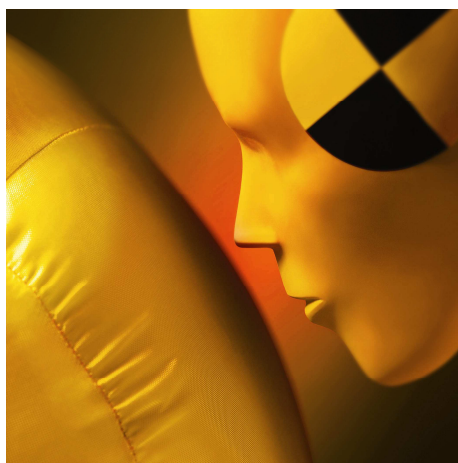




Airbag e a sua concepção

**Redução de custos em sacos airbag condutor:
Estudo de novos conceitos de sacos**

Luiz Paulo de Sousa Esteves

Relatório de Projecto de Fim de Curso do MIEM 2007/2008

Orientadores na FEUP: Prof. Paulo Tavares de Castro

Prof. Mário Vaz

Orientador na Dalphimetal: Engenheiro Alexandre Marques



A TRW Automotive Company



**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro de 2008

Aos meus pais e irmão

Resumo

Este projecto de fim de curso surge no âmbito da Opção de Projecto e Construção Mecânica do 5º ano do curso de Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (M.I.E.M.) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, tendo sido desenvolvido no centro I+D da Dalphimetal, em Vila Nova de Cerveira, Portugal.

O presente projecto é uma contribuição para o tema da segurança automóvel, a que é atribuída crescente importância, tendo sido tratado o desenvolvimento do produto airbag.

O projecto incidiu em especial sobre a alteração e optimização da geometria de dois sacos airbag condutor (DAB – *Driver AirBag*) actualmente em produção, com o objectivo de redução de custos. Em paralelo, foi efectuada uma pesquisa de patentes com possíveis implicações directas no projecto em desenvolvimento.

No final do projecto foram encontradas e completamente definidas três geometrias novas, que foram estudadas e desenvolvidas, obtendo-se redução de custos nos dois sacos em estudo.

Abstract

The present report concerns the work carried out during the final semester of the Integrated Master degree course in Mechanical Engineering of the Universidade do Porto. The work was carried out during an internship at the centre for R&D ('Centro I+D') of the firm Dalphimetal, located in Vila Nova de Cerveira, Portugal.

This project is a contribution to the subject of automotive safety, a topic of ever increasing importance. The project consisted of the development of a product – the airbag.

Special attention was given to the alteration and optimization of the geometry of two driver airbags (DAB- Driver Airbag), with the objective of cost reduction. In parallel, the existing patents with a possible impact on this product development exercise were identified and studied.

As a result of this project three novel geometries were studied and developed, and the cost reductions achieved were studied and quantified.

Agradecimentos

Embora o projecto fim de curso seja, pela sua finalidade académica, um trabalho individual, há contributos de natureza diversa que não podem nem devem deixar de ser realçados. Por essa razão, desejo expressar os meus sinceros agradecimentos:

À empresa Dalphimetal – A TRW Automotive Company, mais propriamente ao Engenheiro Uwe Herleth, pela oportunidade ímpar que me ofereceu de realizar o projecto final de curso na empresa e que em muito contribuiu para a consolidação dos meus conhecimentos e inserção no mundo do trabalho.

Ao Engenheiro Alexandre Marques pelo interesse que sempre demonstrou pelo meu trabalho, por todo o incentivo e pelas óptimas condições que me proporcionou.

Ao departamento de engenharia, laboratório e secção de protótipos do Centro I+D da Dalphimetal por todo o apoio concedido e pela amizade criada ao longo deste trabalho.

Ao professor Paulo Tavares de Castro, pela paciência, ajuda, disponibilidade e boa disposição que demonstrou ao longo de todo este projecto.

Aos meus pais e irmão pela presença, paciência e apoio que me concederam nos momentos mais difíceis.

À Sara Ramos pelo apoio constante, encorajamento ao longo da realização deste projecto e, sobretudo, pela paciência.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Objectivos do projecto	1
1.2	Apresentação da empresa Dalphimetal	4
2	Fundamentos Teóricos	9
2.1	História no desenvolvimento de airbags	10
2.2	Engenharia de airbags	12
2.3	Funções do airbag	15
2.4	Tipos de airbags	15
2.5	Airbag Condutor e Passageiro.....	20
2.6	Constituição do saco Airbag	21
2.6.1.	Matéria-prima	21
2.6.2.	Reforços.....	22
2.6.3.	Strap.....	22
2.6.4.	Fita periférica.....	23
2.6.5.	Venting e Membrana	23
2.7	CrITÉrios de avaliação de airbags	24
2.8	Segurança e o futuro de airbags	26
3	Sacos existentes	27
3.1	Alterações necessárias e melhorias possíveis	33
3.2	Os problemas e suas soluções	34
4	Novas geometrias de sacos	35
4.1	Idealizações e suas funções.....	37
4.2	Definição das principais geometrias	57
4.3	Estudo aprofundado de sacos.....	58
4.3.1.	TJ11	59
4.3.2.	TJ12	62
4.3.3.	TJ14	65
4.3.4.	TJ15	67
4.4	Análise dos resultados.....	70
4.4.1.	Áreas de protecção e volumes de saco	70
4.4.2.	Marcadas.....	71
4.4.3.	Industrialização.....	73
4.4.4.	Preço final.....	74
4.4.5.	Optimização do saco para F199 DAB	76
4.5	Aplicação no saco S4400 DAB.....	78
4.6	Conclusão sobre as geometrias	86
5	Estudo de Patentes	87
5.1	Pesquisa de patentes.....	87
5.2	Conclusão sobre as patentes.....	89
6	Conclusões/sugestões de trabalho futuro	91
6.1	Conclusões	91
6.2	Sugestões de trabalhos futuros.....	92
7	Bibliografia	93
8	Glossário	94

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tipos de protecção mediante a colisão	20
Tabela 2 – Avaliação para testes de impacto frontal	24
Tabela 3 – Avaliações para testes de impacto lateral	25
Tabela 4 – Discriminação do custo do saco F199 DAB	29
Tabela 5 – Custo total	30
Tabela 6 – Custo discriminado do saco S4400 DAB.....	31
Tabela 7 – Propriedades do saco TJ11	59
Tabela 8 – Comparação das marcas do saco TJ11.....	60
Tabela 9 – Custos do saco TJ11	61
Tabela 10 – Propriedades do saco TJ12	62
Tabela 11 – Comparação das marcas obtidas	63
Tabela 12 – Propriedades do saco TJ14	65
Tabela 13 – Comparação de marcas do saco TJ14.....	66
Tabela 14 – Propriedades do saco TJ15	67
Tabela 15 – Parâmetros das marcas do saco TJ15.....	68
Tabela 16 – Discriminação dos custos do saco TJ15.....	69
Tabela 17 – Áreas de protecção e Volumes de sacos.....	70
Tabela 18 – Resultados das marcas dos sacos estudados	71
Tabela 19 – Comparação de painéis principais	72
Tabela 20 – Comparação de sacos completos	72
Tabela 21 – Comparação das matérias-primas	73
Tabela 22 – Custos de máquinas e mão-de-obra	73
Tabela 23 – Discriminação das diferenças percentuais de preços.....	74
Tabela 24 – Raios dos sacos TJ11 e TJ12	77
Tabela 25 – Diferenças percentuais do custo dos sacos em relação ao F199.....	77
Tabela 26 – Propriedades calculadas dos sacos em desenvolvimento	79
Tabela 27 – Diferença percentual de custos afectivos às novas geometrias de sacos, baseado no S4400	85

Índice de Figuras

Figura 1 – Soluções obtidas.....	3
Figura 2 – Dalphimetal e TRW	4
Figura 3 - Dalphimetal Portugal	7
Figura 4 - Organigrama	8
Figura 5 - Modelo T	9
Figura 6 – Airbag + Cinto de segurança.....	10
Figura 7 – Ideia airbag.....	10
Figura 8 – Mercedes S-class W126	11
Figura 9 – Exemplo de airbags num automóvel.....	11
Figura 10 – Sequência de um choque frontal	12
Figura 11 – Modulo Airbag	13
Figura 12 – Airbag antes e depois do enchimento.....	13
Figura 13 – Alta pressão interna.....	14
Figura 14 - Baixa pressão interna (contacto “ocupante-saco”)	14
Figura 15 – Airbag em funcionamento.....	15
Figura 16 – Saco assimétrico.....	16
Figura 17 – Saco simétrico	16
Figura 18 – Saco 2D	16
Figura 19 – Saco 3D	16
Figura 20 – Airbags frontais.....	17
Figura 21 – Airbag condutor e passageiro.....	18
Figura 22 – airbag para protecção do joelho	18
Figura 23 – Airbag tórax	18
Figura 24 – Airbag cortina.....	19
Figura 25 - AirBelt	19
Figura 26 – Airbag no capô.....	19
Figura 27 – Airbag por baixo do banco (SeatPan)	19
Figura 28 – Airbag para motas	19
Figura 29 – Tecido.....	21
Figura 30 – 5 e 95 de percentil	22
Figura 31 – Straps num airbag.....	22
Figura 32 – Sistema de alimentação da fita periférica/ Fita periférica num saco.....	23
Figura 33 – Membrana no saco airbag	23

Figura 34 – Euro NCAP FIAT Panda.....	25
Figura 35 – Airbags inteligentes (detectam o peso do ocupante através de uma célula de carga ou sensor óptico)	26
Figura 36 – Fiat Punto	27
Figura 37 – Opel Corsa.....	28
Figura 38 – Saco F199 DAB cheio com ar.....	28
Figura 39 – S4400 cheio com bolas de 20mm.....	30
Figura 40 – Marcada de corte do saco F199 DAB	33
Figura 41 – Dois painéis com formas semelhantes a estrelas.....	35
Figura 42 – Um painel quadrado com um circular	36
Figura 43 – Dois pentágonos	36
Figura 44 – Junção de um painel circular com um painel triangular	36
Figura 45 – TJ00.....	37
Figura 46 – Pregas na costura do tecido	37
Figura 47 – Pré-cortes e posicionadores no saco.....	38
Figura 48 – Tipos de marcas do saco TJ03.....	39
Figura 49 – Ensaio de volume do saco TJ03.....	39
Figura 50 – Forma dos painéis do nível TJ04 e a sua marcada	40
Figura 51 – TJ04 após enchimento com ar.....	40
Figura 52 – Objectivo do TJ04.....	40
Figura 53 – Saco TJ05 cheio com ar	41
Figura 54 – Evolução dos níveis TJ05, TJ06 e TJ07.....	41
Figura 55 – Saco TJ06 cheio com ar	42
Figura 56 – Saco TJ07 cheio com ar	42
Figura 57 – Painel TJ08.....	43
Figura 58 – Saco TJ08 cheio com bolas de 20mm de diâmetro	43
Figura 59 – Saco TJ09.....	44
Figura 60 – Saco TJ10.....	44
Figura 61 – Saco TJ10 cheio com ar	45
Figura 62 – Saco TJ11	46
Figura 63 – Saco TJ11 cheio com ar	46
Figura 64 – Saco TJ11B cheio com ar.....	47
Figura 65 – Saco TJ11B	47
Figura 66 – Saco TJ11C	47
Figura 67 – Malha de um tecido (teia e trama).....	48

Figura 68 – Processo de produção do tecido	48
Figura 69 – Pormenor da costura de dois painéis com rotação de 45°.	49
Figura 70 – Saco TJ11D	49
Figura 71 – Saco TJ11D cheio com bolas de 20mm e pormenores da malha.....	50
Figura 72 – Alongamento/Contracção.....	50
Figura 73 – Evolução do TJ11.....	51
Figura 74 – Saco TJ11H	51
Figura 75 – Sacos TJ12A e TJ12B	51
Figura 76 – Evolução do saco TJ12	52
Figura 77 – TJ12G.....	52
Figura 78 – Pormenor da marcada do saco TJ12G.....	52
Figura 79 – Evolução do saco TJ13	53
Figura 80 – TJ13C (evolução final).....	53
Figura 81 – Saco TJ14 (painéis e sua marcada)	54
Figura 82 – Painel 1 da interface e saco cheio com ar	54
Figura 83 – Saco TJ15 (painel e marcada)	55
Figura 84 – Saco TJ15 cheio com ar	55
Figura 85 – Evolução do saco TJ15	56
Figura 86 – Saco TJ15 cheio com ar	56
Figura 87 – Construção do saco TJ15	56
Figura 88 – Ensaio de volume do saco TJ11H	59
Figura 89 – Marcada do saco TJ11 com dois metros de largura	59
Figura 90 – Marcada ideal do saco TJ11	59
Figura 91 – Marcada com painéis principais do saco TJ11.....	60
Figura 92 – Ensaio de volume do saco TJ11H	62
Figura 93 – Marcadas do saco TJ12	62
Figura 94 – Marcada do saco TJ12.....	63
Figura 95 – Ensaio de volume do saco TJ14.....	65
Figura 96 – Marcadas do saco TJ14	65
Figura 97 – Ensaio de volume do saco TJ11H	67
Figura 98 – Marcada 1 e 2 do saco TJ15	67
Figura 99 – Marcadas 3 e 4 do saco TJ15	68
Figura 100 – Método utilizado para igualar a área de protecção.....	76
Figura 101 – Tubo de ensaios e saco redondo.....	78

Figura 102 – Esquema de montagem	79
Figura 103 – Posicionador e colocação	79
Figura 104 – Gráfico de caudal expelido com o tempo.....	81
Figura 105 – Simulação do saco S4400 sem straps.....	82
Figura 106 – Simulação do saco TJ12.....	83
Figura 107 – Simulação de um saco hexagonal	84
Figura 108 – WO2004007249	87
Figura 109 – JP2005343291	88
Figura 110 – EP1574404	89
Figura 111 – Esboço do método de ensaio implementado	95
Figura 112 – Comparação de sucessivos ensaios de volume ao mesmo saco com bolas de 10 e 20mm de diâmetro.....	96



1 Introdução

Este projecto de fim de curso surge no âmbito da Opção de Projecto e Construção Mecânica, do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Este projecto insere-se no contexto da segurança automóvel que cada vez mais tem sido um tema de elevada importância devido ao crescente número de acidentes rodoviários nas estradas de todo o mundo.

Com o desejo de contribuir para uma melhoria neste assunto e com a oportunidade proposta, integrei uma equipa de engenheiros de projecto da Dalphimetal directamente ligados à segurança automóvel na vertente airbags. Esta equipa tem como objectivo projectar o componente saco pertencente ao todo airbag, analisando também possíveis melhorias a nível de custo e prestações.

1.1 Objectivos do projecto

Foram então definidos objectivos iniciais para o projecto, tendo estes que ser de algum modo definidos tendo em conta o objecto de trabalho da equipa e os objectivos da empresa. Baseando o projecto num saco existente no mercado (saco condutor “DAB – Driver AirBag”) definiu-se como objectivo uma redução de custos na produção do saco alterando somente a geometria do mesmo, obtendo-se então novos conceitos de geometrias de sacos condutor. Em paralelo com este estudo efectuou-se um estudo de patentes de sacos condutor com o intuito de validar estes novos conceitos.

Com os objectivos definidos principiou-se o projecto por um estudo superficial da empresa, com vista a uma mais eficiente resolução dos problemas e uma integração nos procedimentos industriais.

Neste estudo esteve então contido:

- *uma pesquisa de soluções encontradas para outros projectos e análise destes tendo em conta o objectivo para este trabalho;*
- *o estudo dos diferentes ensaios realizados nos laboratórios da empresa e a sua finalidade;*
- *um estudo dos diferentes materiais utilizados na construção dos sacos;*
- *um estudo dos métodos utilizados para a construção do saco;*
- *o conhecimento dos métodos e burocracias utilizadas pela empresa para pedidos internos de protótipos, ensaios e estudos.*



O principal objectivo é o da redução de custos dos sacos já existentes em série com o nome “F199 DAB” e “S4400 DAB”. Como através de estudos anteriores se chegou à conclusão que o tecido utilizado pelo saco era o maior custo envolvido em toda a operação de construção do mesmo decidiu-se então reduzir o custo do saco através da alteração geométrica dos painéis tendo em conta a marcada produzida por estes.

A marcada é a forma/disposição que os painéis apresentam quando estão a ser cortados. Nesta etapa da produção do saco temos um desperdício significativo, pois os painéis e peças que constituem o saco são cortados num tecido rectangular com uma largura constante, e como os painéis e peças não “encaixam” umas nas outras, vamos ter áreas de tecido intercalado entre as peças que não é utilizado, logo temos um desperdício na marcada. O objectivo principal seria reduzir este desperdício ao mínimo, obtendo assim uma melhoria significativa no custo do saco, fizeram-se então os seguintes estudos:

- Estudo geométrico/consumo de sacos DAB
 - 👂 Estudo de sacos com painéis descompensados;
 - 👂 Estudo de sacos com painéis com diferentes geometrias;
 - 👂 Estudo de sacos com geometrias alternativas;
 - 👂 Análise de sacos com painéis divididos na união de straps.
- Estudo de compatibilidade técnica dos sacos.

No final foram obtidas três geometrias completamente estudadas e de custo inferior ao saco original. Na determinação da melhor solução a aplicar teremos que ter em conta alguns aspectos de performance que cada geometria apresenta.

A projecção frontal de um saco airbag é a distância da boca do gerador até à frente do saco.

A área de protecção do saco é delimitada pelas extremidades laterais do mesmo após o seu total enchimento.

Para determinadas situações necessitamos de um saco com uma elevada projecção frontal enquanto noutras será necessário o contrário. Também a área de protecção que cada saco apresenta é um parâmetro relevante no desempenho do airbag. Consoante as especificações do automóvel do cliente terá que ser feita uma escolha da melhor geometria e solução.



Contudo na apresentação do saco F199 optou-se por duas geometrias finais de forma quadrada (ambas) com uma redução de custo de 10,79% para uma das geometrias e 0,17% para a outra. Para o saco S4400 foram utilizadas três geometrias de saco, sendo duas delas iguais às utilizadas no saco F199 com uma nova de forma final hexagonal. A maior redução de custos obtida para este saco é de 26,49%.

