



## **Análise de Processos Fabris na BA Vidro**

*João Alberto Henriques Morais Câmara Manoel*

### **Dissertação de Mestrado**

Orientador na FEUP: Professora Ana Camanho

Orientador na BA Vidro: Engenheiro Fernando Costa



# **FEUP**

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto**  
**Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão**

2010-07-05

*Aos meus Pais*

## Resumo

O presente relatório incidiu no estudo da evolução dos rácios reais de espessura, de várias embalagens, das diversas fábricas do grupo BA Vidro, como objectivo de identificar potenciais melhorias na concepção do produto.

Este projecto respondeu à necessidade de melhorar os *inputs* do serviço de desenvolvimento de produto. Actualmente são utilizados rácios teóricos de espessura que não reflectem a estabilidade e a capacidade real do processo das diversas fábricas do grupo. Assim, um só rácio é extrapolado para todos os locais de fabrico. Isto traduz ineficiências que se reflectem num aumento de peso das embalagens, que é crítico nas poupanças de matéria-prima, no impacto ambiental e no custo final do produto. O trabalho desenvolvido consistiu no cálculo de novos rácios, reais, que possam definir comportamentos no que toca à espessura das embalagens em cada fábrica, tendo em conta os processos, as ventilações e as referências.

O projecto é constituído por várias fases. A inicial dá conta da adaptação à realidade empresarial da BA de forma a adquirir competências no processo e nas rotinas do Serviço de Projecto e Desenvolvimento. A organização dos recursos (pessoas e equipamentos) necessários à recolha, transporte e medição das amostras foi tida em conta para que os tempos de medição de uma referência completa fossem baixos. O processo é a variável que mais influência tem na distribuição do vidro de uma embalagem, logo, no estudo dos rácios. É indispensável um conhecimento adequado dos processos para se poderem alcançar as conclusões correctas no âmbito deste projecto. Posteriormente, tendo por base a produção semanal, procurou-se recolher amostras de referências que respondessem ao planeamento inicial do estudo. Isto foi conjugado com o esforço de aquisição de dados, através de medições diárias de espessuras em várias partes das embalagens (pescoço, corpo e fundo). Assim, posteriormente, esta recolha de valores levou ao desenvolvimento de ferramentas que permitissem o tratamento do elevado volume de dados de uma forma pronta e eficaz, para que na última fase, se procedesse à análise dos mesmos.

O estudo provou que é possível obter melhorias no âmbito do projecto de produto através da introdução de rácios de espessura mais preciso que permitem a utilização de menos vidro nas embalagens. Conseguiu definir-se um mapa da capacidade dos processos instalados no universo do grupo BA Vidro.

Palavras-Chave: Rácio de Espessura, embalagens de vidro, Industria Vidreira, Desenvolvimento do Produto, Projecto

## **Analysis of Manufacturing Processes**

### **Abstract**

This report focused on the study of evolution of the actual thickness ratios of several containers of the various factories of the group BA Vidros, in order to identify potential improvements in the product conception.

For this project there was the need to optimize the inputs of the development product service. In a new project, theoretical thickness ratios that do not reflect the stability and the real process of the various factories of the group are used. Thus, a single ratio is extrapolated for each manufacturing site. This translates into inefficiencies that are reflected on an increased weight of the packaging, which is critical in the saving of raw materials, the environmental impact and overall costs passed to customers. The work led to the calculation of new real ratios that can define behaviors regarding the evolution of thickness in relation to the factory, processes and references.

The project consists of several phases. The initial stage reports on the adaptation to the business reality of BA in order to acquire skills in the process, routines on the Department of Design and Development. Management of the resources (human and equipments) needed to the catch, transport and measurement of the samples so that it was possible to reduce the time of a complete measurement. The process is the variable that has more influence on the quality of the glass distribution on a package, same happens in the ratios study. It is essential to an adequate knowledge of it to be able to reach the right conclusions of this project. Later, following the weekly production, there were collected samples that could meet the initial planning. This was combined with an effort of data acquisition through daily measurements of thickness in various packaging parts (neck, body and bottom) was made. The analysis of a larger number of values of thickness in the largest number of references, allows enriching and refining the study. So then, this collection of values led to the development of tools that enable the processing of high volumes of data in a prompt and effective way, so that in the last phase, we may proceed to start the analysis the results.

The study proved that it is possible to achieve improvements in product project. This is achievable introducing new thickness ratios using less glass in the containers. It was achievable to obtain a new map of process capacity in the universe of BA Vidro group.

**Key-Words:** Ratio of Thickness, Glass Container, Glass Industry, Product Development, Project

# Análise de Processos Fabris

## **Agradecimentos**

Ao Engenheiro Fernando Costa pela oportunidade de participar neste projecto.

A todos os colaboradores BA com que convivi, pessoal e profissionalmente, em particular do SPD, pelo conhecimento, experiência e ajuda incansável dispensada.

À Professora Ana Camanho pela incondicional ajuda prestada durante o projecto.

À BA Vidro, SA, pelo apoio disponibilizado e pela oportunidade de me ver inserido num grupo desta dimensão.

A todos os Professores que durante este percurso, que tem aqui o fim da sua primeira etapa, foram mais que Mestres, foram Amigos e Orientadores na busca de algo que só mais tarde conseguirei ver.

Àqueles, poucos, que pela sua presença ausente me ajudaram a viver na Marinha Grande durante esta fase, a escrever e inspirar esta tese e a lutar até ao fim.

Aos meus Pais, mais uma vez, ao meu Irmão e à minha Afilhada.

Muito Obrigado!

# Análise de Processos Fabris

## Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Apresentação da BA Vidro .....	1
1.2	Metodologia do Projecto.....	3
1.3	Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório .....	5
2	Processo Produtivo da BA Vidro.....	6
2.1	Processo de fabricação do vidro .....	7
2.1.1	Composição.....	7
2.1.2	Fusão.....	8
2.2	Fabricação da Embalagem .....	9
2.2.1	Moldação .....	9
2.2.2	Tratamento de superfície a quente .....	14
2.2.3	Recozimento.....	15
2.2.4	Tratamento de superfície a frio .....	15
2.3	Controlo de Qualidade .....	15
2.4	Paletização.....	16
2.5	Decoração.....	17
3	O Projecto de Embalagens de Vidro na BA.....	18
3.1	Serviço de Projecto e Desenvolvimento.....	18
3.1.1	Investigação e Desenvolvimento .....	19
3.1.2	Projecto de Produto .....	19
3.1.3	Embalagem.....	21
3.2	O Rácio Teórico .....	22
4	Análise de Rácios de Espessura .....	25
4.1	Introdução .....	25
4.2	Variáveis que influenciam a distribuição de vidro.....	25
4.3	Medições.....	27
4.4	Resumo do estudo .....	29
4.5	Análise dos Resultados.....	31
4.5.1	Soprado-Soprado .....	31
4.5.2	Prensado-Soprado.....	35
4.5.3	<i>Narrow-Neck Press and Blow</i> .....	39
5	Conclusões e Trabalhos Futuros .....	44
	Referências .....	46

# Análise de Processos Fabris

## **Siglas**

ANFEVI - Asociación Nacional de Empresas de Fabricación Automática de Envases de Vidrio

AV – Avintes

BA – BA Vidro, SA

BB – *Blow and Blow*

EBITDA – *Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization*

IS – *Individual Section*

Le – Léon

PB – *Press and Blow*

PSL – *Pressured Sensitive Label*

MG – Marinha Grande

NNPB – *Narrow Neck Press and Blow*

O-I – *Owens-Illinois*

PCS – Ponto de contacto superior

PCI – Ponto de contacto inferior

SPC – *Statistic Process Control* – Controlo Estatístico do Processo

SPD – Serviço de Projecto e Desenvolvimento

VF – Villafranca de los Barros

VN – Venda Nova

# Análise de Processos Fabris

## Índice de Figuras

Figura 1: Fábricas BA na Península Ibérica. (Fonte: BA Vidro) .....	2
Figura 2: Ciclo de vida do vidro. (Fonte: BA Vidro) .....	6
Figura 3: Esquema do processo produtivo de uma unidade fabril de embalagens de vidro. (Fonte: BA Vidro) .....	7
Figura 4: Casco (vidro em fim de vida) numa central de tratamento. (Fonte: <i>Envases de Vidrio</i> - ANFEVI).....	8
Figura 5: Esquema de um forno de fusão de vidro.....	9
Figura 6: Máquina IS em funcionamento. (Fonte: <i>Envases de Vidrio – ANFEVI</i> ) .....	10
Figura 7: Passos do Processo de moldação soprado-soprado. (Fonte: EMHART) .....	11
Figura 8: Detalhe do Anel de <i>Lynch</i> de uma garrafa de vinho feita no processo soprado- soprado. ....	12
Figura 9: Passos do Processo de moldação prensado-soprado. (Fonte: EMHART) .....	13
Figura 10: Passos do Processo de moldação <i>Narrow Neck Press-Blow</i> . ....	14
Figura 11: Pormenor do código de pontos colocado nas embalagens para identificação dos moldes.....	16
Figura 12: Embalagens de vidro onde é possível identificar os diversos tipos de decoração. .	17
Figura 13: Organigrama do SPD. ....	18
Figura 14: Exemplo de simulação de distribuição de espessura e estiramento usando OI-Cad para uma embalagem. ....	20
Figura 15: Comparação entre a distribuição de vidro (A), perfeita, considerada no simulador e o que acontece na realidade (B).....	22
Figura 16: Uso do rácio teórico para o cálculo da espessura real mínima. ....	24
Figura 17: Molde onde é possível identificar os furos para o vácuo (A) e os furos para a refrigeração do molde.....	26
Figura 18: Esquema das zonas da garrafa sujeitas a análise do rácio de espessuras. ....	28
Figura 19: Detalhe dos pontos de contacto de uma garrafa com protecção de rotulo.....	28
Figura 20: Medidores de espessuras utilizados no projecto. ....	29
Figura 23: Esquema da adesão do vidro a uma embalagem de perfil quadrado. ....	39

# Análise de Processos Fabris

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Capacidade produtiva das unidades fabris da BA. ....	2
Tabela 2: Lista de Matérias-Primas incorporadas na composição do vidro. ....	8
Tabela 3: Comparação entre a distribuição de espessuras teórica e a real. ....	23
Tabela 4: Resumo dos processos medidos e as fábricas em que foram estudados. ....	30
Tabela 5: Resumo das ventilações analisadas. ....	30
Tabela 6: Resumo das Referências medidas por fábrica. ....	31
Tabela 7: Resumo das referências medidas em soprado-soprado. ....	31
Tabela 8: Resumo das ventilações medidas em soprado-soprado. ....	31
Tabela 9: Resumo das referências analisadas de soprado-soprado. ....	32
Tabela 10: Evolução do rácio do processo soprado-soprado. ....	33
Tabela 11: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado). ....	33
Tabela 12: Rácios de espessura no grupo BA. ....	34
Tabela 13: Rácios de espessura segundo a ventilação <sup>3</sup> . ....	35
Tabela 14: Resumo das referências medidas em prensado-soprado. ....	35
Tabela 15: Resumo das ventilações medidas em prensado-soprado. ....	35
Tabela 16: Resumo das referências analisadas de prensado-soprado. ....	36
Tabela 17: Evolução do rácio do processo soprado-soprado. ....	37
Tabela 18: Rácio das três embalagens com relação peso/capacidade mais elevadas em prensado-soprado. ....	37
Tabela 19: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado). ....	38
Tabela 20: Análise por capacidades do processo prensado-soprado. ....	38
Tabela 21: Rácios de espessura no grupo BA. ....	38
Tabela 22: Rácios de espessura segundo a ventilação. ....	39
Tabela 23: Resumo das referências medidas em NNPB. ....	40
Tabela 24: Resumo das ventilações medidas em NNPB. ....	40
Tabela 25: Evolução do rácio do processo NNPB. ....	40
Tabela 26: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado). ....	41
Tabela 27: Resumo das referências analisadas de NNPB. ....	41
Tabela 28: Análise por capacidades do processo NNPB. ....	42
Tabela 29: Rácios de espessura no grupo BA. ....	42
Tabela 30: Rácios de espessura segundo a ventilação. ....	43

## 1 Introdução

O projecto “*Análise de Processos Fabris*” aborda a temática do estudo dos processos que condicionam o desenvolvimento de novos produtos. Com este estudo a BA pretende otimizar os *inputs* para a concepção de novas embalagens, mais leves, assim como um conhecimento mais profundo da capacidade dos diversos processos de cada unidade fabril do grupo. Estes *inputs* consistem nos rácios e nas espessuras mínimas, médias e máximas das embalagens que mostram a capacidade do processo produtivo.

A BA tem necessidade de uma maior quantidade de dados estatísticos que auxiliem o projecto de embalagens e que permitam o uso de rácios reais de espessura. Estes correspondem à razão entre a espessura máxima e mínima, numa mesma secção da embalagem, traduzindo a qualidade da distribuição do vidro. A importância deste valor reside na sua capacidade de traduzir a estabilidade do processo e o comportamento do fabrico e das máquinas envolvidas. Com o uso destes novos valores, potencialmente inferiores aos teóricos utilizados, conseguem-se melhorias significativas na utilização dos recursos da empresa.

Este capítulo inicial encontra-se dividido em três partes. Em primeiro lugar é feita uma apresentação detalhada da empresa onde este trabalho foi efectuado. Seguidamente são apresentadas as metodologias utilizadas na elaboração do projecto. Por fim, faz-se uma descrição da organização dos temas abordados no presente relatório.

### 1.1 Apresentação da BA Vidro

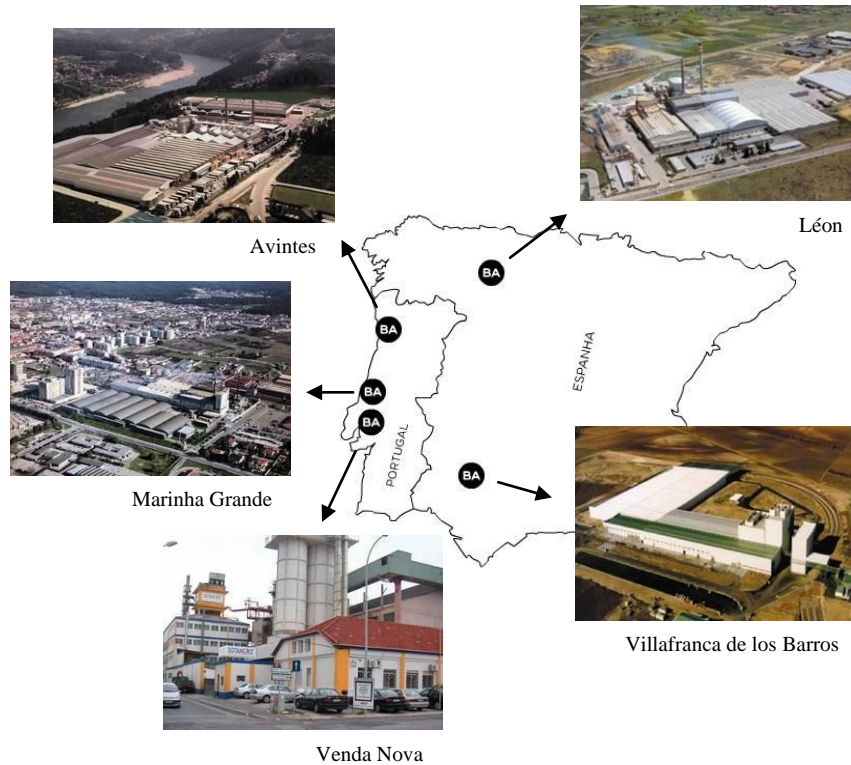
A BA é uma empresa Ibérica, com quase 100 anos de existência, que desenvolve, produz e comercializa embalagens de vidro para a indústria alimentar, de bebidas, farmacêutica e cosmética.

Fundada em 1912 sob a designação “Barbosa & Almeida, Lda.” pelos Sócios Raul da Silva Barbosa e Domingos de Almeida, tinha como finalidade a comercialização de garrafas produzidas no Seixal e na Marinha Grande. Mais tarde, em 1930, a Sociedade inicia a sua actividade industrial com a criação de uma unidade produtora de garrafas em Campanhã, no Porto, dotada de tecnologia semiautomática. Esta fábrica esteve em actividade 39 anos. Durante esse tempo sofreu progressivos melhoramentos com a introdução de tecnologia de alimentação e moldagem automática, inovadoras em Portugal.

Em 1969 inicia a laboração na nova unidade fabril em Avintes. Nos anos 70 foi instalada a primeira máquina *Individual Section* (IS), que representou um incremento da capacidade produtiva instalada. Até hoje, esta unidade, a maior do grupo, tem sofrido melhoramentos constantes que, com as mais avançadas tecnologias, permitem conciliar a qualidade da produção com melhorias de produtividade.

