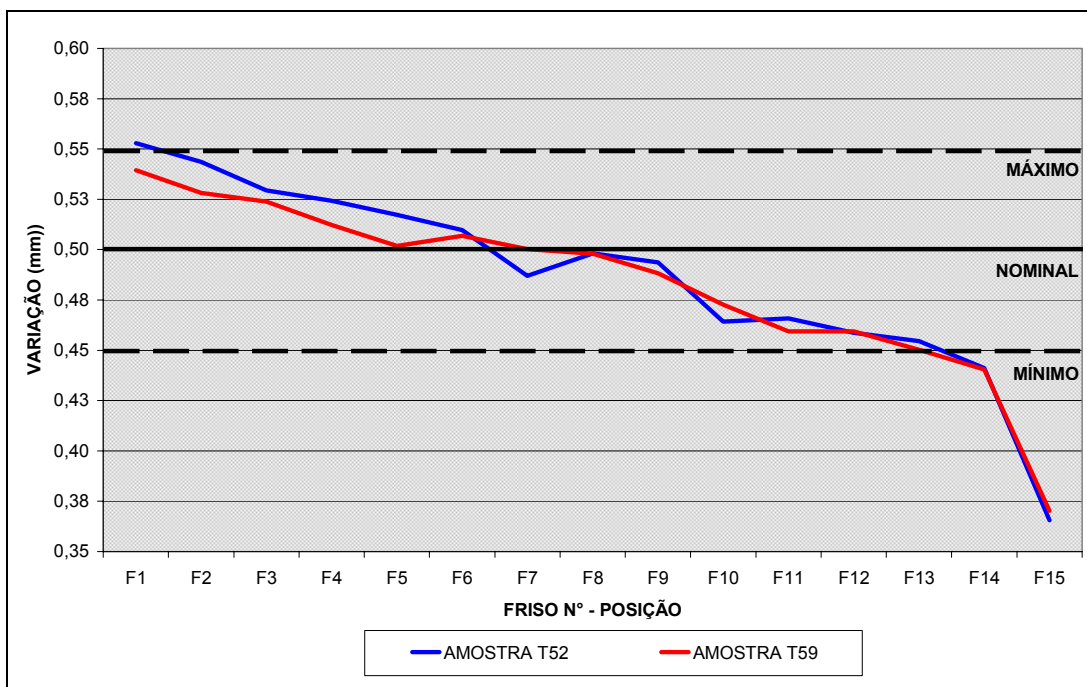


FIGURA 4.10. Variação da profundidade do friso ao longo da altura do corpo da lata.

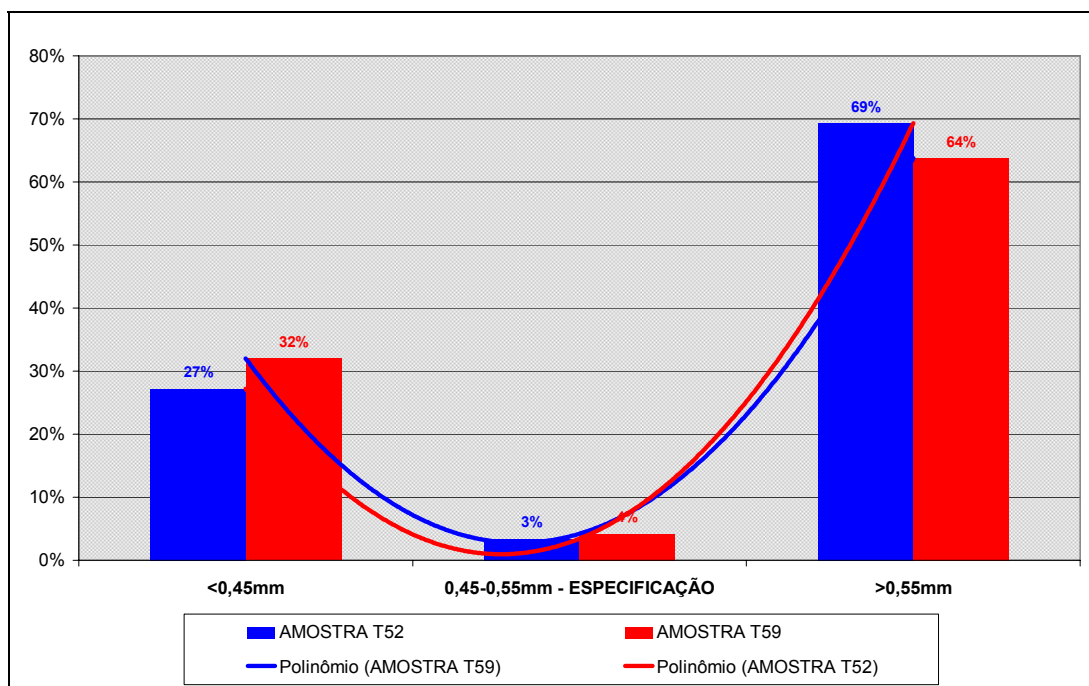


FIGURA 4.11. Distribuição de freqüência para a profundidade dos frisos após a operação de expansão.

4.2.10 AVALIAÇÃO DA RECRAVAÇÃO

Os valores encontrados na avaliação da recravação para as latas acabadas das amostras T52 e T59 são apresentados na TABELA 4.20 e TABELA 4.21, respectivamente.

As dimensões especificadas para a recravação com suas respectivas tolerâncias são apresentadas na TABELA 4.19, onde:

- E é a espessura da recravação em mm;
- A é a altura da recravação em mm;
- PR é a profundidade do rebaixo em mm;
- GT é o comprimento do gancho da tampa mm;
- GC é o comprimento do gancho do corpo em mm;
- S é a sobreposição linear em mm;
- S' é a sobreposição percentual;
- EGC é enganchamento percentual do corpo;
- EL é espaço-livre da recravação; e.
- A' é o grau de aperto percentual.

TABELA 4.19. Dimensões especificadas para a recravação.

Dimensão	Valor Especificado	Faixa de Variação
E (mm)	1,12±0,08	1,04 – 1,20mm
A (mm)	2,50±0,20	2,30 – 2,70mm
PR (mm)	3,10±0,20	2,90 – 3,30mm
GT (mm)	1,75±0,20	1,55 – 1,95mm
GC (mm)	1,75±0,20	1,55 – 1,95mm
S (mm)	1,30±0,40	0,90 – 1,70mm
S (%)	70+30/70-20	50 – 100%
EGC (%)	85±15	70 – 100%
EL	0,100±0,080	0,020 – 0,180mm
A' (%)	85±15	70 – 100%

Para as duas amostras analisadas T52 e T59, os valores obtidos na avaliação da recravação apresentaram-se em média conforme os valores especificados segundo a TABELA 4.19. Assim, as latas fabricadas a partir das duas amostras T52 e T59 apresentaram recravação segura e de boa qualidade, indicando que para as o processo de expansão não influi nos parâmetros de recravação.

TABELA 4.20. Resultados da avaliação da recravação para a amostra T52⁽¹⁾.

Amostra T52 – Cilindro após a expansão				
Dimensão	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
E (mm)	1,07	0,02	1,03	1,11
A (mm)	2,58	0,06	2,48	2,68
PR (mm)	3,08	0,07	2,97	3,22
GT (mm)	1,78	0,09	1,61	1,91
GC (mm)	1,78	0,05	1,70	1,85
S (mm)	1,21	0,09	1,00	1,37
S (%)	59,2%	4,4%	49,6%	66,5%
EGC (%)	78,7%	2,9%	74,9%	85,3%
EL	0,159	0,016	0,123	0,200
A (%)	88,3%	6,1%	75,0%	95,0%

(1) Resultado de 60 determinações.

As posições para a avaliação da recravação são ilustradas na FIGURA 3.26, sendo R1 localizado a 30° à direita da solda lateral, R2 a 180° da solda lateral e R3 a 30° à esquerda da solda lateral.

TABELA 4.21. Resultados da avaliação da recravação para a amostra T59⁽¹⁾.

Amostra T59 – Cilindro após a expansão				
Dimensão	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
E (mm)	1,08	0,01	1,06	1,10
A (mm)	2,59	0,03	2,52	2,65
PR (mm)	3,05	0,04	2,97	3,14
GT (mm)	1,86	0,05	1,79	1,94
GC (mm)	1,85	0,09	1,70	2,06
S (mm)	1,35	0,10	1,18	1,56
S (%)	65,6%	6,1%	56,3%	75,9%
EGC (%)	81,6%	4,5%	74,5%	92,6%
EL	0,169	0,012	0,153	0,193
A (%)	96,3%	4,3%	85,0%	100,0%

(1) Resultado de 60 determinações.

As posições para a avaliação da recravação são ilustradas na FIGURA 3.26, sendo R1 localizado a 30° à direita da solda lateral, R2 a 180° da solda lateral e R3 a 30° à esquerda da solda lateral.

5 CONCLUSÃO

A partir dos ensaios para avaliação e caracterização das amostras de folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T52, recozimento em caixa e folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T59, recozimento contínuo, verificou-se que:

- a folha-de-flandres T59 apresentou, em média, dureza superficial na escala Rockwell 30T superior à folha-de-flandres T52 em torno de 27%, o que equivale a 14 unidades HR 30T;
- a folha-de-flandres T59 apresentou, em média, valores para limite de escoamento a 0,2% de deformação, limite de resistência à tração superiores ao da folha-de-flandres T52 em torno de 93% e 25%, respectivamente;
- a folha-de-flandres T59 apresentou, em média, alongamento inferior ao da folha-de-flandres T52 em torno de 41%;
- as folhas-de-flandres T52 e T59 apresentaram tamanho do grão do aço-base 10,5 e 11,0, respectivamente, sendo que na caracterização microestrutural tanto a folha-de-flandres T59 quanto a T52 apresentaram grãos ferríticos e linhas de deformação.

A partir dos ensaios para avaliação do desempenho das amostras de folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T52, recozimento em caixa e folha-de-flandres 0,20mm, têmpera T59, recozimento em contínuo, para a fabricação de latas pelo Processo de Expansão *Stretching*, verificou-se que:

- as folhas-de-flandres T52 apresentou, em média, uma redução na espessura de 5% e a folha-de-flandres T59 de 4%, sendo que nas duas folhas essa redução de espessura foi uniforme em toda a região expandida, embora a folha-de-flandres T59 tenha apresentado em média uma redução de espessura 20% inferior àquela apresentada para a folha-de-flandres T52;

- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram uma redução da camada de estanho total, em ambas as faces da lata após o processo de expansão, mais acentuada na face externa para ambas as folhas, sendo que, a folha-de-flandres T59 sofreu uma redução na camada de estanho nas faces interna e externa de 84% e 75%, respectivamente, inferiores à redução da camada de estanho apresentada para a folha-de-flandres T52;
- tanto a folhas-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram-se mais porosas em termos de exposição do ferro, em ambas as faces da lata após o processo de expansão, sendo que a folha-de-flandres T59 apresentou uma menor exposição ao ferro na face externa, sendo 47% inferior àquela apresentada pela folha T52 e esta última apresentou uma menor exposição ao ferro na face interna, sendo 45% inferior àquela apresentada pela folha-de-flandres T59;
- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram, em média, uma redução na camada total de passivação em torno de 30% para a folha-de-flandres T52 e de 17% para a folha-de-flandres T59, sendo que esta última folha apresentou uma redução na camada de passivação 44% inferior à folha-de-flandres T52;
- tanto a folha-de-flandres T52 quando a folha-de-flandres T59 apresentaram para a face externa um aumento da rugosidade superficial nas direções paralela e transversal à de laminação, sendo mais acentuado na direção paralela à de laminação para ambas a folhas, onde a folha-de-flandres T59 apresentou um aumento na rugosidade superficial 5% e 37% inferior ao aumento apresentado pela folhas-de-flandres T52, nas direções paralela e transversal à direção de laminação;
- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram uma redução na altura do cilindro inicial de 10,2% e 10,5%, respectivamente, sendo que a folha-de-flandres T52 apresentou uma redução na altura 3% inferior àquela apresentada para a folha-de-flandres T59;

- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram um aumento no diâmetro interno do cilindro inicial de 17,27% e 17,32%, respectivamente, podendo-se afirmar que de maneira geral as duas folhas-de-flandres tiveram um aumento ou expansão percentual do diâmetro interno de 17,3%, caracterizado exclusivamente pela geometria e forma construtiva do ferramental de expansão utilizado, independentemente da dureza da folha-de-flandres a ser empregada;
- a folha-de-flandres T52 apresentou a largura do flange na lata, em média, dentro do especificado, porém a folha-de-flandres T59 apresentou, em média, a largura do flange da lata cerca de 2,0% aquém do valor mínimo especificado;
- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram a profundidade dos frisos no corpo da lata, em média, conforme o especificado, sendo que ambas as folhas apresentaram frisos mais profundos na região próxima ao pescoço da lata e frisos menos profundos na região mais próxima ao fundo da lata, ou seja, a profundidade média dos frisos comportou-se de maneira decrescente no sentido do pescoço ao fundo da lata;
- tanto a folha-de-flandres T52 quanto a folha-de-flandres T59 apresentaram uma recravação considerada segura e de boa qualidade. Dessa forma, verifica-se que a largura inferior ao especificado do flange da folha-de-flandres T59 foi absorvida na operação de recravação e compensada no equipamento, resultando num maior aperto da recravação para a folha-de-flandres T59 quando comparada com a folha-de-flandres T52.