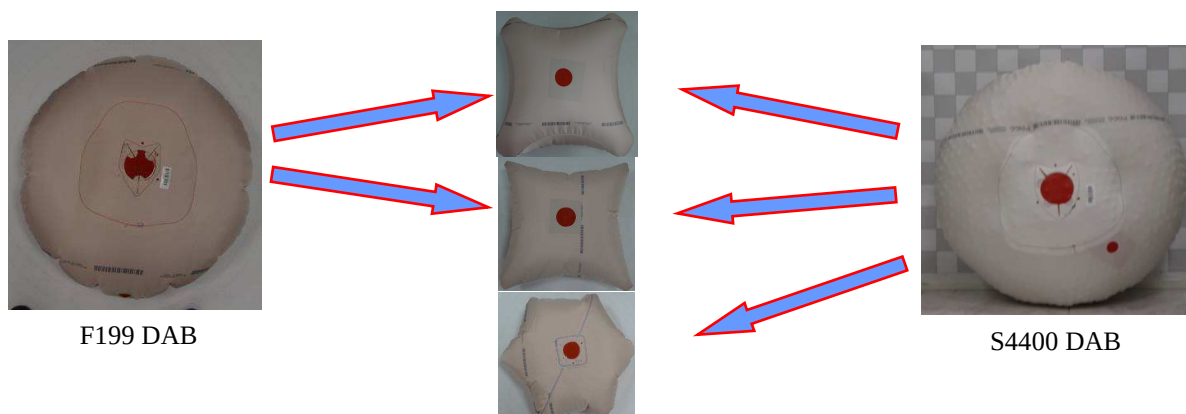


Figura 1 – Soluções obtidas

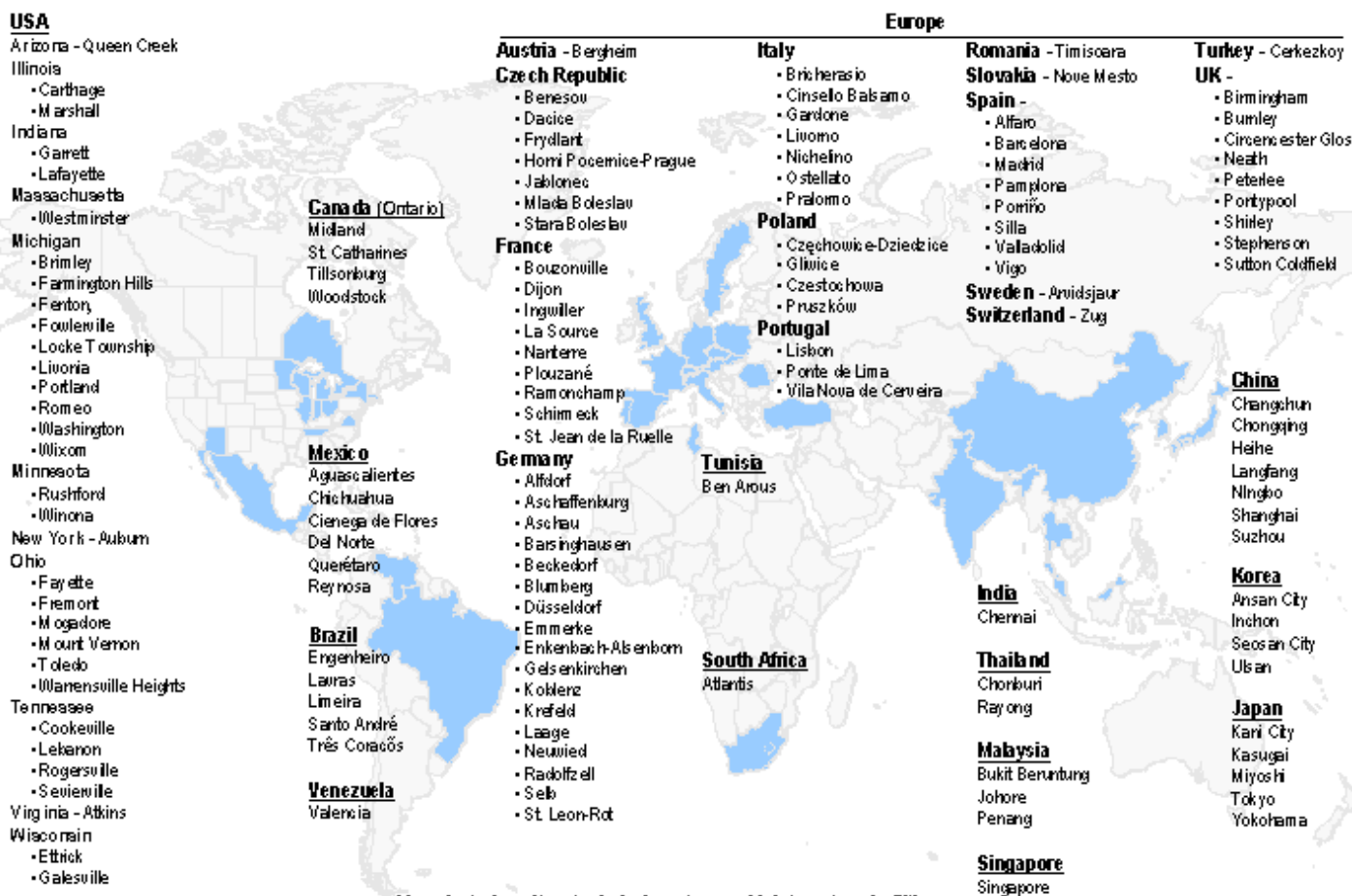


1.2 Apresentação da empresa Dalphimetal

1.1.1. Empresa

Desde 1996 que a Dalphimetal estabelece relações comerciais com a multinacional americana TRW automotive mas foi em 2005 que a TRW adquiriu 68,4% da Dalphimetal com o intuito de atingir todo um mercado que era controlado pela Dalphimetal. Tanto a TRW como a Dalphimetal operam no mercado da segurança automóvel (até 2006 como concorrência) assim a integração das duas empresas só apresenta vantagens pois, economiza tempo e reduz os riscos numa estratégia global. Tratando-se de uma opção segura para as actividades das duas empresas logo então para os seus accionistas e profissionais.

Na seguinte figura (Figura 2) podemos ver a localização das fábricas da TRW e da Dalphimetal.



Manufacturing sites, technical centers and joint venture facilities

Figura 2 – Dalphimetal e TRW

Como podemos observar na Figura 2 a junção das duas empresas veio em tudo beneficiar cada uma das partes, pois atinge-se um mercado global com produção e investigação & desenvolvimento.



1.1.2. *Histórico da Dalphimetal*

De seguida apresenta-se os acontecimentos mais importantes do histórico da Dalphimetal:

1929 - Fundação do Grupo com a denominação de Pedro Castellón, dedicado ao fabrico de comandos de cabos e transmissões flexíveis para conta quilómetros.

1962 - Início do fornecimento de eixos e colunas de direcção.

1963 - Instalação em Vigo de um centro para realizar componentes para os automóveis.

1974 - Fundação da empresa Dalphimetal Espanha, S.A.

1982 - Inauguração de um centro especializado no fabrico de armaduras.

1987 - Joint Venture com Petri

1990 - Dalphimetal Internacional S.A. foi inaugurada em Silla (Valência), o novo centro dedicado ao fabrico de volantes de poliuretano e forrados com pele.

1991 - Construção de um novo centro com a denominação de Dalphimetal Portugal, S.A.

1992 - Início da produção de volantes de poliuretano e forrados com pele em Portugal.

1993 - Início de produção Clockspring em Vigo.

1994 - Início de produção Clockspring em Portugal.

1995 - Fundação da Dalphimetal Seguridad, S.A. dedicada à produção de sistemas de segurança de Airbags.

1996 - Aprovação do plano industrial DM 2000, com 27,65 milhões de euros de investimento.

Inauguração do novo Centro da Dalphimetal Internacional no parque de fornecedores da Ford em Almussafes (Valência). Centro integrado no sistema de produção da Ford mediante convénio, directamente para a linha de montagem.

Fundação do escritório comercial Dalphimetal França em Versalhes (Paris).

1997 - Entrada em funcionamento do plano Dalphimetal 2000, incluindo:

Fabricação de armaduras de magnésio

Laboratórios de Airbags

Fábrica ecológica de volantes de poliuretano



Criação da sociedade Garevol para a produção de volantes de couro.

1998 - O escritório da Dalphimetal em Versalhes converte-se em Dalphimetal França.

Criação da Joit Venture Mediterrânea de Volantes para a produção de volantes em couro.

Criação da Joint Ventura na Turquia.

1999 - Criação de Celcoauto para a produção de volantes de couro.

Adquire-se a divisão de volantes de Ecía e o seu centro de Cernay.

O Grupo PSA confia na Dalphimetal como integrador de sistema de segurança dos veículos das suas plataformas A8, A0, A6.

Cria-se um Centro de I+D em Coventry (Inglaterra).

2000 - Criação da Safe-Life, em Ponte de Lima. Fábrica de produção de Sacos de Airbags.

Criação do centro I+D Sacos em Vila Nova Cerveira.

Joint Venture com Nihon Plast.

Intercâmbio de capital.

Nomeação da Renault – Nissan como fornecedores especializados em componentes de sistema de segurança do novo Renault Twingo, Renault Clio e Clio Coupé e fornecedores modelo dos componentes do sistema de segurança do novo Nissan Micra.

Criação da Dalphimetal Tunísia para a produção de volantes de couro

2001 - Criação de Spria para a produção de Geradores. Joint Venture com GIAT.

Safe Life Fábrica de sacos

DM Brasil constituição.

2004 - Criação de um novo centro em Portugal, designado Safe Bag, situado em Fornelos – Ponte de Lima e onde se efectua a montagem de módulos airbag.

2005 – Aquisição de 68,4% da Dalphimetal pela multinacional americana TRW Automotive.

2005/2006 - Integração da Dalphimetal na TRW.



1.1.3. Dalphimetal em Portugal

A Dalphimetal em Portugal é composta por três centros de produção e um centro de investigação & desenvolvimento (Figura 3).

A fábrica situada em Vila Nova de Cerveira tem de nome Dalphimetal Portugal (DMP) e tem como objectivo a produção de volantes de poliuretano injectado com forro de couro ou normais, Clocksprings e a montagem de alguns módulos airbag.

As duas fábricas situadas em Ponte de Lima são a Safe Life que tem como função a produção de sacos airbag, sendo a única fábrica de produção deste componente do airbag da Dalphimetal e a Safe Bag que tem como única função a montagem de módulos airbag. Na fábrica Safe Life para além das linhas de fabricação dos sacos existe também uma linha de Siliconado de tecido que será utilizado na fabricação dos sacos airbag.

O centro de Investigação & Desenvolvimento da Dalphimetal existente em Portugal situa-se em Vila Nova de Cerveira e tem como objectivo a investigação e desenvolvimento de sacos e módulos airbag (local da realização do projecto).

Na Figura 3 podemos observar a localização dos centros de produção e investigação & desenvolvimento em Portugal.



Figura 3 - Dalphimetal Portugal



1.1.4. I&D Vila Nova de Cerveira

Nos últimos tempos tem-se assistido a um aumento no número de pessoas a trabalhar no centro I&D de Vila Nova de Cerveira, trabalhando actualmente 61 pessoas como podemos observar na Figura 4. Este facto verifica-se pois o forte crescimento da Dalphimetal e a sua junção com a TRW automotive implicou um aumento do número de projectos em desenvolvimento.

O I&D de Vila Nova de Cerveira tem como principal actividade o desenvolvimento de sacos airbag, o seu estudo ao longo do período de fabricação, o apoio técnico necessário e recentemente o desenvolvimento de módulos airbag para protecção lateral. Para o apoio ao desenvolvimento de projectos o centro é também composto por equipas de produção de protótipos, gestão, qualidade e laboratório.

O centro tem uma carga de trabalho de cerca de 60 projectos com um crescimento acentuado.

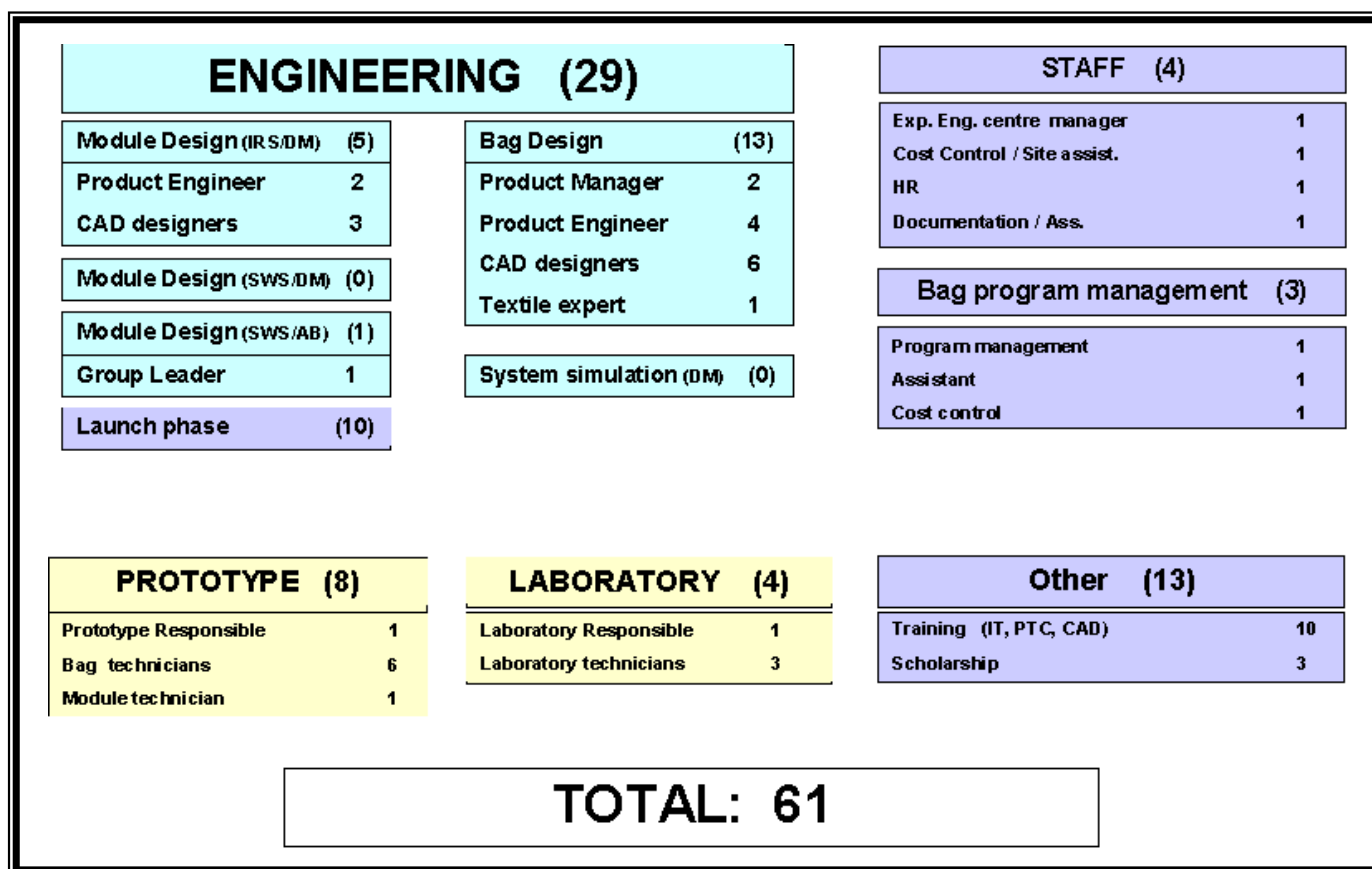


Figura 4 - Organigrama



2 Fundamentos Teóricos

Henry Ford revolucionou o mundo em 1920, utilizando uma técnica (actualmente muito utilizada) conhecida por linha em série, para a produção de automóveis. Esta nova técnica de produção veio reduzir os custos (até então elevadíssimos) dos automóveis, que garantiu um sucesso dos objectivos de Ford que eram fazer chegar o automóvel a toda a gente e não só à minoria mais abastada.

O seu "Modelo T" (Figura 5) desovou uma nova era em que a liberdade pessoal e a independência foi expressa através da posse e uso de um automóvel. O Modelo T foi simples em design e função comparativamente aos padrões de hoje, não acelerava rápido nem travava muito bem. Na verdade, ele tinha um estilo de capota que não oferecia muito abrigo contra o tempo, e não tinha cintos de segurança ou outros dispositivos de segurança. Pouco tempo após a sua criação, a Ford afirmou: "Não há necessidade de um maior desenvolvimento em automóveis, pois eu aperfeiçoei o automóvel moderno". Não imaginava Ford que tinha realizado uma máquina que iria sofrer décadas de alterações ao nível da segurança tecnológica.



Figura 5 - Modelo T

Alguns anos após o Modelo T ter aparecido, o cinto de segurança foi implementado em alguns carros como a única forma de segurança passiva. As pessoas estavam relutantes em usar o cinto, alegando que eram desconfortáveis e dificultavam os movimentos dentro do carro. No entanto, as estatísticas têm comprovado que os cintos de segurança são responsáveis por salvar vidas em acidentes automóveis que teriam sido perdidas caso este não existisse. O seu uso pode ser perigoso (em casos muito particulares) mas está comprovado que estes salvam muito mais vidas que aquelas que tiram.

O airbag (Figura 6) consiste num dispositivo de segurança passiva que complementa a função dos cintos de segurança, agindo conjunta e simultaneamente com o objectivo de reter o movimento para a frente ou para os lados dos ocupantes do veículo. Este dispositivo é formado por uma bolsa, saco airbag, e por um gerador que face a uma mudança abrupta da inércia geral do automóvel, activa uma carga pirotécnica dando origem ao enchimento do saco.



Embora os Airbags nunca tenham vindo substituir os cintos de segurança, eles foram concebidos para proporcionar o máximo de segurança quando usado em conjunto com estes. Havendo actualmente alguns Airbags que mesmo sem o uso do cinto protegem moderadamente o ocupante do veículo. O airbag é actualmente objecto de uma tecnologia inovadora e de revisões e melhorias em uma taxa surpreendente, enquanto que a concepção dos cintos de segurança manteve-se estável ao longo dos anos.



Figura 6 – Airbag + Cinto de segurança

2.1 História no desenvolvimento de airbags

Desde há muitos anos que os airbags são objecto de estudo por parte dos engenheiros. O



Figura 7 – Ideia airbag

início dos airbags data do tempo da II Guerra Mundial sendo em 1953 apresentada a primeira patente do mesmo. Este documento patenteava um acumulador de gás comprimido que inchava umas bolsas colocadas no volante, no painel de instrumentos e no porta-luvas (Figura 7). No entanto devido aos inúmeros problemas encontrados na sua construção e críticas quanto à sua capacidade de proteger os ocupantes do veículo, este projecto foi abandonado. Foram então levantadas algumas questões quanto à segurança e viabilidade do airbag:

- Probabilidade de causar feridas muito graves no torso do condutor se este estivesse demasiado perto do volante.
- Probabilidade de causar feridas nas pernas do passageiro se este não estivesse sentado correctamente.
- Que mecanismo permite que o gás expanda rapidamente e como se certificar de que o gás armazenado teria uma validade, no mínimo, igual ao dos Carro
- Para ser eficaz, um airbag deve estar completamente aberto em 40 milissegundos, ou seja, o gás deve sair todo e encher o airbag nesse tempo.
- O Airbag deverá também ser capaz de diferenciar entre grandes e pequenas colisões.



Algumas destas questões foram resolvidas na década de 1970 com a invenção do pequeno propulsor “gerador”. Este dispositivo contém armazenada uma carga pirotécnica que inicia uma reacção química que liberta o gás quente para dentro do saco Airbag. Este dispositivo foi uma grande evolução na indústria do airbag pois proporcionou a viabilização da implementação do Airbag no automóvel

Foi a Mercedes que em 1981 e após alguns anos de estudo e teste de protótipos, lançou no Mercedes S-Class W126 (Figura 8) o primeiro sistema airbag para condutor, mas como opção. Seis anos mais tarde (1987) incorporou também para o acompanhante, continuando como opcional. Seguidamente a Ford, Chrysler, BMW, Saab, Porsche e a Volvo seguiram o caminho da Mercedes e colocaram também airbags nos seus automóveis, mas foi a Ford, com o modelo Mondeo, que primeiro lançou o airbag como um componente de série do seu automóvel.