A partir desta fase, a empresa sofreu várias transformações quer a nível do capital social, com a entrada e saída de sócios, quer a nível da capacidade produtiva com a ampliação, construção e aquisição de complexos fabris. Foi construída, de raiz, a unidade de Villafranca de los Barros em Espanha. No campo das aquisições devem ser referidas a CIVE (Companhia Industrial Vidreira, SA, na Marinha Grande) a Vilesa (Vidreira Leonesa, SA, empresa com uma unidade fabril em León - Espanha) e o Grupo SOTANCRO, com duas unidades, uma na Venda Nova e outra em Xinzo de Limia em Espanha. Esta última unidade foi entretanto

fechada devido a dificuldades na integração da mesma no grupo. Na figura 1 pode verificar-se a distribuição das unidades fabris BA na Península Ibérica.



**Figura 1: Fábricas BA na Península Ibérica. (Fonte: BA Vidro)**

A contínua renovação das suas linhas desde os fornos, máquinas IS, arcas de recozimento e paletizadores, permite à empresa manter-se competitiva e em crescimento num mercado cada vez mais saturado e difícil. Com a aquisição da SOTANCRO, em 2008, a BA conseguiu consolidar o segundo lugar de maior fornecedor de embalagens de vidro da Península Ibérica, contribuindo, desta forma, para que a empresa se assuma como a mais rentável do mundo do sector das embalagens de vidro, ou seja, aquela que mais retorno possibilita relativamente a um determinado investimento feito.

Na tabela 1 podem analisar-se algumas das características das unidades fabris da BA. O grupo, segundo o relatório e contas de 2008, teve uma produção útil de quase 800.000 toneladas de vidro.

**Tabela 1: Capacidade produtiva das unidades fabris da BA.**

	Unidades Fabris	Nº Fornos	Nº Linhas	Capacidade (ton)
<b>Portugal</b>	Avintes	3	10	~ 832
	Marinha Grande	3	9	~ 729
	Venda Nova	2	7	~ 346
<b>Espanha</b>	León	2	8	~ 575
	Villafranca de los Barros	1	3	~ 405
	Total	11	37	~ 2887

Graças ao crescimento orgânico, reestruturação e reorganização de processos e estruturas, a empresa tem conseguido manter a tendência de crescimento apesar dos desafios que a actual crise representa. Tal é sustentado pelo aumento dos colaboradores, crescimento das vendas e pelo incremento da margem de EBITDA.

Para lá do conjunto das cinco fábricas situadas na Península Ibérica, há que mencionar também as empresas NORCASCO e a Minas de Valdecastillo, pertencentes ao grupo, e que, no global do grupo BA, representam um universo de cerca de 1500 colaboradores.

A NORCASCO, empresa especializada em tratamento de casco, foi criada com o objectivo de preencher as necessidades do grupo em obter vidro em fim de vida. Situada em Avintes, consegue preparar cerca de 35 toneladas de vidro por hora, disponibilizando casco para a composição, sendo que apenas responde a uma pequena parte das necessidades da BA. A composição é a parte do processo produtivo responsável pela recepção das matérias-primas e pela sua entrada no forno de fusão.

A Minas de Valdecastillo é uma empresa situada na província de León, Espanha, que se dedica à exploração e tratamento de areias siliciosas. Esta matéria-prima é usada exclusivamente na produção de vidro, sobretudo branco.

## 1.2 Metodologia do Projecto

A metodologia para abordar este projecto teve em conta a proposta de projecto de dissertação a efectuar na empresa e a planificação acordada nas primeiras semanas do mesmo. Os passos estruturados passaram assim por:

- **Conhecimento dos valores, cultura e organização da empresa.**

A inserção numa nova realidade justificou a existência de um período de adaptação à empresa. Como foi visto, a dispersão geográfica do grupo BA torna necessária a familiarização com o funcionamento de cada unidade fabril. A adaptação ao universo do grupo, facilitando a realização de contactos futuros no âmbito do trabalho, foi importante para se conseguirem alcançar os passos seguintes do projecto.

- **Estudo do processo produtivo.**

Em qualquer projecto que implique um processo produtivo, mais ou menos complexo, é importante o desenvolvimento de um estudo que permita identificar quais são as variáveis que condicionam a distribuição de vidro na embalagem. Esta fase revelou-se delicada uma vez que foi a base da análise final de todo o estudo de *Análise dos Processos Fabris*. Estas variáveis limitam a distribuição de vidro nas embalagens. Em suma, as premissas aqui estabelecidas servem de guia ao resultado final do projecto.

- **Identificação das referências a estudar.**

Das inúmeras referências produzidas anualmente pela BA foi importante identificar aquelas que conseguiriam fornecer uma imagem fidedigna da capacidade do processo, da tecnologia instalada no grupo e do universo de produtos da empresa. Por referência entende-se o código interno da empresa que designa um certo artigo. Este código é constituído por duas partes: a primeira referencia o tipo de artigo e a sua capacidade; a segunda o tipo de marisa. Marisa é a parte da embalagem que se destina a receber o fecho. Este fecho pode ser uma rolha no caso de uma garrafa de vinho, um carica como nas garrafas de cerveja, ou tampa com rosca como nas garrafas de água.

A curta duração do projecto e a morosidade que representa a medição completa de uma série de amostras de uma determinada referência, implica um estudo prévio cuidado. Assim, só se mediram embalagens cujo processo de fabrico já estivesse controlado e estável. Com esta finalidade, evitaram-se embalagens cujos fabricos fossem os primeiros na empresa e não se recolheram amostras nos primeiros dias da sua produção. Desta forma, garante-se a estabilidade do processo e que as medições efectuadas sejam, efectivamente, uma imagem da capacidade instalada no grupo. Em seguida, é preponderante a selecção de embalagens que abranjam todo o leque de processos de fabrico, ventilações e fábricas em análise. Estes são os pontos-chave para os resultados do estudo em questão.

Procede-se igualmente ao dimensionamento das amostras a medir de cada referência. Com esse fim é utilizada a *Military Standard 105D* que estabelece os procedimentos de amostragem para inspecção por atributos. Verificadas as cadências de cada produção a analisar consultam-se as tabelas da *Standard* e obtém-se a dimensão das amostras. Para este estudo, de acordo com as cadências observadas, a dimensão das amostras enquadrava-se numa das seguintes dimensões: 13, 20, 32, 50 ou 80 unidades.

A planificação da produção de uma empresa como a BA implica um esforço imenso de coordenação de vários serviços. Desta forma, para além deste ponto da metodologia utilizada ter sido contínuo até ao fim do projecto, foi necessário um esforço quase diário de identificação de referências a medir assim como da logística necessária à chegada das amostras à Marinha Grande, local onde foram feitas as medições.

- **Apresentação do *software* e do aparato para as medições.**

Para a aquisição dos dados foi utilizado o *software UltraSPC* de controlo estatístico do processo. Este é utilizado na zona da fabricação, diariamente, para medir as características consideradas chave para a aceitação do produto por parte do cliente. Este *software* faz uma análise estatística completa de várias características. No entanto, para o projecto, apenas foram necessárias as suas funcionalidades para a medição de espessuras.

Foram disponibilizados aparatos e comparadores, que serão analisados mais à frente, e que permitem a leitura de valores de espessura na quase totalidade das zonas das embalagens. Nem sempre é possível uma leitura totalmente rigorosa ou total, no sentido de abranger a secção completa e todo o perfil vertical da garrafa, mas acredita-se que os valores obtidos conseguiram espelhar a capacidade do processo nas diversas embalagens medidas.

- **Desenvolvimento da folha de cálculo e macro.**

O grande volume de dados obtidos pelo *UltraSPC*, *software* de aquisição de dados, depressa levou à conclusão que seria necessário o desenvolvimento de uma plataforma que permitisse a ligação entre o valor de cada medição e uma pequena base de dados que compilasse todos os dados obtidos (anexo C). A morosidade que representava a adição de cada medida e de cada referência a essa folha, acelerou o desenvolvimento de uma macro que conseguiu diminuir o processo de tratamento dos dados de meia hora para apenas alguns segundos. Isto facilitou também o aumento da informação que se conseguiu introduzir nessa mesma folha.

Por fim, conseguiram desenvolver-se, também, uma série de *reports* automáticos do conjunto de medições feitas, facilitando desta forma a consulta da informação armazenada na base de dados através de um acesso rápido e eficaz da mesma (anexo A, B e D).

- **Tratamento estatístico dos dados, conclusões e propostas.**

Nesta fase, terminado o trabalho de campo, procedeu-se à análise exaustiva dos dados recolhidos. Tentaram identificar-se relações e estabelecer-se valores para os parâmetros em análise definidos anteriormente. O objectivo principal do projecto é a clara substituição dos actuais rácios teóricos estabelecidos pela O-I (*Owens-Illinois*), antiga fornecedora de assistência técnica da BA, por valores reais que reflectem a verdadeira capacidade da empresa em fabricar embalagens de vidro.

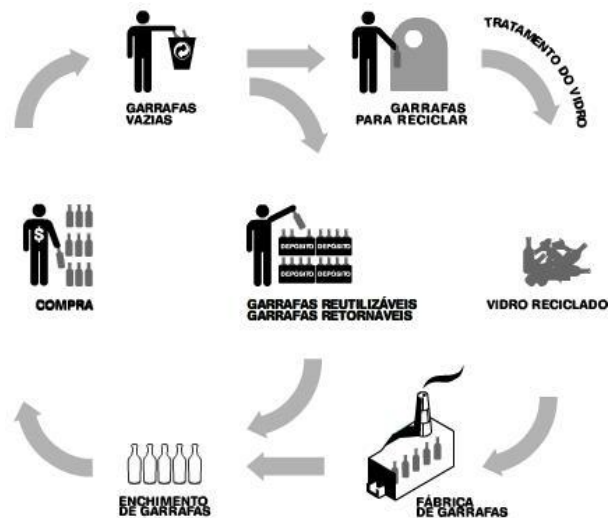
### **1.3 Temas Abordados e sua Organização no Presente Relatório**

Esta tese está organizada em cinco capítulos. O segundo capítulo apresenta os conceitos teóricos fundamentais ao projecto. As noções explicadas passam pelos processos de criação de embalagens de vidro e todas as variáveis que condicionam a distribuição do vidro nas mesmas. No terceiro capítulo é apresentado o Serviço de Projecto e Desenvolvimento (SPD), onde foi elaborado o estudo, e o seu organigrama. Posteriormente faz-se uma análise ao projecto de produto, no seio do qual surgiu a necessidade do cálculo de novos rácios reais, e é apresentada a noção de rácio teórico, crucial à compreensão deste projecto. São por fim também desenvolvidas as temáticas das variáveis a analisar no estudo e das medições efectuadas no mesmo. No quarto capítulo é efectuada uma análise detalhada dos valores obtidos e no último capítulo são retiradas as conclusões do trabalho efectuado.

## 2 Processo Produtivo da BA Vidro

O vidro é um produto inorgânico, homogéneo e inerte resultante da fusão das suas matérias-primas (vidro reciclado e areia principalmente). Segundo a publicação *Envases de Vidrio* da, Asociación Nacional de Empresas de Fabricación Automática de Envases de Vidrio ANFEVI (2009), os principais componentes utilizados no processo de fabricação de embalagens de vidro são encontrados na natureza. Eles são abundantes e de fácil extracção o que garante um impacto ambiental reduzido. Uma das principais preocupações, na realização deste trabalho, consistiu na diminuição da incorporação de matérias-primas no fabrico, através da concepção de embalagens mais leves.

Na sequência da preocupação de redução progressiva da pegada ecológica, procurou-se que o principal componente de matéria-prima fosse o casco. Por casco entende-se todo o tipo de vidro, reciclado, procedente de embalagens que tenham terminado o seu ciclo de vida. Uma embalagem pode seguir dois caminhos: se for retornável, uma vez esgotada a sua utilidade, torna a entrar nas linhas de enchimento para ser enchida e entrar novamente no mercado. Se forem não-retornáveis, depois da utilização das mesmas, são depositadas nos eco-pontos verdes para que se proceda à sua reciclagem. Após o vidro ser triturado e tratado passa a ser casco e a poder ser reincorporado nas linhas de produção. Estes dois ciclos podem ser vistos na figura 2.



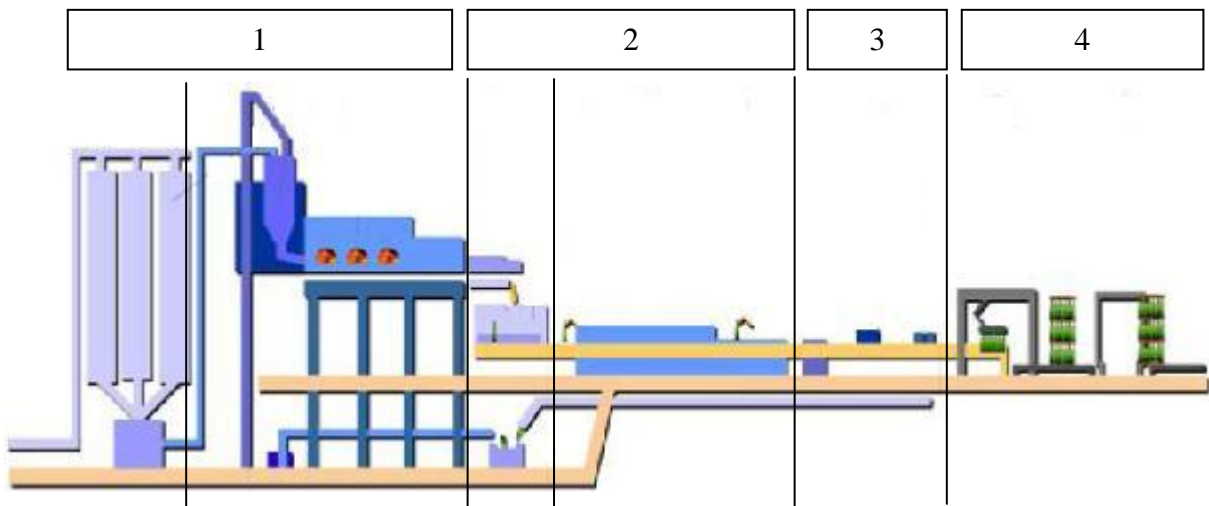
**Figura 2: Ciclo de vida do vidro. (Fonte: BA Vidro)**

Uma embalagem de vidro pode ser indefinidamente reciclada originando sempre uma embalagem nova. Isto tem enormes implicações na não produção de resíduos. As restantes matérias-primas utilizadas no fabrico do vidro são a areia, o óxido de sódio (conhecido como cal) e carbonato de sódio assim como vitrificantes, fundentes, estabilizadores e outros componentes secundários que têm funções bem definidas no processo de formação do vidro.

Na indústria do vidro de embalagem o processo produtivo, que se inicia com a chegada das matérias-primas e termina na paletização, pode ser dividido em quatro processos principais e um de apoio. Estes podem conter uma ou mais fases, descritas em seguida:

1. Processo de fabricação do vidro;
  - a. Composição
  - b. Fusão
2. Processo de fabricação da embalagem;
  - a. Moldação (Soprado-Soprado; Prensado-Soprado; *Narrow Neck Press-Blow*)
  - b. Tratamento de superfície a quente
  - c. Recozimento
  - d. Tratamento de superfície a frio
3. Processo de controlo de qualidade
4. Processo de paletização;

Na figura 3 pode ver-se um esquema do processo produtivo das embalagens de vidro.



**Figura 3: Esquema do processo produtivo de uma unidade fabril de embalagens de vidro. (Fonte: BA Vidro)**

Estas fases são descritas em detalhe seguidamente.

## 2.1 Processo de fabricação do vidro

O Vidro necessita de duas fases para ser feito. Primeiramente a composição consiste na recepção e mistura das matérias-primas em várias receitas que fazem os vários tipos de vidro para embalagens possível. Em seguida durante a fusão são fundidos os diversos compostos que levam à formação de um leito de vidro que alimenta as máquinas IS.

### 2.1.1 Composição

A composição consiste na recepção, armazenamento em silos próprios, dosagem e mistura das matérias-primas para a obtenção das diversas cores possíveis.

Todos os dias são descarregadas toneladas de sílica sob a forma de areia e casco - as duas matérias-primas principais no fabrico do vidro. Na tabela 2 faz-se um breve resumo das funções de cada um dos principais constituintes incorporados. Estes constituintes são armazenados em silos que alimentam balanças cujo propósito é o doseamento de cada matéria-prima de forma a obter as diversas receitas de vidro. Após a pesagem segue-se um misturador que tem por finalidade a homogeneização da mistura a introduzir nos fornos.