Embora as duas folhas-de-flandres T52 e T59 sejam perfeitamente aplicáveis ao Processo *Stretching* de Expansão, através da determinação e comparação das propriedades mecânicas, a folha-de-flandres T59, mesmo apresentando maior dureza superficial, maiores limites de escoamento a 0,2% de deformação e de resistência à tração, além do menor alongamento percentual, isto é, sendo menos maleável, do que a folha-de-flandres T52 pôde-se notar um melhor desempenho da

folha-de-flandres T59 quando comparada com a folha-de-flandres T52 para a fabricação de latas expandidas através deste processo, devido aos seguintes parâmetros: menor redução de espessura da região expandida, menor redução da camada de estanho em ambas as faces, menor ferro exposto na face externa, menor redução na camada total de passivação e menor aumento da rugosidade superficial nas direções paralela e transversal à direção de laminação.

Sendo assim, a menor maleabilidade da folha-de-flandres T59 possibilitou uma menor variação nas propriedades mecânicas, revestimento superficial e dimensões finais das latas fabricadas a partir desta folha-de-flandres, quando comparada com a folha-de-flandres T52.

Desta forma, a folha-de-flandres T59 apresenta-se como uma alternativa economicamente mais interessante para a fabricação de latas expandidas quando comparada com a folha-de-flandres T52.

BIBLIOGRAFIA

A LATA vira a mesa. **FISPAL Tecnologia: Report**, São Paulo, ano 1, n.7, p.5-9, fevereiro 2003.

A REVOLUTION in expansion. **APEAL News**, Bruxelas, p. 07, Issue n° 14, Novembro 2000. Semestral.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM. **ASTM E-112 – Standard Test Methods for Determining Average Grain Size**. West Conshohocken: **ASTM, 1974**.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS – ASTM. **ASTM E-3 – Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens**. West Conshohocken: **ASTM, 2001**.

ANJOS, V.D.A. Características dos materiais utilizados na fabricação de embalagens metálicas para alimentos. In: **INTERAÇÃO de embalagens metálicas com produtos alimentícios**. Campinas: CETEA/ITAL, 1998, p.01-22 *apud* DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B., SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 232p. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA EMBALAGEM DE AÇO – ABEAÇO. **Embalagens de Aço**. Disponível em: <<http://www.abeaco.org.br>>. Acesso em 12 de dezembro de 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM – ABRE. **Apresentação do setor**. Disponível em: <http://www.abre.org.br/apres_setor_materia.php>. Acesso em 03 de janeiro de 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10531 – Embalagens metálicas – Latas – Terminologia**. Rio de Janeiro, 1988 *apud* DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B., SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 232p. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 11276 – Latas – Classificação**. Rio de Janeiro, 1990 *apud* DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B.,

SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 232p., 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6665 – Folhas laminadas de aço-carbono revestidas eletroliticamente com estanho ou cromo ou não revestidas – Especificação**. São Paulo: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6673 – Produtos planos de aço – Determinação das propriedades mecânicas à tração – Método de ensaio**. São Paulo: ABNT, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 7407 – Folhas-de-flandres – Determinação da dureza Rockwell – Método de ensaio**. São Paulo: ABNT, 1982.

CABRAL, A. C. D. **A embalagem e os novos canais de venda**. In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, p.49-68, 273p., 2000.

CABRAL, A. C. D. **Qualidade total em sistemas de embalagem para alimentos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Anais...** Campinas: SBCTA, p. 26-40, 1994.

CANS compete in changing market. **Cantech International**, Gravesend, p.24-26, setembro-outubro 2002.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia mecânica: estrutura e propriedades das ligas metálicas**. São Paulo: McGraw Hill, Vol. I, 266p., 1986.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **Aplicações**. Disponível em: <<http://www.csn.com.br>>. Acesso em 03 de janeiro de 2005.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **Embalagem**. Disponível em: <<http://www.csn.com.br>>. Acesso em 03 de janeiro de 2005.

COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL – CSN. **Folhas Metálicas**, [S.l.:s.n.], 25p., 2003. Apostila. Disponível em: <<http://www.csn.com.br>>. Acesso em 08 de janeiro de 2004.

DANTAS, S. T. **Inovações em embalagens metálicas.** In: CURSO INTERAÇÕES EM EMBALAGENS METÁLICAS PARA ALIMENTOS E BEBIDAS. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, 26p., 2004.

DANTAS, S. T. **Principais tendências de embalagem para bebidas** In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, p.127-151, 273p., 2000.

DANTAS, S. T., ANJOS V. D. A., SEGANTINI, E., GATTI, J. A. B. **Avaliação da Qualidade de Embalagens Metálicas: Aço e Alumínio.** Campinas: CETEA/ITAL, 313p., 1996.

DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B., SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas.** Campinas: CETEA/ITAL, 232p., 1999.

DANTAS, S.T.; DANTAS, F.B.H. **Utilização de Formatos em Latas.** In: BOLETIM DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS – CETEA/ITAL, Campinas, jul-ago-set 2003, v.15, n.3, p.5-8.

DATAMARK. **Mercado de latas no Brasil: Apresentação do DATAMARK para a ABEAÇO – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA EMBALAGEM DE AÇO.** Disponível em: <http://www.datamark.com.br/newdatamark/ASP/Portuguese/freestuff_p.asp>. Acesso em 04 de janeiro de 2005.

EMBALAGEM não fala, nas vende. **Revista Log & Mam**, São Paulo, p.72-73, junho 2003.

ESPAÇO para a inovação. **Revista Embanews**, São Paulo, p.24-28, ano 13, edição 152, março 2003. Mensal.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION – EURONORM. **EN 10202 – Cold reduced tinmill products – Electrolytic tinplate and electrolytic chromium/chromium oxide coated steel.** Bruxelas: EURONORM, 2001.

HEITZMAN, R. W. **The impact of packaging trends in the U.S. market.** In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EMBALAGEM – ALIMENTECH'95. 1995, São Paulo. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, p.3-14, 1995. *apud* MADI, L. **A Embalagem no Século XXI – Perspectivas e Tendências.** In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.1-18, 273p., 2000.

HOWKINS, M., HULSE, S. **European packaging – trends and strategic forecast to 2005.** Surrey: PIRA, 723p., 2000. *apud* MADI, L. **A Embalagem no Século XXI – Perspectivas e Tendências.** In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.1-18, 273p., 2000.

INOVAÇÕES em metal. **Revista Pack**, São Paulo: Editora Banas, ano 6, n.71, p.18-20, julho 2003. Mensal.

KLEIN, C., PIRUTTI, F. **Tendências do sistema de decoração para embalagens.** In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.211-218, 273p., 2000.

MADI, L. **A Embalagem no Século XXI – Perspectivas e Tendências.** In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.1-18, 273p., 2000.

MEIER, M. **Measuring grain size.** Davis: University of Califórnia, 4p., 1994. Apostila. Disponível em: <<http://www.matsci.ucdavis.edu/MatSciLT/Appendices/Files/App-MeasuringGrainSize.pdf>>. Acesso em 24 de março de 2006.

METAL BOX CO. LTD. **Double seam manual.** Wantage: Mark One Planetron Ltd., 1973, 43p. *apud* DANTAS, S. T., ANJOS V. D. A., SEGANTINI, E., GATTI, J. A. B. **Avaliação da Qualidade de Embalagens Metálicas: Aço e Alumínio.** Campinas: CETA/ITAL, 313p., 1996.

MICHAELIS UOL, Dicionário. [S.l.: s.n.], 1998. 1 CD-ROM.

NAYAR, S. The shape of things to come. In: METPACK 2002. INTERNATIONAL TRADE FAIR FOR METAL PACKAGING, 4., Essen, 2002. **Proceedings...** Essen: Packaging Strategies, 2002. 20p.

NEVER ONE of the crowd. **The Canmaker**, West Sussex, v.15, p.27 e 28, outubro 2002. Mensal.

PASCAL'S Law and the Pascal Can. **APEAL News**, Brussels, p.5, n.10, julho 1998.

ROBERTSON, G.L. **Food Packaging – Principles and Practice**. New York: Marcel Dekker, 1.ed., 664p., 1992.

SANTOS, R. C., CASTRO V. M. F. **Uma proposição sistêmica para o desenvolvimento de embalagens**. In: RAE – REVISTA DE ADMINISTRAÇÃO DE EMPRESAS. São Paulo: FGV/EAESP, v.38, n°2, p.26-35, abr-jun.1998.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. **Principais Tendências da Embalagem para Alimentos – O Cenário do Novo Milênio**. In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, p.107-126, 273-p., 2000.

SERAGINI, Lincoln. **Gestão Estratégica da Embalagem**. In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETEA/ITAL, p.243-263, 273p., 2000.

SHAPED cans are here to stay. **Packaging Review: Metal Packaging**. [S.l.: s.n.], junho 1998, p.10-13.

SHAPED cans to foil forgers in China. **The Canmaker**, West Sussex, v.16, p.08-09, outubro 2003. Mensal.

SILVA, P. **Folhas metálicas II**. Campinas: CETEA/ITAL, [s.d], 113p. (manual técnico) *apud* DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B., SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 232p. 1999.

SILVA, P. **Produções e características metalúrgicas das folhas de aço: folhas-de-flandres – folhas não revestidas – folhas cromadas**. 5.ed. [s.l]: CSN, 1981, 63p. *apud* DANTAS, S. T., GATTI, J. A. B., SARON E. S. **Embalagens metálicas e a sua interação com alimentos e bebidas**. Campinas: CETEA/ITAL, 232p. 1999.

SLATER, B., MARTINS B. T., PHILIPPI S. T. **Rótulos e embalagens na indústria de alimentos**. In: BRASIL ALIMENTOS, São Paulo: USP, nº1, p.42-45, mar.2000.

STRETCH MACHINE. **New Technology**. Disponível em: <<http://www.canstretch.com/technology.htm>>. Acesso em 14 de março de 2005.

STRETCHING the boundaries. **Cantech International**, Gravesend, v.10, n.2, p.18-20, julho-agosto 2003. Bimestral.

SUCCESSFUL Expansion. **The Canmaker**, West Sussex, v.15, p.38-40, agosto 2002. Mensal.

THE CHOICE of steel packaging for olive oil. **APEAL News**, Brussels, p.04, n. 23, novembro 2004. Trimestral.

THE INDUSTRY listens. **Cantech International**, Gravesend, v.1, n.1, p.19, 21-22, maio-junho 2003. Bimestral.

TOMORROW'S Consumer and new business structures. Implications for packaging – Packa Futura 1999. Kista/Sweden: Pack forsk, 1999. 94p. *apud* MADI, L. **A Embalagem no Século XXI – Perspectivas e Tendências**. In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.1-18, 273p., 2000.

VERSATILITY with Flexibility. **The Canmaker**, West Sussex, v.14, p.82,88,90, março 2001. Mensal.

WALLIS, G. **A evolução do mercado brasileiro de embalagens e sua inserção no mercado internacional**. In: BRASIL PACK TRENDS 2005 – EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO E CONSUMO. **Anais...** Campinas: CETA/ITAL, p.25-48, 273p., 2000.