Figura 8 – Mercedes S-class W126

Foi assim que nasceu a nova era da segurança automóvel em que a inclusão do airbag no automóvel passou quase a ser obrigatória, em que o aparecimento de novos tipos de airbags revolucionaram um mundo de inúmeros acidentes nas estradas.

Hoje em dia existem protecções de todos os tipos num automóvel, protegendo todos os ocupantes do veículo.



Figura 9 – Exemplo de airbags num automóvel



2.2 Engenharia de airbags

Convém primeiro revermos alguns conceitos básicos sobre a física para uma melhor compreensão da engenharia do airbag. Segundo a primeira lei de Newton, cada objecto em um estado de movimento uniforme tende a permanecer nesse estado de movimento a menos que uma força externa seja aplicada sobre ele, segundo a segunda lei de Newton, a resultante das forças que agem num corpo são iguais ao produto da sua massa pela aceleração adquirida e como nos diz a terceira lei de Newton, para cada acção há sempre uma reacção igual em valor mas de sinal contrário.

E com isto concluímos que a menos que uma força exterior actue sobre um objecto, este evoluirá com a mesma velocidade e direcção inicial.

Um automóvel é constituído por vários objectos, sendo eles o próprio veículo, objectos soltos dentro do mesmo e os passageiros. A menos que estejam restringidos, os objectos existentes dentro do automóvel continuam a mover-se com a mesma velocidade que o mesmo (primeira lei de Newton), mesmo que o automóvel sofra uma colisão (Terceira lei de Newton). Para a restrição dos objectos existentes dentro do veículo é necessária uma força constante na direcção oposta do movimento do automóvel, aquando de uma colisão essa força terá que ser de maior intensidade para contrariar a desaceleração brusca do veículo. Assim, o objectivo dos cintos de segurança e dos sistemas de airbag é impedir o embate dos passageiros em objectos existentes no veículo (como o volante para o condutor) de forma gradual, para se diminuir ao mínimo o risco de lesões nos ocupantes do veículo (Figura 10).

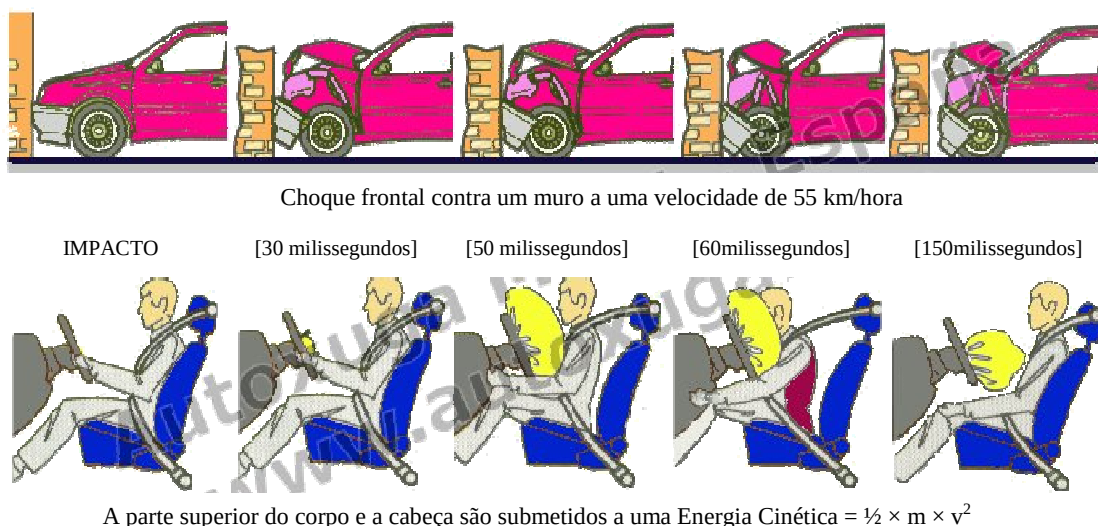


Figura 10 – Sequência de um choque frontal



O sistema airbag é constituído por três partes básicas, o módulo airbag (Figura 11), o sensor de acidente e a unidade de diagnóstico. Os módulos airbag podem estar situados no volante para o condutor, no painel de instrumentos para o passageiro, na parte lateral do banco para o airbag lateral e por cima da porta para o airbag cortina. Aquando do impacto do automóvel com outro objecto, a desaceleração provocada pelo impacto activa um sensor (Figura 12), colocado na frente do automóvel e/ou no compartimento dos passageiros, que por sua vez activa o enchimento do airbag.

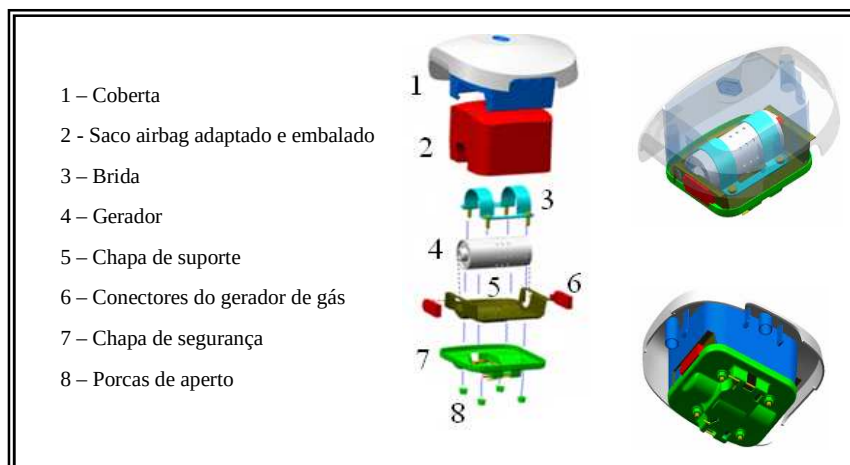


Figura 11 – Modulo Airbag

Alguns sistemas de airbag são considerados inteligentes, sendo chamados Smart Airbags Systems e por isso, possuem mais componentes do que os três apresentados. Conseguem através de sensores saber se há ocupante no banco para que se dispare o airbag, adequar a proporção ideal a explodir no caso do airbag ser de duplo estágio, se o passageiro usa o cinto de segurança e quando se encontra a baixa velocidade (se é vantajoso ou não o disparo do airbag).

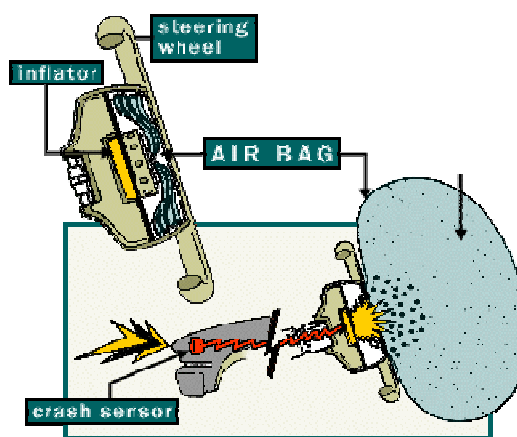


Figura 12 – Airbag antes e depois do enchimento



O sistema Airbag deve ser projectado para que este trabalhe no espaço existente entre o passageiro e o objecto existente imediatamente a seguir a este (no caso do condutor será o volante), em fracções de segundo (milissegundos). O airbag deve encher-se rápido o suficiente para não haver contacto “saco-ocupante” e no momento do contacto “ocupante-saco” deve esvaziar-se de forma moderada para amortecer este impacto.

A pressão interna do saco deve ser elevada na altura do seu enchimento e baixa o suficiente, no instante do contacto com o ocupante, para não se criar uma superfície rígida que poderá provocar lesões no ocupante. Contudo a pressão não deverá ser demasiado baixa, pois poderá não impedir o contacto com o objecto imediatamente a seguir ao airbag. Com isto deve-se determinar duas pressões necessárias à construção do airbag, que serão:

- **Pressão de enchimento** - máximo suportado pelo tecido/costuras do saco (Figura 13).
- **Pressão após enchimento** - suficiente para a protecção (Figura 14).



Figura 13 – Alta pressão interna



Figura 14 - Baixa pressão interna
(contacto “ocupante-saco”)



2.3 Funções do airbag

O princípio de funcionamento de um airbag baseia-se na absorção de energia cinética do choque mediante o amortecimento que produz o saco cheio de gás. Ao chocar contra o saco airbag, que deve estar completamente cheio nessa altura, o corpo do ocupante transmite a sua energia para o saco e ao mesmo tempo o saco impede que ele se mova demasiado para a frente e lesione. Com isto as reais funções de um airbag são:

- Reter o ocupante no veículo e evitar o impacto contra o volante, o painel de instrumentos, as estruturas laterais, e outros;
- Criar uma superfície grande para dissipar a energia do impacto;
- Evitar e reduzir a deslocação do ocupante no momento do impacto;
- Absorver a energia cinética do ocupante durante a sua deslocação;
- Aconchegar o ocupante antes da desaceleração do veículo depois do impacto;
- Proteger os ocupantes do impacto de cristais provenientes do pára-brisas.



Figura 15 – Airbag em funcionamento

2.4 Tipos de airbags

Os sacos airbag podem ser classificados de quatro formas distintas:

1. Segundo a sua geometria
2. Segundo a sua fabricação
3. Segundo o seu comportamento
4. Segundo a aplicação



Segundo a sua geometria

Segundo a geometria os sacos airbag podem ser classificados de simétricos e assimétricos. Os sacos simétricos poderão ter um ou mais eixos de simetria, tendo como objectivo a redução de custo visto serem sacos simples.

Os sacos assimétricos têm esta geometria devido à necessidade de adaptar o saco à geometria do veículo e devido a especificações do sistema de retenção.



Figura 17 – Saco simétrico



Figura 16 – Saco assimétrico

Segundo a sua fabricação

Segundo a sua fabricação os sacos airbag podem ser classificados como sacos de duas dimensões e sacos de três dimensões. Os sacos de duas dimensões são mais simples e recomendados, por serem mais baratos que os de três dimensões, que têm como diferença a de serem mais complexos e não ser possível a sua costura pelo processo de fabricação automático, logo o encarecimento do preço destes sacos é óbvio.



Figura 18 – Saco 2D

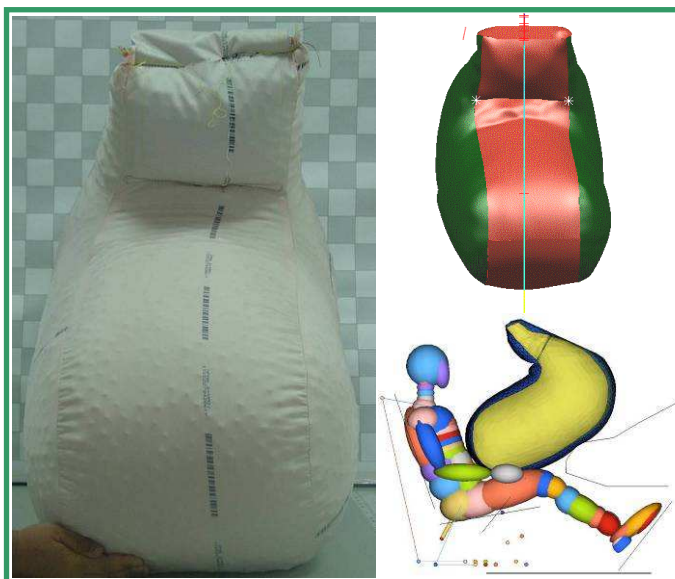


Figura 19 – Saco 3D



Segundo o seu comportamento

Segundo o seu comportamento os sacos airbag podem ser classificados em **sacos de alto rendimento** e **sacos standard**.

Os sacos de **alto rendimento** são constituídos pelos saco **rollover** e de **dois volumes** e são sacos que contêm funções de adaptabilidade, que poderá ser ao tipo de acidente ou ao tipo de ocupante. O saco com **dois volumes** pertence a um airbag que necessita de um gerador de duplo estado, volume pequeno para acidentes leves, e volume grande para impactos severos, função que é realizável mediante um strap desgarrável. O saco **rollover** tem como principal característica o facto de se aguentar 6 segundos insuflado.

O **standard** é um saco de protecção simples, não contendo nenhuma função de adaptabilidade ao ocupante.

Segundo a aplicação

Segundo a sua aplicação os sacos airbag podem ser classificados em **condutor, passageiro, rodilla (joelho), tórax, cortina** e ainda existem outros tipos que ainda não se apresentam em série nos carros de hoje mas encontram-se em desenvolvimento.

Os sacos airbag frontais são aqueles que como o próprio nome indica situam-se parte frontal dos ocupantes do veículo sendo eles constituídos pelo airbag condutor, passageiro e joelho com a localização apresentada na Figura 20.

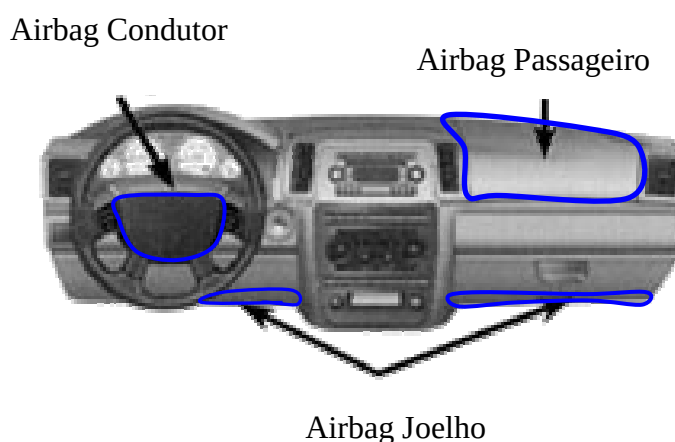


Figura 20 – Airbags frontais



O airbag condutor é hoje em dia o mais desenvolvido, visto ter sido o primeiro a ser imaginado e fabricado. Os **airbag condutor e passageiro** (Figura 21) têm como função a protecção frontal do condutor e do passageiro evitando lesões graves na cabeça, coluna e abdómen (principalmente).



Figura 21 – Airbag condutor e passageiro

O **airbag para protecção do joelho** (rodilla, Figura 22) têm como principal objectivo o correcto posicionamento do ocupante para melhorar a protecção efectuada pelo airbag condutor/passageiro e a protecção das pernas e joelhos. Este airbag contém a funcionalidade de evitar o *efeito submarino*, que se caracteriza por um escorregamento do ocupante por baixo do cinto de segurança.



Figura 22 – airbag para protecção do joelho

O **airbag tórax** (Figura 23) tem como objectivo proteger o abdómen e a pélvis do ocupante e instala-se na lateral do assento ou nas portas do automóvel. Durante uma colisão lateral o airbag tórax tem a funcionalidade de manter a distância entre o corpo e a parte lateral do automóvel, evitando assim lesões no ocupante. Devido a uma pequena distancia entre o corpo e a parte lateral do automóvel (20 a 30cm), em comparação com o frontal, a insuflação do airbag terá que ser mais rápida. Este airbag acciona-se entre 3 a 5 milissegundos e tem um volume de aproximadamente 12 litros. Existem vários tipos de airbag tórax dependendo da sua função e com isso do tipo de automóvel em questão, por exemplo, para um carro descapotável não é possível colocar um airbag cortina para proteger a cabeça, para isso usa-se então um airbag tórax/cabeça.

Tipos de airbag tórax

- Tórax/pélvis
- Tórax/pélvis/cabeça
- Tórax/cabeça
- Tórax



Figura 23 – Airbag tórax



O **airbag cortina** (Figura 24) tem como objectivo a protecção da cabeça, impedindo que esta embata no vidro ou nos pilares da janela, evita também a colisão de vidros provenientes da janela contra os ocupantes. O tempo de insuflação é de 25 milissegundos e recobre a lateral do carro na zona das janelas, desde a parte frontal até aos lugares traseiros, protegendo assim os ocupantes da frente e os passageiros atrás.



Figura 24 – Airbag cortina

Existem ainda muitos outros airbags com funcionalidades específicas que se encontram em desenvolvimento. Entre eles apresenta-se os seguintes:



Figura 25 - AirBelt



Figura 26 – Airbag no capôt

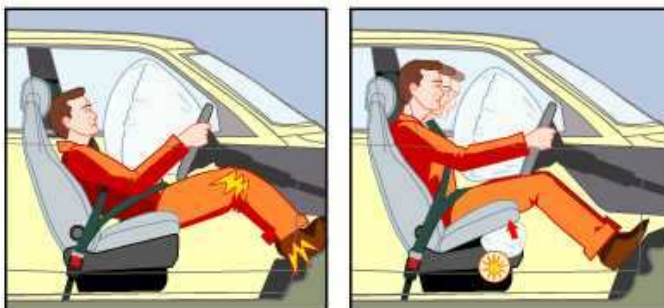


Figura 27 – Airbag por baixo do banco (SeatPan)



Figura 28 – Airbag para motas



2.5 Airbag Condutor e Passageiro

O airbag condutor é hoje em dia o sistema de segurança passiva que mais evolução apresenta. O airbag condutor conjuntamente com o cinto de segurança constitui um dos melhores sistemas de segurança passiva sendo que este conjunto “Airbag/Cinto de segurança” é calibrado de modo a funcionar da seguinte forma:

Tabela 1 – Tipos de protecção mediante a colisão

TIPO DE COLISÃO FRONTAL	CARACTERÍSTICAS DA COLISÃO	TIPO DE PROTEÇÃO
Baixa a média intensidade	- Pouca troca de energia (deformação apenas em partes de acabamento e/ou não estruturais do veículo). - Pouco ou nenhum contacto dos ocupantes com partes internas do veículo.	Cinto de segurança
Média intensidade	- Significativas deformações na travessa frontal do chassis, suspensão, porém sem ocorrer diminuição significativa do compartimento do motor. - Contacto dos ocupantes com partes internas do veículo, porém sem possibilidade de ocorrer ferimentos graves e/ou com sequelas permanentes.	Cinto de segurança + Pré-tensionador
Média a alta intensidade	- Grandes deformações estruturais com ou sem redução do espaço de sobrevivência dos passageiros. - Impacto dos ocupantes com partes internas do veículo, com risco provável de ocorrência de ferimentos graves e/ou sequelas permanentes.	Cinto de segurança + Pré-tensionador + Airbag



2.6 Constituição do saco Airbag

2.6.1. Matéria-prima

A matéria-prima utilizada para a construção do saco airbag é a poliamida 6.6 que poderá ser revestida por polisiloxano (silicone) em diferentes gramagens, dependendo da protecção térmica desejada.

O uso deste material na constituição do saco deve-se a algumas particularidades, sendo que a poliamida 6.6 é um material de fácil manuseamento e processabilidade, boas propriedades mecânicas, apresenta um preço muito competitivo em relação aos outros materiais e é bastante adequado ao fim a que se destina.