O casco, vidro em fim de vida, é utilizado na composição como substituto de todas as outras matérias-primas. O seu uso prende-se com a diminuição dos custos do fabrico de vidro uma vez que é mais barato que as restantes matérias-primas.

**Tabela 2: Lista de Matérias-Primas incorporadas na composição do vidro.**

Matéria-Prima	Material	Função	Quantidade
Casco	Vidro usado	Diminuição dos custos	(até 75% do total)
Vitrificante	Areia	Indispensável à criação da rede vitrea	73 a 74%
Fundente	Óxido de Sódio e Óxido de Potássio	Baixar a temperatura de fusão	12 a 13%
Estabilizador	Óxido de Cálcio, Óxido de Magnésio e Óxido de Zinco	Estabilizar a massa de vidro	12 a 13%
Afinadores	--	Controlar a cor e opacidade do vidro	--

O casco (Figura 4) introduzido no processo de fabrico do vidro provém de duas origens. Pode ser incorporado de uma forma externa, com a compra de vidro tratado, ou directamente pelas rejeições nas linhas e máquinas da fabricação. No âmbito do grupo BA, existe a NORCASCO que trata da compra/recolha, tratamento e distribuição de casco para a composição.

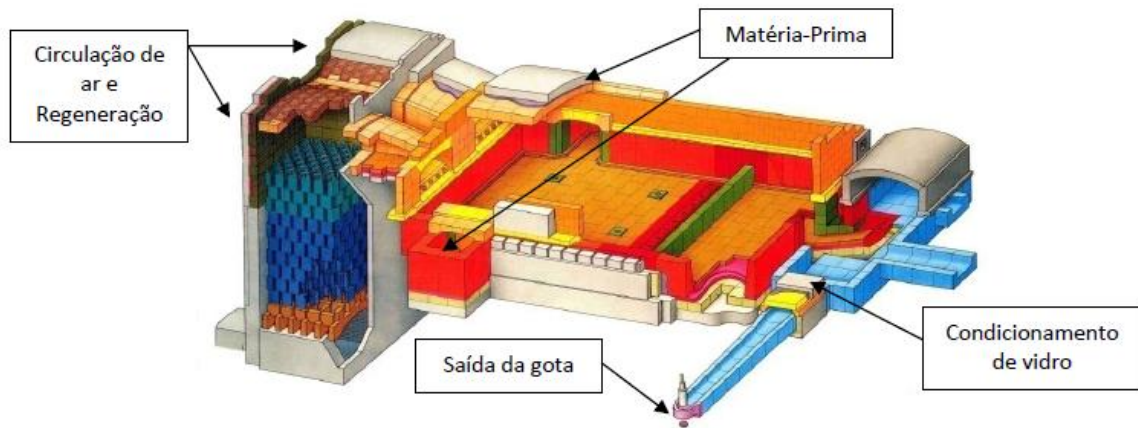


**Figura 4: Casco (vidro em fim de vida) numa central de tratamento.**  
(Fonte: *Envases de Vidrio* - ANFEVI)

### 2.1.2 Fusão

A cerne do processo de fusão são os fornos regenerativos (Figura 5), assim designados por terem a capacidade de reaproveitar o ar quente que geram. Estes estão em funcionamento contínuo 365 dias por ano, atingindo temperaturas próximas dos 1600° e com uma vida útil de cerca de 12 anos.

Os fornos são constituídos por materiais refractários capazes de suportar as elevadas temperaturas que desenvolvem. O combustível é o gás natural que funde as matérias-primas aquecendo o leito de vidro. O segundo estágio serve para ajustar a temperatura do vidro fundido à medida que avança para as máquinas de moldagem. Todo este processo é controlado com tecnologia de ponta que permite uma monitorização total, em tempo real, do que se passa em qualquer parte do forno.



**Figura 5: Esquema de um forno de fusão de vidro.**

Na zona final da fusão, aquando da passagem do vidro fundido para as máquinas IS, este sai continuamente, em forma de fio, para ser posteriormente cortado em porções de peso controlável chamadas gota. A gota é formada pela acção de um conjunto de tesouras que, de acordo com o peso e altura do artigo pretendido, cortam o fio de vidro. No momento da queda da gota, por efeito da gravidade, está terminado o fabrico do vidro.

## 2.2 Fabricação da Embalagem

### 2.2.1 Moldação

A moldação é a fase mais importante do fabrico. Aqui, o vidro ganha a forma da embalagem final pretendida. Como já foi dito, a gota é formada pela acção das tesouras. Após o corte, encaminhada através de um conjunto de calhas, a mesma é direccionada para as diversas secções das máquinas IS (podem ter 6,8,10,12 ou 16 secções). As secções são a característica principal destas máquinas. As máquinas IS, de accionamento pneumático, são a chave da produção da indústria de embalagens de vidro actual. As suas secções independentes permitiram um avanço enorme na capacidade produtiva. Os sectores serem independentes/individuais possibilita a paragem dos mesmos sem que a máquina interrompa o seu funcionamento completo, agilizando a produção e facilitando as intervenções para reparações e manutenção sem que a produção pare por completo. Cada secção pode receber de uma a quatro gotas de vidro, produzindo assim até quatro embalagens de cada vez. A flexibilidade da máquina reside no facto de em poucas horas poder alterar o seu processo de funcionamento.

Nesta fase, a gota de vidro fundido é transformada no produto final. De acordo com o tipo de produto, existem vários processos de dar forma ao vidro. Eles vão condicionar a qualidade da distribuição de vidro e o peso na embalagem final. Isto é, como já se viu, o cerne do trabalho efectuado neste projecto.

Na moldação, o vidro arrefece com o decorrer do tempo o que provoca um aumento da viscosidade. As variáveis (refrigeração do molde, tempo de molde de principiar, temperatura da gota, entre outros) têm de ser controladas para que o produto seja formado no instante certo. A massa de vidro deve estar líquida o suficiente para ser conformada, caso contrário o vidro fica rígido e impede a distribuição e extensão do mesmo pelo molde. Esta ultima situação provocaria problemas na distribuição da massa de vidro pela embalagem.

O processo consiste na passagem, primeiro, pelo molde de principiar, onde as gotas recebem uma pré-forma do produto final e, no fim, pelo molde final que confere ao vidro a forma da embalagem. A diferença entre processos reside no tipo de tecnologia que dá origem à pré-forma do produto final. O processo soprado-soprado (SS) usa tecnologia pneumática enquanto que no prensado-soprado (PS) e *Narrow Neck Press-Blow* (NNPB) este é formado por um punção que ocupa um determinado volume na massa de vidro conferindo a já falada pré-forma.

No fim do processo de fabricação das embalagens, à saída das máquinas IS, o vidro encontra-se a uma temperatura já próxima dos 500°, como é indicado pela cor ruborizada (Figura 6), seguindo para os tratamentos.

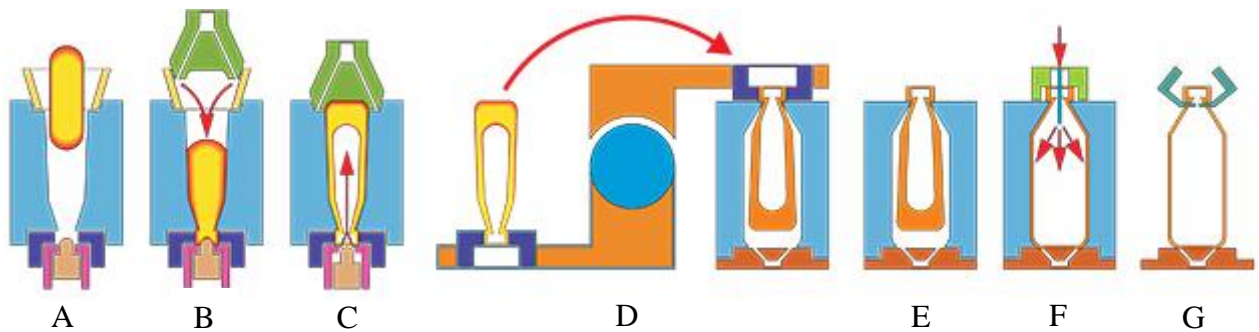


**Figura 6: Máquina IS em funcionamento.**  
(Fonte: *Envases de Vidrio – ANFEVI*)

- **Processo Soprado-Soprado**

Nestes processos a principal variação, de uns para os outros, reside na forma como o esboço, designado habitualmente por *parison*, é formado. Em particular no soprado-soprado, quando é cortada pelas tesouras, a gota é encaminhada para o contra-molde (Figura 7 – Imagem A) onde é assente por acção pneumática (Figura 7 – Imagem B). Em seguida é-lhe dada a forma do molde de principiar, onde está inserida, por acção de um sopro contrário ao primeiro (Figura 7 – Imagem C). Aqui é formado o *parison*. Esta pré-forma da embalagem final fica com a marisa formada de imediato. O *parison* não é mais que uma primeira forma dada à gota de vidro. Ela vai condicionar o sucesso da moldação final uma vez que influencia, de uma forma importante, a capacidade que o vidro tem de se estirar para as zonas pretendidas da embalagem final. Como foi visto até aqui, a acção é meramente pneumática sem haver a intervenção mecânica de um punção que dê a primeira forma à gota. Em seguida o *parison* é invertido, como se pode ver na Figura 7 – Imagem D, e transferido para o molde final onde,

mais uma vez, por acção de um sopro pneumático (Figura 7 – Imagem F), recebe a forma da embalagem final. Na Figura 7 – Imagem G a embalagem fica pronta a sair da máquina IS e entrar no tapete que a vai conduzir aos tratamentos térmicos.



**Figura 7: Passos do Processo de moldação soprado-soprado. (Fonte: EMHART)**

O processo soprado-soprado é utilizado para o fabrico de artigos de boca estreita, garrafas (embocaduras de 3 a 38 mm), e de boca intermédia, de 24 a 38 mm.

É muito difícil conseguir controlar a distribuição de vidro. Isto prende-se com o facto de a cavidade interior do *parison* ser criada por algo que não é possível controlar na sua totalidade. O sopro de um mecanismo pneumático apresenta na forma como distribui o vidro, do *parison*, irregularidades de gota para gota. Como se vai poder observar, a temperatura tem uma influência bastante declarada no comportamento da gota. Assim, temperaturas mais baixas em certas zonas da gota vão fazer que o vidro estire de forma diferente, fazendo com que internamente a bolha de ar não se estenda regularmente dentro da cavidade.

Uma das características chave deste processo passa pelo aparecimento de uma heterogeneidade na distribuição de espessura do vidro no corpo da embalagem (Figura 8). Esta zona, conhecida como *settle wave* ou anel de *Lynch*, é uma das principais limitações ao controlo da massa de vidro nas embalagens produzidas por este processo.

Esta característica permite a identificação rápida, a olho nu, do processo implicado no fabrico de uma garrafa. Foram identificados neste processo dois fenómenos deste tipo de embalagens. À utilização do sopro, na formação do *parison*, que dá à massa vítrea uma forma variável, junta-se a espessura inferior visualmente identificável pelo aparecimento de uma ondulação resultante da forma como a luz se comporta nas diferentes zonas de espessura do vidro.

Dependendo apenas da viscosidade do vidro, controlado pela distribuição de temperaturas dentro da massa vítrea, fica-se sem controlo da distribuição da espessura. A *settle wave* ocorre quando o *parison* passa para a posição onde vai receber o molde final. Aqui, antes de ser efectivamente moldado, o esboço fica algum tempo suspenso, preso pela marisa. A deformação, por acção da gravidade, provoca um estiramento na massa de vidro. A zona onde ocorre esse estiramento vai originar o anel de *Lynch*, que é caracterizado, como já vimos, por uma espessura inferior ao resto da embalagem. Em termos de projecto esta situação é prevista e pode ser ligeiramente contrariada. No entanto é, ainda assim, uma das principais limitações no projecto de embalagens de vidro por processo de soprado soprado.



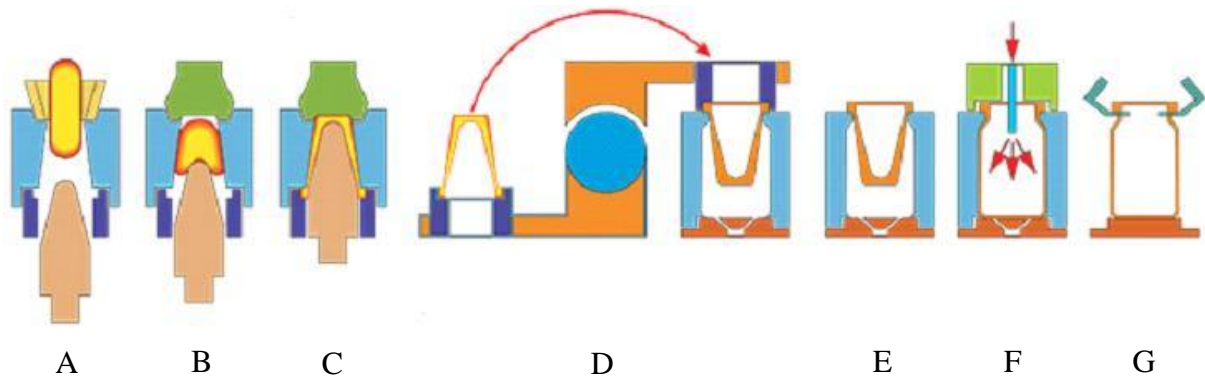
**Figura 8: Detalhe do Anel de Lynch de uma garrafa de vinho feita no processo soprado-soprado.**

- **Processo Prensado-Soprado**

Neste processo, ao contrário do processo soprado-soprado, o *parison* é formado pela acção de um punção metálico. Ele empurra o vidro de encontro ao contra-molde conferindo-lhe a sua pré forma. Para além de ser responsável pela formação do esboço, trata também de retirar energia térmica ao interior do mesmo. A última parte deste processo é em tudo semelhante aos outros sendo que pela acção de um sopro, de acção pneumática, o vidro é empurrado contra o molde conferindo-lhe a sua forma final. O processo de prensado-soprado, também conhecido como prensado-soprado de boca larga, é utilizado em diâmetros superiores a 38 mm.

Podem ver-se na Figura 9 os passos que levam à formação de uma embalagem em prensado-soprado. Destaca-se aqui o punção, visível na figura 9 de A a C que, comparado com o processo anterior, se caracteriza por provocar no *parison* uma cavidade bastante regular de espessuras e volume controlados. Esta situação vai ter grande influência na execução da embalagem uma vez que com um controlo inicial das características do *parison* mais rigoroso é expectável obter, no fim, uma embalagem muito mais controlada e equilibrada nas suas características.

Relativamente à tecnologia de prensado-soprado instalada na BA Vidro, existem dois tipos de processos. O processo 62 (P62) que é utilizado para artigos de boca larga de 38 a 110 mm e o processo 41 (P41) que é utilizado para artigos de boca larga mas com marisas de 38 a 70 mm. A diferença entre estes dois processos passa, principalmente, pelo facto do último processo utilizar um molde de principiar de apenas uma peça. Todas as características enunciadas em seguida têm como justificação precisamente esta particularidade.



**Figura 9: Passos do Processo de moldação prensado-soprado. (Fonte: EMHART)**

O P41 permite a produção de artigos extra-leves, de elevada cadência e com boa qualidade. Esta vantagem advém da possibilidade de se utilizarem pressões de prensagem superiores às habituais, não trazendo o problema das costuras e rasgões, devido ao facto de ser utilizada apenas uma peça para o molde de principiar. Mecanicamente, as embalagens de vidro produzidas são mais resistentes devido à ausência de costuras. Numa análise final, os artigos são de uma qualidade superior devido à obtenção de uma maior uniformidade de distribuição de vidro na garrafa. A principal desvantagem é que só pode ser utilizado para um número pequeno de artigos.

- **Processo *Narrow Neck Press-Blow***

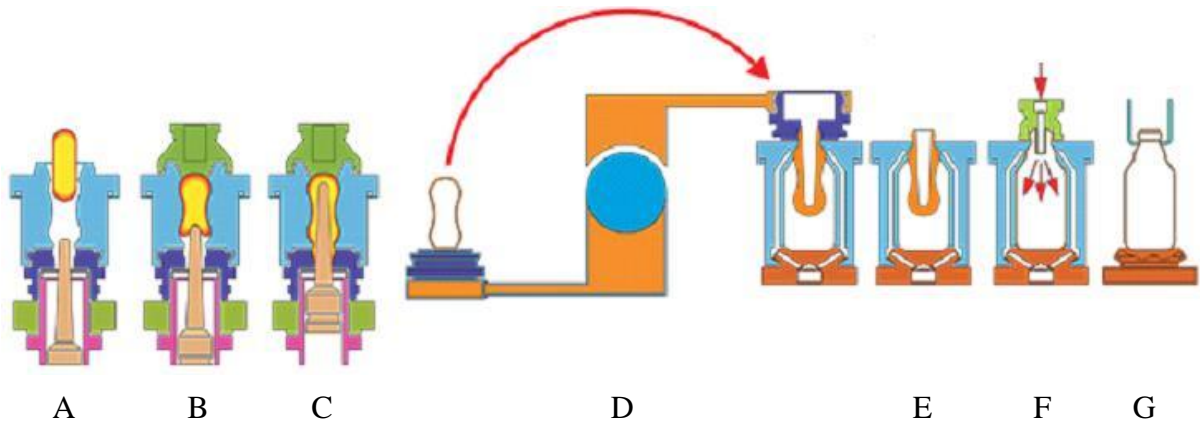
Este processo é semelhante ao de moldação de boca larga (prensado-soprado) que é bastante utilizado na fabricação de frascos. Pode ser mesmo considerado um processo derivado deste. Mecanicamente, mantém o uso do punção que por acção pneumática cria o orifício em vez da comum bolha de ar por efeito pneumático. É assim uma evolução deste processo.