ANEXO 1

EQUIVALÊNCIA HR15T E HR30T	
HR15T	HR30T Equivalente
92,0	80,5
91,5	79,0
91,0	78,0
90,5	77,5
90,0	76,0
89,5	75,5
89,0	74,5
88,5	74,0
88,0	73,0
87,5	72,0
87,0	71,0
86,5	70,0
86,0	69,0
85,5	68,0
85,0	67,0
84,5	66,0
84,0	65,0
83,5	63,5
83,0	62,5
82,5	61,5
82,0	60,5
81,5	59,5
81,0	58,5
80,5	57,0
80,0	56,0
79,5	55,0
79,0	54,0
78,5	53,0
78,0	51,5
77,5	51,0
77,0	49,5
76,5	49,0
76,0	47,5

ANEXO 2

AVALIAÇÃO DE DUREZA			
Amostra T52 - Recozimento em Caixa			
CP	B1 (HR15T)	C (HR15T)	B2 (HR15T)
1	77,5	78,5	78,0
2	78,0	78,0	78,5
3	77,5	77,5	78,0
AVALIAÇÃO DE DUREZA			
Amostra T59 - Recozimento Contínuo			
CP	B1 (HR15T)	C (HR15T)	B2 (HR15T)
1	84,5	84,5	84,5
2	84,0	85,0	84,5
3	83,5	84,0	84,5

ENSAIO DE TRAÇÃO											
Amostra T52 - Recozimento em Caixa											
CP	W0 (mm)	E0 (mm)	A0 (mm ²)	L0 (mm)	WF (mm)	L (mm)	CE 0,2% (kgf)	CM (kgf)	LE 0,2% (MPa)	LR (MPa)	A (%)
1	12,521	0,204	2,554	50,00	12,110	66,96	53,20	91,40	204	351	33,9
2	12,519	0,204	2,554	50,00	12,099	68,31	54,70	91,50	210	351	36,6
3	12,519	0,204	2,554	50,00	12,099	68,31	54,70	91,50	210	351	36,6
4	12,504	0,205	2,563	50,00	11,998	67,72	53,50	90,80	205	347	35,4
5	12,472	0,204	2,544	50,00	11,968	67,93	52,30	89,80	202	346	35,9
6	12,472	0,204	2,544	50,00	11,968	67,93	52,30	89,80	202	346	35,9
7	12,515	0,204	2,553	50,00	11,925	66,22	54,80	91,10	210	350	32,4
8	12,510	0,201	2,515	50,00	11,914	65,76	51,70	90,50	202	353	31,5
9	12,510	0,201	2,515	50,00	11,914	65,76	51,70	90,50	202	353	31,5
10	12,514	0,200	2,503	50,00	11,833	66,51	54,10	91,00	212	357	33,0
11	12,512	0,200	2,502	50,00	11,830	67,65	54,30	90,50	213	355	35,3
12	12,512	0,200	2,502	50,00	11,830	67,65	54,30	90,50	213	355	35,3
13	12,502	0,204	2,550	50,00	11,747	65,80	51,04	90,70	196	349	31,6
14	12,494	0,205	2,561	50,00	11,738	68,54	53,20	90,10	204	345	37,1
15	12,494	0,205	2,561	50,00	11,738	68,54	53,20	90,10	204	345	37,1
16	12,517	0,200	2,503	50,00	11,671	67,37	52,10	90,00	204	353	34,7
17	12,505	0,200	2,501	50,00	11,666	66,93	54,50	90,30	214	354	33,9
18	12,505	0,200	2,501	50,00	11,666	66,93	54,50	90,30	214	354	33,9
19	12,503	0,202	2,526	50,00	11,604	67,12	53,90	89,40	209	347	34,2
20	12,499	0,203	2,537	50,00	11,568	67,27	53,40	90,80	206	351	34,5
21	12,499	0,203	2,537	50,00	11,568	67,27	53,40	90,80	206	351	34,5
ENSAIO DE TRAÇÃO											
Amostra T59 - Recozimento Contínuo											
CP	W0 (mm)	E0 (mm)	A0 (mm ²)	L0 (mm)	WF (mm)	L (mm)	CE 0,2% (kgf)	CM (kgf)	LE 0,2% (MPa)	LR (MPa)	A (%)
1	12,514	0,201	2,515	50,00	12,075	59,95		113,10	408	441	19,9
2	12,537	0,198	2,482	50,00	12,090	59,66		108,40	395	428	19,3
3	12,514	0,201	2,515	50,00	12,044	59,91		114,40	404	446	19,8
4	12,529	0,200	2,506	50,00	11,946	61,02		114,20	407	447	22,0
5	12,533	0,202	2,532	50,00	11,958	59,76		114,60	406	444	19,5
6	12,519	0,200	2,504	50,00	12,008	60,23		109,00	400	427	20,5
7	12,514	0,199	2,490	50,00	11,842	59,80		113,90	408	449	19,6

ENSAIO DE TRAÇÃO											
Amostra T59 - Recozimento Contínuo											
CP	W0 (mm)	E0 (mm)	A0 (mm ²)	L0 (mm)	WF (mm)	L (mm)	CE 0,2% (kgf)	CM (kgf)	LE 0,2% (MPa)	LR (MPa)	A (%)
8	12,523	0,199	2,492	50,00	11,910	59,70		109,60	392	431	19,4
9	12,512	0,203	2,540	50,00	11,843	59,78		115,30	400	445	19,6
10	12,521	0,200	2,504	50,00	11,741	59,35		108,30	386	424	18,7
11	12,512	0,200	2,502	50,00	11,754	59,50		114,90	411	450	19,0
12	12,532	0,201	2,519	50,00	11,790	60,24		109,40	387	426	20,5
13	12,532	0,200	2,506	50,00	11,790	59,72		108,20	411	423	19,4
14	12,541	0,201	2,521	50,00	11,778	60,01		108,60	413	422	20,0
15	12,534	0,199	2,494	50,00	11,748	59,66		107,60	404	423	19,3
16	12,518	0,201	2,516	50,00	11,622	57,86		115,20	388	449	23,1
17	12,513	0,200	2,503	50,00	11,707	57,87		114,30	390	448	20,8
18	12,497	0,203	2,537	50,00	11,661	58,15		115,20	392	445	23,7

AVALIAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO						
Amostra T52 - Recozimento em Caixa						
	Cilindro antes da expansão			Cilindro após a expansão		
CP	B1	C	B2	B1	C	B2
1	10,5	10,5	11,0	10,5	10,5	10,5

AVALIAÇÃO DO TAMANHO DO GRÃO						
Amostra T59 - Recozimento Contínuo						
	Cilindro antes da expansão			Cilindro após a expansão		
CP	B1	C	B2	B1	C	B2
1	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0	11,0

DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
Lata	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,204	0,200	0,200	0,200	0,207	0,192	0,192	0,191	0,191	0,190
1	0,202	0,207	0,205	0,202	0,203	0,194	0,192	0,191	0,191	0,191
1	0,209	0,204	0,202	0,205	0,201	0,191	0,190	0,191	0,191	0,190
2	0,204	0,200	0,199	0,199	0,201	0,191	0,191	0,191	0,192	0,192
2	0,199	0,198	0,199	0,199	0,198	0,191	0,192	0,190	0,190	0,191
2	0,198	0,199	0,199	0,199	0,200	0,190	0,190	0,190	0,190	0,191
3	0,203	0,203	0,202	0,202	0,202	0,188	0,190	0,190	0,189	0,190
3	0,202	0,201	0,201	0,200	0,201	0,191	0,192	0,191	0,192	0,190
3	0,207	0,203	0,200	0,200	0,201	0,190	0,189	0,190	0,190	0,190
4	0,204	0,202	0,202	0,200	0,199	0,189	0,190	0,189	0,189	0,190
4	0,200	0,200	0,201	0,200	0,201	0,190	0,190	0,189	0,189	0,189
4	0,201	0,201	0,202	0,202	0,201	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189
5	0,201	0,201	0,200	0,201	0,202	0,190	0,191	0,191	0,190	0,190
5	0,200	0,200	0,200	0,201	0,201	0,189	0,189	0,190	0,189	0,190
5	0,203	0,201	0,201	0,200	0,200	0,190	0,190	0,190	0,190	0,189
6	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,189	0,188	0,187	0,187	0,188
6	0,201	0,201	0,201	0,201	0,200	0,192	0,192	0,191	0,192	0,190
6	0,200	0,199	0,199	0,201	0,199	0,189	0,188	0,188	0,187	0,188

DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
Lata	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
7	0,197	0,197	0,198	0,198	0,197	0,192	0,190	0,190	0,190	0,190
7	0,201	0,199	0,200	0,200	0,201	0,193	0,191	0,190	0,190	0,189
7	0,198	0,198	0,199	0,199	0,199	0,190	0,190	0,190	0,190	0,190
8	0,200	0,201	0,200	0,200	0,201	0,190	0,191	0,189	0,190	0,190
8	0,201	0,200	0,200	0,200	0,201	0,189	0,190	0,189	0,189	0,190
8	0,200	0,200	0,200	0,200	0,201	0,191	0,191	0,190	0,190	0,191
9	0,200	0,199	0,199	0,199	0,200	0,190	0,189	0,190	0,191	0,191
9	0,202	0,201	0,202	0,202	0,202	0,189	0,189	0,189	0,189	0,190
9	0,199	0,198	0,198	0,198	0,198	0,191	0,188	0,190	0,190	0,189
10	0,201	0,200	0,200	0,201	0,200	0,191	0,191	0,189	0,189	0,190
10	0,200	0,200	0,200	0,201	0,201	0,189	0,188	0,189	0,189	0,188
10	0,203	0,203	0,201	0,202	0,203	0,190	0,190	0,191	0,190	0,190
11	0,200	0,201	0,200	0,201	0,201	0,192	0,192	0,192	0,191	0,192
11	0,204	0,202	0,202	0,201	0,202	0,190	0,190	0,189	0,191	0,191
11	0,201	0,204	0,204	0,203	0,204	0,191	0,190	0,190	0,189	0,189
12	0,201	0,201	0,202	0,201	0,201	0,189	0,188	0,187	0,189	0,189
12	0,203	0,202	0,204	0,203	0,201	0,191	0,189	0,188	0,189	0,190
12	0,204	0,201	0,202	0,204	0,202	0,189	0,188	0,189	0,188	0,189
13	0,200	0,198	0,201	0,200	0,200	0,189	0,189	0,190	0,189	0,188
13	0,202	0,201	0,200	0,201	0,200	0,190	0,190	0,189	0,190	0,189
13	0,201	0,200	0,201	0,201	0,200	0,190	0,191	0,191	0,191	0,190
14	0,202	0,201	0,202	0,201	0,200	0,189	0,189	0,189	0,189	0,189
14	0,201	0,200	0,200	0,200	0,200	0,191	0,191	0,191	0,190	0,190
14	0,202	0,202	0,201	0,201	0,202	0,194	0,193	0,193	0,193	0,192
15	0,201	0,201	0,200	0,201	0,200	0,189	0,191	0,191	0,191	0,190
15	0,201	0,201	0,200	0,200	0,200	0,189	0,190	0,189	0,189	0,190
15	0,201	0,201	0,201	0,200	0,200	0,190	0,189	0,189	0,190	0,190
16	0,201	0,202	0,201	0,200	0,201	0,189	0,189	0,187	0,188	0,187
16	0,204	0,200	0,200	0,201	0,201	0,190	0,189	0,190	0,190	0,191
16	0,199	0,199	0,199	0,199	0,200	0,189	0,189	0,188	0,190	0,188
17	0,200	0,201	0,200	0,200	0,201	0,191	0,190	0,191	0,190	0,191
17	0,198	0,199	0,200	0,198	0,199	0,191	0,190	0,191	0,189	0,191
17	0,201	0,200	0,201	0,201	0,198	0,189	0,189	0,189	0,189	0,190
18	0,199	0,198	0,199	0,198	0,197	0,189	0,186	0,188	0,188	0,188
18	0,201	0,199	0,199	0,199	0,198	0,191	0,190	0,189	0,189	0,188
18	0,200	0,200	0,199	0,199	0,198	0,189	0,188	0,190	0,190	0,190
19	0,196	0,196	0,197	0,196	0,195	0,192	0,192	0,192	0,192	0,193
19	0,198	0,198	0,198	0,197	0,198	0,192	0,192	0,192	0,191	0,191
19	0,198	0,197	0,199	0,197	0,197	0,190	0,191	0,190	0,190	0,191
20	0,201	0,200	0,200	0,201	0,200	0,191	0,189	0,189	0,190	0,190
20	0,201	0,201	0,199	0,200	0,199	0,191	0,191	0,191	0,191	0,192
20	0,200	0,201	0,201	0,200	0,200	0,192	0,190	0,190	0,191	0,192
DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
Lata	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,199	0,200	0,199	0,199	0,199	0,190	0,191	0,192	0,189	0,191
1	0,201	0,200	0,199	0,199	0,198	0,190	0,190	0,191	0,190	0,189

DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Lata	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,199	0,198	0,198	0,198	0,197	0,190	0,191	0,189	0,188	0,188
2	0,201	0,202	0,202	0,202	0,201	0,195	0,194	0,191	0,193	0,192
2	0,200	0,201	0,201	0,201	0,201	0,191	0,192	0,191	0,192	0,193
2	0,199	0,201	0,200	0,200	0,200	0,199	0,193	0,194	0,192	0,193
3	0,198	0,199	0,199	0,200	0,199	0,194	0,193	0,193	0,193	0,194
3	0,198	0,199	0,200	0,200	0,199	0,194	0,192	0,194	0,192	0,193
3	0,206	0,208	0,199	0,199	0,199	0,198	0,194	0,193	0,191	0,194
4	0,201	0,200	0,200	0,199	0,199	0,195	0,196	0,194	0,194	0,194
4	0,200	0,199	0,198	0,198	0,200	0,192	0,192	0,196	0,195	0,194
4	0,199	0,201	0,199	0,200	0,199	0,195	0,196	0,194	0,194	0,192
5	0,203	0,201	0,201	0,201	0,200	0,194	0,195	0,195	0,194	0,195
5	0,199	0,199	0,199	0,200	0,199	0,195	0,195	0,194	0,195	0,194
5	0,200	0,201	0,200	0,200	0,199	0,195	0,196	0,195	0,195	0,195
6	0,200	0,201	0,199	0,201	0,200	0,192	0,192	0,195	0,195	0,195
6	0,199	0,199	0,199	0,200	0,201	0,193	0,192	0,194	0,194	0,194
6	0,202	0,201	0,201	0,201	0,200	0,194	0,195	0,194	0,193	0,194
7	0,205	0,203	0,204	0,204	0,203	0,188	0,189	0,190	0,189	0,190
7	0,205	0,206	0,205	0,205	0,204	0,192	0,194	0,191	0,191	0,192
7	0,206	0,205	0,205	0,204	0,204	0,189	0,190	0,188	0,190	0,195
8	0,205	0,204	0,203	0,202	0,201	0,194	0,194	0,195	0,196	0,195
8	0,203	0,201	0,202	0,201	0,203	0,195	0,194	0,195	0,195	0,194
8	0,202	0,202	0,201	0,202	0,203	0,192	0,194	0,194	0,194	0,195
9	0,201	0,199	0,199	0,199	0,197	0,195	0,194	0,194	0,193	0,195
9	0,203	0,199	0,200	0,200	0,198	0,194	0,195	0,195	0,195	0,195
9	0,202	0,200	0,201	0,201	0,199	0,192	0,192	0,193	0,191	0,194
10	0,202	0,201	0,202	0,202	0,203	0,193	0,196	0,193	0,195	0,195
10	0,201	0,202	0,203	0,203	0,202	0,191	0,193	0,193	0,194	0,195
10	0,201	0,201	0,201	0,201	0,201	0,196	0,194	0,195	0,195	0,196
11	0,202	0,203	0,202	0,203	0,202	0,195	0,197	0,194	0,194	0,194
11	0,204	0,203	0,205	0,203	0,203	0,193	0,195	0,194	0,192	0,195
11	0,204	0,205	0,204	0,204	0,203	0,194	0,194	0,194	0,193	0,194
12	0,200	0,201	0,200	0,201	0,201	0,192	0,192	0,193	0,192	0,194
12	0,201	0,202	0,203	0,203	0,202	0,192	0,192	0,193	0,192	0,193
12	0,202	0,203	0,202	0,202	0,204	0,192	0,191	0,194	0,193	0,193
13	0,199	0,199	0,200	0,202	0,201	0,192	0,192	0,193	0,191	0,191
13	0,198	0,200	0,200	0,200	0,200	0,192	0,192	0,192	0,192	0,192
13	0,199	0,198	0,201	0,202	0,201	0,191	0,193	0,194	0,194	0,194
14	0,201	0,201	0,201	0,200	0,202	0,194	0,194	0,193	0,194	0,194
14	0,203	0,203	0,202	0,202	0,201	0,194	0,194	0,195	0,193	0,194
14	0,201	0,202	0,201	0,202	0,201	0,192	0,191	0,191	0,193	0,193
15	0,201	0,200	0,201	0,201	0,200	0,194	0,194	0,196	0,195	0,195
15	0,200	0,201	0,200	0,201	0,202	0,193	0,194	0,194	0,193	0,193
15	0,200	0,200	0,201	0,201	0,202	0,193	0,194	0,194	0,193	0,193
16	0,201	0,202	0,202	0,203	0,203	0,195	0,196	0,196	0,195	0,196
16	0,201	0,199	0,201	0,203	0,202	0,194	0,198	0,196	0,196	0,197
16	0,201	0,199	0,200	0,200	0,201	0,196	0,196	0,194	0,195	0,195
17	0,201	0,201	0,201	0,201	0,202	0,195	0,196	0,195	0,196	0,196
17	0,200	0,201	0,201	0,201	0,201	0,195	0,194	0,194	0,196	0,195

DETERMINAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE ESPESSURA										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Lata	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	P1	P2	P3	P4	P5	P1	P2	P3	P4	P5
17	0,202	0,202	0,201	0,201	0,202	0,196	0,195	0,195	0,194	0,194
18	0,203	0,202	0,203	0,202	0,203	0,195	0,195	0,196	0,196	0,195
18	0,204	0,202	0,203	0,203	0,202	0,194	0,194	0,195	0,195	0,195
18	0,203	0,203	0,203	0,202	0,204	0,193	0,193	0,193	0,192	0,194
19	0,204	0,204	0,203	0,203	0,203	0,191	0,191	0,192	0,192	0,192
19	0,204	0,204	0,202	0,202	0,204	0,191	0,192	0,192	0,192	0,193
19	0,203	0,202	0,203	0,203	0,202	0,191	0,191	0,192	0,191	0,192
20	0,204	0,204	0,204	0,205	0,205	0,191	0,191	0,192	0,193	0,194
20	0,205	0,205	0,205	0,204	0,206	0,190	0,189	0,192	0,191	0,192
20	0,205	0,205	0,205	0,205	0,204	0,191	0,192	0,191	0,191	0,192

AVALIAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO				
Amostra T52 - Recozimento em Caixa				
	Face externa		Face interna	
	Cilindro antes da expansão	Cilindro após a expansão	Cilindro antes da expansão.	Cilindro após a expansão
CP	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)
1	3,10	2,53	5,42	4,94
2	3,11	2,50	5,36	5,07
3	3,04	2,56	5,38	4,91
4	3,01	2,65	5,40	4,96
5	3,08	2,58	5,43	4,98
6	3,04	2,53	5,42	4,80

AVALIAÇÃO DA CAMADA DE ESTANHO				
Amostra T59 - Recozimento Contínuo				
	Face externa		Face interna	
	Cilindro antes da expansão	Cilindro após a expansão	Cilindro antes da expansão	Cilindro após a expansão
CP	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)	Sn Total (g/m2)
1	2,42	2,34	4,91	4,78
2	2,62	2,37	5,10	4,69
3	2,34	2,41	5,00	5,07
4	2,34	2,39	5,17	4,69
5	2,39	2,27	4,91	5,32
6	2,60	2,31	5,16	5,26

AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO												
Amostra T52 - Recozimento em Caixa												
	Lado Externo						Lado Interno					
	Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido			Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido		
CP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP
1	12,550	0,619	8	52,300	2,579	7	29,200	1,440	9	30,500	1,504	8
2	94,000	4,635	6	16,580	0,818	8	1,812	0,089	9	8,290	0,409	9
3	11,480	0,566	8	126,700	6,248	6	0,530	0,026	9	27,300	1,346	8
4	20,200	0,996	8	47,100	2,322	7	3,810	0,188	9	30,800	1,519	8

AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO												
Amostra T52 - Recozimento em Caixa												
	Lado Externo						Lado Interno					
	Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido			Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido		
CP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP
5	37,400	1,844	7	76,200	3,757	7	3,620	0,179	9	14,250	0,703	8
6	13,470	0,664	8	131,500	6,484	6	8,200	0,404	8	20,700	1,021	8
7	27,200	1,341	8	86,300	4,255	7	9,240	0,456	8	11,380	0,561	8
8	22,200	1,095	8	75,500	3,723	6	12,920	0,637	8	15,410	0,760	8
9	17,280	0,852	8	58,000	2,860	7	11,020	0,543	8	4,690	0,231	9
10	14,920	0,736	9	67,800	3,343	7	9,110	0,449	9	26,700	1,317	8
11	70,600	3,481	7	255,000	12,574	4	36,000	1,775	8	55,600	2,742	7
12	75,300	3,713	7	221,000	10,897	4	23,700	1,169	8	86,100	4,246	7
13	117,600	5,799	6	196,000	9,665	4	34,100	1,681	7	95,500	4,709	6
14	66,700	3,289	7	216,000	10,651	4	26,600	1,312	8	50,500	2,490	7
15	100,000	4,931	7	204,000	10,059	4	61,900	3,052	7	33,400	1,647	8

AVALIAÇÃO DO FERRO EXPOSTO												
Amostra T59 - Recozimento Contínuo												
	Lado Externo						Lado Interno					
	Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido			Cilindro antes da expansão			Cilindro expandido		
CP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP	i (mA)	IEV (mA/cm ²)	GP
1	89,900	4,433	7	101,000	4,980	4	18,240	0,899	8	46,900	2,313	7
2	96,100	4,739	6	165,800	8,176	4	9,210	0,454	8	48,400	2,387	7
3	31,900	1,573	7	173,400	8,550	4	12,110	0,597	8	42,900	2,115	7
4	24,400	1,203	8	181,500	8,950	4	21,700	1,070	8	12,700	0,626	7
5	116,000	5,720	5	181,900	8,969	4	24,400	1,203	8	34,400	1,696	7
6	43,500	2,145	7	202,000	9,961	4	4,790	0,236	8	19,120	0,943	8
7	43,100	2,125	7	160,600	7,919	4	1,217	0,060	9	53,200	2,623	7
8	13,150	0,648	8	155,000	7,643	5	8,010	0,395	9	31,100	1,534	8
9	12,520	0,617	8	154,300	7,608	4	6,280	0,310	8	51,400	2,535	7
10	35,300	1,741	7	179,800	8,866	4	9,090	0,448	8	22,500	1,109	8
11	189,700	9,354	4	126,500	6,238	6	15,350	0,757	8	9,990	0,493	9
12	214,000	10,552	4	71,500	3,526	7	14,910	0,735	8	14,760	0,728	8
13	59,500	2,934	7	116,400	5,740	5	23,200	1,144	8	25,300	1,248	8
14	101,400	5,000	4	75,700	3,733	6	13,040	0,643	8	12,100	0,597	8
15	123,600	6,095	4	170,800	8,422	4	8,280	0,408	8	69,100	3,407	7

DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
Lata	Abs.	Abs. Corr.	Mg Cr	A (cm ²)	mg Cr/m ²	Abs.	Abs. Corr.	mg Cr	A (cm ²)	mg Cr/m ²
1	0,249	0,239	0,0365	25,81	7,08	0,194	0,184	0,0277	25,81	5,37
2	0,268	0,258	0,0396	25,81	7,67	0,219	0,209	0,0317	25,81	6,15
3	0,262	0,252	0,0386	25,81	7,48	0,198	0,188	0,0284	25,81	5,49
4	0,268	0,258	0,0396	25,81	7,67	0,186	0,176	0,0264	25,81	5,12
5	0,256	0,246	0,0376	25,81	7,29	0,146	0,136	0,0200	25,81	3,88

DETERMINAÇÃO DA CAMADA DE PASSIVAÇÃO										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Lata	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	Abs.	Abs. Corr.	Mg Cr	A (cm ²)	mg Cr/m ²	Abs.	Abs. Corr.	mg Cr	A (cm ²)	mg Cr/m ²
1	0,308	0,298	0,0460	25,81	8,91	0,243	0,233	0,0356	25,81	6,89
2	0,292	0,282	0,0434	25,81	8,41	0,264	0,254	0,0389	25,81	7,54
3	0,296	0,286	0,0440	25,81	8,53	0,244	0,234	0,0357	25,81	6,92
4	0,302	0,292	0,0450	25,81	8,72	0,251	0,241	0,0368	25,81	7,14
5	0,296	0,286	0,0440	25,81	8,53	0,260	0,250	0,0383	25,81	7,42

DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Lata	Posição Transversal									
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5
1	0,34	0,27	0,29	0,27	0,31	0,47	0,41	0,54	0,60	0,50
2	0,29	0,27	0,19	0,22	0,26	0,50	0,41	0,57	0,52	0,57
3	0,23	0,29	0,27	0,27	0,23	0,45	0,57	0,50	0,44	0,61
4	0,28	0,26	0,27	0,28	0,29	0,48	0,46	0,44	0,38	0,44
5	0,32	0,27	0,27	0,26	0,29	0,40	0,49	0,42	0,48	0,40
Posição Paralela										
Lata	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5
1	0,15	0,10	0,14	0,10	0,11	0,37	0,40	0,31	0,34	0,32
2	0,12	0,08	0,14	0,09	0,13	0,40	0,36	0,39	0,37	0,42
3	0,14	0,08	0,11	0,09	0,19	0,35	0,37	0,39	0,36	0,38
4	0,15	0,12	0,09	0,12	0,13	0,38	0,37	0,33	0,37	0,34
5	0,11	0,10	0,20	0,09	0,08	0,29	0,28	0,27	0,31	0,33
DETERMINAÇÃO DA RUGOSIDADE										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Lata	Posição Transversal									
	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5
1	0,42	0,45	0,40	0,43	0,39	0,61	0,72	0,60	0,66	0,57
2	0,35	0,36	0,35	0,36	0,37	0,54	0,72	0,76	0,67	0,75
3	0,44	0,36	0,37	0,36	0,35	0,65	0,53	0,75	0,75	0,61
4	0,36	0,35	0,37	0,36	0,35	0,65	0,66	0,74	0,72	0,66
5	0,42	0,39	0,35	0,42	0,39	0,65	0,66	0,58	0,62	0,62
Posição Paralela										
Lata	Cilindro antes da expansão					Cilindro após a expansão				
	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5	Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	Ra 5
1	0,31	0,28	0,20	0,27	0,28	0,69	0,71	0,70	0,74	0,76
2	0,29	0,22	0,23	0,27	0,27	0,55	0,52	0,69	0,61	0,68
3	0,30	0,27	0,29	0,35	0,28	0,56	0,52	0,67	0,61	0,68
4	0,28	0,35	0,25	0,26	0,27	0,58	0,55	0,67	0,53	0,51
5	0,27	0,28	0,33	0,27	0,35	0,55	0,67	0,59	0,54	0,59

DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DE ALTURA									
Amostra T52 - Recozimento em Caixa									
	Cilindro antes da expansão			Cilindro após a expansão			Variação		
Lata	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	$\Delta P1$	$\Delta P2$	$\Delta P3$
1	108,86	109,10	109,12	97,88	97,66	97,92	10,98	11,46	11,20
2	109,16	109,24	109,29	98,19	97,71	98,19	10,97	11,58	11,10
3	109,00	109,04	109,02	98,06	97,93	98,52	10,94	11,09	10,50
4	108,94	108,88	109,20	98,13	97,92	98,01	10,81	11,28	11,19
5	108,96	108,92	109,16	98,32	97,80	98,32	10,64	11,36	10,84
6	109,09	109,19	109,22	98,12	97,84	98,11	10,97	11,38	11,11
7	108,97	109,09	109,13	98,09	97,85	98,09	10,88	11,28	11,04
8	108,99	109,10	109,14	97,98	97,97	98,10	11,01	11,17	11,04
9	109,15	109,16	109,16	98,07	97,71	98,00	11,08	11,45	11,16
10	108,96	109,12	109,29	97,79	97,73	97,83	11,17	11,56	11,46
11	109,20	109,23	109,21	98,15	98,00	97,99	11,05	11,21	11,22
12	108,99	109,01	109,07	98,25	98,03	98,29	10,74	11,04	10,78
13	108,90	109,08	109,08	98,19	97,78	98,19	10,71	11,30	10,89
14	108,96	109,09	109,27	98,38	97,87	98,09	10,58	11,40	11,18
15	108,95	109,08	109,15	98,14	97,72	97,79	10,81	11,43	11,36
16	109,06	109,10	109,17	97,55	97,50	98,00	11,51	11,67	11,17
17	109,02	109,16	109,16	98,62	97,66	97,76	10,40	11,50	11,40
18	108,96	109,12	109,17	97,92	97,89	97,79	11,04	11,28	11,38
19	109,01	109,04	109,09	98,08	97,53	98,08	10,93	11,56	11,01
20	108,88	109,00	109,14	98,12	97,29	98,27	10,76	11,85	10,87
DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DE ALTURA									
Amostra T59 - Recozimento Contínuo									
	Cilindro antes da expansão			Cilindro após a expansão			Variação		
Lata	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	$\Delta P1$	$\Delta P2$	$\Delta P3$
1	108,91	109,00	109,21	97,19	97,45	97,72	11,72	11,76	11,49
2	108,98	109,07	109,16	97,12	97,49	97,57	11,86	11,67	11,59
3	109,09	109,16	109,16	97,86	97,77	97,36	11,23	11,39	11,80
4	108,92	109,09	109,18	97,70	97,81	97,63	11,22	11,37	11,55
5	108,88	108,98	109,07	97,67	97,79	97,58	11,21	11,28	11,49
6	108,83	109,08	109,29	97,67	97,67	97,60	11,16	11,62	11,69
7	108,98	109,04	109,12	97,79	97,71	97,81	11,19	11,41	11,31
8	108,84	108,92	109,13	98,05	97,54	97,62	10,79	11,59	11,51
9	108,90	109,00	109,14	97,34	97,33	97,94	11,56	11,81	11,20
10	108,92	108,93	109,00	97,89	97,87	97,63	11,03	11,13	11,37
11	109,02	109,09	109,14	97,88	98,19	97,38	11,14	10,95	11,76
12	108,93	109,05	109,24	97,49	97,83	97,35	11,44	11,41	11,89
13	108,97	109,06	109,21	97,55	97,81	97,85	11,42	11,40	11,36
14	109,05	109,02	109,15	97,44	97,61	97,60	11,61	11,54	11,55
15	108,95	109,05	109,18	97,59	97,53	97,53	11,36	11,65	11,65
16	108,85	109,03	109,08	97,50	97,58	97,63	11,35	11,50	11,45
17	108,94	109,09	109,31	97,48	97,59	97,48	11,46	11,72	11,83
18	108,95	108,98	109,12	97,57	97,63	97,78	11,38	11,49	11,34
19	108,97	109,07	109,16	97,89	98,08	97,43	11,08	11,08	11,73
20	108,97	109,05	109,15	97,50	97,69	97,72	11,47	11,46	11,43

DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO				
Amostra T52 - Recozimento em Caixa				
	Cilindro antes da expansão		Cilindro após a expansão	Variação
Lata	Lado cima (mm)	Lado baixo (mm)	Lado baixo (mm)	$\Delta\varnothing$ (mm)
1	62,65	62,69	73,47	10,78
2	62,65	62,66	73,49	10,83
3	62,64	62,68	73,50	10,82
4	62,63	62,67	73,48	10,81
5	62,62	62,66	73,41	10,75
6	62,64	62,65	73,49	10,84
7	62,63	62,67	73,42	10,75
8	62,63	62,67	73,46	10,79
9	62,62	62,66	73,38	10,72
10	62,63	62,69	73,53	10,84
11	62,64	62,67	73,52	10,85
12	62,65	62,69	73,48	10,79
13	62,64	62,68	73,51	10,83
14	62,63	62,67	73,39	10,72
15	62,64	62,66	73,49	10,83
16	62,64	62,65	73,47	10,82
17	62,64	62,68	73,48	10,80
18	62,64	62,68	73,53	10,85
19	62,65	62,69	73,50	10,81
20	62,64	62,67	73,45	10,78
DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DO DIÂMETRO INTERNO				
Amostra T59 - Recozimento Contínuo				
	Cilindro antes da expansão		Cilindro após a expansão	Variações
Lata	Lado cima (mm)	Lado baixo (mm)	Lado baixo (mm)	$\Delta\varnothing$ (mm)
1	62,59	62,67	73,45	10,78
2	62,59	62,68	73,48	10,80
3	62,62	62,69	73,40	10,71
4	62,61	62,69	73,55	10,86
5	62,58	62,68	73,51	10,83
6	62,63	62,68	73,52	10,84
7	62,61	62,68	73,42	10,74
8	62,60	62,68	73,51	10,83
9	62,60	62,68	73,57	10,89
10	62,60	62,69	73,51	10,82
11	62,59	62,70	73,49	10,79
12	62,62	62,69	73,55	10,86
13	62,61	62,68	73,45	10,77
14	62,60	62,70	73,52	10,82
15	62,60	62,70	73,52	10,82
16	62,59	62,69	73,51	10,82
17	62,60	62,70	73,53	10,83
18	62,60	62,68	73,50	10,82
19	62,59	62,68	73,48	10,80
20	62,61	62,67	73,42	10,75

DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DO FLANGE				
Amostra T52 - Recozimento em Caixa				
Cilindro após a expansão				
Lata	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	Média
1	2,08	2,16	2,08	2,11
2	1,97	2,15	2,06	2,06
3	2,08	2,38	1,95	2,14
4	1,98	2,22	2,20	2,13
5	1,97	2,29	2,07	2,11
6	2,08	2,19	2,04	2,10
7	2,17	2,24	2,05	2,15
8	2,20	2,13	2,02	2,12
9	1,99	2,06	2,08	2,04
10	1,91	2,13	1,87	1,97
11	2,05	2,03	1,88	1,99
12	2,19	2,09	1,85	2,04
13	2,18	2,38	2,19	2,25
14	2,24	2,26	2,02	2,17
15	2,03	2,12	2,12	2,09
16	2,13	2,20	1,98	2,10
17	2,04	2,07	2,07	2,06
18	2,01	2,05	2,06	2,04
19	1,92	2,14	1,97	2,01
20	2,06	2,09	2,05	2,07
DETERMINAÇÃO DA VARIAÇÃO DO FLANGE				
Amostra T59 - Recozimento Contínuo				
Cilindro após a expansão				
Lata	P1 (mm)	P2 (mm)	P3 (mm)	Média
1	1,97	1,91	1,81	1,90
2	1,74	1,72	1,87	1,78
3	2,08	2,06	2,12	2,09
4	1,82	1,92	2,03	1,92
5	1,95	1,86	1,83	1,88
6	1,81	1,74	1,81	1,79
7	2,48	2,36	2,11	2,32
8	2,30	2,59	2,21	2,37
9	1,89	1,84	1,89	1,87
10	1,95	2,10	1,89	1,98
11	1,90	1,82	2,00	1,91
12	1,91	1,94	2,08	1,98
13	2,03	1,81	1,66	1,83
14	1,79	1,74	1,83	1,79
15	1,88	1,91	1,76	1,85
16	1,98	1,82	1,92	1,91
17	1,97	1,89	1,94	1,93
18	2,11	2,05	2,10	2,09
19	1,96	1,89	1,92	1,92
20	2,14	2,02	2,08	2,08

DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS																
Amostra T52 - Recozimento em Caixa																
Cilindro após a expansão - Profundidade do Friso (mm)																
Lata	Seção	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
1	1	0,54	0,49	0,46	0,44	0,40	0,44	0,42	0,40	0,40	0,43	0,39	0,40	0,41	0,40	0,27
	2	0,67	0,62	0,61	0,62	0,62	0,60	0,57	0,57	0,58	0,57	0,56	0,53	0,52	0,50	0,49
	3	0,60	0,57	0,56	0,56	0,57	0,56	0,55	0,54	0,56	0,55	0,54	0,55	0,55	0,53	0,48
2	1	0,59	0,60	0,61	0,59	0,60	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,52	0,53	0,51	0,45
	2	0,59	0,59	0,57	0,58	0,56	0,54	0,53	0,55	0,54	0,52	0,52	0,54	0,50	0,51	0,47
	3	0,48	0,48	0,49	0,47	0,46	0,45	0,45	0,42	0,45	0,43	0,42	0,39	0,41	0,36	0,34
3	1	0,58	0,57	0,53	0,57	0,56	0,55	0,52	0,56	0,53	0,49	0,52	0,49	0,50	0,49	0,39
	2	0,57	0,58	0,53	0,56	0,55	0,54	0,51	0,55	0,53	0,50	0,53	0,49	0,51	0,49	0,37
	3	0,58	0,57	0,53	0,57	0,57	0,54	0,51	0,56	0,55	0,51	0,55	0,52	0,53	0,51	0,43
4	1	0,51	0,52	0,50	0,48	0,51	0,49	0,45	0,45	0,47	0,41	0,42	0,44	0,41	0,37	0,27
	2	0,50	0,51	0,47	0,48	0,49	0,48	0,42	0,46	0,46	0,40	0,41	0,42	0,42	0,39	0,28
	3	0,49	0,50	0,46	0,50	0,50	0,48	0,44	0,46	0,45	0,40	0,42	0,41	0,38	0,38	0,32
5	1	0,49	0,50	0,45	0,46	0,45	0,45	0,40	0,42	0,42	0,36	0,36	0,37	0,36	0,35	0,24
	2	0,55	0,54	0,50	0,50	0,49	0,49	0,43	0,48	0,47	0,42	0,43	0,43	0,44	0,43	0,31
	3	0,54	0,52	0,50	0,49	0,49	0,48	0,42	0,43	0,47	0,39	0,40	0,42	0,40	0,34	0,28
6	1	0,62	0,61	0,62	0,60	0,60	0,58	0,58	0,56	0,57	0,56	0,56	0,54	0,55	0,53	0,43
	2	0,47	0,46	0,47	0,47	0,46	0,45	0,45	0,44	0,45	0,43	0,42	0,39	0,41	0,40	0,33
	3	0,59	0,57	0,57	0,57	0,56	0,55	0,54	0,52	0,53	0,52	0,50	0,51	0,52	0,51	0,42
7	1	0,63	0,58	0,55	0,56	0,56	0,54	0,49	0,51	0,52	0,45	0,46	0,45	0,44	0,41	0,32
	2	0,62	0,60	0,56	0,59	0,58	0,56	0,51	0,54	0,51	0,47	0,50	0,48	0,50	0,47	0,36
	3	0,60	0,58	0,55	0,55	0,55	0,52	0,48	0,51	0,50	0,43	0,46	0,44	0,42	0,41	0,35
8	1	0,53	0,52	0,48	0,51	0,52	0,50	0,49	0,51	0,49	0,40	0,48	0,43	0,43	0,45	0,35
	2	0,50	0,53	0,50	0,49	0,48	0,51	0,42	0,49	0,49	0,44	0,42	0,46	0,44	0,42	0,36
	3	0,49	0,50	0,46	0,49	0,46	0,46	0,43	0,46	0,44	0,41	0,43	0,41	0,43	0,41	0,31
9	1	0,51	0,51	0,49	0,48	0,48	0,47	0,39	0,44	0,44	0,36	0,38	0,38	0,37	0,35	0,27
	2	0,56	0,54	0,53	0,51	0,50	0,48	0,43	0,47	0,47	0,39	0,42	0,41	0,40	0,38	0,29
	3	0,54	0,54	0,50	0,48	0,48	0,47	0,42	0,45	0,45	0,39	0,40	0,39	0,35	0,37	0,27
10	1	0,57	0,57	0,54	0,52	0,51	0,50	0,46	0,50	0,50	0,42	0,44	0,43	0,40	0,42	0,31
	2	0,57	0,59	0,57	0,56	0,54	0,53	0,48	0,52	0,52	0,45	0,47	0,46	0,47	0,44	0,34
	3	0,57	0,56	0,54	0,54	0,53	0,49	0,46	0,48	0,48	0,44	0,44	0,43	0,43	0,39	0,33
11	1	0,61	0,60	0,60	0,57	0,58	0,58	0,56	0,57	0,55	0,53	0,54	0,54	0,50	0,55	0,45
	2	0,52	0,52	0,51	0,50	0,47	0,50	0,49	0,49	0,49	0,47	0,43	0,47	0,44	0,44	0,39
	3	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,43	0,46	0,44	0,44	0,44	0,43	0,40	0,43	0,40	0,30
12	1	0,54	0,53	0,52	0,50	0,49	0,49	0,48	0,49	0,48	0,48	0,46	0,44	0,44	0,44	0,36
	2	0,47	0,47	0,46	0,43	0,44	0,43	0,42	0,43	0,42	0,37	0,37	0,40	0,36	0,38	0,27
	3	0,62	0,61	0,59	0,58	0,56	0,57	0,56	0,56	0,54	0,53	0,50	0,51	0,51	0,49	0,44
13	1	0,59	0,52	0,53	0,50	0,50	0,48	0,49	0,48	0,47	0,48	0,45	0,43	0,44	0,41	0,35
	2	0,55	0,54	0,56	0,55	0,53	0,52	0,52	0,54	0,52	0,52	0,50	0,51	0,48	0,51	0,43
	3	0,56	0,56	0,54	0,53	0,54	0,55	0,51	0,54	0,51	0,51	0,49	0,51	0,49	0,50	0,44
14	1	0,57	0,55	0,55	0,52	0,53	0,53	0,53	0,52	0,52	0,52	0,51	0,49	0,49	0,47	0,42
	2	0,54	0,52	0,51	0,49	0,50	0,49	0,48	0,49	0,45	0,43	0,43	0,42	0,40	0,43	0,33
	3	0,56	0,55	0,56	0,55	0,54	0,56	0,54	0,56	0,53	0,53	0,50	0,53	0,51	0,50	0,47
15	1	0,63	0,64	0,63	0,62	0,58	0,58	0,60	0,56	0,59	0,58	0,55	0,55	0,58	0,51	0,49
	2	0,58	0,56	0,56	0,55	0,52	0,52	0,52	0,50	0,52	0,50	0,47	0,47	0,49	0,46	0,40
	3	0,55	0,54	0,53	0,52	0,49	0,52	0,49	0,50	0,49	0,47	0,44	0,49	0,47	0,46	0,36
16	1	0,57	0,56	0,57	0,55	0,52	0,53	0,52	0,51	0,53	0,51	0,52	0,51	0,49	0,47	0,43
	2	0,50	0,49	0,49	0,47	0,49	0,47	0,48	0,48	0,45	0,47	0,44	0,43	0,42	0,44	0,33
	3	0,58	0,56	0,56	0,54	0,51	0,52	0,54	0,51	0,53	0,52	0,51	0,49	0,52	0,49	0,44

DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS																
Amostra T52 - Recozimento em Caixa																
Cilindro após a expansão - Profundidade do Friso (mm)																
Lata	Seção	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
17	1	0,61	0,60	0,59	0,58	0,59	0,57	0,57	0,56	0,55	0,53	0,55	0,51	0,53	0,51	0,44
	2	0,61	0,60	0,58	0,55	0,58	0,55	0,56	0,56	0,55	0,49	0,52	0,50	0,49	0,51	0,46
	3	0,48	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,42	0,41	0,41	0,39	0,37	0,37
18	1	0,49	0,50	0,49	0,48	0,49	0,46	0,42	0,44	0,46	0,37	0,42	0,41	0,38	0,38	0,30
	2	0,52	0,52	0,50	0,52	0,50	0,49	0,41	0,48	0,45	0,41	0,45	0,41	0,45	0,42	0,30
	3	0,52	0,51	0,50	0,51	0,51	0,48	0,43	0,46	0,47	0,40	0,43	0,40	0,41	0,36	0,32
19	1	0,57	0,55	0,55	0,53	0,52	0,53	0,51	0,52	0,50	0,49	0,47	0,50	0,48	0,48	0,42
	2	0,54	0,54	0,55	0,53	0,52	0,53	0,52	0,52	0,53	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,44
	3	0,49	0,46	0,47	0,46	0,44	0,47	0,44	0,45	0,44	0,43	0,41	0,41	0,39	0,38	0,34
20	1	0,49	0,50	0,51	0,51	0,49	0,46	0,47	0,45	0,42	0,45	0,43	0,44	0,42	0,40	0,29
	2	0,57	0,60	0,58	0,59	0,58	0,57	0,54	0,56	0,53	0,53	0,55	0,50	0,53	0,51	0,44
	3	0,59	0,54	0,54	0,51	0,49	0,48	0,49	0,46	0,47	0,47	0,46	0,43	0,44	0,40	0,36
DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS																
Amostra T59 - Recozimento Contínuo																
Cilindro após a expansão - Profundidade do Friso (mm)																
Lata	Seção	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
1	1	0,62	0,60	0,61	0,59	0,58	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	0,55	0,52	0,46
	2	0,52	0,50	0,51	0,50	0,48	0,50	0,49	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,46	0,44	0,36
	3	0,44	0,42	0,43	0,43	0,42	0,42	0,42	0,42	0,39	0,38	0,36	0,38	0,36	0,35	0,28
2	1	0,52	0,50	0,52	0,49	0,50	0,49	0,48	0,47	0,47	0,45	0,44	0,45	0,42	0,42	0,32
	2	0,48	0,47	0,47	0,45	0,46	0,45	0,44	0,45	0,44	0,40	0,42	0,42	0,41	0,41	0,30
	3	0,60	0,58	0,59	0,56	0,58	0,57	0,57	0,55	0,56	0,52	0,54	0,54	0,52	0,54	0,48
3	1	0,42	0,41	0,41	0,41	0,39	0,41	0,41	0,41	0,37	0,36	0,35	0,35	0,35	0,33	0,28
	2	0,62	0,60	0,59	0,57	0,58	0,59	0,57	0,57	0,56	0,54	0,52	0,55	0,51	0,50	0,45
	3	0,51	0,52	0,51	0,50	0,47	0,48	0,49	0,48	0,46	0,45	0,44	0,42	0,43	0,43	0,35
4	1	0,62	0,62	0,61	0,60	0,59	0,60	0,58	0,59	0,57	0,56	0,54	0,56	0,54	0,53	0,46
	2	0,54	0,53	0,52	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,47	0,44	0,44	0,43	0,44	0,34
	3	0,49	0,49	0,49	0,48	0,46	0,48	0,46	0,46	0,44	0,44	0,42	0,45	0,42	0,42	0,33
5	1	0,60	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,56	0,57	0,56	0,54	0,53	0,54	0,52	0,51	0,46
	2	0,49	0,48	0,48	0,48	0,45	0,46	0,46	0,45	0,44	0,42	0,40	0,39	0,38	0,37	0,30
	3	0,60	0,58	0,57	0,56	0,56	0,55	0,56	0,56	0,54	0,52	0,54	0,51	0,51	0,50	0,44
6	1	0,44	0,42	0,42	0,41	0,40	0,41	0,38	0,40	0,38	0,36	0,35	0,36	0,34	0,35	0,28
	2	0,59	0,59	0,57	0,56	0,55	0,57	0,56	0,57	0,56	0,55	0,50	0,53	0,52	0,50	0,45
	3	0,60	0,58	0,58	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,54	0,51	0,50	0,49	0,50	0,49	0,45
7	1	0,45	0,47	0,46	0,43	0,42	0,45	0,42	0,43	0,41	0,40	0,37	0,40	0,36	0,36	0,31
	2	0,63	0,62	0,60	0,60	0,59	0,59	0,60	0,60	0,58	0,57	0,56	0,56	0,57	0,54	0,47
	3	0,56	0,56	0,54	0,55	0,53	0,55	0,54	0,54	0,55	0,53	0,50	0,51	0,52	0,50	0,45
8	1	0,41	0,42	0,41	0,40	0,39	0,40	0,38	0,39	0,37	0,35	0,35	0,35	0,33	0,34	0,26
	2	0,57	0,57	0,56	0,56	0,51	0,55	0,54	0,54	0,54	0,52	0,49	0,49	0,49	0,47	0,45
	3	0,52	0,52	0,51	0,52	0,49	0,51	0,50	0,49	0,50	0,48	0,46	0,47	0,48	0,43	0,41
9	1	0,63	0,55	0,62	0,59	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,56	0,56	0,54	0,56	0,55	0,45
	2	0,58	0,59	0,56	0,57	0,53	0,56	0,55	0,55	0,55	0,53	0,50	0,52	0,53	0,49	0,47
	3	0,47	0,46	0,46	0,44	0,43	0,44	0,42	0,42	0,40	0,38	0,38	0,36	0,36	0,35	0,31
10	1	0,63	0,63	0,61	0,60	0,58	0,60	0,59	0,59	0,58	0,56	0,55	0,55	0,56	0,56	0,49
	2	0,52	0,50	0,48	0,49	0,46	0,46	0,47	0,44	0,46	0,43	0,40	0,41	0,43	0,36	0,33
	3	0,63	0,60	0,60	0,58	0,56	0,58	0,57	0,58	0,57	0,55	0,54	0,55	0,51	0,54	0,44

DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS																
Amostra T59 - Recozimento Contínuo																
Cilindro após a expansão - Profundidade do Friso (mm)																
Lata	Seção	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
11	1	0,52	0,53	0,51	0,48	0,46	0,48	0,44	0,45	0,44	0,44	0,42	0,43	0,41	0,42	0,30
	2	0,63	0,62	0,61	0,60	0,60	0,57	0,59	0,58	0,57	0,57	0,56	0,54	0,54	0,51	0,46
	3	0,54	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,49	0,49	0,48	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41	0,34
12	1	0,47	0,45	0,45	0,43	0,42	0,43	0,41	0,42	0,41	0,40	0,39	0,37	0,35	0,34	0,28
	2	0,57	0,55	0,55	0,51	0,51	0,50	0,49	0,49	0,47	0,46	0,45	0,44	0,42	0,46	0,33
	3	0,58	0,56	0,58	0,56	0,52	0,54	0,55	0,51	0,54	0,52	0,49	0,49	0,51	0,43	0,41
13	1	0,49	0,49	0,50	0,48	0,48	0,47	0,46	0,47	0,45	0,43	0,44	0,43	0,41	0,43	0,29
	2	0,60	0,60	0,58	0,58	0,56	0,57	0,57	0,56	0,57	0,55	0,51	0,53	0,53	0,49	0,47
	3	0,44	0,43	0,43	0,43	0,40	0,43	0,42	0,42	0,40	0,38	0,36	0,36	0,35	0,33	0,29
14	1	0,52	0,49	0,50	0,48	0,47	0,48	0,45	0,45	0,44	0,42	0,40	0,43	0,42	0,43	0,30
	2	0,58	0,59	0,56	0,57	0,53	0,56	0,55	0,53	0,54	0,51	0,48	0,49	0,49	0,45	0,42
	3	0,45	0,43	0,42	0,41	0,39	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,34	0,33	0,31	0,29	0,25
15	1	0,62	0,61	0,60	0,59	0,62	0,58	0,59	0,59	0,56	0,55	0,57	0,54	0,55	0,56	0,45
	2	0,52	0,49	0,51	0,50	0,48	0,50	0,49	0,50	0,49	0,47	0,45	0,47	0,43	0,43	0,33
	3	0,51	0,49	0,47	0,47	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,43	0,41	0,41	0,43	0,39	0,30
16	1	0,62	0,62	0,61	0,58	0,59	0,57	0,58	0,57	0,56	0,56	0,54	0,55	0,52	0,54	0,45
	2	0,49	0,49	0,49	0,47	0,47	0,45	0,47	0,45	0,44	0,43	0,42	0,39	0,39	0,39	0,31
	3	0,65	0,62	0,61	0,61	0,57	0,60	0,59	0,58	0,60	0,57	0,55	0,56	0,55	0,51	0,47
17	1	0,50	0,49	0,49	0,48	0,47	0,47	0,47	0,45	0,45	0,43	0,42	0,40	0,40	0,39	0,32
	2	0,55	0,53	0,56	0,52	0,53	0,51	0,50	0,51	0,51	0,47	0,49	0,47	0,47	0,49	0,37
	3	0,58	0,59	0,58	0,57	0,56	0,56	0,56	0,56	0,54	0,53	0,51	0,52	0,49	0,50	0,46
18	1	0,53	0,52	0,51	0,49	0,51	0,49	0,49	0,48	0,48	0,46	0,47	0,45	0,44	0,44	0,35
	2	0,52	0,53	0,52	0,50	0,49	0,52	0,49	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,46	0,42	0,36
	3	0,42	0,43	0,40	0,39	0,40	0,38	0,39	0,40	0,38	0,39	0,35	0,34	0,33	0,32	0,24
19	1	0,52	0,51	0,49	0,50	0,49	0,49	0,49	0,48	0,47	0,45	0,44	0,45	0,45	0,43	0,35
	2	0,42	0,40	0,40	0,39	0,41	0,39	0,40	0,37	0,36	0,34	0,35	0,32	0,32	0,30	0,23
	3	0,58	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,53	0,53	0,52	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,40
20	1	0,64	0,60	0,60	0,56	0,54	0,57	0,55	0,57	0,53	0,54	0,52	0,54	0,46	0,51	0,40
	2	0,57	0,57	0,55	0,56	0,55	0,54	0,55	0,52	0,54	0,52	0,50	0,49	0,51	0,46	0,42
	3	0,44	0,43	0,42	0,40	0,42	0,41	0,39	0,42	0,37	0,38	0,36	0,35	0,31	0,34	0,23

DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS																
Amostra T52 - Recozimento em Caixa																
Cilindro após a expansão - Profundidade Média do Friso (mm)																
Lata	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	
1	0,60	0,56	0,54	0,54	0,53	0,53	0,51	0,50	0,51	0,52	0,50	0,49	0,49	0,48	0,41	
2	0,55	0,56	0,56	0,55	0,54	0,52	0,52	0,51	0,52	0,50	0,50	0,48	0,48	0,46	0,42	
3	0,58	0,57	0,53	0,57	0,56	0,54	0,51	0,56	0,54	0,50	0,53	0,50	0,51	0,50	0,40	
4	0,50	0,51	0,48	0,49	0,50	0,48	0,44	0,46	0,46	0,40	0,42	0,42	0,40	0,38	0,29	
5	0,53	0,52	0,48	0,48	0,48	0,47	0,42	0,44	0,45	0,39	0,40	0,41	0,40	0,37	0,28	
6	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,52	0,50	0,49	0,48	0,49	0,48	0,39	
7	0,62	0,59	0,55	0,57	0,56	0,54	0,49	0,52	0,51	0,45	0,47	0,46	0,45	0,43	0,34	
8	0,51	0,52	0,48	0,50	0,49	0,49	0,45	0,49	0,47	0,42	0,44	0,43	0,43	0,43	0,34	
9	0,54	0,53	0,51	0,49	0,49	0,47	0,41	0,45	0,45	0,38	0,40	0,39	0,37	0,37	0,28	
10	0,57	0,57	0,55	0,54	0,53	0,51	0,47	0,50	0,50	0,44	0,45	0,44	0,43	0,42	0,33	
11	0,54	0,54	0,53	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,38	

DETERMINAÇÃO DA PROFUNDIDADE DOS FRISOS															
Amostra T52 - Recozimento em Caixa															
Cilindro após a expansão - Profundidade Média do Friso (mm)															
Lata	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
12	0,54	0,54	0,52	0,50	0,50	0,50	0,49	0,49	0,48	0,46	0,44	0,45	0,44	0,44	0,36
13	0,57	0,54	0,54	0,53	0,52	0,52	0,51	0,52	0,50	0,50	0,48	0,48	0,47	0,47	0,41
14	0,56	0,54	0,54	0,52	0,52	0,53	0,52	0,52	0,50	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,41
15	0,59	0,58	0,57	0,56	0,53	0,54	0,54	0,52	0,53	0,52	0,49	0,50	0,51	0,48	0,42
16	0,55	0,54	0,54	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,48	0,48	0,47	0,40
17	0,57	0,55	0,54	0,53	0,54	0,52	0,52	0,52	0,51	0,48	0,49	0,47	0,46	0,46	0,40
18	0,51	0,51	0,50	0,50	0,50	0,48	0,42	0,46	0,46	0,39	0,43	0,41	0,41	0,39	0,31
19	0,53	0,52	0,52	0,51	0,49	0,51	0,49	0,50	0,49	0,48	0,46	0,47	0,45	0,45	0,40
20	0,55	0,55	0,54	0,54	0,52	0,50	0,50	0,49	0,47	0,48	0,48	0,46	0,46	0,44	0,36
1	0,53	0,51	0,52	0,51	0,49	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,46	0,46	0,44	0,37
2	0,53	0,52	0,53	0,50	0,51	0,50	0,50	0,49	0,49	0,46	0,47	0,47	0,45	0,46	0,37
3	0,52	0,51	0,50	0,49	0,48	0,49	0,49	0,49	0,46	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,36
4	0,55	0,55	0,54	0,53	0,52	0,53	0,51	0,51	0,50	0,49	0,47	0,48	0,46	0,46	0,38
5	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,53	0,51	0,49	0,49	0,48	0,47	0,46	0,40
6	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,51	0,50	0,51	0,49	0,47	0,45	0,46	0,45	0,45	0,39
7	0,55	0,55	0,53	0,53	0,51	0,53	0,52	0,52	0,51	0,50	0,48	0,49	0,48	0,47	0,41
8	0,50	0,50	0,49	0,49	0,46	0,49	0,47	0,47	0,47	0,45	0,43	0,44	0,43	0,41	0,37
9	0,56	0,53	0,55	0,53	0,52	0,53	0,52	0,52	0,51	0,49	0,48	0,47	0,48	0,46	0,41
10	0,59	0,58	0,56	0,56	0,53	0,55	0,54	0,54	0,54	0,51	0,50	0,50	0,50	0,49	0,42
11	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,49	0,47	0,47	0,46	0,45	0,37
12	0,54	0,52	0,53	0,50	0,48	0,49	0,48	0,47	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,34
13	0,51	0,51	0,50	0,50	0,48	0,49	0,48	0,48	0,47	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,35
14	0,52	0,50	0,49	0,49	0,46	0,48	0,46	0,45	0,45	0,43	0,41	0,42	0,41	0,39	0,32
15	0,55	0,53	0,53	0,52	0,51	0,51	0,51	0,51	0,49	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,36
16	0,59	0,58	0,57	0,55	0,54	0,54	0,55	0,53	0,53	0,52	0,50	0,50	0,49	0,48	0,41
17	0,54	0,54	0,54	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,48	0,47	0,46	0,45	0,46	0,38
18	0,49	0,49	0,48	0,46	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45	0,44	0,42	0,41	0,39	0,32
19	0,51	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,46	0,45	0,43	0,43	0,42	0,42	0,40	0,33
20	0,55	0,53	0,52	0,51	0,50	0,51	0,50	0,50	0,48	0,48	0,46	0,46	0,43	0,44	0,35

AVALIAÇÃO DA REGRAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Cilindro após a expansão										
Espessura Corpo (mm)				0,20		Espessura Tampa (mm)			0,17	
Lata	Seção	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL
1	1	1,10	2,54	2,97	1,85	1,77	1,32	65,1%	79,7%	0,190
	2	1,05	2,63	3,08	1,82	1,73	1,14	54,4%	74,2%	0,140
	3	1,09	2,63	3,02	1,83	1,82	1,25	59,3%	78,6%	0,180
2	1	1,08	2,62	3,01	1,91	1,75	1,25	60,6%	75,5%	0,170
	2	1,08	2,60	3,01	1,80	1,78	1,22	58,2%	77,8%	0,170
	3	1,06	2,63	3,06	1,85	1,71	1,14	54,9%	73,2%	0,150
3	1	1,07	2,48	3,17	1,65	1,64	1,02	52,9%	75,3%	0,160
	2	1,04	2,50	3,16	1,69	1,70	1,12	56,5%	77,6%	0,130
	3	1,08	2,49	3,14	1,71	1,83	1,25	65,2%	84,9%	0,170

AVALIAÇÃO DA RECRAVAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Cilindro após a expansão										
Lata	Espessura Corpo (mm)			0,20		Espessura Tampa (mm)			0,17	
	Seção	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL
4	1	1,13	2,47	3,09	1,69	1,80	1,22	64,3%	84,2%	0,220
	2	1,10	2,48	3,06	1,77	1,80	1,33	67,7%	83,8%	0,190
	3	1,10	2,48	3,08	1,70	1,82	1,29	65,1%	84,8%	0,190
5	1	1,10	2,56	3,23	1,60	1,89	1,14	56,8%	84,9%	0,190
	2	1,05	2,58	3,25	1,48	1,73	0,84	41,1%	76,0%	0,140
	3	1,08	2,49	3,17	1,75	1,68	1,19	59,4%	77,0%	0,170
6	1	1,06	2,58	3,05	1,89	1,79	1,32	64,8%	79,1%	0,150
	2	1,06	2,61	3,06	1,83	1,90	1,36	64,8%	83,3%	0,150
	3	1,07	2,63	3,01	1,86	1,83	1,26	61,2%	79,1%	0,160
7	1	1,07	2,51	3,21	1,71	1,74	1,14	58,8%	79,3%	0,160
	2	1,07	2,63	3,22	1,55	1,80	0,92	44,5%	77,6%	0,160
	3	1,08	2,55	3,03	1,79	1,85	1,31	65,3%	83,3%	0,170
8	1	1,10	2,47	3,11	1,76	1,67	1,18	61,1%	77,3%	0,190
	2	1,05	2,51	3,15	1,64	1,76	1,14	56,2%	80,4%	0,140
	3	1,05	2,52	3,25	1,65	1,67	1,02	51,2%	75,3%	0,140
9	1	1,09	2,49	3,20	1,62	1,70	1,02	53,6%	78,1%	0,180
	2	1,06	2,66	3,23	1,57	1,60	0,73	33,7%	66,8%	0,150
	3	1,07	2,56	3,13	1,78	1,80	1,25	61,4%	80,4%	0,160
10	1	1,07	2,62	3,04	1,79	1,77	1,16	55,6%	76,5%	0,160
	2	1,06	2,51	3,04	1,73	1,75	1,19	60,4%	79,9%	0,150
	3	1,08	2,57	3,19	1,65	1,88	1,20	58,0%	84,0%	0,170
11	1	1,06	2,63	3,04	1,92	1,76	1,27	60,8%	75,6%	0,150
	2	1,07	2,63	3,07	1,89	1,92	1,40	67,1%	83,5%	0,160
	3	1,06	2,57	2,97	1,91	1,88	1,44	71,2%	84,0%	0,150
12	1	1,03	2,62	3,08	1,84	1,84	1,27	61,5%	80,0%	0,120
	2	1,06	2,65	3,12	1,94	2,04	1,54	73,8%	88,5%	0,150
	3	1,03	2,58	3,08	1,84	1,67	1,14	56,2%	73,0%	0,120
13	1	1,03	2,63	3,10	1,88	1,78	1,26	59,8%	76,6%	0,120
	2	1,02	2,65	3,07	1,85	1,72	1,15	53,8%	73,0%	0,110
	3	1,05	2,70	3,08	1,92	1,80	1,25	57,3%	75,0%	0,140
14	1	1,05	2,57	3,08	1,87	1,73	1,25	61,6%	76,4%	0,140
	2	1,07	2,70	3,04	1,89	1,75	1,14	53,5%	72,6%	0,160
	3	1,07	2,63	3,08	1,96	1,76	1,30	62,7%	75,6%	0,160
15	1	1,11	2,57	2,93	1,86	1,75	1,27	62,1%	77,4%	0,200
	2	1,07	2,60	2,99	1,79	1,88	1,29	62,7%	82,8%	0,160
	3	1,05	2,58	3,00	1,78	1,76	1,18	57,8%	77,5%	0,140
16	1	1,06	2,55	3,02	1,83	1,80	1,30	64,8%	80,8%	0,150
	2	1,06	2,57	3,03	1,77	1,78	1,19	59,1%	78,9%	0,150
	3	1,05	2,61	2,99	1,75	1,78	1,15	54,9%	77,4%	0,140
17	1	1,08	2,55	3,04	1,75	1,76	1,17	58,6%	78,7%	0,170
	2	1,06	2,57	3,04	1,76	1,66	1,08	52,5%	72,9%	0,150
	3	1,09	2,53	2,93	1,83	1,70	1,25	61,3%	76,4%	0,180
18	1	1,08	2,55	3,15	1,77	1,80	1,23	61,7%	80,8%	0,170
	2	1,09	2,51	3,16	1,71	1,94	1,37	69,3%	89,8%	0,180
	3	1,10	2,40	3,21	1,69	1,76	1,27	68,5%	85,3%	0,190