Propriedades da poliamida 6.6:

-  Elevada temperatura de fusão;
-  Não é atacada por bactérias ou fungos;
-  É inerte a produtos químicos corrosivos, excepto aos ácidos minerais quentes;
-  Grande elasticidade;
-  Os solventes a frio quase não a afectam;
-  Absorve pouca humidade da atmosfera;
-  Acumula muita corrente estática quando friccionada;
-  Comparado com o aço, o fio de poliamida, de igual secção, tem a mesma resistência à tracção e é 7 vezes menos pesado;
-  A resistência da poliamida ao desgaste é considerável.

A utilização do silicone no revestimento dos tecidos é devida às elevadas temperaturas atingidas na altura do enchimento do saco, visto que a silicone apresenta um ponto de fusão elevado quando comparado com a poliamida. Este revestimento também tem uma função de impermeabilização do saco (ou de certas zonas do mesmo) para se conseguir pressões elevadas durante mais tempo (por exemplo num saco rollover).

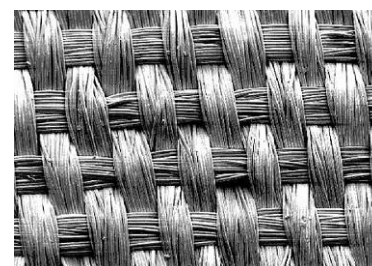


Figura 29 – Tecido



2.6.2. Reforços

Os reforços são peças que poderão ser de tecido que se adicionam ao saco em zonas críticas do mesmo. Estes reforços são aplicados devido a problemas térmicos ou mecânicos do saco.

Os reforços são colocados normalmente à saída do gerador, devido à elevada temperatura atingida nessa zona que não é suportada somente pelo tecido do saco. São também normalmente colocados em zonas onde se apresenta uma elevada tensão no tecido (zonas de picos de tensão). Estes reforços são maioritariamente constituídos por tecido de gramagem superior de silicone.

2.6.3. Strap

O *strap* é uma peça constituída por tecido com a função de controlar a projecção frontal do saco airbag, isto é, tem como função restringir o crescimento frontal do saco. É uma peça de geometria bem definida que se cose na parte interior do saco, normalmente no painel frontal e traseiro, e pode ser feito para romper num caso de duas cargas de gerador serem accionadas. Este caso acontece quando precisamos de um saco de dois estágios para dois tipos de colisão, uma mais violenta e outra mais moderada. O saco com dos estágios pode também ser projectado para dois tipos de pessoas, uma com grande percentil e outra menor (Figura 30)

As funções do *strap* são então definidas por:

- Ajudar no posicionamento do saco;
- Definir dois volumes de saco;
- Definir duas projecções frontais de saco.

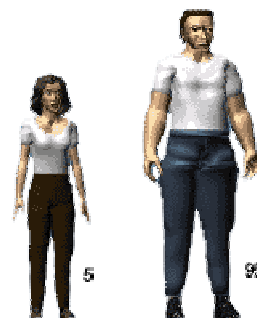


Figura 30 – 5 e 95 de percentil

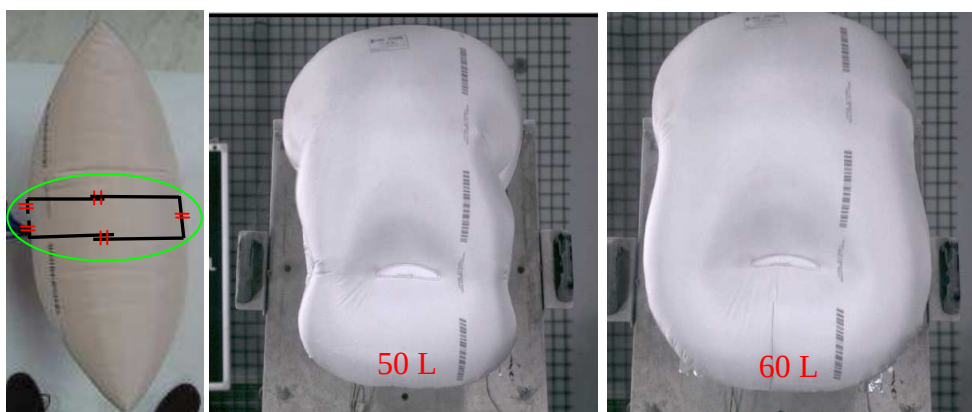


Figura 31 – Straps num airbag



2.6.4. Fita periférica

A fita periférica é uma peça de tecido que se coloca na costura periférica do saco com função de reduzir as fugas e evitar o efeito de queimaduras na zona da costura periférica. A fita periférica é composta por tecido de PA 6.6 revestido de ambos os lados com 25g/m² de silicone. A sua largura é de $15 \pm 0,5$ mm.

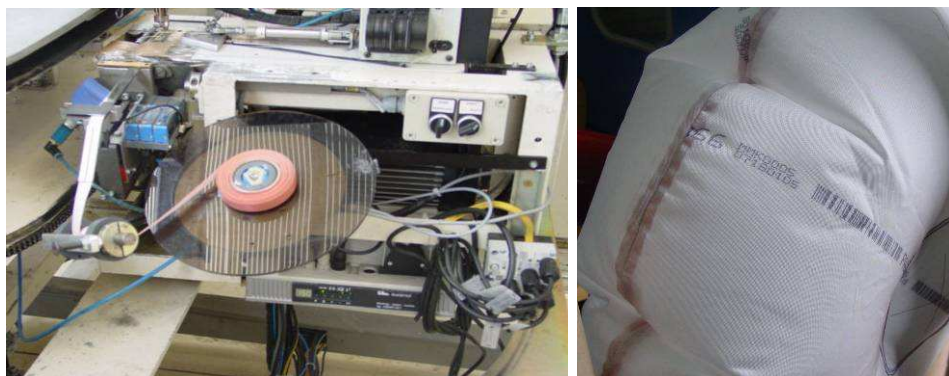


Figura 32 – Sistema de alimentação da fita periférica/ Fita periférica num saco

2.6.5. Venting e Membrana

É fundamental haver controlo da pressão no interior do saco, em cada momento da sua abertura e esvaziamento. Com isso foram criados sistemas de forma a reduzir-se a pressão ou a mantê-la constante.

O mecanismo que permite ao saco reduzir a pressão é o *venting*, que não é mais do que uma abertura circular num dos painéis do saco que permite a saída de gás para o exterior reduzindo assim a sua pressão interna de modo a não causar ferimentos na altura da colisão “ocupante-saco”.

Para determinarmos uma pressão máxima dentro do saco utiliza-se a membrana que se situa num dos painéis do saco. A membrana é projectada de modo a romper a uma determinada pressão, abrindo assim um novo *venting* no saco que por sua vez reduz imediatamente a pressão no saco.

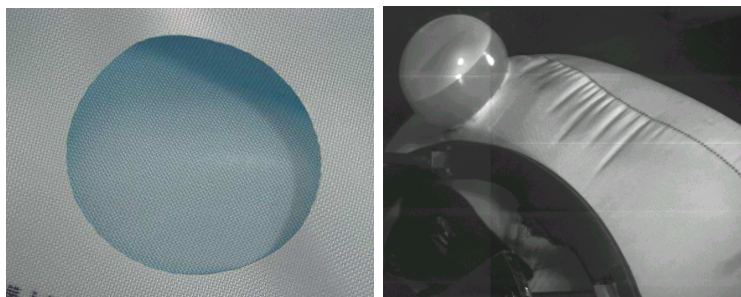


Figura 33 – Membrana no saco airbag



2.7 Critérios de avaliação de airbags

Nos últimos anos tem-se vindo a registar uma maior segurança nos automóveis. Este facto deve-se a um controlo muito mais rigoroso por parte das instituições governamentais quanto à segurança automóvel.

Todos os veículos para serem lançados no mercado terão que cumprir certas especificações técnicas a nível da segurança automóvel. Essas especificações são controladas por instituições governamentais que efectuem testes aos automóveis, de modo a que estes protejam os ocupantes do veículo segundo algumas regras estipuladas.

Inúmeras pesquisas foram realizadas para classificar os ferimentos provocados pelo veículo na altura da colisão. Os testes de colisão (“crash test”) estabeleceram padrões chamados de *Abbreviated Injury Scale* (AIS) – Escala Reduzida de Ferimentos – para classificar os diferentes tipos de ferimentos. Para cada ferimento é determinado um grau, de acordo com sua severidade:

- 1 - Para pequenos cortes e pequenas contusões;
- 3 - Indica ferimentos graves que requerem tratamento médico imediato e que podem ameaçar a vida;
- 6 - Indica morte.

Para uma melhor avaliação do airbag e do sistema de segurança utilizado num automóvel foram definidos alguns critérios que quantificam a performance de segurança dum determinado automóvel. Estes critérios de segurança medem a qualidade da protecção que um automóvel proporciona aos ocupantes do mesmo. Para isto dividiu-se o corpo humano em partes vitais e criaram-se critérios que medissem a severidade do dano nessas partes.

Para receber uma avaliação de cinco estrelas, todos os critérios devem estar abaixo do nível que indica 10% de ferimentos graves. Existe uma avaliação individual de estrelas, para cada teste efectuado (impacto frontal ou lateral).

Tabela 2 – Avaliação para testes de impacto frontal

Avaliação para testes de impacto frontal	
Número de Estrelas	Resultado
5	10% ou menos de probabilidade de ferimentos graves
4	11 a 20% de probabilidade de ferimentos graves
3	21 a 35% de probabilidade de ferimentos graves
2	36 a 45% de probabilidade de ferimentos graves
1	46% ou mais de probabilidade de ferimentos graves



Para atingir cinco estrelas nas colisões de impacto lateral, todos os critérios devem estar no nível que indica probabilidade menor a 5% de ferimentos graves.

Tabela 3 – Avaliações para testes de impacto lateral

Avaliações para testes de impacto lateral	
Número de estrelas	Resultado
5	5% ou menos de probabilidade de ferimentos graves
4	6 a 10% de probabilidade de ferimentos graves
3	11 a 20% de probabilidade de ferimentos graves
2	21 a 25% de probabilidade de ferimentos graves
1	26% ou mais de probabilidade de ferimentos graves

A organização Euro NCAP (European New Car Assessment Programme) conduz ensaios de “crash test” de modo a testar todas as especificidades de segurança que um carro contém. Os testes da Euro NCAP concentram-se em determinados tipos de acidentes em que seria mais provável acontecer uma fatalidade, ou seja, acidentes em que a vida dos ocupantes estão em risco. Desse modo os testes efectuados pela Euro NCAP são bastante destrutivos e seguem alguns parâmetros importantes como a velocidade do impacto, o tipo de impacto e onde se dá o impacto.

Os testes Euro NCAP são avaliados e posteriormente classificados segundo um número de estrelas que vai de um a cinco em que essas estrelas são representativas da performance do carro em termos de segurança (Figura 34). No final do teste os carros são inspeccionados e as classificações são ajustadas de modo a que o carro deverá proteger pessoas de diferentes estaturas e peso.

A Euro NCAP compra e testa os carros de forma anónima para deste modo não haver qualquer alteração ao carro de série, tendo sempre em conta que tem o ultimo modelo em mãos.



Figura 34 – Euro NCAP FIAT Panda



2.8 Segurança e o futuro de airbags

Estudos efectuados revelam uma redução de 30% nas fatalidades de colisões frontais entre veículos. A tendência crescente na exigência de Airbags em todos os automóveis novos reflecte uma das melhorias com o aparecimento do airbag.

Quanto mais carros novos vierem com Airbags de série, segundo a tendência dos últimos resultados, teremos uma diminuição de mortes em acidentes a alta velocidade.

Uma possível solução para aplicação no futuro seria o enchimento do airbag antes mesmo de o impacto se ter dado. Uma solução em estudo por engenheiros de segurança automóvel é a possibilidade de um sistema de protecção que automaticamente se adapte, tendo em consideração o tipo de acidente em questão a severidade do impacto e o tipo de ocupantes presentes no veículo (Figura 35), para que desse modo o sistema de protecção se comporte de modo a oferecer uma melhor protecção.

Tecnologias de radar estão também a ser equacionadas para antecipar o acidente (inevitável) e disparar os airbags em estágios mais lentos e com um maior volume, a fim de proteger os ocupantes por períodos mais prolongados de tempo.

Outra prioridade para os airbags do futuro será proporcionar ainda mais protecção personalizada. Deverá ser possível, por exemplo, programar o computador de bordo com informações como idade, sexo e dados biométricos dos ocupantes (tamanho e peso) para personalizar o sistema de protecção de acordo com características individuais.

Os airbags continuarão a desempenhar um papel importante na segurança dos automóveis do futuro.



Figura 35 – Airbags inteligentes (detectam o peso do ocupante através de uma célula de carga ou sensor óptico)



3 Sacos existentes

O centro I&D de Vila Nova de Cerveira da Dalphimetal tem muitos projectos de desenvolvimento de novos airbags para automóveis ainda em construção e estudo, têm também projectos de investigação de novas ideias e estudo de soluções para problemas em airbags já em série.

Contudo devido à elevada exigência da indústria automóvel e insistência na redução dos custos dos airbags o centro tem em investigação e desenvolvimento alterações a airbags já existentes em série e em comercialização no mercado, com vista à redução de custos dos mesmos e melhoramentos adicionais. É neste contexto que surge um projecto de redução de custo do airbag condutor inserido no automóvel em circulação **Fiat Punto** (Figura 36). Visto este airbag já ser um dos mais baratos do mercado, decidiu-se efectuar uma alteração que se traduzisse numa redução significativa do preço. Com isto surge a opção de alterar a geometria do saco para uma que garantisse todos os parâmetros de segurança do saco anterior e reduzisse o seu custo.



Figura 36 – Fiat Punto

O estudo do saco airbag condutor para o Fiat Punto de denominação interna **F199 DAB** foi efectuado em conjunto com o estudo do saco airbag condutor para o **Opel Corsa** (Figura 37) com denominação interna **S4400 DAB**, sendo que cada projecto seguiu caminhos diferentes quanto a tecidos e outras especificações. Neste projecto estão inseridos os dois estudos de airbags, começando pelo estudo do F199 DAB que posteriormente se aplicou no S4400 DAB. Como podemos ver nas figuras 36 e 37 ambos os automóveis apresentam **cinco estrelas** na regulamentação **Euro NCAP**, sendo que neste projecto o nível de qualidade deve ser mantido.



Figura 37 – Opel Corsa

F199 DAB

O saco F199 DAB é um saco constituído por dois painéis redondos costurados na periferia. Apresenta dois straps que restringem o crescimento frontal do saco e um reforço de temperatura de nome “Anti chamas” na zona do gerador. Este saco depois de cheio apresenta uma geometria circular como podemos ver na Figura 38. A inclusão dos straps neste saco teve como objectivo a restrição da sua projecção frontal, evitando o contacto “saco-ocupante” que se torna grave nas restrições de segurança do Euro NCAP, logo será uma restrição a ter em conta no projecto.

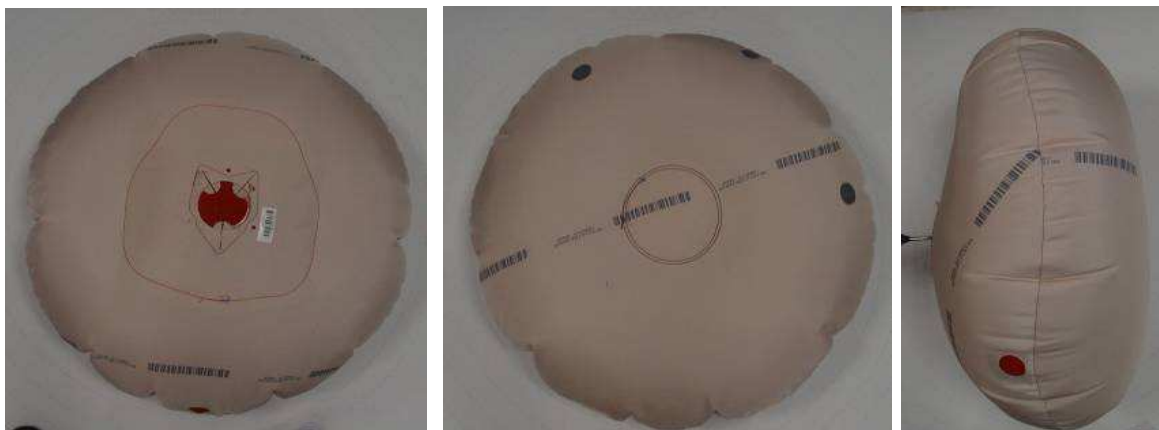


Figura 38 – Saco F199 DAB cheio com ar



O processo de produção de um saco passa pela compra da matéria-prima, sendo ela o tecido e os fios para a costura, o corte desse material e construção do mesmo e a embalagem. Todos estes processos estão associados a um custo que se descreve por:

- Matéria-prima
- Custo das máquinas
- Mão-de-obra

Estes custos encontram-se discriminados na Tabela 4 como percentagem de evolução, sendo o saco F199 a base, logo aparecerá como custo 0%. A necessidade de representação dos custos em variações percentuais é devida à confidencialidade empresarial imposta pela Dalphimetal.

Tabela 4 – Discriminação do custo do saco F199 DAB

Matéria-Prima		Denominación	Cantidad m2 (en tejido)
Tecido	585dtex T749 17,5*17,5 + 35g (SB10053020)		1,24
	PA 6,6 20/3 (MMK5001/2)		16,85
Fio	PA 6,6 40/3 (MMK5009/10)		5,15
	PA 6,6 40/2 (MMK5011/12)		14,92
	PA 4,6 20/3 (MMK5003/4)		3,38
Etiqueta	Etiqueta CdB (PE 28057) / otros		1,00
			Diferença percentual do custo = 0%

Máquinas		Operação
		Corte
		Costura
		Amortização específica
		Diferença percentual do custo = 0%

Mão-de-obra		
		Corte
		Costura
		Diferença percentual do custo = 0%

Como se pode deduzir estes não são os únicos gastos de uma empresa na construção de um saco, sendo que para tornar estes gastos mais reais deve-se incluir, pelo menos, os gastos de investigação e alguns gastos gerais no processo de estudo e produção.

A diferença percentual do preço total do saco incluindo estes gastos encontra-se discriminada na Tabela 5.



Tabela 5 – Custo total

Gastos gerais de Investigação e Desenvolvimento

Diferença percentual do custo total = 0%

S4400 DAB

O saco S4400 DAB à semelhança do F199 DAB é um saco constituído por dois painéis circulares costurados na periferia, com um reforço de temperatura (“Anti chamuscas”) e difere do saco F199 DAB pelo tipo de strap que tem, que neste caso contém 3 straps restringindo a projecção frontal do saco (evitando também o choque “saco-ocupante”) e restringindo também o crescimento do saco na zona do tórax, de maneira a evitar o choque “saco-ocupante” na zona torácica. Este tipo de choque que acontece em muitos sacos condutor deve-se a um crescimento do saco para baixo e para a frente provocando lesões na zona do tórax, chamando-se então **deflexão tórax**. Este saco apresenta uma forma arredondada depois de cheio, como podemos ver na Figura 39.