O diâmetro interno do gargalo gerado não ultrapassa os 38 mm. A Figura 10 mostra os passos que levam à fabricação de uma embalagem segundo este processo. No passado, o processo de prensado-soprado estava limitado a diâmetros de 38 a 120 mm. Com este novo método, desenvolvido na Alemanha e introduzido nos EUA nos anos 70, foi possível obter garrafas mais pequenas para bebidas leves.

O *Narrow Neck Press-Blow* é considerado revolucionário uma vez que permitiu aos fabricantes de embalagens de vidro melhorias de produtividade, redução de peso e de variações da distribuição de vidro. Em suma, surgiu para se controlar melhor o vidro nas embalagens obtendo a produção de uma gama alargada de garrafa.

Segundo Sarwar et al. (2003), com os métodos tradicionais para a altura (soprado-soprado e prensado-soprado de boca larga), conseguiram-se reduções de peso na ordem dos 33% sem daí advir uma diminuição das características mecânicas da embalagem. Segundo este, o elemento chave é o punção que tem a capacidade de distribuir homogeneamente, removendo de uma forma eficaz a energia térmica da superfície do parison.

Este processo é utilizado para a obtenção de garrafas leves ou extra leves com embocaduras de 16 a 24 mm e permite obter espessuras mínimas impossíveis de obter com processos de SS. Trata-se de um processo dispendioso, uma vez que exige a utilização de punções especiais, de uma grande quantidade de ferramentas e maior exigência no que diz respeito à manutenção de todo o equipamento que participa na moldação das embalagens.



**Figura 10: Passos do Processo de moldação *Narrow Neck Press-Blow*.**  
(Fonte: EMHART)

Nalgumas situações tem que se seleccionar o processo de fabricar uma determinada embalagem entre NNPB ou SS. Este último processo, relativamente ao primeiro, é mais barato e apresenta índices de produtividade superior para as fábricas. Há também a considerar que a mesma embalagem apresenta, regra geral, um acréscimo de 20 gramas no processo SS relativamente ao NNPB, situação que torna o NNPB mais apetecível quando se pretendem embalagens com baixo peso. No que toca à distribuição de vidro nas embalagens, pelo que já fica dito, o NNPB apresenta características superiores. No entanto, em termos de projecto, sabe-se que cada embalagem tem características próprias que a tornarão mais adequada a um ou outro tipo de processo.

Esta questão da geometria das embalagens como limitação da distribuição da massa de vidro levantou, durante a execução do projecto, outra questão pertinente. Procuraram identificar-se padrões sobre a zona da embalagem que apresenta piores valores de rácio de espessura de vidro. Esta informação pode vir a ser útil em termos de projecto mas também ao nível das fábricas que durante o fabrico da embalagem assim conseguem identificar qual é a zona onde as espessuras se afastam mais das especificações.

O Controlo Estatístico do Processo (SPC). é efectuado à saída da máquina IS uma vez que se pretende aferir a consistência do processo. A série de medições efectuadas de várias amostras retiradas em linha, periodicamente, vai depender do fabrico. O *software* estatístico utilizado para recolha e análise de dados utilizado neste estudo foi o mesmo utilizado no SPC, o *UltraSPC*.

As amostras recolhidas ao longo do estudo foram todas retiradas à boca da arca de recozimento. Esta decisão prende-se com o facto de se tentar analisar a capacidade do processo após o controlo de qualidade. Eliminadas as embalagens defeituosas, não se torna possível aferir, com rigor, o comportamento da produção mas sim, apenas, a qualidade da distribuição de vidro das embalagens que são entregues ao cliente.

### 2.2.2 Tratamento de superfície a quente

Logo após da saída das embalagens da máquina IS estas entram na linha que vai acompanhar as garrafas até ao paletizador. Este primeiro tratamento, efectuado a pouca distância da moldação, consiste no revestimento das embalagens com cloretos de estanho ou titânio que conferem uma camada protectora à superfície do vidro. A protecção evita defeitos por

deslizamento entre superfícies e possibilita o aumento da resistência ao choque mecânico. Este tratamento de superfície deve ser o suficiente para reduzir o atrito com o equipamento de enchimento e entre as embalagens, promovendo maior resistência aos danos superficiais.

### 2.2.3 Recozimento

Posteriormente, as embalagens são direccionadas para uma arca de recozimento que se encarrega de aliviar as tensões internas resultantes do arrefecimento (estabilização molecular) da embalagem que fragilizam a embalagem após a saída da moldagem. O processo de recozimento consiste num reaquecimento e arrefecimento gradual, controlado, que permite a homogeneização da estrutura do vidro. O Aquecimento e arrefecimento gradual equilibra as tensões internas que tornam a embalagem frágil e fácil de quebrar perante o choque. A espessura da embalagem condiciona a forma como este tratamento é efectuado. Na arca de recozimento é utilizado gás natural que atinge temperaturas máximas de 550 °C.

### 2.2.4 Tratamento de superfície a frio

O último tratamento efectuado à embalagem é feito à saída da arca de recozimento. É aplicado às embalagens um tratamento a frio que consiste num novo revestimento com polietileno, para as tornar mais resistentes à ocorrência de riscos. Este tratamento facilita a deslocação das embalagens ao longo da linha.

## 2.3 Controlo de Qualidade

O fabrico termina após o tratamento a frio. Daqui para a frente apenas um controlo em linha, de 100% das garrafas, permite garantir que nenhuma garrafa defeituosa passa para o cliente. Este controlo é efectuado por um conjunto de máquinas que testam diversos parametros, tais como: altura, choque vertical, diâmetro interno do gargalo, defeitos físicos, planeidade, verticalidade, peso, volume, entre outros. Verificada a conformidade da embalagem com todas as especificações requeridas, ela segue para a paletização.

As embalagens defeituosas são direccionadas de imediato para o circuito de refugo que conduz o vidro para o tratamento de casco, de forma a ser reaproveitado. Para identificar possíveis defeitos recorrentes, as garrafas possuem um código de pontos que identifica o molde que lhes deu origem (ver Figura 11). Desta forma é possível, em tempo útil, proceder à identificação de situações anómalas na produção das embalagens e proceder à substituição dos moldes defeituosos

A espessura influencia a resistência da embalagem num conjunto de factores como: a resistência das embalagens ao choque térmico, à pressão interna e ao impacto. Tendo em vista esta situação, são feitos um conjunto de ensaios por amostragem para despistar a resistência das embalagens aos mesmos:

- **Resistência ao choque térmico.**

Consiste na determinação da resistência das embalagens a uma variação violenta da temperatura. As mesmas são imersas, primeiro, num tanque de água quente durante 5 minutos e, em seguida, transferidas para um tanque de água fria durante 30 segundos. Torna-se um teste importante para embalagens que vão ser sujeitas a enchimento a quente, pasteurização e esterilização. Este tipo de resistência é influenciado directamente pela espessura do vidro e pela sua capacidade de lidar com variações de temperatura.



**Figura 11: Pormenor do código de pontos colocado nas embalagens para identificação dos moldes.**

- **Resistência à pressão interna.**

Neste ensaio as embalagens são submetidas a uma pressão hidrostática crescente até à ruptura ou até à pressão final pretendida. Este ensaio é crucial no caso de embalagens que vão ser submetidas a uma pressão interna elevada como: bebidas gaseificadas e produtos que sofrem tratamento térmico. Esta resistência é influenciada pela espessura e distribuição do vidro nas paredes e pela forma da garrafa.

- **Resistência ao impacto.**

As embalagens são sujeitas ao impacto de um pêndulo. Trata-se de um ensaio que utiliza o simples efeito de transformação de energia potencial. O pêndulo, em repouso, a uma determinada altura, possui uma energia potencial que, quando liberto, realiza trabalho pela força da gravidade. Este trabalho é absorvido pela embalagem sob a forma de impacto. O método passa pelo aumento progressivo da velocidade de impacto até à quebra da embalagem. Neste tipo de resistência os factores chave são, mais uma vez, a espessura da parede, o diâmetro da embalagem e a existência de zonas mais frágeis. Trata-se de um ensaio delicado no que toca à avaliação da resistência das embalagens nas linhas de enchimento dos clientes.

## 2.4 Paletização

A fase final trata da paletização das embalagens. Esta é uma fase delicada do processo uma vez que a configuração da paleta vai condicionar a forma como o cliente vai introduzir a sua Matéria-Prima no respectivo processo. Desta forma, factores como a altura, condicionada pelo nível das camadas na paleta, as dimensões da paleta e até o tipo de materiais utilizados são cruciais para a satisfação total do cliente.

Trata-se de uma questão complexa uma vez que o tipo de soluções a aplicar na paletização é variado o que faz com que seja possível alcançar um sem número de combinações possíveis para paletizar.

## 2.5 Decoração

Para a BA o processo fundamental é o do fabrico das embalagens de vidro. Assim, o processo de decoração é considerado como de suporte e nem todas as linhas fazem a decoração dos produtos obtidos, podendo mesmo ser um serviço subcontratado a terceiros.

A decoração pode ser feita imediatamente no momento da moldação com gravações produzidas através de moldes, que pode influenciar a distribuição do vidro. Na BA as decorações utilizadas para a decoração das embalagens são:

- Fosagem - despolimento do vidro, perdendo transparência;
- *Pressured Sensitive Label* (PSL) - Implementação e aplicação da superfície transparente na embalagem sobre pressão, garantindo aderência uniforme;
- Serigrafia - impressão de ecrãs com tintas cerâmicas;
- *Sleeve* - envolvimento das embalagens com uma manga de plástico retráctil;

Na figura 12 é possível identificar os quatro tipos de decoração aplicados pela BA mais a gravação através de molde.



**Figura 12: Embalagens de vidro onde é possível identificar os diversos tipos de decoração.**

### 3 O Projecto de Embalagens de Vidro na BA

Neste capítulo procura fazer-se a apresentação do local onde foi elaborado o projecto de dissertação. Desta forma é possível compreender o âmbito do mesmo no contexto do SPD/BA. Posteriormente aborda-se a questão do projecto de embalagens e as questões mais técnicas que se julgam cruciais para a sua compreensão.

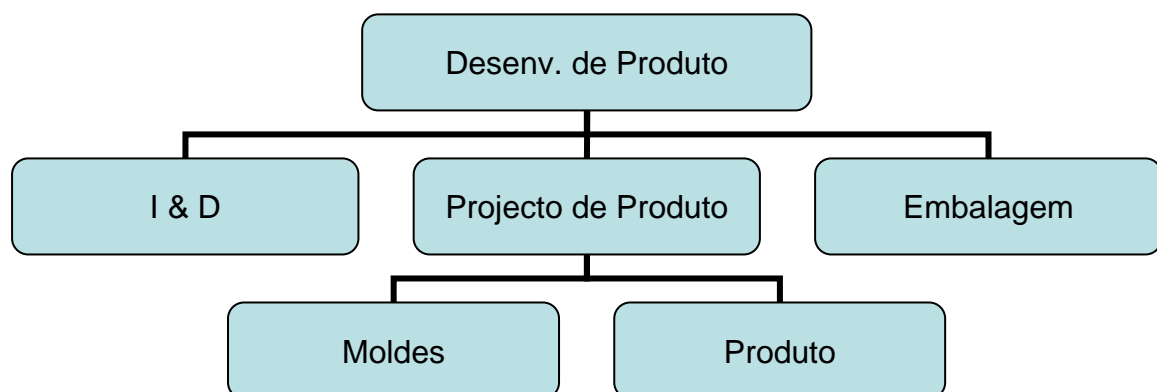
#### 3.1 Serviço de Projecto e Desenvolvimento

Como foi referido, o trabalho descrito nesta tese foi elaborado no Serviço de Projecto e Desenvolvimento. Embora seja um serviço central localizado fisicamente no complexo da Marinha Grande tem colaboradores espalhados por várias unidades fabris. O SPD é responsável pelo projecto e desenho dos produtos e ferramentas (moldes e contra-moldes).

O serviço faz a ligação entre os clientes e as fábricas. Procura conjugar o conjunto de requisitos e características dos primeiros com as tecnologias e capacidade do processo de cada fábrica.

O SPD está, também, encarregue da definição da forma como o produto é paletizado. Há que ter conta as especificidades de forma e dimensionais do produto, a tecnologia instalada na linha onde o mesmo está a ser efectuado e, por fim, os requisitos estabelecidos pelo cliente. Num segundo plano, é responsável pela gestão de todo o universo de ferramenta no grupo.

A nível estrutural, com o chefe do serviço trabalham 11 colaboradores, divididos por 4 áreas: Investigação e Desenvolvimento, Projecto de Produto, Desenho de Moldes e Paletização. No organigrama da Figura 13 pode observar-se a estrutura do serviço.



**Figura 13: Organigrama do SPD.**

Em seguida estuda-se o organigrama do serviço.

### 3.1.1 Investigação e Desenvolvimento

A investigação e desenvolvimento trata de questões bastante técnicas. Encontra-se numa fase mais avançada do relacionamento com o cliente. A sua função é abordar as limitações inerentes ao processo, sugerindo possíveis melhorias para ali serem introduzidas.

Cada unidade fabril do grupo possui uma pessoa, responsável pela Investigação e Desenvolvimento, pertencente ao SPD. Esta ligação é muito importante uma vez que permite uma gestão mais eficaz das situações que vão surgindo durante a produção associadas a problemas de projecto enquanto permitem fazer a ligação às fábricas na fase de projecto de novas embalagens.

### 3.1.2 Projecto de Produto

O Projecto de Produto é responsável pelo contacto directo com o cliente no que toca à tentativa de transformar num artigo exequível as ideias do cliente. É assim responsável pelo desenvolvimento de produto da BA Vidro. Como se poderá ver em detalhe, mais à frente, este relacionamento é, muitas vezes, de difícil gestão. O vidro é um material de difícil transformação pelo que a exequibilidade das ideias dos clientes é, por vezes, de realização impossível. O projecto de produto lida com o departamento criativo das empresas. Estes fornecem um esboço da embalagem que procuram que é transformado em produto concreto possível de realizar através de moldação em vidro. Nesta fase há por vezes a participação de empresas de *design*, contratadas pelos clientes, e que funcionam como uma terceira parte responsável pela produção do esboço da embalagem.

- **Moldes**

Aqui é efectuado todo o desenvolvimento do projecto de moldes. Nesta fase já se tem conhecimento da fábrica e linha à qual se dirige a produção, o que é importante devido à questão a utilizar nesse fabrico. Mais que uma questão sobre o tipo de processo a utilizar, trata-se também de uma análise do tipo de ventilação.

Aqui o contacto é efectuado directamente com os fornecedores de moldes, numa primeira análise, para ser acompanhada a evolução das encomendas. Em segundo plano com as fábricas de modo a fornecer informação sobre a evolução das produções em fabrico. Nesta fase, a primeira produção é importantíssima sendo acompanhada com especial cuidado no sentido de acompanhar a evolução da moldagem das embalagens produzidas. Qualquer situação detectada é, de imediato, reportada para se intervir atempadamente evitando, desta forma, perdas desnecessárias.