AVALIAÇÃO DA REGRAVAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Cilindro após a expansão										
Espessura Corpo (mm)				0,20		Espessura Tampa (mm)				0,17
Lata	Seção	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL
19	1	1,08	2,68	3,07	1,90	1,79	1,23	57,4%	75,3%	0,170
	2	1,08	2,64	3,04	1,84	1,87	1,28	61,4%	80,6%	0,170
	3	1,06	2,71	3,05	1,88	1,81	1,20	55,2%	75,1%	0,150
20	1	1,06	2,67	3,01	1,84	1,77	1,17	54,3%	74,7%	0,150
	2	1,06	2,62	2,99	1,86	1,74	1,21	57,6%	75,0%	0,150
	3	1,07	2,62	3,01	1,83	1,89	1,33	63,5%	82,4%	0,160
AVALIAÇÃO DA REGRAVAÇÃO										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Cilindro após a expansão										
Espessura Corpo (mm)				0,20		Espessura Tampa (mm)				0,17
Lata	Seção	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL
1	1	1,07	2,61	3,05	1,97	1,78	1,36	65,8%	77,4%	0,160
	2	1,05	2,63	3,09	1,90	1,89	1,38	66,2%	82,0%	0,140
	3	1,07	2,60	3,08	1,92	1,92	1,49	71,1%	84,7%	0,160
2	1	1,09	2,61	3,06	1,76	1,74	1,13	53,4%	75,4%	0,180
	2	1,08	2,59	3,03	1,85	1,92	1,40	68,5%	85,2%	0,170
	3	1,08	2,59	3,02	1,90	1,76	1,29	63,0%	77,2%	0,170
3	1	1,07	2,61	3,02	1,81	1,86	1,30	61,9%	81,3%	0,160
	2	1,06	2,61	3,05	1,85	1,72	1,21	56,9%	74,4%	0,150
	3	1,09	2,63	3,01	1,85	1,89	1,34	63,7%	82,0%	0,180
4	1	1,10	2,53	3,04	1,79	1,72	1,21	60,3%	77,5%	0,190
	2	1,08	2,48	2,99	1,90	1,91	1,54	80,4%	89,6%	0,170
	3	1,10	2,55	3,01	1,81	1,83	1,29	65,3%	82,3%	0,190
5	1	1,07	2,60	3,04	1,83	1,79	1,25	60,2%	78,3%	0,160
	2	1,07	2,59	3,10	1,81	1,82	1,25	61,5%	80,2%	0,160
	3	1,06	2,63	3,08	1,84	1,88	1,32	62,7%	81,5%	0,150
6	1	1,05	2,57	3,06	1,93	1,86	1,43	71,2%	83,0%	0,140
	2	1,08	2,60	3,06	1,93	1,78	1,33	64,7%	77,8%	0,170
	3	1,06	2,65	3,08	1,94	1,90	1,40	67,0%	81,7%	0,150
7	1	1,06	2,63	3,02	1,81	1,80	1,20	57,3%	77,6%	0,150
	2	1,10	2,54	3,03	1,77	1,68	1,12	56,4%	75,0%	0,190
	3	1,08	2,56	3,02	1,80	1,72	1,17	58,3%	76,3%	0,170
8	1	1,06	2,63	3,12	1,87	1,76	1,24	58,3%	75,6%	0,150
	2	1,07	2,66	3,13	2,00	1,80	1,35	64,2%	76,5%	0,160
	3	1,06	2,66	3,16	1,90	1,89	1,35	63,7%	80,8%	0,150
9	1	1,09	2,58	3,01	1,81	1,71	1,17	56,7%	75,0%	0,180
	2	1,07	2,61	3,02	1,82	1,86	1,29	62,4%	81,3%	0,160
	3	1,09	2,58	3,04	1,80	1,86	1,27	63,8%	82,6%	0,180
10	1	1,10	2,55	3,05	1,78	1,94	1,38	69,4%	87,9%	0,190
	2	1,07	2,55	3,05	1,84	1,82	1,35	66,3%	81,8%	0,160
	3	1,07	2,50	3,01	1,82	1,82	1,35	69,6%	83,9%	0,160
11	1	1,08	2,59	3,03	1,81	1,86	1,32	63,5%	82,2%	0,170
	2	1,08	2,52	3,03	1,84	1,83	1,37	69,4%	83,6%	0,170
	3	1,09	2,66	3,02	1,93	1,84	1,33	62,8%	78,4%	0,180
12	1	1,07	2,56	3,08	1,93	2,02	1,61	80,2%	91,6%	0,160
	2	1,10	2,56	3,06	1,93	1,80	1,38	69,0%	80,4%	0,190
	3	1,07	2,53	3,06	1,88	1,77	1,35	67,5%	80,1%	0,160

AVALIAÇÃO DA REGRAVAÇÃO										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Cilindro após a expansão										
Espessura Corpo (mm)				0,20		Espessura Tampa (mm)				0,17
Lata	Seção	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL
13	1	1,09	2,58	3,08	1,82	1,67	1,16	55,2%	73,0%	0,180
	2	1,07	2,68	3,08	1,83	1,69	1,07	49,2%	70,5%	0,160
	3	1,08	2,58	3,05	1,86	1,81	1,30	64,3%	80,1%	0,170
14	1	1,08	2,64	3,15	1,92	1,99	1,50	71,2%	86,5%	0,170
	2	1,06	2,57	3,10	1,96	1,96	1,58	77,8%	88,1%	0,150
	3	1,07	2,60	3,07	1,95	1,81	1,38	67,1%	79,3%	0,160
15	1	1,09	2,52	3,01	1,90	1,99	1,59	80,8%	91,9%	0,180
	2	1,10	2,64	3,02	1,98	1,97	1,54	73,2%	85,5%	0,190
	3	1,12	2,57	2,99	1,78	2,05	1,48	73,2%	92,6%	0,210
16	1	1,10	2,64	3,06	1,82	1,84	1,23	59,0%	79,2%	0,190
	2	1,07	2,61	3,07	1,81	1,80	1,23	58,9%	78,4%	0,160
	3	1,06	2,63	3,03	1,81	1,82	1,23	58,3%	78,6%	0,150
17	1	1,10	2,57	3,00	1,85	1,82	1,33	65,1%	81,0%	0,190
	2	1,07	2,62	3,08	1,85	1,96	1,41	68,0%	85,9%	0,160
	3	1,06	2,63	3,05	1,87	1,83	1,30	61,7%	79,1%	0,150
18	1	1,08	2,56	3,03	1,81	2,04	1,50	75,1%	92,6%	0,170
	2	1,12	2,61	3,04	1,80	2,10	1,52	73,3%	93,3%	0,210
	3	1,07	2,56	2,99	1,90	2,03	1,59	79,2%	92,1%	0,160
19	1	1,08	2,55	3,05	1,93	2,04	1,63	82,2%	93,0%	0,170
	2	1,07	2,61	3,06	1,99	1,95	1,56	75,2%	85,8%	0,160
	3	1,04	2,57	3,04	1,91	1,78	1,35	66,1%	78,9%	0,130
20	1	1,10	2,54	2,96	1,80	1,63	1,13	55,3%	72,5%	0,190
	2	1,10	2,55	2,99	1,80	1,76	1,25	61,2%	78,7%	0,190
	3	1,09	2,49	2,96	1,84	1,70	1,28	65,2%	78,1%	0,180

AVALIAÇÃO DA REGRAVAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Cilindro após a expansão - Médias										
Lata	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL	A (%)
1	1,08	2,60	3,02	1,83	1,77	1,24	59,6%	77,5%	0,170	90,0%
2	1,07	2,62	3,03	1,85	1,75	1,20	57,9%	75,5%	0,163	95,0%
3	1,06	2,49	3,16	1,68	1,72	1,13	58,2%	79,3%	0,153	95,0%
4	1,11	2,48	3,08	1,72	1,81	1,28	65,7%	84,3%	0,200	95,0%
5	1,08	2,54	3,22	1,61	1,77	1,06	52,5%	79,3%	0,167	90,0%
6	1,06	2,61	3,04	1,86	1,84	1,31	63,6%	80,5%	0,153	90,0%
7	1,07	2,56	3,15	1,68	1,80	1,12	56,2%	80,1%	0,163	95,0%
8	1,07	2,50	3,17	1,68	1,70	1,11	56,2%	77,7%	0,157	90,0%
9	1,07	2,57	3,19	1,66	1,70	1,00	49,6%	75,1%	0,163	75,0%
10	1,07	2,57	3,09	1,72	1,80	1,18	58,0%	80,1%	0,160	85,0%
11	1,06	2,61	3,03	1,91	1,85	1,37	66,4%	81,0%	0,153	80,0%
12	1,04	2,62	3,09	1,87	1,85	1,32	63,9%	80,5%	0,130	80,0%
13	1,03	2,66	3,08	1,88	1,77	1,22	57,0%	74,9%	0,123	85,0%
14	1,06	2,63	3,07	1,91	1,75	1,23	59,3%	74,9%	0,153	85,0%
15	1,08	2,58	2,97	1,81	1,80	1,25	60,8%	79,2%	0,167	85,0%
16	1,06	2,58	3,01	1,78	1,79	1,21	59,6%	79,0%	0,147	80,0%

AVALIAÇÃO DA REGRAÇÃO										
Amostra T52 - Recozimento em Caixa										
Cilindro após a expansão – Médias										
Lata	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL	A (%)
17	1,08	2,55	3,00	1,78	1,71	1,17	57,5%	76,0%	0,167	90,0%
18	1,09	2,49	3,17	1,72	1,83	1,29	66,5%	85,3%	0,180	95,0%
19	1,07	2,68	3,05	1,87	1,82	1,24	58,0%	77,0%	0,163	95,0%
20	1,06	2,64	3,00	1,84	1,80	1,24	58,5%	77,4%	0,153	90,0%
AVALIAÇÃO DA REGRAÇÃO										
Amostra T59 - Recozimento Contínuo										
Cilindro após a expansão – Médias										
Lata	E (mm)	A (mm)	PR (mm)	GT (mm)	GC (mm)	S (mm)	S (%)	EGC (%)	EL	A (%)
1	1,06	2,61	3,07	1,93	1,86	1,33	67,7%	81,4%	0,153	90,0%
2	1,08	2,60	3,04	1,84	1,81	1,33	61,6%	79,2%	0,173	85,0%
3	1,07	2,62	3,03	1,84	1,82	1,25	60,8%	79,3%	0,163	100,0%
4	1,09	2,52	3,01	1,83	1,82	1,36	68,7%	83,1%	0,183	100,0%
5	1,07	2,61	3,07	1,83	1,83	1,33	61,5%	80,0%	0,157	95,0%
6	1,06	2,61	3,07	1,93	1,85	1,31	67,6%	80,8%	0,153	95,0%
7	1,08	2,58	3,02	1,79	1,73	1,18	57,3%	76,3%	0,170	95,0%
8	1,06	2,65	3,14	1,92	1,82	1,29	62,1%	77,6%	0,153	95,0%
9	1,08	2,59	3,02	1,81	1,81	1,31	61,0%	79,7%	0,173	95,0%
10	1,08	2,53	3,04	1,81	1,86	1,34	68,4%	84,6%	0,170	100,0%
11	1,08	2,59	3,03	1,86	1,84	1,44	65,2%	81,4%	0,173	95,0%
12	1,08	2,55	3,07	1,91	1,86	1,30	72,2%	84,0%	0,170	95,0%
13	1,08	2,61	3,07	1,84	1,72	1,29	56,3%	74,5%	0,170	100,0%
14	1,07	2,60	3,11	1,94	1,92	1,52	72,0%	84,6%	0,160	100,0%
15	1,10	2,58	3,01	1,89	2,00	1,42	75,7%	90,0%	0,193	100,0%
16	1,08	2,63	3,05	1,81	1,82	1,26	58,7%	78,7%	0,167	90,0%
17	1,08	2,61	3,04	1,86	1,87	1,40	64,9%	82,0%	0,167	95,0%
18	1,09	2,58	3,02	1,84	2,06	1,56	75,9%	92,6%	0,180	100,0%
19	1,06	2,58	3,05	1,94	1,92	1,51	74,5%	85,9%	0,153	100,0%
20	1,10	2,53	2,97	1,81	1,70	1,22	60,6%	76,4%	0,187	100,0%

GLOSSÁRIO

Flange: ou pestana é a formação executada nas extremidades do corpo da lata de forma a acomodar a tampa e o fundo da lata para a operação de fechamento ou recravação da mesma.

Folha-de-flandres: folha laminada de aço-carbono, revestida em ambas as faces com estanho pelo processo de eletrodeposição.

Friso: vincos ondulados introduzidos na parte central do corpo das latas para possibilitar redução de espessura da folha sem alteração da resistência mecânica

General line: denominação dada às latas destinadas para produtos não alimentícios.

Lata de duas peças: lata formada por dois componentes básicos: corpo com fundo integrado e tampa.

Lata de três peças: lata formada por três componentes básicos: corpo, tampa e fundo, onde a tampa pode ser constituída de um ou mais componentes.

Lata expandida: lata com forma diferenciada produzida a partir de um processo de expansão do corpo da lata.

Lata sanitária: embalagem metálica hermeticamente fechada, de duas ou três peças, destinada a produtos alimentícios processados.

Necking profundo: grande gargalo em latas com grande redução da área superficial da tampa ou fundo das latas, geralmente em torno de 10mm, resultando em economia de material metálico e melhorando o desempenho de empilhamento das latas pela possibilidade de encaixe entre umas sobre as outras.

Necking: gargalo em latas com redução da área superficial da tampa ou fundo das latas, resultando em economia de material metálico e melhorando o desempenho de empilhamento das latas pela possibilidade de encaixe entre umas sobre as outras.

Open top: denominação dada às latas destinadas para produtos alimentícios.

Pet food: comida preparada para animais de estimação.

Processo de expansão: processo empregado para a obtenção de latas com formas diferenciadas.

Processo spin flow necking: processo através do qual parte-se de um corpo de lata cilíndrico com diâmetro final e obtém-se o *necking* neste corpo de lata através da redução do diâmetro de uma das extremidades corpo da lata.

Processo stretching: processo através do qual parte-se de um corpo de lata cilíndrico com determinado diâmetro e obtém-se o *necking* neste corpo de lata através do estiramento ou esticamento deste corpo de lata até que a lata atinja um diâmetro comercial padronizado.

Recravação: é o fechamento da lata, definida como uma operação mecânica de união do corpo da lata com a tampa e o fundo, sendo formado por duas espessuras do corpo e três espessuras da tampa ou fundo.

Rolha metálica: é uma tampa metálica para fechamento de garrafas de vidro.

Stretch: esticar ou estirar determinado material.