Figura 39 – S4400 cheio com bolas de 20mm

Os custos deste saco diferem do saco F199 DAB pelas diferenças:

- **Tecido**, que no saco S4400 é não siliconado;
- **Straps**, que no S4400 são três enquanto que no F199 são só dois;
- **Interface**, como os geradores são diferentes nos dois sacos, estes também necessitam de interfaces diferente.
- **Tamanho**, o nível de protecção difere nas especificações do cliente.



Com estas diferenças o custo dos pormenores de fabricação também diferem, logo obteremos outra ficha de consumo para este saco que se apresenta na seguinte tabela como percentagem de comparação, sendo o saco F199 DAB a base:

Tabela 6 – Custo descriminado do saco S4400 DAB

Matéria-Prima		Denominación	Cantidad
			m2 (en tejido)
Tecido	PA 6,6 470/136 T749 205*195 (MMK0005)		1,25
	PA 6,6 20/3 (MMK5001/2)		16,70
Fio	PA 6,6 40/2 (MMK5011/12)		18,63
	PA 4,6 20/3 (MMK5003/4)		4,19
Tira periferica	MMK3001		4,30
Etiqueta	Etiqueta CdB (PE 28057) / otros		1,00
			Diferença percentual do custo = -0,72%

Máquinas	Operação	
	Corte	
	Costura	
	Amortização específica	
		Diferença percentual do custo = -12,85%

Mão-de-obra		
Corte		
Costura		
		Diferença percentual do custo = 23,94%

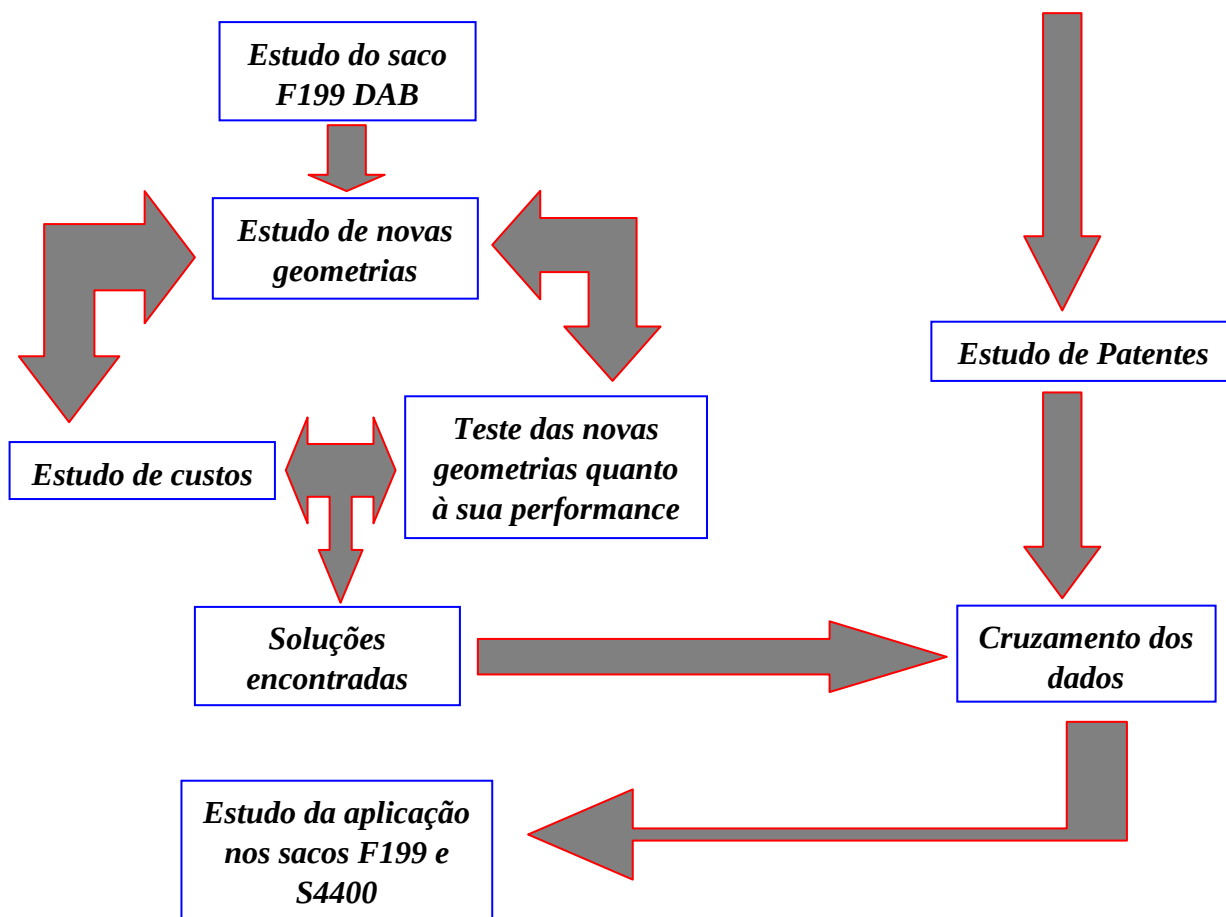
Gastos gerais de Investigação e Desenvolvimento		
		Diferença percentual do custo total = 2,10%

Como podemos observar por comparação das tabelas de custos dos dois sacos, o saco S4400 é um saco 2,10% mais caro que o saco F199.

Para os estudo do S4400 utilizar-se-á como base o preço do S4400.



Com base nos objectivos do projecto e visto o tempo de desenvolvimento do projecto ser escasso montou-se a seguinte sequência de trabalho para se conseguir uma melhor organização do tempo e do desenvolvimento necessário a se fazer:



Os passos representados em cima são meramente representativos, não estando incluídos estudos intermédios entre soluções. No entanto estes serão os passos mais importantes no desenvolvimento de novas geometrias, com intuito de redução de custos, para os sacos “**F199 DAB**” e “**S4400 DAB**”.



3.1 Alterações necessárias e melhorias possíveis

Pela análise das tabelas de custos (Tabela 4 e Tabela 6) podemos observar que a matéria-prima contribui para o preço com a maior percentagem, quando comparado com os outros processos e custos, sendo que a matéria-prima contribui com cerca de 70% do preço final do saco. Logo todas as alterações efectuadas terão que ter em conta a redução deste preço.

Para reduzir este preço pode-se maximizar a eficiência do corte, ou seja, o melhoramento da marcada de corte de um saco através da redução do desperdício, ou até mesmo da sua eliminação seria um passo importante na evolução do projecto.

A marcada do saco F199 é apresentada na Figura 40 e como se pode observar apresenta um desperdício de material nas zonas intermédias dos painéis e dos reforços. Uma solução possível seria a anulação ou redução destes espaços ao mínimo através de uma geometria alternativa que ocupasse estas zonas.

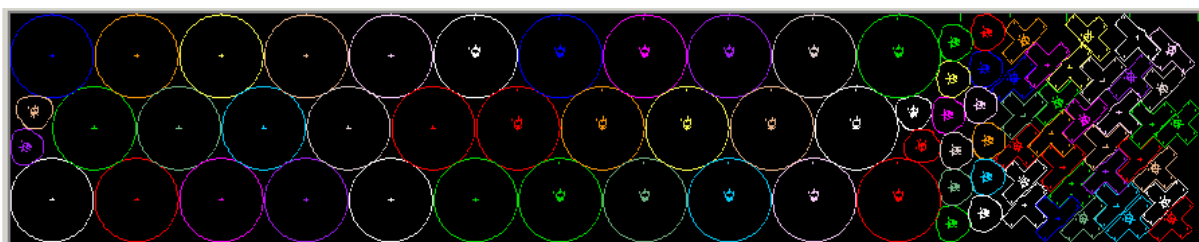


Figura 40 – Marcada de corte do saco F199 DAB

Como podemos observar na Figura 38 o saco F199 apresenta um crescimento frontal elevado e lateral reduzido, uma solução possível seria aumentar o crescimento lateral do saco que proporcionaria uma contracção do tecido na zona frontal do saco de modo a reduzir o seu crescimento frontal. Com isto poderíamos reduzir ou até mesmo retirar os straps do saco, reduzindo assim o seu custo.

Com a solução anterior pode-se também obter um saco que com o seu crescimento lateral fosse possível a redução do tamanho dos painéis, pois este saco apresentaria uma área de protecção maior que o desejado.

O saco F199 necessita de um reforço adicional (Anti chamas) devido à elevada temperatura atingida na zona da interface provocada pela emanção de gás do gerador. Se através da alteração da geometria fosse possível a redução da temperatura nesta zona, não seria necessário a inclusão deste reforço adicional, logo é evidente uma redução do custo do saco.

Este reforço poderia também ser eliminado se fosse utilizado um gerador diferente, o que para isso seria necessário uma geometria que não necessita-se de tanto volume de gás para a sua insuflação.

Com isto apresenta-se algumas das alterações mais visíveis e notáveis, contudo não são únicas e apareceram mais durante a execução do desenvolvimento.



3.2 Os problemas e suas soluções

Para o estudo de novas geometrias de um saco existente em série é necessário ter em consideração algumas especificações que não poderão ser alteradas, ou se for extremamente necessária a sua alteração terá que se ter em conta uma equivalência ao original.

Com o estudo das patentes, que pode-se ver no capítulo 5, foram encontradas algumas limitações iniciais a contornar devido à existência de geometrias patenteadas que beneficiariam o projecto em desenvolvimento. Com isto as limitações iniciais encontradas devido às patentes são:

- Dois painéis com geometrias iguais desfasadas entre 25° a 65°;
- Dois painéis com formas não circulares costurados na periferia;
- Dois painéis sem rotação entre eles.

Os principais problemas que é necessário contornar no decorrer do desenvolvimento será a semelhança que tem que ser imposta ao saco com geometria nova para com o saco original, a equivalência de volumes, área de protecção e projecção frontal e após confirmado estes parâmetros na evolução, esta terá que apresentar uma melhoria em termos de custo em relação ao saco original.

Nem sempre é possível ultrapassar todas as restrições impostas ao saco, pelo que em muitas hipóteses terá que se obter um compromisso de alguns factores em relação a outros.



4 Novas geometrias de sacos

Com a existência de inúmeras geometrias de sacos airbag é difícil a idealização de novas com benefícios para o desenvolvimento em questão. A técnica inicialmente utilizada foi a junção de figuras geométricas simples com o objectivo de formar um saco. Este saco teria que formar um objecto muito próximo de um círculo quando cheio, pois este tem como objectivo a substituição do saco F199.

A aplicação de técnicas de ORIGAMI também foram tidas em conta, pois a sua aplicação em dobragens de sacos com o objectivo de formar figuras geométricas simples é deveras importante neste estudo.

A existência de geometrias de sacos patenteadas limita o estudo de geometrias alternativas, deste modo para se conseguir contornar as patentes será necessário utilizar painéis descompensados, um único painel, mais de dois ou então dois painéis iguais mas com um desfasamento superior a 65° ou inferior a 25° .

Com estes parâmetros definidos criaram-se algumas junções poligonais que foram abandonadas por não cumprirem determinados parâmetros, algumas das idealizações apresentam-se de seguida.

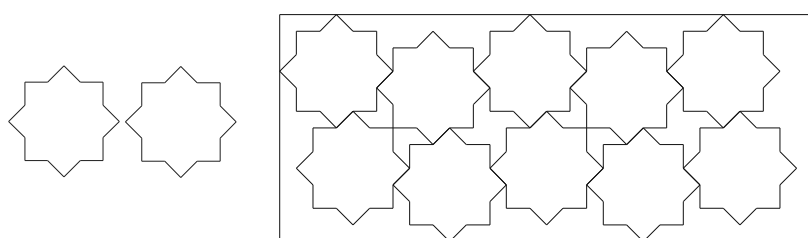


Figura 41 – Dois painéis com formas semelhantes a estrelas

Estas duas espécies de estrelas foram criadas com intenção de aproximação da forma circular do saco original que foram rejeitadas por não apresentarem uma melhoria na marcação como se pode ver na Figura 41.



Este saco foi construído com intenção de reduzir o gasto introduzido por dois círculos (Figura 41). Substitui-se um círculo por um quadrado dando assim uma marcada perfeita no quadrado e uma pior no circular, contudo a sua construção era difícil e apresentava uma geometria depois de cheia pouco apelativa ao projecto.

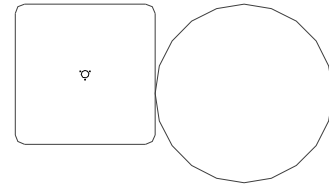


Figura 42 – Um painel quadrado com um circular

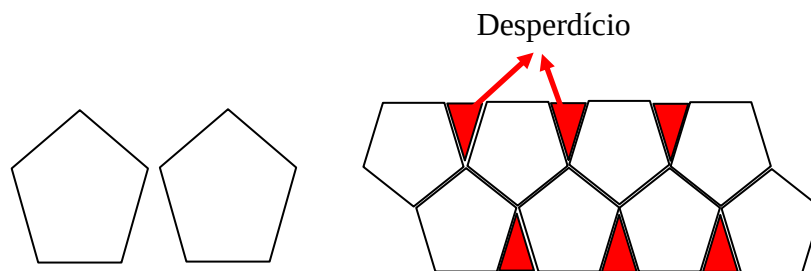


Figura 43 – Dois pentágonos

A Figura 41 apresenta duas geometrias iguais constituídas por dois pentágonos. Este saco apresenta uma boa geometria depois de cheio, a sua marcada é bastante eficiente, contudo quando comparada com a do saco F199 é de inferior eficiência, logo por isso foi abandonada.

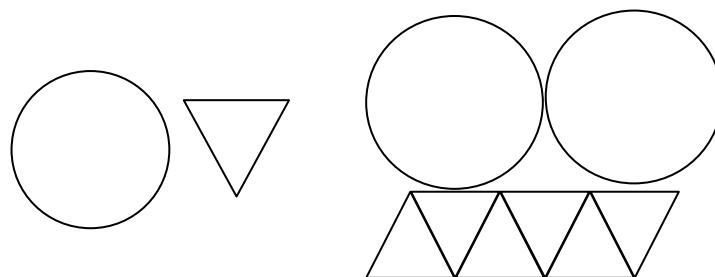


Figura 44 – Junção de um painel circular com um painel triangular

A junção de um painel circular com um painel triangular tem como objectivo o melhoramento da marcada do saco F199. Contudo a costura do saco é de difícil execução apresentando também uma forma depois de cheio muito diferente do original.



4.1 Idealizações e suas funções

Os projectos com melhores perspectivas de desenvolvimento foram enumerados por níveis, segundo o procedimento da Dalphimetal. Nesse contexto, todos os estudos de alterações significativas a sacos existentes ou novas idealizações de sacos são numerados segundo o nível TJ seguido do número respectivo, sendo que se começa pelo protótipo inicial de nome TJ00 com evolução positiva de incremento 1.

TJ00

Primeiro protótipo costurado, sendo que o seu dimensionamento não foi o mais adequado aparecendo “pregas” (pequena dobra no tecido) nas zonas de costura.



Figura 45 – TJ00

As “pregas” (Figura 46) aparecem nas zonas de costura quando temos um perímetro de costura de um painel maior que o do outro que se pretende costurar, ou seja, será necessário a formação de uma “prega” para se igualar as distâncias de costura.



Figura 46 – Pregas na costura do tecido

Para obtermos um correcto dimensionamento dos dois painéis teremos que igualar os seus perímetros, para obtermos neste caso uma distância de costura igual.

TJ01, TJ02, TJ03

Estes níveis de saco são apenas evoluções do saco anterior, com vista a obter-se alguns melhoramentos do saco e à experimentação de algumas ideias.

Para o nível de saco **TJ01** foi implementado o método de igualar o perímetro dos painéis. Este saco obteve resultados relativamente apreciáveis, visto que houve uma melhoria na costura do saco, havendo no entanto pequenas pregas que se formaram devido à complexidade de costura do saco (saco 3D).

Este problema foi resolvido com a execução da costura em “cadeneta”, que é efectuada numa máquina que puxa o tecido de cima. Logo este saco é de possível costura se for efectuada na máquina em “cadeneta” com o painel maior por cima, de modo a puxar este painel. Contudo é necessário alguma experiência e tempo de experimentação para se conseguir costurar este saco sem o aparecimento de “pregas”.

No nível de saco **TJ02** foram efectuadas alterações nos painéis de modo a melhorar o processo de costura. Foram colocados posicionadores (Figura 47) na periferia dos painéis de modo a evitar erros de posicionamento. Efectuou-se também uns pré-cortes interiores (Figura 47) de maneira a que os painéis nas zonas de difícil costura se tornassem mais flexíveis e fosse possível corrigir erros nas costuras anteriores.

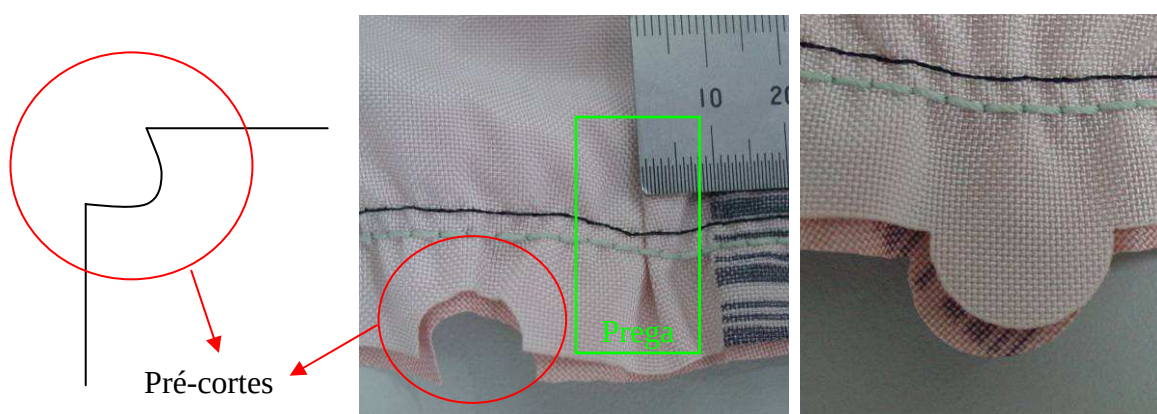


Figura 47 – Pré-cortes e posicionadores no saco

Como podemos ver na Figura 47 a utilização de pré-cortes não resultou como seria esperado, visto vermos uma prega mesmo ao lado de um pré-corte. Os pré-cortes reduziram o tamanho das “pregas” mas não as eliminaram.



No nível de saco **TJ03** foi efectuado um offset da costura periférica de 20mm para se conseguir um melhoramento no processo de costura, foram retirados os pré-cortes e para um melhoramento na marcada os painéis octógonos foram divididos a meio.

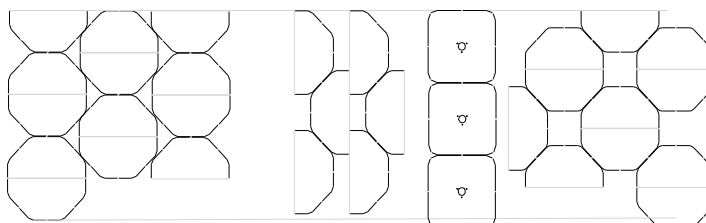


Figura 48 – Tipos de marcadas do saco TJ03

Para se conseguir comparar os resultados da marcada foi necessário efectuar um ensaio de volume ao saco. O resultado obtido foi de 59 litros, como o saco F199 apresenta um volume de 60 litros e como o erro do ensaio de volume é grande (± 3 litros), pode-se dizer que o volume do saco TJ03 é equivalente ao saco F199.