- **Produto**

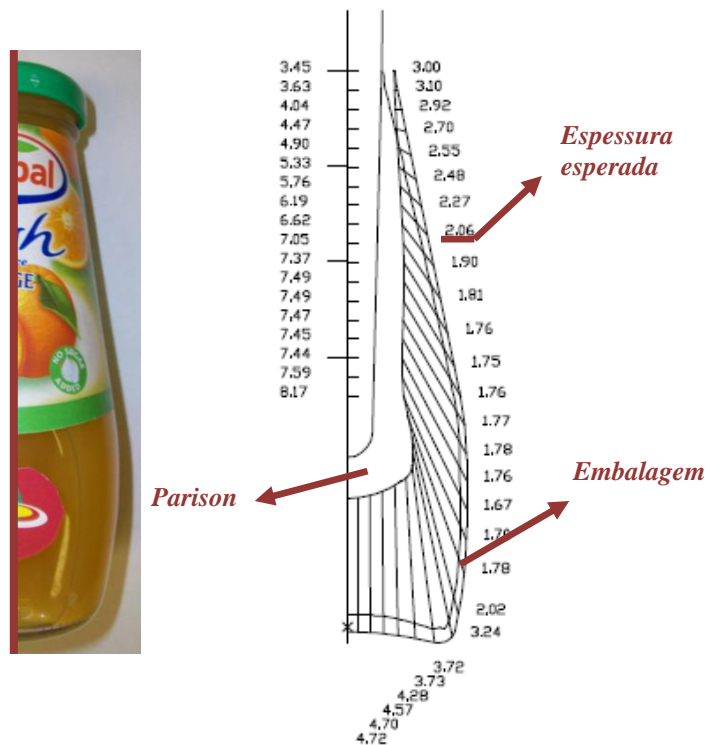
O projecto de uma nova embalagem de vidro surge da necessidade do cliente em armazenar um produto num dado recipiente. Perante isto chegam à BA, em particular ao SPD, os requisitos que visam satisfazer essa necessidade. Na realidade, a concepção de um novo produto é conduzida com a participação de três intermediários. Durante este processo os Comerciais, responsáveis da Pré-Venda e Serviço de Apoio ao Clientes estabelecem a ligação entre o cliente e o SPD. No entanto, para facilitar a compreensão, o projecto do produto vai ser analisada sem a participação destes elementos. Assumindo assim que durante todo projecto o SPD lida directamente com cliente.

É exigida uma participação constante do cliente ao longo deste processo. O conhecimento das tecnologias das linhas de enchimento e dos requisitos da embalagem são essenciais para o projecto. Há assim a necessidade de se estreitarem relações para o sucesso da concepção do produto.

O cliente, aquando do seu pedido, apresenta já uma ideia do que pretende. Alguns dos requisitos que são apresentados à BA são: tipo de fecho (rolha, carga ou tampa por exemplo), enchimento do produto (pode ser feito a quente ou a frio), o nível de carbono da bebida, a capacidade da embalagem, o esboço da embalagem. Regra geral esta informação é produzida com base em embalagens já existentes e que servem de ponto de partida para o pretendido.

Quando o pedido de produto chega à BA são efectuados estudos no sentido de tentar descobrir a exequibilidade do mesmo. É nesta fase que é efectuado o projecto de embalagem mais rigoroso. Para começar são simulados sopros (figura 14), em computador, usando o *software OI-cad*. O sopro é entendido como a transformação do *parison* na embalagem, o que ocorre no molde final. No sopro são observados os padrões de distribuição de espessura e estiramento do vidro. Pela análise destes dados é possível tentar direccionar o vidro para os pontos mais críticos da garrafa, garantindo uma distribuição de vidro o mais uniforme possível. Como se pode ver na figura 14 ao longo do perfil da embalagem, de cima para baixo, são esperadas várias espessuras.

De relevância para este estudo são os valores numéricos da direita. Estes correspondem ao valor esperado da distribuição da massa de vidro caso esta fosse perfeita ao longo de uma secção completa da embalagem. No entanto, já foi visto que a secção de uma embalagem de vidro nunca é de espessura igual ao longo de toda a secção.



**Figura 14: Exemplo de simulação de distribuição de espessura e estiramento usando OI-Cad para uma embalagem.**

As embalagens que são pedidas à BA podem ser organizadas segundo a longevidade esperada da sua utilização. As embalagens retornáveis destinam-se a múltiplas utilizações. São projectadas com mais vidro, logo espessura, para poder suportar o desgaste que implica uma esperança de vida superior. Estes artigos são geralmente garrafas, fabricados em SS, com uma relação entre o peso e a capacidade normal ou pesada. As embalagens não-retornáveis, ao contrário das anteriores, possuem uma relação baixa ou média podendo ser fabricada em SS ou NNPB. São destinadas apenas a uma utilização.

A relação entre o peso e a capacidade é uma das fases mais importantes no projecto de concepção de embalagens. Este valor pode, em primeira análise, condicionar a escolha de um determinado processo para a elaboração da embalagem. Como já se viu há processos que controlam de uma forma melhor a distribuição da massa de vidro, pelo que, e à luz do que já se referiu anteriormente, uma garrafa que vá pedir uma relação peso capacidade muito baixa, não poderá ser efectuada num processo de soprado-soprado. Este processo, fruto da sua baixa capacidade para controlar a distribuição do vidro, impossibilita a sua utilização nestas situações. Em última análise, uma relação peso/capacidade muito apertada pode mesmo implicar a opção por não se avançar na elaboração do mesmo. Em termos de rendimento fabril e qualidade do produto obtido pode vir a justificar-se a suspensão do mesmo.

O projecto de produto é responsável pela tentativa de passar para vidro a ideia do cliente. Esta dificuldade prende-se com questões técnicas, regra geral, que se relacionam com uma boa distribuição do vidro na embalagem. Como exemplo há, regra geral, problemas nas relações peso/capacidade, como já foi visto, e factores geométricos que criam pontos onde o vidro encontra dificuldades em chegar. Esta fase é tão mais delicada que, por vezes, envolve encontros constantes com o cliente de forma a ser possível encontrar situações de compromisso para o problema em questão. Esta fase pode ter uma duração variável que depende das negociações, indo de semanas a meses. No fim, podem ser requeridos protótipos em materiais como pós sintetizados ou acrílico para o cliente poder ver aquele que vai ser o produto final ou iniciar de imediato a promoção dos seus produtos.

Passada esta fase a embalagem entra em fase de desenho de artigo final e de moldes. Aqui já se sabe qual o destino da produção da embalagem, a fábrica e mesmo a linha à qual se destina. Por vezes são solicitadas amostras. Podem ser requeridas pelo cliente para aprovação do projecto, mas, também, para teste das linhas de enchimento e início de campanhas publicitárias. O SPD ou a Produção podem requerê-las para o teste do projecto em novos artigos, com formas difíceis e sem similares, quando se entende que, mesmo com o uso do simulador informático, os resultados não são suficientes. Estas não têm de ser necessariamente obtidas na linha à qual se destinam.

### 3.1.3 Embalagem

A paletização é responsável pelo *interface* final com o cliente. Trata-se de uma responsabilidade delicada uma vez que define como o produto é embalado, condicionando a satisfação, ou não, do cliente. Implica um contacto constante com o cliente. Sendo mais uma questão tecnológica, é necessária uma grande troca de informação entre as partes, uma vez que o interface a montante e a jusante tem que ser similares de forma a possibilitar a passagem dos produtos da forma mais natural possível.

No caso de produtos *standard*, que são vendidos para vários clientes, são necessárias várias formas de paletizar durante a mesma produção. Isto, mais uma vez, exige um enorme esforço

ao nível organizacional e de planeamento de forma a conseguir conjugar todo o stock necessário existente e as especificidades exigidas por cada cliente.

### 3.2 O Rácio Teórico

A questão dos rácios de espessura é pela primeira vez introduzido quando se faz a simulação do sopro através do *OI-Cad*. O rácio é a razão entre a espessura máxima e a mínima da secção de uma embalagem de vidro. A *Owens-Illinois* (OI), antiga fornecedora de assistência técnica da BA, uma das líderes mundiais na produção de vidro, definiu, fruto do seu *know-how* e investigação ao longo de anos, aqueles que considera serem os valores padrão para os rácios de espessuras, de acordo com o tipo de processo.

Na simulação do sopro, como já foi visto, é obtida a distribuição de espessura de vidro em várias secções ao longo do perfil da embalagem. O *software* considera uma distribuição de vidro homogénea nas secções da embalagem. Como se viu na figura 14 apenas é considerada a variação de espessuras ao longo do perfil.

À espessura teórica obtida no ensaio afecta-se o valor do rácio teórico, para o processo em questão, e calcula-se o valor da espessura real que se obtém com as condições utilizadas na simulação. Este valor tem de respeitar a espessura mínima desejada para a embalagem, o que nem sempre acontece.

Na figura 15 pode ver-se a diferença entre as distribuições de vidro expectáveis na teoria pelo simulador e o aproximado ao que se passa na realidade. Na imagem A a espessura é, como já foi dito, homogénea ao longo de toda a secção. Pela análise dos valores da tabela 3 concluímos que o seu rácio é 1 ou seja, temos uma distribuição perfeita de vidro em 360° da secção cortada. A imagem B já se aproxima mais àquilo que temos como sendo a realidade da distribuição de vidro numa embalagem. Na realidade, temos zonas com mais espessura em comparação a outras partes da mesma secção. Em média, estes valores até podem ser semelhantes. No entanto, é aqui que reside o poder do rácio. Apenas este valor nos pode aferir a qualidade da distribuição do vidro. Rácios mais elevados correspondem a diferenças entre a espessura máxima e mínima superiores.



**Figura 15: Comparação entre a distribuição de vidro (A), perfeita, considerada no simulador e o que acontece na realidade (B).**

No entanto, ressalva-se já que, por si só, o rácio não é suficiente para analisar a distribuição de vidro. Torna-se crucial recorrer a dados como os valores das espessuras médias, mínimas e máximas, para saber se este reflecte um processo bastante controlado ou apenas um processo com problemas na quantidade de vidro que está a ser colocada em determinada zona da embalagem.

Ao longo do projecto foram encontradas várias situações que requereram análises bastante específicas no que toca ao que acabou de ser descrito. A referência 0086B096, uma garrafa de vinho de 75 cl fabricada em soprado-soprado, apresenta um rácio crítico no corpo da embalagem de 1.74. O ponto de contacto inferior, uma das zonas mais sensíveis, apresenta um rácio de 1.41. Numa primeira análise é de crer que esta embalagem não possui problemas de distribuição de vidro. No entanto, após uma análise cuidada do valor da espessura média mínima observa-se que esta referência, apesar do rácio baixo, apresenta uma espessura muito inferior ao que seria de desejar numa zona tão delicada da embalagem. É assim claro que o rácio por si só não é um indicador completamente fiável da distribuição de vidro. É um dado que tem de ser conjugado com outros valores para enriquecer a análise.

O rácio crítico é o local da embalagem, daquelas que se planeou estudar de início, onde o rácio é mais elevado. Este representa a zona onde a embalagem se encontra mais frágil sendo a situação tanto mais grave se esse local for um ponto de contacto.

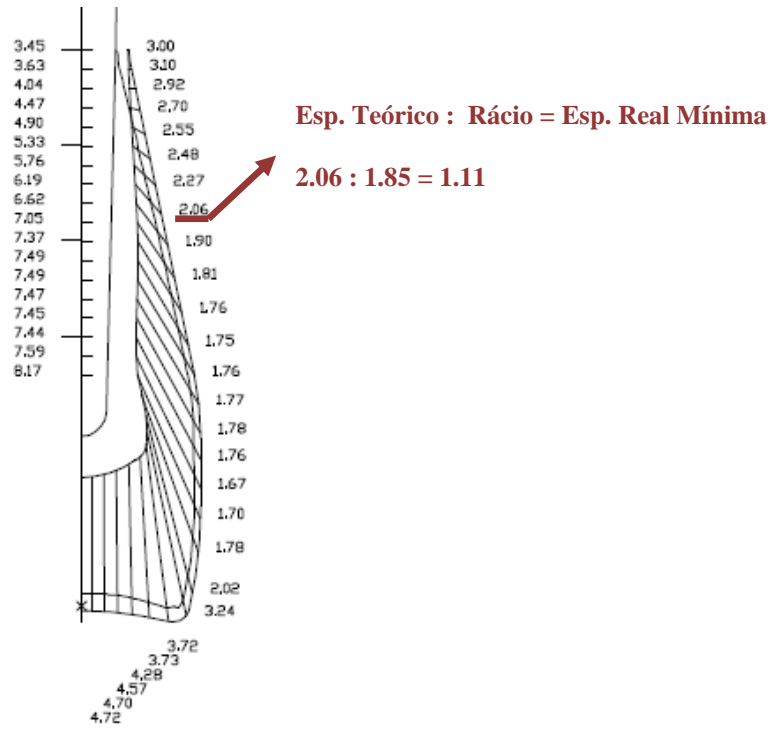
**Tabela 3: Comparação entra a distribuição de espessuras teórica e a real.**

	SIMULADOR (A)	REALIDADE (B)
<b>Esp. Min.</b>	1,2 mm	0,8 mm
<b>Esp. Max.</b>	1,2 mm	1,2 mm
<b>Esp. Méd.</b>	1,2 mm	1,0 mm
<b>Rácio</b>	1	1,5

Como se pode ver na figura 16 o *software* de simulação de sopro apenas fornece as espessuras expectáveis ao longo de todo o perfil da embalagem. Nos 360° que perfazem toda a secção da mesma, o *software* considera uma distribuição perfeita como a encontrada na Figura 14-A. Por exemplo na secção escolhida na figura 16 o *OI-Cad* assume que a espessura é 2.06 mm ao longo de toda a secção. Neste momento é aplicado o rácio teórico ao valor de espessura encontrado no software. A razão entre a espessura teórica e o rácio corresponde à espessura real mínima que se espera obter com o avançar do projecto. Como se pode ver na mesma figura, para o ponto escolhido, assumindo um rácio teórico de 1,85, a espessura real expectável é de 0,90 mm. Se os requisitos do cliente corresponderem a uma espessura mínima de 1,1 mm, sabemos que o projecto ainda está dentro das especificações, mas que, no entanto, não há margem para redução de peso da embalagem.

A razão da utilização de vários rácios para cada um dos tipos de processos prende-se com a capacidade que cada um tem para controlar a distribuição do vidro na embalagem que origina. O processo soprado-soprado, método no qual apenas existe acção pneumática do sopro na gota, é o mais desfavorável para os rácios. A razão disto prende-se com o facto dos sopros utilizados serem de difícil controlo, como já foi referido.

Apesar de ser expectável que o rácio de espessura de uma embalagem não ultrapasse os valores teóricos, inferiores a 2 : 1, o caderno de encargos da BA define que esse valor não vai ultrapassar um valor máximo de 2,5 : 1. Isto ocorre para poder satisfazer minimamente os parâmetros de resistência das embalagens.



**Figura 16: Uso do rácio teórico para o cálculo da espessura real mínima.**

## 4 Análise de Rácios de Espessura

### 4.1 Introdução

Tendo em conta os conceitos introduzidos nos capítulos anteriores foi difícil fazer corresponder o estudo à realidade que é a capacidade dos processos instalados na BA e o leque de produtos existente. A necessidade de conciliar as cinco unidades fabris com a logística inerente ao transporte das amostras e a escolha de referências que fossem significativas foi uma preocupação constante. O planeamento, quase diário, a que estão sujeitas as fábricas do grupo, foi algo com que se teve de lidar. Pela parte do SPD, no âmbito deste projecto, o planeamento da recolha de amostras tornou-se mais reactivo que propriamente activo. Fruto da dificuldade que era traçar a longo prazo um plano de escolha de referências, optou-se por encurtar o prazo para revisão do planeamento da recolha de amostras.

Desta forma, na fábrica da Marinha Grande a produção foi acompanhada diariamente. Esta opção prendeu-se com a proximidade geográfica que facilitou a análise *in loco* das referências em produção. Para as restantes fábricas a planificação de recolha de amostras para o projecto era efectuada no início de cada semana junto do responsável de Investigação e Desenvolvimento de cada unidade fabril. A escolha das referências a analisar era tomada com o auxílio do respectivo plano de produção que é renovado semanalmente. Neste documento constam as mudanças de produção para cada uma das linhas e constam informações úteis para o projecto como a cadência e a referência do artigo. Este planeamento era efectuada juntamente com os desenhos de artigo de cada referência.

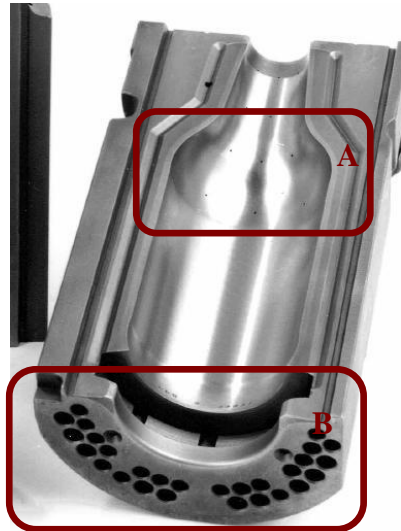
Para a tomada de decisão de quais embalagens medir foram consideradas características como: a geometria da embalagem, capacidade, peso, o peso em termos de produção total e a relevância da referência para as várias fábricas. Neste sentido o auxílio dos responsáveis de Investigação e Desenvolvimento de cada uma das fábricas foi crucial uma vez que estes são os colaboradores BA que melhor podem aferir a importância de determinada referência no contexto BA/unidade fabril.