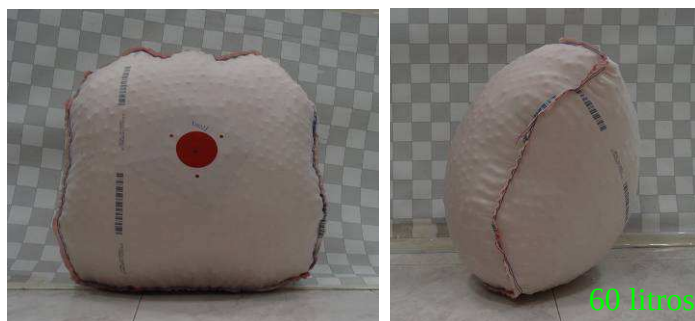


Figura 49 – Ensaio de volume do saco TJ03

A marcada do saco TJ03 quando comparada com a marcada do saco original não proporciona nenhuma melhoria.

Como não se obtêm melhoramento na marcada e como a costura do saco é de difícil execução, esta geometria de saco foi abandonada.



TJ04

O nível **TJ04** corresponde à introdução de uma nova geometria, com o objectivo de melhorar o processo de costura e melhorar a marcada (Figura 50), obtendo no final a geometria circular do saco F199. Com isto optou-se por uma geometria do tipo cone, em que a costura das duas faces de $\frac{3}{4}$ de círculo forma um cone sem fundo, onde por sua vez se costura um fundo com forma circular, ficando esta parte a ser a frente do saco.

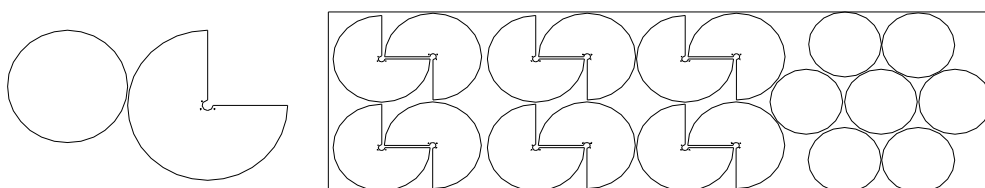


Figura 50 – Forma dos painéis do nível TJ04 e a sua marcada

Como podemos ver na marcada da Figura 50, esta geometria de saco não apresenta melhorias na marcada quando comparada com a original. Após experimentação de várias geometrias derivadas desta chegou-se à conclusão que a redução do círculo cortado para meio ou mesmo para $\frac{1}{4}$ não compensava, devido ao aumento que teria que ser feito ao painel circular.

Este saco apresenta um volume elevado para uma área de protecção normal, logo para garantirmos a área de protecção do saco original teríamos que ter um volume de saco exagerado.



Figura 51 – TJ04 após enchimento com ar

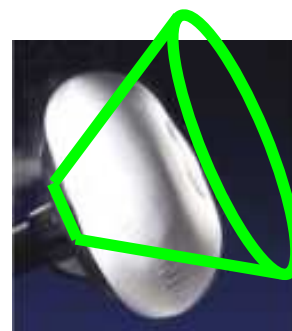


Figura 52 – Objectivo do TJ04

Após enchimento do saco com ar (Figura 51) observou-se que a projecção frontal deste saco é elevada, ou seja, este saco apresenta um elevado crescimento para a frente. Sendo que esta configuração de saco, como podemos ver na Figura 52, poderá ser benéfica para uma configuração de airbag que necessite de um crescimento elevado.



TJ05, TJ06 e TJ07

A produção do nível **TJ05** teve como objectivo a visualização da junção da forma cruzado com um quadrado. Garantindo o mesmo perímetro de costura dos dois painéis e um tamanho similar ao saco F199 obteve-se uma geometria de saco demonstrada na Figura 53.

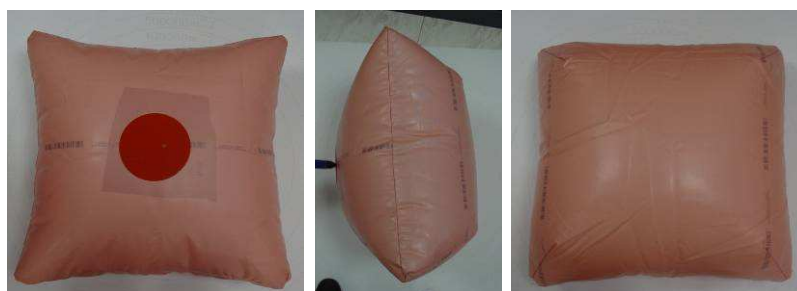


Figura 53 – Saco TJ05 cheio com ar

Como se pode ver na Figura 53 a geometria obtida é similar a um quadrado, apresentando zonas com volume não aproveitado. Os vértices do saco TJ05 são demasiado grandes não efectuando protecção ao passageiro no momento do impacto, logo este saco apresenta zonas com tecido desaproveitado. Estas zonas podem ser minimizadas com o arredondamento dos vértices do painel cruzado e do painel quadrado. Para além de este desperdício de tecido ser importante, este saco apresenta um ainda maior, que é o da marcada, como podemos ver na Figura 54. No contexto do desperdício da marcada e do desperdício nos vértices foram desenvolvidos os níveis **TJ06 e TJ07** que se encontram representados na Figura 54.

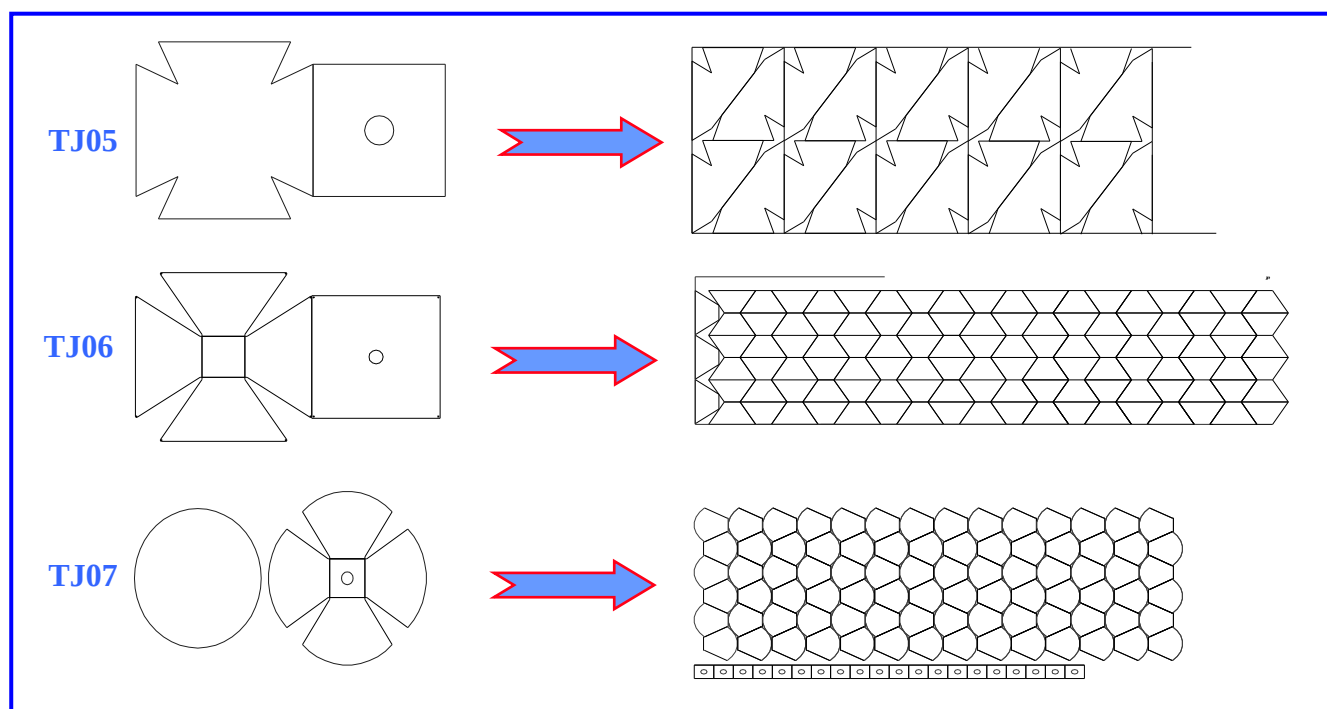


Figura 54 – Evolução dos níveis TJ05, TJ06 e TJ07



Como se pode ver na Figura 54 o nível **TJ06** apresenta uma significativa melhoria na marcada, que foi conseguida através da divisão do painel superior (cruzado) em cinco partes, pois este era o painel que contribuía negativamente na eficiência da marcada.



Figura 55 – Saco TJ06 cheio com ar

Através da análise da geometria do saco depois de cheio com ar, representado na Figura 55, conclui-se que poderia ser alterada a geometria de modo a conseguir um arredondamento dos vértices. Com isto foi então criado o nível de saco TJ07 que se encontra representado na Figura 54, que como se pode ver apresenta uma boa marcada.

O saco TJ07 apresenta uma geometria muito similar à do saco original (Figura 56), sendo que a sua protecção frontal está garantida por um painel frontal circular igual ao painel do saco F199. Contudo para conseguirmos uma geometria do painel da interface proporcional ao painel frontal, este terá que ser de um tamanho elevado.

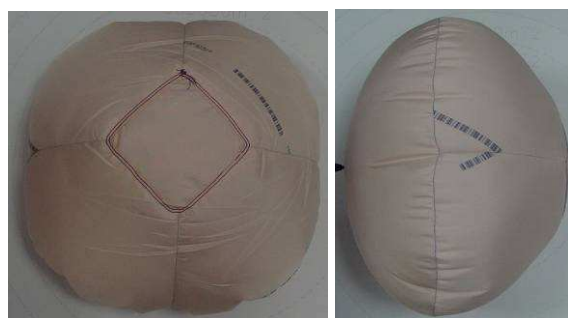


Figura 56 – Saco TJ07 cheio com ar

Este saco apresenta também uma projecção frontal elevada, quando comparada com a sua área de protecção, logo este saco poderá ter o mesmo fim que o saco TJ04.

Os sacos TJ06 e TJ07 apresentam uma desvantagem muito grande em comparação com os restantes, pois um dos painéis é constituído por cinco peças que terão que ser costuradas para constituir o painel final. Este passo constitui um custo adicional ao saco pois aumenta o tempo de fabricação do saco e é necessário mais fio de costura para o fazer, logo torna-se demasiado caro quando comparado com o saco original.



TJ08

O saco **TJ08** é uma solução com objectivo de melhoramento da marcada. Como podemos ver na Figura 57 este saco apresenta uma marcada particular em que o painel da interface se posiciona (na marcada) na zona de desperdício do painel frontal. Com isto obtemos uma marcada muito boa com um uma eficiência melhor que a do saco original.

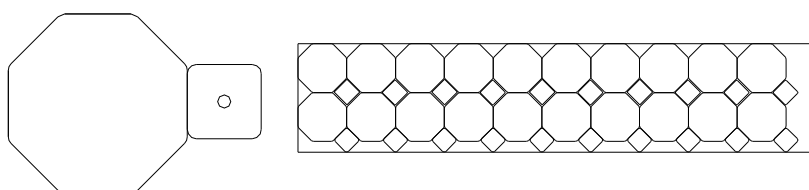


Figura 57 – Painel TJ08

Como podemos ver na Figura 58 o saco TJ08 ganha uma forma quadrangular depois de cheio apresentando vértices muito acentuados, o que leva a um desperdício de material por não serem consideradas zonas com funcionalidade específica de protecção.

Este saco assemelha-se ao saco TJ05 em termos de fabricação, pois serão necessárias quatro costuras intermédias para se conseguir costurar a costura periférica de união dos dois painéis.



Figura 58 – Saco TJ08 cheio com bolas de 20mm de diâmetro

O saco TJ08 para além de apresentar uma melhoria significativa na marcada, não irá compensar na medida em que são necessárias demasiadas costuras manuais para se produzir o saco, o que encarece em muito o processo de fabricação.



TJ09

O objectivo do saco TJ09 (Figura 59) é de testar a viabilidade de costura de um painel de forma octogonal e outro com a forma de uma estrela. A marcada deste saco apresenta uma melhoria em relação à do F199, não muito significativa mas no entanto constitui um bom princípio de estudo.

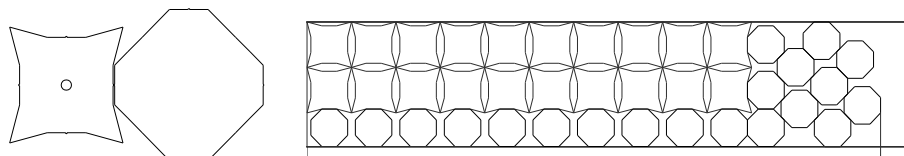


Figura 59 – Saco TJ09

Após tentativa de costura dos dois painéis chegou-se à conclusão que este saco era de difícil costura e só possível por um operador muito experiente, o que normalmente não acontece nas linhas de produção. Constatou-se que as zonas do painel próximas de aresta muito acentuadas correspondiam a dificuldades na costura do saco, com isso conclui-se que será necessário retirar essas zonas em projectos futuros.

TJ10

O nível de saco TJ10 assenta no princípio de junção de duas qualidades importantes de dois painéis. Para obtermos uma marcada ideal o melhor painel a utilizar será o quadrado e para obtermos uma área de protecção e geometria ideal será usarmos um painel circular, com isto optou-se pela solução de juntar os dois painéis, tendo um desperdício na marcada em relação ao painel circular. Contudo esta marcada será melhor que a do original por se obter uma melhoria na utilização do painel quadrado.

Como a ligação dos dois painéis não seria possível sem a utilização de um painel intermédio, então acrescentou-se à marcada um painel rectangular, que proporciona uma boa marcada e uma boa união. Com isto obteve-se a marcada e configuração de painéis representada na Figura 60.

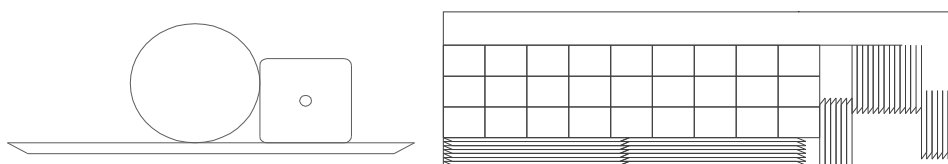


Figura 60 – Saco TJ10



Como se pode ver na Figura 61 o saco apresenta uma geometria quadrada com vértices arredondados, que proporciona uma boa área de protecção.



Figura 61 – Saco TJ10 cheio com ar

O saco TJ10 apresenta vantagens significativas, contudo apresenta uma desvantagem que encarece demasiado o saco de modo a não ser compensatória a sua produção. Para a produção deste saco são necessárias duas costuras periféricas que se traduzem num aumento da quantidade de fio de costura e do tempo de fabricação, com isto ficou comprovado o seu encarecimento.

TJ11

Com o conhecimento adquirido do desenvolvimento dos sacos anteriores chegou-se a uma geometria de painéis com vista a redução do custo mediante alguns aspectos importantes. O nível de saco TJ11 foi desenvolvido mediante as seguintes restrições:

- 🔊 O saco deverá conter uma única costura periférica;
- 🔊 Os dois painéis terão que se encaixar na marcada;
- 🔊 O saco deverá ter uma geometria arredondada;
- 🔊 O saco deverá ser constituído pelo mínimo de painéis possíveis;
- 🔊 O saco não deverá conter tecido não aproveitado para a protecção.



Como podemos ver na Figura 62 o saco TJ11 corresponde a grande parte das restrições impostas, faltando visualizar a geometria do saco depois de cheio para conferir que não apresenta vértices acentuados.

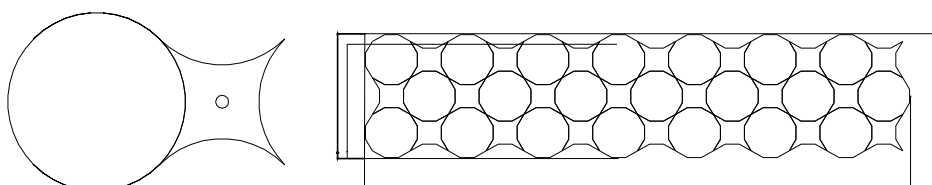


Figura 62 – Saco TJ11

Como se pode ver na Figura 61 a marcada do saco TJ11 apresenta pouco desperdício, sendo que com o encaixe perfeito dos dois painéis a única zona de desperdício corresponde à parte superior e inferior da marcada e ao início e fim, o que em comparação com a marcada do saco F199 é significativamente melhor.



Figura 63 – Saco TJ11 cheio com ar

A partir da visualização da Figura 63 reparou-se na formação de vértices acentuados, que corresponde a um desperdício de tecido.

A geometria do painel da interface provoca uma dificuldade na costura deste saco, visto que a presença de mudanças bruscas de direcção de costura provoca dificuldades na costura. A solução para este problema será retirar essa mudança brusca com um corte nessa zona, como podemos ver no painel da evolução do saco TJ11B (Figura 65).

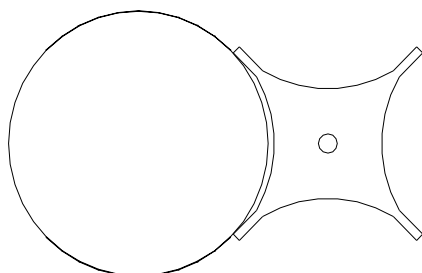


Figura 65 – Saco TJ11B



Figura 64 – Saco TJ11B cheio com ar

Para o saco TJ11B experimentou-se a colocação de quatro straps com função de retirar os vértices acentuados. Como podemos ver na Figura 64, os vértices são arredondados contudo este método não elimina o desperdício de tecido do saco, pois ele continua lá.

O próximo nível consiste na eliminação dos straps laterais e na alteração da geometria dos cantos para se conseguir obter um saco mais arredondado.

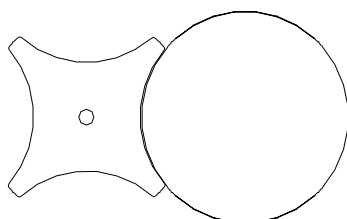


Figura 66 – Saco TJ11C

Esta evolução melhorou significativamente a geometria do saco depois de cheio com ar, contudo continua a não ser suficiente para a substituição do saco F199.

Com isto optou-se por efectuar modificações na geometria do painel, de modo a obter-se um maior arredondamento dos vértices. Para se conseguir alongar o tecido na zona da aresta e puxar o tecido na zona dos vértices alterou-se a rotação do painel frontal relativamente ao da interface. A utilização deste método é explicada de seguida.



O tecido de um saco é composto pela malha que é formada pela interpenetração de laçadas ou malhas que se apoiam lateral e verticalmente, provenientes de um ou mais fios.