### 4.2 Variáveis que influenciam a distribuição de vidro

A identificação das variáveis que condicionam a distribuição do vidro nas embalagens, são importantes para o presente estudo. Levando em conta a longevidade do projecto e a necessidade de identificar as variáveis críticas que permitissem fazer uma análise rápida à questão dos rácios de espessura tornou esta questão delicada. Era necessário saber o que afectava de forma mais clara os rácios para o estudo posterior se poder focar nesses pontos.

Na abordagem ao projecto foram identificados os processos e as diversas unidades fabris como variáveis chave. Relativamente aos processos sabe-se que estes é que definem a forma como o vidro é moldado. Desta forma vai ser a condicionante principal à distribuição do mesmo. Historicamente os diversos processos têm surgido no sentido de fornecer soluções que permitam uma melhor distribuição e controlo das espessuras. Há a destacar o NNPB que foi introduzido com o propósito de obter um melhor controlo da distribuição de vidro na embalagem.

Relativamente às unidades fabris do grupo é importante identificar a capacidade do processo de cada uma delas – ponto-chave na possível descoberta de situações de melhoria. Em segundo plano há a questão do planeamento. Se se tiver um conhecimento mais profundo de como as fábricas dominam cada um dos três processos, será possível agilizar a produção de forma a tirar um rendimento superior do planeamento e das produções.



**Figura 17: Molde onde é possível identificar os furos para o vácuo (A) e os furos para a refrigeração do molde.**

Posteriormente à análise referida sobre processos e unidades fabris, levanta-se a questão das ventilações utilizadas. Este é mais um dos focos de investigação no processo de moldação do vidro. A ventilação é responsável pela refrigeração dos moldes e pelo vácuo que facilita a chegada do vidro a zonas complicadas da embalagem. As ventilações são importantes na medida em que permitem altas cadências, flexibilidade, qualidade na produção das embalagens e melhores condições de fabrico para os operadores das máquinas IS.

A ventilação, utilizada durante o processo de fabrico das embalagens de vidro, tem duas funções bem definidas. A primeira é óbvia: refrigeração dos moldes. Ela é utilizada tanto no molde de principiar como no molde final. No primeiro o seu propósito é o acerto da temperatura de forma a ser possível alcançar um perfil de temperatura adequado no *parison*. No molde final, no entanto, a ventilação necessita de estabilizar a embalagem o mais rapidamente possível enquanto facilita a forma da mesma. Em resumo: é necessária uma elevada capacidade de refrigeração de forma a conseguir influenciar do perfil de temperaturas.

Uma ventilação adequada do molde inicial permite ganhos na resistência à pressão interna das embalagens. A questão do perfil de temperaturas é importante no sentido em que um *parison* mais uniforme vai melhorar a distribuição do vidro o que é crucial no âmbito do estudo assim como na redução do stress do corpo da embalagem. Torna-se claro que para se alcançar uma redução significativa do peso global das embalagens de vidro a questão das ventilações é de extrema importância.

Na Figura 17 podem observar-se as funcionalidades que permitem aos moldes aplicar o tipo de ventilação em questão. No detalhe A é possível observar os furos do vácuo que permitem ao molde atrair o vidro para a zona do ombro da garrafa. Tratando-se de uma zona onde há dificuldades para a colocação de vidro, a ventilação facilita a sua aderência a esta zona. No detalhe B podem ver-se os furos da ventilação que permitem a refrigeração dos moldes. Como

já se falou, esta questão é importante para que o molde se encontre a uma temperatura ideal permitindo uma boa conformação do vidro e evitando desgastes acelerados dos moldes.

De acordo com o estudo de Matthey Hyre “*Matching mould cooling strategies to the blank side forming process*” fica claro que a escolha da ventilação deve ser tomada em conta no projecto de embalagens. Hyre (2007) defende que as diferentes ventilações se adequam melhor a determinados processos de fabrico e tipos de garrafa.

Para este estudo vão ser tidas em conta três tipos de tecnologias de ventilação instaladas na empresa: axial, radial e shell.

### 4.3 Medições

Para as medições foi utilizado o *software UltraSPC*, da *SimWorkUK*. Este é utilizado pelo controlo estatístico do processo da BA, na Marinha Grande, e foi a ferramenta escolhida para a recolha, leitura e organização da informação a ser tratada. O fabricante anuncia que é capaz de recolher dados de virtualmente qualquer origem. No projecto o mesmo não foi utilizado para a recolha dos pesos das amostras uma vez que a balança disponível não tinha interface com o PC. Na fábrica o *software* é utilizado para o controlo estatístico do processo. Aqui a sua utilização limitou-se exclusivamente à recolha de valores. Assim, as potencialidades estatísticas do mesmo não foram aproveitadas uma vez que não se achou interessante para o estudo. Optou-se por efectuar as mesmas, posteriormente, usando o Excel.

Na sequência do estudo procurou-se identificar algum padrão no comportamento da zona da garrafa que geralmente apresenta rácio mais elevado (rácio crítico). Esta questão é importante na condução de projectos futuros. Sendo identificadas tendências no comportamento dos rácios numa determinada zona de um tipo de embalagens - por tipo de embalagens entenda-se conjunto de características comuns como: fábrica, processo, ventilação ou cor – é possível afinar o projecto de tal forma que sejam utilizados vários rácios por cada projecto. Ou seja, para o pescoço das embalagens, que regra geral não apresentam tantos problemas de distribuição de vidro, utiliza-se um rácio menor que nos pontos de contacto que são mais solicitados.

Neste sentido foram definidas as zonas que seriam alvo da análise dos valores de espessuras (mínimas e máximas) e rácios. Começaram por se identificar três zonas principais: o pescoço, o corpo e o fundo da embalagem - ver Figura 18. No pescoço da embalagem identificaram-se duas situações distintas: as garrafas de *long neck* - como uma normal garrafa de cerveja - onde seria necessário estudar a evolução do rácio ao longo da mesma até um máximo de três pontos; embalagens como frascos ou boiões onde apenas se efectua uma medição junto ao *neck ring*. O *neck ring* é a marca provocada pela boquilha no *parison*. Na formação de uma embalagem a marisa é a primeira parte a ser formada. É pela marisa que o *parison* passa do molde de principiar para o molde final segundo um movimento circular de 180°. Assim, o *neck ring*, é a pequena marca de junta provocada pela união entre a boquilha e o molde final.

A segunda zona é o corpo da embalagem. Nesta zona foram identificadas até cinco leituras possíveis. Aqui encontram-se os pontos de contacto das embalagens. Estes pontos são de análise cuidada uma vez que são sujeitos a solicitações maiores fruto dos contactos durante as linhas de enchimento e durante a paletização. No corpo da garrafa pode existir uma caixa de rótulo (Figura 19). Numa embalagem como a da Figura 19 os pontos de contacto superior e inferior são os mais importantes na análise dos valores de rácio. Numa embalagem como a da



**Figura 18:** Esquema das zonas da garrafa sujeitas a análise do rácio de espessuras.



**Figura 19:** Detalhe dos pontos de contacto de uma garrafa com protecção de rotulo.

Figura 18 a análise vai ser diferente uma vez que vamos ter vários pontos sujeitos ao desgaste de choques constantes.

No caso de embalagens produzidas segundo o processo soprado-soprado a leitura dos valores implica sempre a leitura de espessuras no ponto do Anel de Lynch. Como já foi visto, este é um ponto sensível nas embalagens deste processo e onde se esperam os piores valores de espessuras.

Por fim, no fundo da embalagem, foram analisados no máximo três pontos. A primeira leitura era sempre efectuada na zona de contacto da embalagem com a superfície. Esta zona de contacto pode ter diversos desenhos dando-se o exemplo dos crescentes da Figura 18. Trata-se

de uma zona de leitura difícil e onde é necessário cuidado para se conseguir uma medição rigorosa. A segunda leitura foi efectuada, sempre que possível, numa zona média entre a recartilha e o ponto central do fundo da embalagem. Dado que não era possível efectuar uma leitura contínua de valor de espessuras nesta zona da embalagem, optou-se por uma leitura discreta de quatro pontos a distarem  $90^\circ$  de distância entre si e, posteriormente, a partir desses valores, o calculo da espessura mínima, máxima e respectivo rácio de espessuras. Nem sempre se conseguiu fazer esta medição dado que a calote do fundo da embalagem, nalgumas garrafas de vinho, não permitia, uma leitura com rigor mínimo. A última leitura foi efectuada no ponto central. Aqui não foram calculados rácios sendo que apenas se fez uma medição de espessura para tentar compreender a distribuição do vidro no fundo das embalagens.

Seguindo a ideia das três zonas principais das embalagens procurou-se otimizar as condições de aquisição de dados aprontando aparatos que permitissem a medição em cada uma das zonas. Como se pode ver em cada uma das imagens da figura 20 disponibilizaram-se medidores e comparadores com ligação ao computador que permitissem a medição em cada um destas três zonas. A A diz respeito à zona do gargalo - importante para garrafas e alguns frascos; a B para a medição da zona do corpo; por fim, a medição dos fundos das garrafas pelo dispositivo da imagem C. Os comparadores digitais da marca *Ono Sokki* permitiram o interface ao PC, leituras contínuas de espessuras mínimas e máximas o que facilitou as leituras ao longo do projecto.



**Figura 20: Medidores de espessuras utilizados no projecto.**

#### 4.4 Resumo do estudo

Para uma melhor compreensão da dimensão do estudo conseguiram-se medir 72 referências e 2735 amostras durante este projecto.

Há a considerar que este número de referências corresponde ao número total ou seja: situações como a referência 6369T194 que foi medida em linhas diferentes da fábrica da Marinha Grande são consideradas duas referências diferentes. Este número de amostras corresponde a uma massa total de vidro que ronda os 650 Kg retirado das linhas de produção da BA.

Relativamente aos processos medidos procurou equilibrar-se a análise dos mesmos de uma forma o mais equitativa possível. As fábricas parecem estar especializadas no máximo em dois processos segundo a organização retratada na tabela 4 o que facilitou a organização do estudo.

**Tabela 4: Resumo dos processos medidos e as fábricas em que foram estudados.**

Processo	Nº Referências	Fábricas
Soprado-Soprado	20	(Avintes; León; Villafranca)
Prensado-Soprado	28	(Marinha Grande; León; Venda Nova)
<i>Narrow Neck Press and Blow</i>	24	(Avintes; Marinha Grande; Villafranca)

Na BA existem vários tipos de ventilação. Os tipos de ventilações existentes são, muitas vezes, apenas diferenciados por detalhes técnicos específicos de uma ou outra linha. Para a elaboração deste texto considerou-se que seria mais benéfico a reorganização das classes de ventilação Assim, agruparam-se as ventilações em três grandes grupos ignorando-se as especificidades tecnológicas de cada linha (tabela 5).

A ventilação é aplicada tanto a moldes de principiar como a moldes finais. No entanto, o que se julga chave para o estudo em questão é a análise do tipo de ventilação dos primeiros uma vez que têm uma influência mais clara no âmbito do estudo.

**Tabela 5: Resumo das ventilações analisadas.**

Ventilação	Nº Referências
Axial	16
Radial	43
Shell/Cage	12

Os dados da tabela 6 demonstram que a proximidade permitiu uma maior facilidade na análise de amostras da fábrica da Marinha Grande e Avintes. Na fase em que o projecto foi efectuado a unidade da Venda Nova encontrava-se em fase de reestruturação. Integrada no grupo em 2008 ainda se encontra em adaptação. A renovação dos fornos e a produção de algumas referências que antes eram produzidas na fábrica de Xinzo de Limia, no norte de Espanha, fez com que as referências aqui em produção não fossem consideradas prioritárias ou pertinentes no âmbito deste projecto. Grande parte da produção, à altura do projecto, efectuada nesta fábrica eram referências de muito pequena dimensão e baixa produção - por vezes apenas um dia. Esta situação levou a que se optasse pelo privilegiar de outras unidades e referências do grupo. A análise às duas fábricas situadas em Espanha tornou-se mais difícil, por uma questão de logística e distância.

**Tabela 6: Resumo das Referências medidas por fábrica.**

Fábricas	Nº Referências
Avintes	19
Marinha Grande	31
Villafranca	8
Léon	13
Venda Nova	1

#### 4.5 Análise dos Resultados

A informação é apresentada de forma a que se consiga de uma forma fácil e intuitiva estudar as diversas análises que eram requeridas no início deste projecto. Começa por se fazer a análise dos rácios do grupo BA com a sugestão de actualização destes valores e com uma pequena crítica aos resultados que se foram obtendo.

##### 4.5.1 Soprado-Soprado

Começando por analisar o soprado-soprado havia algumas premissas que tinham de ser consideradas à partida. Para começar o facto de se tratar de um processo onde o controlo das espessuras é difícil pelo que as referências analisadas teriam uma relação peso/capacidade normal ou pesada. Este é utilizado, principalmente, para o fabrico de garrafas de vinho. Durante as medições, teria de ser considerada a dificuldade que implicava manusear uma amostra pesada e de grande dimensão. Procurou-se então um cuidado especial na medição deste tipo de amostras.

Havia também a ponderar a questão da presença do anel de *lynch* nas embalagens. Sabendo que o mesmo é caracterizado por espessuras inferiores às médias, esperava-se que um rácio de espessura mais elevado por referência fosse encontrado nesta zona.

Esta tecnologia, pelo que foi dado a analisar durante o estudo, é preferencialmente utilizada nas unidades de Avintes e Léon sendo utilizadas ventilações do tipo radial ou shell (tabela 8 e 9).

**Tabela 7: Resumo das referências medidas em soprado-soprado.**

Fábricas	Nº Referências
Avintes	14
Léon	5
Villafranca	1

**Tabela 8: Resumo das ventilações medidas em soprado-soprado**

Ventilação	Nº Referências
Radial	14
Shell	6

Das vinte referências estudadas concluiu-se que este processo não fica sujeito a variações de peso de artigo relativamente ao peso real. O peso de artigo é a massa de vidro que consta do projecto da embalagem. A média de pesos reais é 0,5% superior à média dos pesos de artigo do produto. Isto parece indicar uma boa capacidade do processo. Para mais, apenas seis das referências apresentavam um desvio de pesos, superior ou inferior ao esperado, de 3%.

**Tabela 9: Resumo das referências analisadas de soprado-soprado.**

Referência	Rácio	Zona Crítica	Peso Artigo	Peso Real	Peso/Capacidade
0085B009	1,886	Lynch	296	289 (+2%)	0,79
0086B096	1,743	Lynch	500	500 (0%)	0,67
0625D033	1,974	Lynch	165	167 (-1%)	0,66
<b>1289C121</b>	<b>1,563</b>	<b>Ponto Contacto Superior</b>	<b>320</b>	<b>312 (+3%)</b>	<b>1,07</b>
1531B292	1,85	Ponto Contacto Superior	540	546 (-1%)	0,72
<b>1736B292</b>	<b>1,892</b>	<b>Ponto Contacto Superior</b>	<b>465</b>	<b>483 (-4%)</b>	<b>0,62</b>
1780L297	1,581	Recartilha	485	494 (-2%)	0,65
<b>1793P151</b>	<b>1,57</b>	<b>Lynch</b>	<b>380</b>	<b>367 (+4%)</b>	<b>0,51</b>
<b>2518B017</b>	<b>2,259</b>	<b>Lynch</b>	<b>490</b>	<b>521 (-6%)</b>	<b>0,65</b>
4285S233	1,543	Ponto Contacto Superior	265	260 (+2%)	1,06
7204D035	1,467	Ponto Contacto Superior	900	907 (-1%)	1,20
7212B123	1,987	Ponto Contacto Superior	570	562 (+1%)	0,76
7415B123	1,861	Lynch	450	453 (-1%)	0,60
<b>7415B123</b>	<b>2,449</b>	<b>Corpo</b>	<b>450</b>	<b>472 (-5%)</b>	<b>0,60</b>
7508S089	2,271	Lynch	490	501 (-2%)	0,65
7717B292	1,987	Lynch	485	483 (0%)	0,65
7782B123	1,806	Ponto Contacto Superior	540	541 (0%)	0,72
7881L019	1,96	Corpo	490	487 (+1%)	0,65
7882B123	1,97	Lynch	540	541 (0%)	0,72
<b>7884B123</b>	<b>2,049</b>	<b>Ponto Contacto Superior</b>	<b>570</b>	<b>556 (+3%)</b>	<b>0,76</b>
Média:	1,88	Total:	9391	9442	

Nesta situação procurou-se um padrão de tendência mas o mesmo não foi encontrado. O que se justifica com o facto de ambas as variações acentuadamente positivas e negativas do peso não reflectirem um padrão no comportamento do rácio. Crê-se que as ligeiras variações de peso não são provocadas por projecto mas sim por razões meramente produtivas, como a cadência ou o estado de conservação dos moldes, que não influenciam a qualidade do rácio. Este último ponto parece ser importante nesta análise. A deterioração dos moldes tem uma influência clara na moldação das embalagens.