A malha do tecido (Figura 67) é constituída por fios à teia e fios à trama que através do entrelaçamento de uns em relação aos outros constituem o tecido. O fio correspondente à teia apresenta uma espessura maior, contém mais torção, tem maior número de cabos e a sua matéria-prima é mais resistente. A densidade da teia é geralmente maior que a da trama.

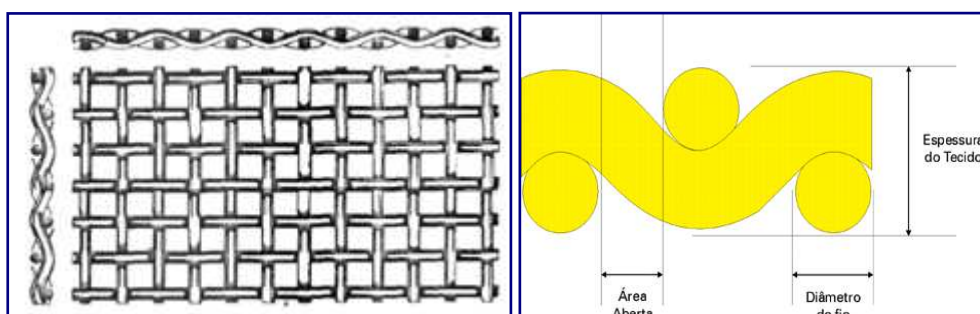


Figura 67 – Malha de um tecido (teia e trama)

A elasticidade do tecido é maior à trama porque neste sentido não é exercida nenhuma tensão do tecido na altura da sua fabricação, ou seja, os teares comprimem os fios da trama na direcção da teia provocando tensões residuais nesta direcção (Figura 68), impondo assim uma resistência à tracção do tecido nesse sentido que por sua vez diminui a elasticidade do mesmo.

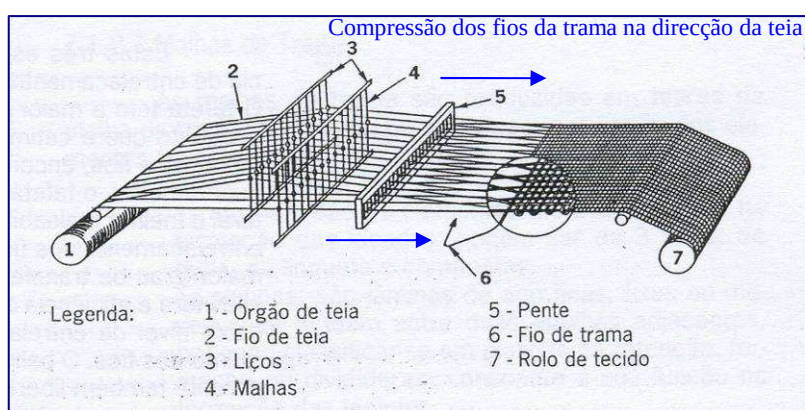


Figura 68 – Processo de produção do tecido



Através de uma análise pormenorizada do tecido e da sua constituição conclui-se que a direcção de maior elasticidade do tecido não é a da teia ou trama, mas sim na direcção a 45° das duas. Nesta direcção os fios de tecido deslizam uns sobre os outros provocando um alongamento do tecido, que por sua vez produz uma maior elasticidade do mesmo.

A utilização deste conceito poderá ser feita na orientação dos painéis de modo a ser possível obter uma maior elasticidade em zonas críticas do saco.

No projecto do saco TJ11 decidiu-se utilizar este método na zona onde se pretende obter um maior alongamento do tecido. Efectuou-se então uma rotação de 45° do painel frontal em relação ao painel da interface (Figura 69), obtendo-se assim uma maior elasticidade nas zonas da aresta (que provocará um alongamento dessa zona) e por sua vez menor na zona dos vértices.

O objectivo de rodarmos um só painel e não os dois (pois obteríamos um maior alongamento) é de que essa utilização debilita em muito a zona da costura, provocando rotura do saco no momento de maior pressão.

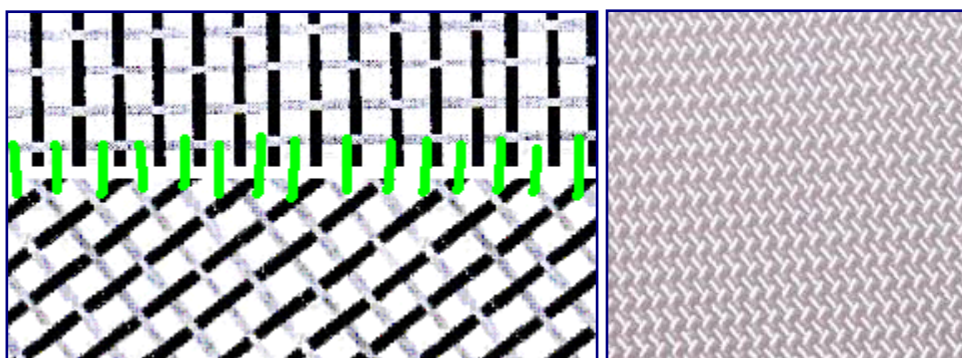


Figura 69 – Pormenor da costura de dois painéis com rotação de 45°.

O nível TJ11D foi então desenvolvido com base na rotação de um dos painéis e no arredondamento dos vértices.

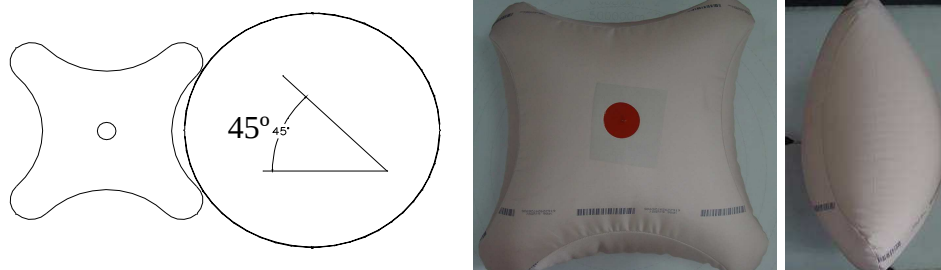


Figura 70 – Saco TJ11D

Como podemos ver na Figura 70 o saco TJ11D apresenta uma geometria melhorada depois de cheio com ar, contudo neste ensaio não conseguimos uma pressão elevada (semelhante à pressão atingida no interior do airbag) o que leva a concluir que as zonas próximas das arestas terão um alongamento maior no momento do enchimento com o gerador.

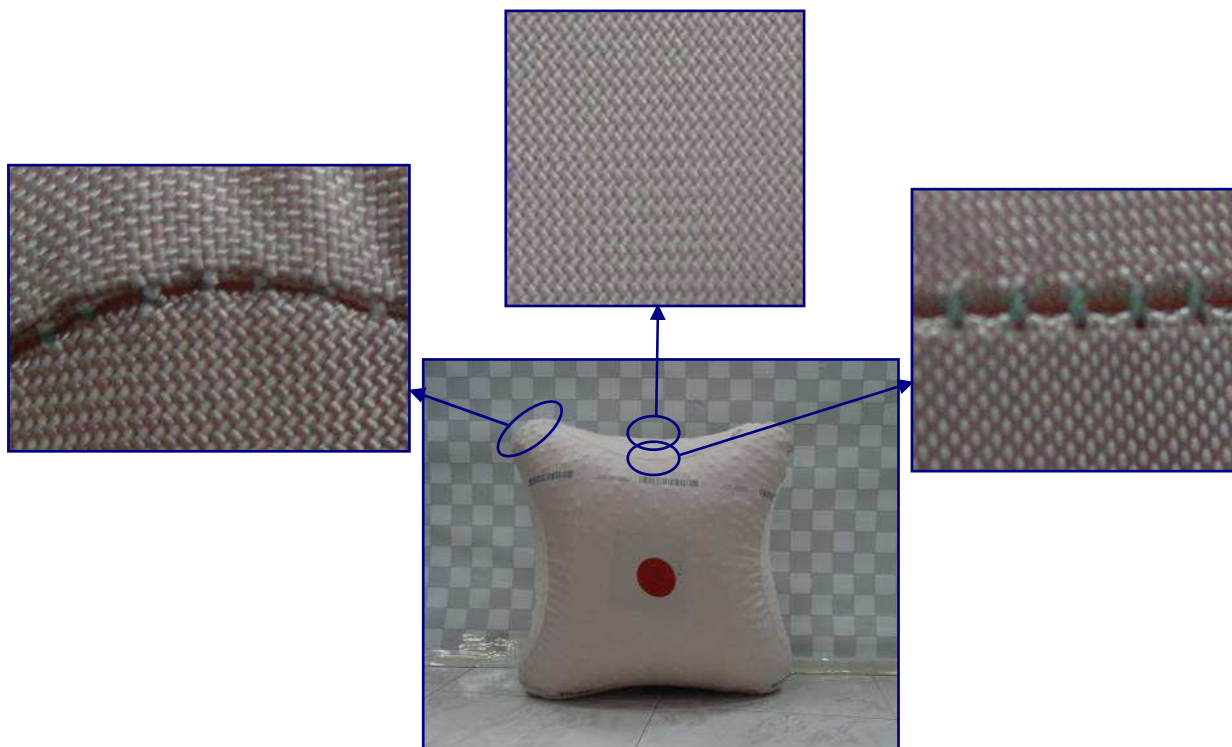


Figura 71 – Saco TJ11D cheio com bolas de 20mm e pormenores da malha

Como podemos ver na Figura 71 a zona do tecido correspondente à aresta (zoom do meio) apresenta a malha do tecido a 45° o que leva a um crescimento dessa zona. A zona do saco correspondente ao vértice apresenta a malha do tecido a 45° num painel e a 0° no outro painel. Nesta zona o alongamento por parte do painel da interface é contrariado pela contracção do painel frontal, esta contracção acontece pois o alongamento do painel frontal na zona a 45° puxa o tecido desse mesmo painel na zona a 0°.



Figura 72 – Alongamento/Contracção



De seguida efectuaram-se alterações dimensionais e de geometria de modo a obter a forma ideal. Colocaram-se os straps e os reforços semelhantes ao modelo F199 de modo a se conseguir comparar resultados.



Figura 73 – Evolução do TJ11

Finalmente obteve-se a geometria de saco ajustada ao volume do F199 DAB, TJ11H.

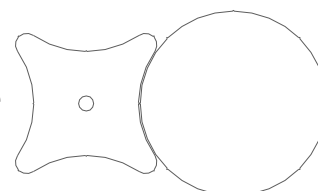


Figura 74 – Saco TJ11H

TJ12

A marcada com melhor aproveitamento de tecido será a que preenche o tecido por completo, com isso a marcada do quadrado ou rectângulo apresenta um preenchimento de 100% do tecido, sem ter em conta as distâncias de segurança (entre peças e entre margens)

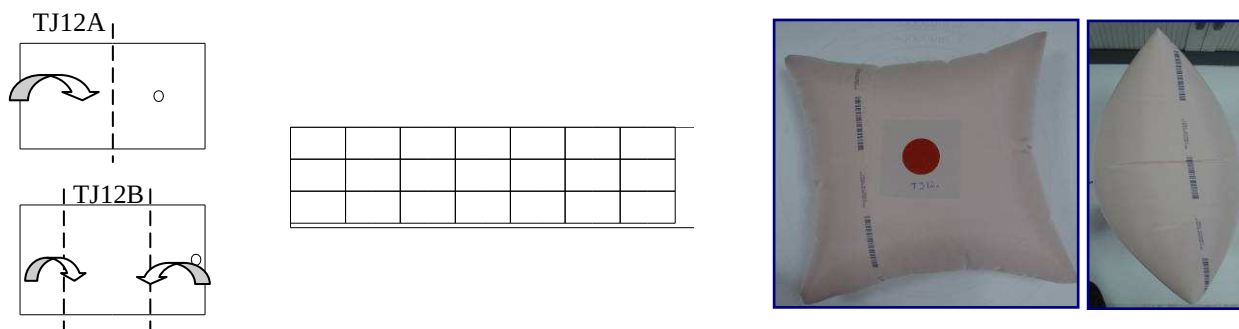


Figura 75 – Sacos TJ12A e TJ12B

Na Figura 75 pode-se ver representadas as duas opções de sacos TJ12 iniciais, a sua marcada e a forma depois de cheio. Pode-se referir que esta geometria necessita de algum tratamento dado apresentar vértices muito acentuados, contudo a marcada é significativamente melhor que qualquer outra estudada.



Figura 76 – Evolução do saco TJ12

Das geometrias iniciais apresentadas na Figura 75 a que mais se adequa ao desenvolvimento em questão é a geometria do saco TJ12B, visto esta apresentar uma costura numa das zonas necessárias de colocar um strap, logo neste caso não será necessário o tempo e o fio de mais uma costura para o strap, este será colocado no momento da costura de ligação.

A próxima evolução efectuada foi a incorporação do strap no painel, como podemos ver na Figura 77.

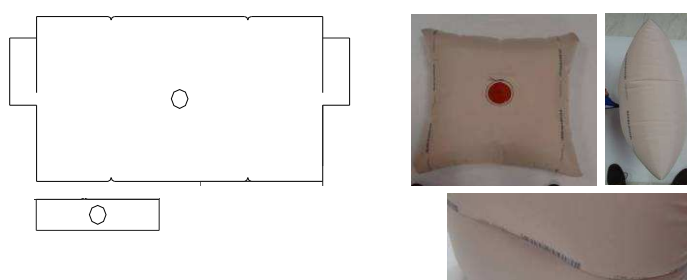
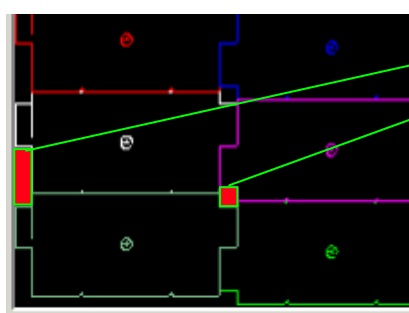


Figura 77 – TJ12G

A incorporação dos straps no painel acabou por não ser benéfica, visto esta diminuir em muito a eficiência da marcada, como podemos ver na Figura 78. Com isto retirou-se então os straps do painel, ficando com a geometria de saco rectangular inicial.



Significativo desperdício no inicio da marcada.

Desperdício no meio da marcada que se repete com o aumento de painéis, o que faz diminuir a eficiência de uma forma progressiva.

Figura 78 – Pormenor da marcada do saco TJ12G



TJ13

O nível TJ13 baseou-se no uso de uma geometria de saco já existente na empresa, esta geometria foi modificada de modo a ser comparável com o saco F199. Desse modo desenvolveu-se um saco que se apresenta na Figura 79.

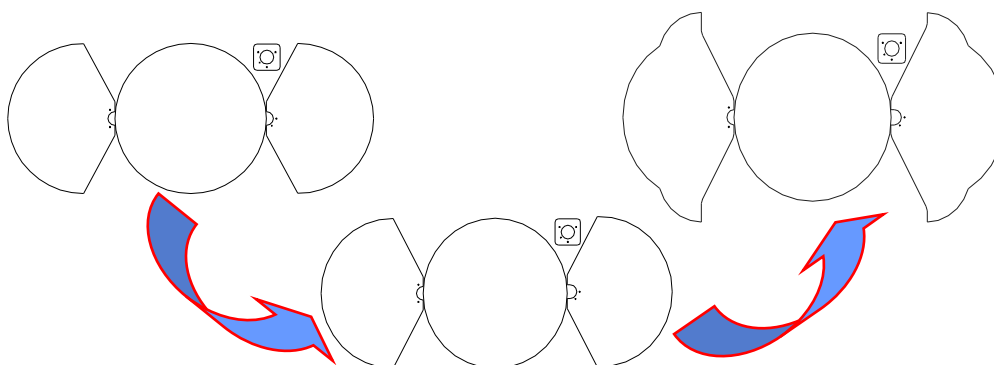


Figura 79 – Evolução do saco TJ13

O saco TJ13, como pode-se ver na Figura 80, apresenta uma geometria depois de cheia não aplicativa a um airbag condutor, devido a apresentar um volume elevado para a protecção frontal equivalente. A marcação deste saco não é suficientemente eficiente quando comparada com o saco original F199.

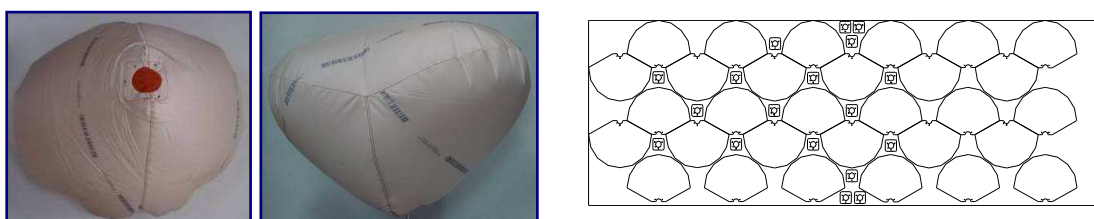


Figura 80 – TJ13C (evolução final)

Outro problema apresentado por este saco, como podemos visualizar na Figura 80, é que a interface terá que ser colocado numa zona de união de painéis, o que obriga a um controlo rigoroso do diâmetro do furo e da posição do mesmo.

Este saco poderá ser utilizado para um caso em que seja necessária a colocação de straps nas zonas laterais, pois a costura posicionada nas zonas laterais do saco pode ser utilizada para costurar straps.

TJ14

O saco **TJ14** surgiu no cruzamento do desenvolvimento de geometrias de sacos com o estudo de patentes existentes, em que seria necessário contornar estas patentes efectuando-se um saco com melhorias aparentes. Desenvolveu-se então um saco em que a rotação dos painéis é de 60° e este é constituído por 3 painéis, o que faz com que este saco contorne as patentes existentes.

Após se ultrapassar as patentes estudou-se a melhor geometria de modo a obter-se melhoramentos significativos na marcada, não fugindo muito à geometria do saco F199. Encontrou-se então uma geometria hexagonal que apresenta uma marcada com desperdício reduzido, como podemos ver na Figura 81 e com uma geometria depois de cheio apreciável.

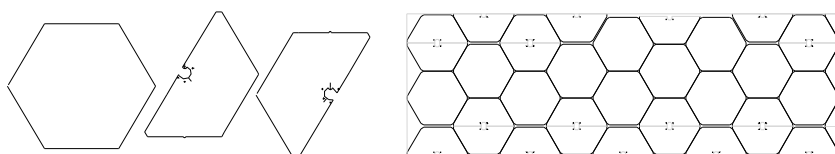


Figura 81 – Saco TJ14 (painéis e sua marcada)

Como podemos ver na Figura 82 o saco TJ14 apresenta uma geometria depois de cheio positiva, sendo que os vértices do hexágono aparecem arredondados e com possibilidade de arredondar mais. Com a rotação dos painéis, como já foi visto antes, as zonas a 45° apresentam um alongamento superior às zonas a 0° .