A análise das referências escolhidas para este estudo permitiu encontrar um novo rácio para o processo soprado-soprado do grupo BA (tabela 10). A melhoria expectável com a introdução

deste novo valor ronda os 6% havendo, no entanto, algumas situações que se julga relevante analisar.

**Tabela 10: Evolução do rácio do processo soprado-soprado.**

Rácio	Valor
<b>OI</b>	2 : 1
<b>Real</b>	<u>1,88 : 1</u>
Melhoria:	6 %

Analisa-se, seguidamente, a situação da referência 7204D035, uma garrafa de 75 centilitros para champanhe, que possui um peso de artigo de 900 gramas. Num projecto o objectivo passa sempre pela produção de embalagens, que respeitem os requisitos, utilizando a menor quantidade de vidro possível. Neste caso tratando-se de uma embalagem pesada esperava-se obter espessuras mínimas e máximas elevadas e, correspondentemente, rácios bastante baixos.

Esta situação confirmou-se plenamente. O rácio obtido de 1,467 reflecte uma distribuição de vidro óptima que, no entanto, não pode ser confundida com um processo mais ou menos estável. Nesta situação, ao contrário da anterior, quando o que estava em causa eram variações de peso provocados pela produção, o acréscimo de massa de vidro, em fase de projecto, faz com que o rácio diminua. Isto ocorre por o projecto de embalagem se tornar assim mais favorável. O excesso de vidro, quase o dobro do normal neste processo, consegue contrapor questões de geometria mais difícil no desenho.

Consultando a tabela 11 sobre os locais críticos, ao nível das espessuras, observa-se que o anel de *Lynch* não é de forma tão declarada, como expectável, a zona da garrafa onde se encontram os piores valores de rácio.

**Tabela 11: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado).**

Ponto Crítico	Nº Referências	Rácio
<b>Corpo</b>	2	2,2045
<b><i>Lynch</i></b>	<b>9</b>	<b>1,947</b>
<b>PCS</b>	<b>8</b>	<b>1,77</b>
<b>Recartilha</b>	1	1,581

Para esta análise não se consideram os valores do corpo e da recartilha uma vez que não são significativos. Neste caso apenas três referências não são suficientes para tecer qualquer comentário relativamente ao comportamento do ponto crítico no processo.

Para os valores do ponto de contacto superior observou-se que esta situação se encontrava, por vezes, associada à deterioração dos moldes. As costuras, provocadas pelo contacto entre as duas partes do molde, apareciam nesta situação completamente deslocadas. Os fundos da embalagem apresentavam um claro deslocar da junta do contra-molde que pode ser provocado por cadências elevadas ou problemas no estado dos moldes.

Conclui-se que apesar da influência da condição dos moldes nesta situação, a razão principal dos rácios elevados no ponto de contacto superior, para este processo, é uma dificuldade declarada na colocação de vidro nessa zona. Trata-se assim de uma questão de mau controlo do processo. Esta situação é tão mais evidente que o próprio anel de *lynch*, com todas as

limitações que foram sendo abordadas neste estudo, apresenta, comparativamente, melhores valores de espessura médios.

Analisou-se não só a evolução dos rácios mas também das espessuras médias e não se pode justificar o fenómeno, atrás descrito, apenas com uma redução da espessura mínima que provoca um deteriorar do rácio. A evolução das espessuras nestes casos era sempre de redução tanto para a espessura mínima como para a máxima. Desta forma era quase como se se estivessem a comparar grandezas diferentes (da zona do ponto de contacto inferior para qualquer outro ponto da garrafa).

As embalagens de soprado-soprado, das medições feitas, quando se fala de capacidades, podem ser organizadas em quatro grupos. Estas são em geral garrafas de vinho e, como tal, a sua volumetria não foge muito dos valores padrão habituais no mercado: 25, 30, 37,5 e 75 centilitros.

As duas unidades fabris que se consideraram para este estudo foram a de Avintes e León. Avintes, talvez por razões históricas, tem uma certa apetência para a produção deste tipo de processo. Possui um largo leque de referências de garrafas de vinho que diariamente entram em produção nas suas linhas. É assim natural que haja um grande número de referências nesta fábrica. De Villafranca apenas se conseguiu medir uma referência.

Talvez pela razão histórica mencionada no parágrafo anterior, os rácios médios obtidos em Avintes em soprado-soprado são de facto melhores em comparação com o resto do grupo (tabela 12). Com este novo rácio conseguem-se ganhos de 8 %. Estes ganhos têm justificação no facto de serem já processos muito controlados que com naturalidade, e o passar dos anos, foram sendo cada vez melhor dominados.

Avintes revela-se mesmo o destino de excelência da produção de soprado-soprado no grupo BA. Isto porque León tem um rácio real superior ao teórico. Isto reflecte dificuldades do domínio do processo. Tecnicamente este processo necessita de um desenvolvimento no seio do grupo fruto da dependência da fábrica de Avintes como pólo produtivo de embalagens em soprado-soprado.

**Tabela 12: Rácios de espessura no grupo BA.**

Fábrica	Nº Referências	Rácio
Avintes	14	1,84
León	5	2,01
Villafranca	1	1.86
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>20</b>	<b>1,88</b>

Finalmente, no que diz respeito à ventilação utilizada neste tipo de projectos o estudo passou pela análise de duas ventilações distintas, a radial e a shell. Esta última parece proporcionar um melhor controlo de espessuras e há uma certa tendência para a ventilação radial desenvolver problemas de rácio na zona do anel de *Lynch*. Na shell esta situação acontece no ponto de contacto superior (tabela 13).

**Tabela 13: Rácios de espessura segundo a ventilação<sup>3</sup>**

Fábrica	Nº Referências	Rácio
Radial	14	1,98
Shell	6	1,82
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>20</b>	<b>1,88</b>

#### 4.5.2 Prensado-Soprado

Relativamente a este processo havia a referir a existência de duas tecnologias distintas instaladas na empresa: o P41, já abordado, e o P62, mais comum, e tido como prensado-soprado normal. O primeiro apenas pode ser utilizado numa das linhas da fábrica da Marinha Grande. Esta linha, aliás, é a única capaz de conjugar os dois processos de prensado-soprado. Todas as outras apenas permitem a utilização do P62.

No âmbito do estudo só foi analisada uma referência pelo P41. Este parece ter um peso muito limitado no contexto das referências do grupo. Assim, à semelhança de outras características como ventilações e fábricas, que possuíam poucas referências analisadas, este estudo vai limitar-se ao P62.

Relativamente a este processo sabe-se que é utilizado em embalagens de boca larga. Assim, o maior número de referências consistia em frascos ou boiões. A aquisição das espessuras foi fácil nestas embalagens.

Tecnologicamente este processo é utilizado em Léon, na Marinha Grande e na Venda Nova. Pelo que já foi descrito, apenas as duas primeiras unidades fabris foram analisadas em detalhe (tabela 14). A ventilação é praticamente dominada pelo uso da tecnologia Radial sendo que só esta vai ser considerada para este estudo (tabela 15).

**Tabela 14: Resumo das referências medidas em prensado-soprado.**

Fábricas	Nº Referências
Léon	8
Marinha Grande	19
Venda Nova	1

**Tabela 15: Resumo das ventilações medidas em prensado-soprado**

Ventilação	Nº Referências
Radial	26
Outras	2

Este processo, à semelhança do anterior, não parece estar sujeito a flutuações do peso de artigo (tabela 16). Da mesma forma, as referências que possuem variações mais violentas nesse peso não parecem ver o seu rácio afectado por este facto. Há mesmo referências cujo incremento de peso, face ao projecto, representa um acréscimo de 7% sem tradução significativa na qualidade da distribuição do vidro.

**Tabela 16: Resumo das referências analisadas de prensado-soprado.**

Referência	Rácio	Zona Crítica	Peso Artigo	Peso Real	Peso/Capacidade
5511T172	1,375	Ponto Contacto Inferior	167	163 (+2%)	0,84
5520T173	1,551	Ponto Contacto Inferior	135	134 (+1%)	0,68
5527T173	1,532	Recartilha	135	135 (+0%)	0,68
5529T200	1,382	Recartilha	150	153 (-2%)	0,75
5530T173	1,429	Fundo	160	164 (-2%)	0,80
5547T173	1,792	Recartilha	135	138 (-2%)	0,68
<b>5809T188</b>	<b>1,39</b>	<b>Recartilha</b>	<b>230</b>	<b>248 (-7%)</b>	<b>0,46</b>
<b>5810T188</b>	<b>1,447</b>	<b>Recartilha</b>	<b>230</b>	<b>246 (-7%)</b>	<b>0,46</b>
6094Y215	1,497	Calcanhar (Sem Contacto)	90	89 (+1%)	0,62
<b>6111T194</b>	<b>1,321</b>	<b>Corpo</b>	<b>130</b>	<b>125 (+4%)</b>	<b>0,61</b>
<b>6120Y309</b>	<b>1,674</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>90</b>	<b>93 (-3%)</b>	<b>0,56</b>
<b>6145T014</b>	<b>1,332</b>	<b>Corpo</b>	<b>130</b>	<b>135 (-4%)</b>	<b>0,60</b>
6172T014	1,603	Ponto Contacto Inferior	155	157 (-1%)	0,63
6258T286	1,765	Ponto Contacto Inferior	140	143 (-2%)	0,05
6309T282	1,475	Ponto Contacto Inferior	240	243 (-1%)	0,53
6311T194	1,583	Ponto Contacto Inferior	190	188 (+1%)	0,51
6368T063	1,46	Ponto Contacto Inferior	300	305 (-2%)	0,71
6369T194	1,62	Ponto Contacto Inferior	224	228 (-2%)	0,50
6369T194	1,585	Ponto Contacto Inferior	224	226 (-1%)	0,50
6370T224	1,523	Ponto Contacto Inferior	250	249 (+0%)	0,57
6373T094	1,708	Ponto Contacto Inferior	170	170 (0%)	0,46
6405T194	1,513	Ponto Contacto Inferior	285	282 (+1%)	0,49
<b>9080T094</b>	<b>1,727</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>195</b>	<b>205 (-5%)</b>	<b>0,53</b>
9269T014	1,426	Ponto Contacto Inferior	150	148 (+1%)	0,55
9330T104	1,525	Ponto Contacto Inferior	230	225 (+2)	0,53
9469T015	1,597	Ponto Contacto Inferior	245	243 (+1%)	0,49
<b>9936T051</b>	<b>1,609</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>475</b>	<b>507 (-6%)</b>	<b>0,46</b>
Média:	1,54		Total:	5255	5342

Neste processo, à semelhança do anterior, a variação entre o peso de projecto e real não é significativa. Existe um acréscimo de 1,7% da massa de vidro que, no entanto, não se reflecte na qualidade da distribuição de espessura.

Após a análise cuidada dos valores de rácios para as embalagens seleccionadas procedeu-se à proposta de um novo rácio para o processo prensado-soprado do grupo BA (tabela 17). A melhoria esperada com a introdução deste novo valor ronda os 13%. Este apresenta-se assim como um processo onde a margem para ganhos, através da redução da incorporação da massa de vidro, é bastante possível. Este valor de rácio real reflecte um processo muito controlado. Isto só pode ser alcançado fruto de anos de experiencia e de *know-how* adquirido.

**Tabela 17: Evolução do rácio do processo soprado-soprado.**

Rácio	Valor
<b>OI</b>	1,75 : 1
<b>Real</b>	<u>1,53 : 1</u>
Melhoria:	13 %

Como exemplo para se tentar observar a relação entre o peso e a qualidade da distribuição de vidro, escolheram-se algumas referências. As três referências correspondem a embalagens de sumos com boca pequena (tabela 18). Crê-se mesmo que estas se encontram dentro da gama de pesos que também permitiria o uso de NNPB para o fabrico destas embalagens. No entanto, em questão está o facto de serem as que apresentam a melhor relação peso/capacidade de todas as referências analisadas para este processo. O que é possível observar é que os artigos com uma relação peso/capacidade mais elevada, vão corresponder, respectivamente, os rácios de espessura mais baixos. Neste caso prova-se a influencia da massa de vidro na obtenção de rácios de espessura baixos. Mais uma vez este valor não está relacionado directamente com a capacidade do processo mas com a quantidade de vidro colocada na embalagem. Este facto facilita a obtenção de espessura nas paredes da embalagem.

**Tabela 18: Rácio das três embalagens com relação peso/capacidade mais elevadas em prensado-soprado**

Referência	Peso/Capacidade	Rácio
<b>5511T172</b>	0,835	1,375
<b>5520T173</b>	0,75	1,551
<b>5527T173</b>	0,8	1,532

Para estas embalagens a zona crítica encontrada foi localizada junto ao ponto de contacto inferior (tabela 19). Das 28 referências o ponto de contacto apresentou por 18 vezes o pior rácio. É no entanto de assinalar que todas as zonas criticas apontadas neste processo se encontram na parte inferior da embalagem.

A situação descrita levou a que se tentasse identificar a causa deste facto. O que foi possível observar é que isto se devia, a maior parte das vezes, não a uma espessura inferior ao especificado, mas sim a uma espessura máxima média bastante elevada. A espessura pode ser necessária para se conseguir respeitar a espessura mínima. No entanto este valor pode também ficar a dever-se ao já comentado comportamento defensivo por parte das unidades fabris que, para evitar perdas em linha, procuram reforçar as zonas inferiores das embalagens com uma quantidade de vidro superior ao projectado.

**Tabela 19: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado)**

Ponto Crítico	Nº Referências	Rácio
Corpo	2	1,327
PCI	18	1,573
Recartilha	5	1,509
Calcanhar	1	1,497
Fundo	1	1,429

Relativamente à análise por capacidades optou-se por estratificar as embalagens de prensado-soprado em quatro grupos (tabela 20).

Esta análise permitiu confirmar o comportamento da zona crítica, com os problemas associados aos pontos de contacto inferiores e aos fundos em geral. A última classe, para capacidades superiores a 58 cl, não tem significância devido à escassez de amostras.

Neste processo há bastante equilíbrio no que toca aos rácios calculados relativamente às capacidades e às fábricas estudadas (tabela 21). É um processo que se encontra bastante estável nas duas unidades fabris principais e crê-se que há espaço para uma clara aposta na redução de peso das embalagens de prensado-soprado. No entanto, há a ressaltar duas situações: em primeiro lugar há que garantir a posição das fábricas neste processo; em segundo lugar por parte dos clientes as embalagens têm que ser desenhadas de forma a suportarem as condições de utilização.

Ou seja, apesar de uma capacidade do processo elevada, estável e dominado pode acontecer que já se esteja num valor muito próximo à espessura mínima suficiente. Só testes posteriores relativamente ao tipo de resistências analisadas no ponto 2.3 podem validar a verdadeira capacidade de diminuição de peso das embalagens.

**Tabela 20: Análise por capacidades do processo prensado-soprado.**

Capacidade	Referências	Rácios	Ponto Crítica
<= 20 cl	9	1,53	PCI; Recartilha (3)
> 20 e <= 37 cl	8	1,56	PCI (6)
> 37 e <= 58 cl	10	1,51	PCI (8)
> 58 cl	1	1,61	PCI (1)

**Tabela 21: Rácios de espessura no grupo BA.**

Fábrica	Nº Referências	Rácio
Léon	8	1,52
Marinha Grande	19	1,54
Venda Nova	1	1,51
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>28</b>	<b>1,53</b>

A análise da tabela 22 referente à análise do rácio por ventilação não permite retirar qualquer tipo de conclusão uma vez que, para este processo, é utilizada, quase exclusivamente, a ventilação radial.

**Tabela 22: Rácios de espessura segundo a ventilação**

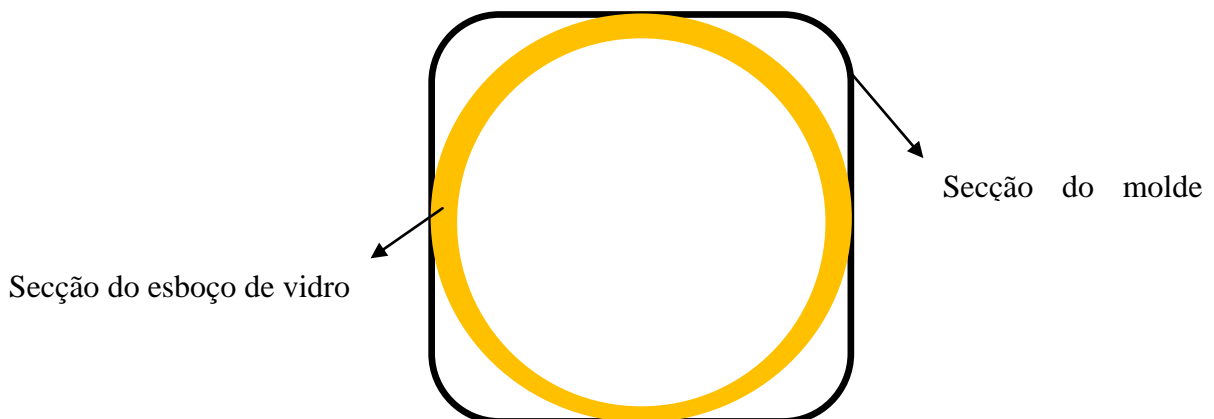
Fábrica	Nº Referências	Rácio
Radial	26	1,54
Outros	2	1,52
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>28</b>	<b>1,53</b>

#### 4.5.3 *Narrow-Neck Press and Blow*

O *Narrow-Neck Press and Blow* é, como já se viu, uma evolução do prensado soprado. Este processo utilizado em garrafas de boca estreita permite ganhos na incorporação de vidro nas embalagens.

Produz, quase exclusivamente, referências para o sector das bebidas - principalmente cervejas e águas - e tem uma gama de capacidades muito bem definida. À análise por capacidades junta-se também a análise das quatro referências correspondentes a embalagens de azeites. Estas últimas têm a curiosidade de não possuírem uma secção redonda. São garrafas que em parte ou na totalidade do seu perfil possuem secção quadrada ou rectangular. Este facto levou a que se tivesse de agilizar a forma como os dados eram adquiridos pelo *UltraSPC* e passados ao Excel. Foi decidido calcular um rácio para as faces e outro para os vértices da embalagem. A análise posterior é em tudo semelhante ao que já se viu, sendo procurado sempre o ponto crítico da embalagem onde o rácio é superior.

À excepção de moldes de principiar que possuem um perfil quadrado para auxiliar a chegada de vidro aos cantos da garrafa, é esperado que o rácio nas faces seja melhor que o dos vértices. Isto acontece devido ao que se vê na figura 23. Aqui vê-se: a preto a secção do molde final de uma embalagem quadrada e a laranja: a secção do *parison* após a sua saída do molde de principiar. Com a acção do sopro, e como se vê na imagem, o vidro toca em primeiro lugar nas faces planas sendo aqui ocorre a primeira adesão de vidro ao molde. Para os vértices o vidro só vai chegar pela acção continuada do sopro e estiramento deste. Isto leva a que no fim a quantidade de vidro seja superior na face em comparação às arestas. O que se vai reflectir no rácio.



**Figura 21: Esquema da adesão do vidro a uma embalagem de perfil quadrado.**

O NNPB encontra-se instalado em quatro unidades fabris do grupo (Avintes, Léon, Marinha Grande e Villafranca). No entanto, em Léon, apenas uma linha tem a possibilidade de produzir este processo sendo que foi dado ênfase às outras fábricas (tabela 23). A fábrica de Villafranca produz quase exclusivamente neste processo. As ventilações utilizadas em NNPB são mais variadas. Foi possível analisar o rácio, para este processo, de três tipos distintos de ventilação: Axial Radial e *Shell* (tabela 24).

**Tabela 23: Resumo das referências medidas em NNPB.**

Fábricas	Nº Referências
Avintes	5
Marinha Grande	12
Villafranca	6

**Tabela 24: Resumo das ventilações medidas em NNPB.**

Ventilação	Nº Referências
Axial	16
Radial	3
Shell	4

Das vinte e quatro referências em análise apenas quatro apresentavam peso superior ao peso de artigo. Isto pode querer dizer que os projectos de embalagem para esta referência podem ser revistos de forma a actualizar o peso de artigo.

Neste processo também foi identificada a possibilidade de melhoria, através da introdução de um novo rácio (tabela 25). O uso deste valor implica uma redução do rácio na ordem dos 7%, que permite o alcançar de reduções de peso significativas.

**Tabela 25: Evolução do rácio do processo NNPB.**

Rácio	Valor
<b>OI</b>	1,7 : 1
<b>Real</b>	<u>1,58 : 1</u>
Melhoria:	7 %

Como já se viu, à semelhança do prensado-soprado, a zona crítica situa-se claramente junto ao fundo da embalagem, principalmente no PCI (Tabela 26 e 27). Mais uma vez se verifica a questão do rácio ser, em geral, provocado por uma espessura máxima média superior ao esperado.

**Tabela 26: Zonas da embalagem críticas (rácio mais elevado)**

Ponto Crítico	Nº Referências	Rácio
<b>Corpo</b>	2	1,544
<b>PCI</b>	<b>18</b>	<b>1,596</b>
<b>PCS</b>	2	<b>1,537</b>
<b>Recartilha</b>	2	1,551

**Tabela 27: Resumo das referências analisadas de NNPB.**

Referência	Rácio	Zona Crítica	Peso Artigo	Peso Real	Peso/Capacidade
<b>4144C002</b>	<b>1,405</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>135</b>	<b>141 (-4%)</b>	0,68
<b>7251C002</b>	<b>1,556</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>175</b>	<b>169 (+4%)</b>	0,88
<b>1160C002</b>	<b>1,564</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>165</b>	<b>171 (-4%)</b>	0,66
1254C002	1,472	Ponto Contacto Inferior	180	176 (+2%)	0,72
<b>2155C002</b>	<b>1,39</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>170</b>	<b>163 (+4%)</b>	0,68
2157C002	1,51	Ponto Contacto Inferior	142	145 (-2%)	0,57
<b>4041C024</b>	<b>1,536</b>	<b>Recartilha</b>	<b>165</b>	<b>150 (+10%)</b>	0,66
4078C002	1,651	Corpo	130	128 (+2%)	0,52
<b>4139C002</b>	<b>1,679</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>155</b>	<b>148 (+5%)</b>	0,62
<b>4139C002</b>	<b>1,96</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>155</b>	<b>147 (+5%)</b>	0,62
4226S022	1,545	Ponto Contacto Inferior	165	164 (+1%)	0,66
5550T173	1,467	Ponto Contacto Inferior	200	199 (+1%)	0,80
<b>7157C002</b>	<b>1,359</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>195</b>	<b>189 (+3%)</b>	0,78
<b>4236C024</b>	<b>1,411</b>	<b>Ponto Contacto Superior</b>	<b>250</b>	<b>241 (+4%)</b>	0,76
4274C002	1,662	Ponto Contacto Superior	202	200 (+1%)	0,61
<b>4275C002</b>	<b>1,705</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>202</b>	<b>196 (+3%)</b>	0,61
<b>4281C024</b>	<b>1,436</b>	<b>Corpo</b>	<b>213</b>	<b>198 (+8%)</b>	0,65
<b>4286C190</b>	<b>1,629</b>	<b>Ponto Contacto Inferior</b>	<b>250</b>	<b>243 (+3%)</b>	0,76
4319S233	1,484	Ponto Contacto Inferior	365	367 (-1%)	0,73
4924R256	1,951	Ponto Contacto Inferior	500	494 (+1%)	0,50
4719S233	1,761	Ponto Contacto Inferior	440	435 (+1%)	0,59
7716B123	1,614	Ponto Contacto Inferior	380	376 (+1%)	0,51
7874R203	1,565	Recartilha	420	413 (+2%)	0,56
2907C190	1,677	Ponto Contacto Inferior	450	376 (-2%)	0,45
Média:	<b>1,58</b>	Total:	<b>5255</b>	<b>5342</b>	

As embalagens de NNPB são, regra geral, produzidas em grandes cadências. Os custos deste processo justificam essa necessidade sendo que a maior parte das máquinas IS que produz *Narrow-Neck* trabalham com gota tripla - cada secção da máquina fabrica três garrafas de cada vez. As elevadas cadências são por vezes adversas à qualidade da produção. As altas velocidades utilizadas para aumentar cadências podem provocar alguns defeitos. Notou-se durante as medições que um dos defeitos recorrentes era o facto de as embalagens possuírem um dos lados, ao fundo, com mais vidro. Esta situação prende-se com passagem do *parison* do molde de principiar para o final e de esta rotação, na possibilidade de ser brusca, provocar uma oscilação demasiado declarada do esboço. Ao chegar ao molde final o *parison* toca primeiro numa das paredes deste o que vai provocar, de imediato, uma adesão mais forte de vidro nesse lado da futura garrafa. Esta situação crê-se que seja um problema necessário, tendo em conta as necessidades de produção das fábricas.

Em NNPB as capacidades obedecem a grupos muito bem definidos, que vão facilitar a análise. É dado principal destaque às duas capacidades mais representativas uma vez que correspondem a 26,4 % do que é vendido pela BA ou seja, as cervejas (tabela 28).

**Tabela 28: Análise por capacidades do processo NNPB.**

Capacidade	Referências	Rácios	Ponto Crítica
<= 20 cl	2	1,48	PCI (2)
> 20 e <= 25 cl	11	1,56	PCI (9)
> 25 e <= 33 cl	5	1,57	PCI; PCS (2)
> 33 e <= 50 cl	2	1,72	PCI (2)
> 50 e <= 75 cl	3	1,65	PCI (2)
> 75 e <= 100 cl	1	1,68	PCI (1)

Nos dois grupos de capacidades mais relevantes para o estudo o rácio é bastante semelhante, aproximando-se ao rácio do processo. Das unidades analisadas a Marinha Grande é aquela que parece apresentar um processo mais controlado (tabela 29). No entanto, para qualquer uma das outras fábricas, crê-se que é possível alcançar melhorias de peso.

**Tabela 29: Rácios de espessura no grupo BA.**

Fábrica	Nº Referências	Rácio
Avintes	5	1,64
Marinha Grande	12	1,55
Villafranca	7	1,61
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>24</b>	<b>1,57</b>

A ventilação mais comum neste processo é a axial (tabela 30). No entanto em Villafranca também é bastante usada a Shell. Parecem, no entanto, ser os três bastante equilibrados entre si o que não permite definir a utilização de um como melhor que outro.

A ventilação mais comum neste processo é a axial (tabela 30). No entanto em Villafranca também é bastante usada a Shell. Parecem, no entanto, ser os três bastante equilibrados entre si o que não permite definir a utilização de um como melhor que outro.

**Tabela 30: Rácios de espessura segundo a ventilação**

<b>Fábrica</b>	<b>Nº Referências</b>	<b>Rácio</b>
Axial	16	1,54
Radial	3	1,52
Shell	5	1,53
<b>Rácio Real GRUPO</b>	<b>24</b>	<b>1,53</b>

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros

No contexto da crise actual, quando os mercados se tornam cada vez mais competitivos e a luta por quotas de mercado mais intensa, é necessário procurar soluções que permitam obter vantagens competitivas. Neste sentido, o presente estudo procura abordar a concepção do produto de forma a alcançar margem de lucro. Esta margem vai espelhar-se na satisfação dos clientes que vêem o seu produto melhorado, a imagem da empresa com proveitos acrescidos alcançando ganhos na pegada ambiental e nos custos inerentes à produção das embalagens, conseguidos pela incorporação de menos vidro nos produtos.

O objectivo principal deste trabalho prendeu-se com o cálculo e estudo de novos rácios de espessura que permitissem a substituição dos antigos. Estes rácios fazem a ligação entre a embalagem tida como perfeita na modelação, aquando do projecto, e aquilo que se consegue efectivamente obter com os processos actuais instalados em cada uma das fábricas. Este objectivo foi cumprido com a proposta de novos rácios que vão auxiliar na criação de novos projectos de produto.

Secundariamente conseguiu-se que os dados recolhidos durante o tempo do projecto começassem de imediato a ser aplicados na preparação de novas embalagens. O estudo permitiu colectar informação valiosa, até aqui desconhecida ou por confirmar, sobre a forma como o vidro se comportava em referências específicas. O que se conseguiu alcançar reforçou o conhecimento e a capacidade de tomada de decisões por parte do SPD. A série de relatórios desenvolvidos para esta finalidade começou a ser utilizada quase de imediato. A experiência revelou que há uma série de melhorias que podem ser implementadas. Há que aumentar a quantidade de informação contida na base de dados e desenvolver uma série de novos relatórios que permitam enriquecer a consulta.

Julga-se estarem lançadas as bases para seja possível o uso de vários rácios num só projecto. Ficou provado que, por embalagem, a capacidade de controlo da espessura do vidro varia bastante de zona para zona. O gargalo por exemplo possui sempre um excelente controlo do rácio e elevada espessura média mínima. O uso de um rácio global para toda a embalagem é penalizante para a empresa. Com isto pode refinar-se o projecto de forma a controlar-se melhor a zona da embalagem para onde se envia o vidro. Devem ser desenvolvidos estudos no sentido de abordar a viabilidade desta sugestão e da forma de conjugar isto com as simulações devolvidas pelo *software*.

Com o uso dos rácios obtidos, inferiores aos actuais, e conseqüente utilização dos mesmos, vão alcançar-se novas embalagens, mais leves. É também importante efectuar um estudo sobre a influência desta redução de peso na resistência das embalagens à variação de temperaturas, ao choque e pressão internas, todas elas cruciais nas linhas de enchimento.

Foi permitido observar, devido á influência da ventilação na qualidade dos rácios, que a modelação de novas embalagens deve entrar em linha de conta com o tipo de ventilação utilizada (Hyre (2007)). Este estudo juntamente com o estudo do calor a ser removido dos moldes vai ser importante uma vez que vai condicionar não só a qualidade das embalagens mas a esperança de vida dos mesmos.

Este estudo permitiu identificar que a questão não pode ser apenas abordada do ponto de vista do projecto de embalagens. A questão dos rácios está intimamente associada com a produção/moldação do vidro. Mais que o conhecimento da capacidade do processo, questões

como a cadência e a postura defensiva, por parte das fábricas, relativamente ao seu rendimento condicionam o processo de decisão do projecto. Por parte das fábricas existe alguma pressão para a colocação de vidro em certas partes da embalagem de modo evitar perdas em linha que prejudicam os rendimentos.

Crê-se que a continuação do projecto com a medição de mais referências só pode vir a enriquecer o que já se alcançou. Obter significância suficiente que permita identificar a capacidade do processo de cada linha da mesma fábrica é o próximo nível a alcançar. Salienta-se a importância já alcançada pela base de dados desenvolvida. Esta funciona já como *input* à realização de projectos de renovação de embalagens do grupo. Consegue-se assim, neste momento, conciliar os valores do simulador de sopro *OI-Cad* com dados reais.

## Referências

- [1] BA Vidro, SA. Manual de Acolhimento, BA Vidro, 2010.
- [2] BA Vidro, SA. Relatórios e Contas 2008, BA Vidro, 2009.
- [3] R. Guimarães, J. S. Cabral. Estatística. 2ª Ed. Lisboa: McGraw-Hill Portugal, 2007.
- [4] T. Bewer. Blow Mould Cooling. *Glass Worldwide*: 30, 2007.
- [5] M. Hyre. Numerical Simulation of Glass Forming and Conditioning. *J. Am. Cer. Soc. Vol. 85 No. 5*: 1047-1056, 2002.
- [6] ANFEVI. Envases de Vidrio, Centro del Envase de Vidrio, Madrid, 2009.
- [7] Emhart Glass. Technical News Bulletin, Emhart Glass, 2007.
- [8] M. Sarwar, A. W. Armitage. Tooling requirements for glass container production for the narrow neck press and blow process. *Journal of Materials Processing Technology Volume 139, Issues 1-3*: 160-163, 2003.
- [9] G. Robertson. Food packaging: principles and practice. 2<sup>nd</sup> Ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2006
- [10] E. Bourhis. Glass: mechanics and technology. Poitiers: Willey-VCH, 2007
- [11] BA Vidro, SA. Caderno de encargos 2007, BA Vidro, 2010
- [12] BA Vidro, SA. Caderno do projectista 2008, BA Vidro 2008
- [13] F. Dantas, S. Jaime, Redução de peso em embalagens de vidro. *Boletim de Tecnologia e Desenvolvimento de Embalagens Vol 15 – N°3*: 1-5, 2003
- [14] M. Hyre Matching Mould Cooling Strategies to the Blank Side Forming Process. *Glass Machinery plant & Accessories*: 76-79, 2007
- [15] BA Vidro, SA. URL <http://www.bavidros.com>, acedido em 21 de Abril de 2010.
- [16] Saint Gobain. <http://pt.saint-gobain-glass.com/b2c/default.asp?nav1 =pr&nav2=fabrication>, acedido em 3 de Maio de 2010.
- [17] ABIVIDRO, <http://www.abividro.org.br>, acedido em 4 de Maio de 2010.
- [18] CimWorks UK, <http://www.cimworks.co.uk/vspc.shtml>, acedido em 15 de Março de 2010.