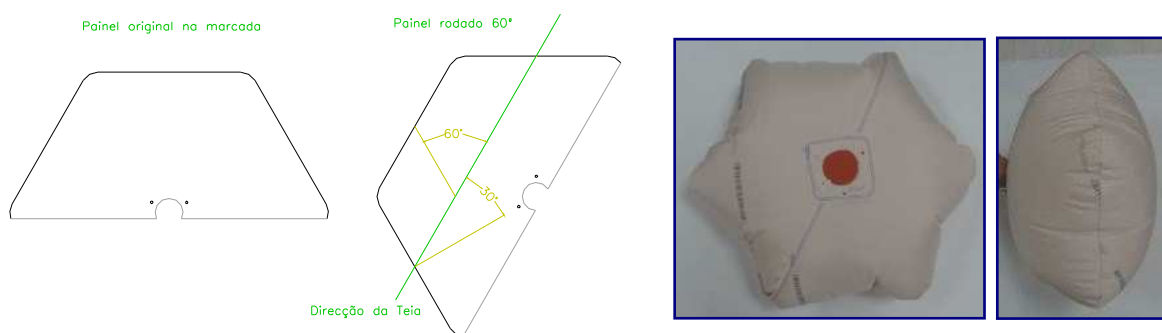


Figura 82 – Painel 1 da interface e saco cheio com ar

Na Figura 82 podemos ver as rotações apresentadas pela teia, nas arestas superior e inferior apresentam uma rotação de 30° que provoca um significativo alongamento do tecido (perto dos 45°), na aresta lateral temos uma rotação de 60° que, semelhante à anterior provoca alongamento significativo. Nenhuma das arestas encontra-se totalmente a 45° , contudo existe um compromisso entre todas as arestas de modo a se conseguir encontrar um alongamento significativo em cada uma delas.



Alguns dos vértices apresentam alongamento elevado por se encontrarem a 45°, contudo como existe um arredondamento destes, este alongamento não se propaga num crescimento elevado dos mesmos.

No estudo do painel frontal (sem rotação em relação à marcada) a maior parte das arestas encontra-se a 45° de rotação de teia, logo este alongamento compensa positivamente o alongamento provocado pelos painéis da interface. Os vértices deste painel encontram-se a 0° em relação à trama para os vértices laterais e a 30° em relação à trama para os vértices superiores e inferiores, provocando um relativo encolhimento do tecido.

TJ15

O saco **TJ15** assenta no conceito em que aplicando dobras a um painel quadrado consegue-se obter um saco completamente fechado e de forma final quadrada. Como o painel quadrado apresenta uma marcada ideal, como pode-se observar na Figura 83, então a utilização do mesmo só produz vantagens para o desenvolvimento em questão. A inclusão dos straps no painel tem em conta o seu encaixe perfeito na marcada, evitando assim a sua posterior costura.

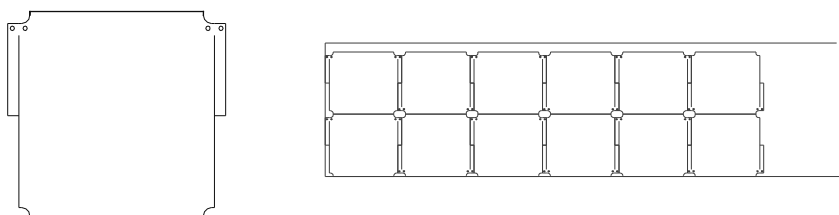


Figura 83 – Saco TJ15 (painel e marcada)

Como podemos ver na Figura 84 o saco TJ15 depois de cheio com ar apresenta vértices acentuados, sendo que a próxima evolução será a de retirar estes vértices que provocam um desaproveitamento de volume e tecido.

É de salientar que este saco apresenta uma costura automática, contudo a produção total do saco, mais propriamente a costura do reforço de temperatura (Anti chammas) é dependente de uma máquina especial.



Figura 84 – Saco TJ15 cheio com ar



As evoluções seguintes tiveram então com objectivo a redução dos vértices acentuados e a redução dos desperdícios da marcada através da separação dos straps do painel (como foi efectuado no nível de saco TJ12G).

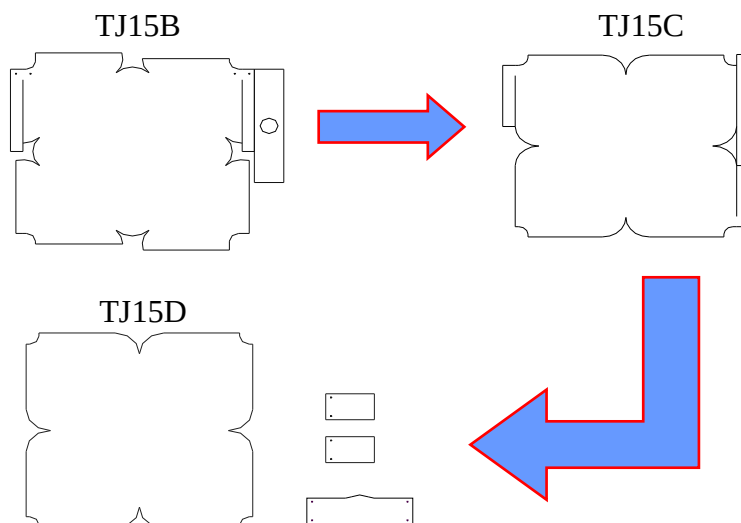


Figura 85 – Evolução do saco TJ15

Como se pode ver no nível final de desenvolvimento o saco TJ15D apresenta separação dos straps do painel principal e apresenta uma geometria possível de se costurar automaticamente com um arredondamento significativo dos vértices, como pode-se ver na Figura 86.

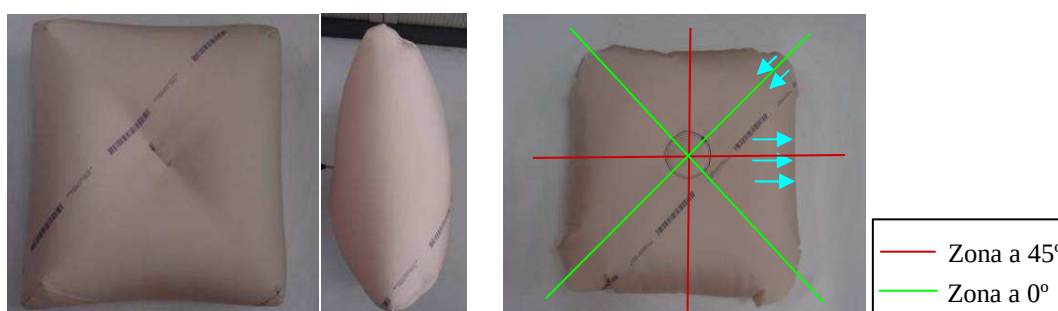


Figura 86 – Saco TJ15 cheio com ar

Na Figura 86 pode-se também visualizar as zonas de contracção e alongamento do tecido, devido à sua rotação. Como a construção do saco (Figura 87) obriga a uma rotação de 45° do painel este apresenta alongamento das arestas e contracção dos vértices.

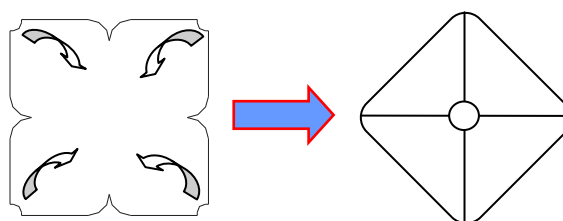


Figura 87 – Construção do saco TJ15



4.2 Definição das principais geometrias

Revendo-se então as principais características de um saco para ser possível de se equacionar como sendo alternativa do F199 DAB, apresenta-se de seguida essas mesmas imposições de modo a determinar alternativas para posterior análise:

- 👂 O saco deverá conter uma única costura periférica;
- 👂 O saco deverá conter o mínimo de costuras não periféricas possível;
- 👂 Os dois painéis terão que se encaixar na marcada;
- 👂 O saco deverá ter uma geometria arredondada;
- 👂 O saco deverá ser constituído pelo mínimo de painéis possível;
- 👂 O saco não deverá conter tecido não aproveitado para a protecção;
- 👂 O saco deverá conter uma área de protecção superior ou igual ao F199 DAB;
- 👂 O saco deverá ser de fácil produção, se possível automática.

Dos sacos desenvolvidos efectuou-se um estudo de modo a definir as principais geometrias. Deste modo foram seleccionadas as seguintes geometrias:

- ✓ **TJ11** – Saco constituído por um painel circular e outro com forma de estrela com uma costura periférica, formando uma geometria quadrada depois de insuflado
- ✓ **TJ12** – Saco constituído por um único painel formando depois de insuflado uma geometria quadrada.
- ✓ **TJ14** – Saco constituído por três painéis, um hexagonal e duas metades de um hexagonal, formando uma geometria hexagonal arredondada depois de insuflado.
- ✓ **TJ15** – Saco constituído por um único painel com forma quadrada que através de dobras específicas é costurado e apresenta uma geometria quadrada depois de insuflado.

Depois de definidas as principais geometrias será necessário efectuar um estudo mais aprofundado de todos os parâmetros para se calcular o custo do saco.



4.3 Estudo aprofundado de sacos

Para uma melhor compreensão das evoluções positivas e/ou negativas obtidas pelas novas geometrias de sacos efectuou-se um estudo tendo em conta a seguinte ordem:

- 1º Áreas de protecção e volumes de saco
- 2º Marcadas
- 3º Industrialização
- 4º Preço final

Para se efectuar as diferentes sequências do estudo é necessária a compreensão dos programas/métodos utilizadas pela empresa. Com isto apresentam-se e explicam-se os seguintes métodos utilizados.

Para o cálculo dos volumes de saco é utilizado o *ensaio de volume*, em que se colocam bolas de 20mm no saco até uma determinada pressão, posteriormente mede-se o volume ocupado pelas bolas através da colocação das mesmas num reservatório graduado (anexo 1). Para a visualização da geometria do saco cheio tira-se fotografias a este após enchimento.

Para o cálculo das áreas de protecção foi utilizado um método pouco rigoroso, contudo como é um método comparativo (com o original) reduz-se assim significativamente o seu erro. Para este cálculo foram retiradas fotografias do saco cheio com ar em cima de uma base graduada com áreas, através da leitura da fotografia foi calculada a área de protecção.

Para o cálculo da marcada foi utilizado um software de nome “*DIAMINO*” em que através de alguns procedimentos iniciais efectua-se a disposição dos componentes do saco de modo a se obter o menor desperdício possível.

Para se efectuar esta marcada no programa “*DIAMINO*” é necessária a preparação das peças num outro software chamado “*TOP SOLID*” em que se elimina linhas sobrepostas, cruzadas e outros erros de construção. Esta passagem pelo programa “*TOP SOLID*” é necessária para se conseguir uma optimização do processo de corte, pois a máquina de corte segue as linhas produzidas no Autocad.

Para se conseguir um estudo de industrialização e de custos finais de cada tipo de saco é necessário efectuar o pedido aos departamentos da empresa especializados nestes cálculos específicos.

4.3.1. **TJ11**

Para a última evolução do saco TJ11 obteve-se os seguintes resultados de área de protecção e volume de saco:

Tabela 7 – Propriedades do saco TJ11

Nível do saco	Áreas aproximadas	Raio equivalente	Volume do saco
F199 DAB	325.000 mm²	321,6 mm	60 Litros
TJ11H	400.000 mm ²	356,8 mm	61 Litros



Figura 88 – Ensaio de volume do saco TJ11H

De seguida apresenta-se duas soluções possíveis para o corte de tecido, variando unicamente a largura do tecido utilizado. No primeiro caso utiliza-se um tecido com 2 metros de largura (mais comum) apresentando os seguintes valores de eficiência e largura útil:

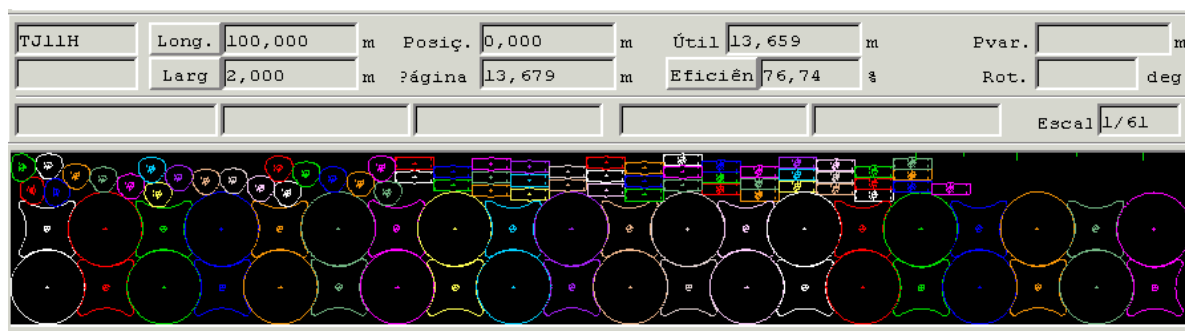


Figura 89 – Marcada do saco TJ11 com dois metros de largura

Para se encontrar a largura ideal de tecido para este saco foram efectuadas varias marcadas sendo a seguinte a que melhor eficiência apresenta:



Figura 90 – Marcada ideal do saco TJ11



Por motivos de comparação efectuou-se a marcada só com os painéis principais.



Figura 91 – Marcada com painéis principais do saco TJ11

Como podemos ver na Figura 91 a influência das peças secundárias na marcada é positiva pois a marcada só com painéis apresenta uma eficiência inferior à marcada que contém o saco completo, logo a melhor solução será a de usar a marcada com o saco completo (estudo de 20 sacos).

Tabela 8 – Comparação das marcas do saco TJ11

Marcada	Largura	Comprimento útil	Eficiência
1	2,00	13,659m	76,74%
2	1,680	16,231m	83,19%
3	2,240	10,965m	85,35%
4 (só painéis principais, 18 sacos)	2,240	8,276m	84,51%

Através da leitura da Tabela 8 pode-se concluir que a utilização de uma largura de tecido maior produz uma melhor eficiência na marcada pois a disposição dos painéis principais e secundários é melhor.

Como quanto maior a largura do tecido menor o preço deste por metro quadrado, o ideal será aumentar todas as marcas para o valor máximo de largura sem perder na eficiência ou com uma perda controlada. A máxima largura de tecido é 2,5 metros.

Para o cálculo dos gastos produzidos pelo saco na sua produção será necessária a construção do desenho do saco em formato Dalphimetal. Com isto apresenta-se no anexo 5 os projectos de todos os sacos em estudo aprofundado, constando o do TJ11.



Por fim o custo de cada processo da construção do saco é apresentado na seguinte tabela, sendo este custo baseado nas cadências de produção do saco F199 DAB:

Tabela 9 – Custos do saco TJ11

Matéria-Prima	Denominação	
Tecido	585dtex T749 17,5*17,5 + 35g (SB10053020)	
Fio	PA 6,6 20/3 (MMK5001/2)	
	PA 6,6 40/3 (MMK5009/10)	
	PA 6,6 40/2 (MMK5011/12)	
	PA 4,6 20/3 (MMK5003/4)	
Etiqueta	Etiqueta CdB (PE 28057) / outros	
		Diferença percentual do custo = -0,35%

Máquinas	Operação	
	Corte	
	Costura	
	Amortização específica	
		Diferença percentual do custo = 14,67%

Mão-de-obra		
	Corte	
	Costura	
		Diferença percentual do custo = 37,97%

E o custo total do saco é então representado a seguir como diferença percentual:

Gastos gerais de Investigação e Desenvolvimento

Diferença percentual do custo total = 8,42%



4.3.2. **TJ12**

Para a última evolução do saco TJ12 obteve-se os seguintes resultados de área de protecção e volume de saco:

Tabela 10 – Propriedades do saco TJ12

Nível do saco	Áreas aproximadas	Raio equivalente	Volume do saco
F199 DAB	325.000 mm ²	321,6 mm	60 Litros
TJ12H	400.000 mm ²	356,8 mm	63 Litros



Figura 92 – Ensaio de volume do saco TJ11H

De seguida apresenta-se o estudo de marcas do saco TJ12 (estudo de 20 sacos):

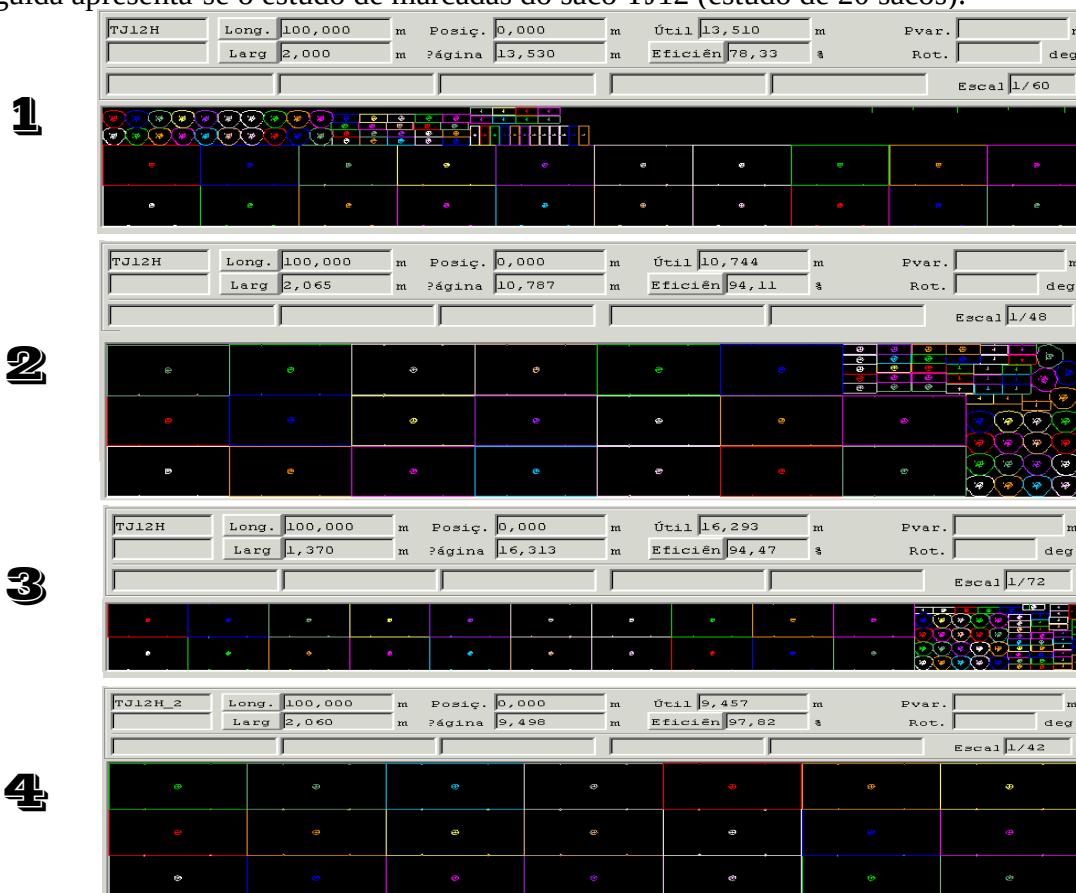


Figura 93 – Marcadas do saco TJ12



5

TJ12H_2	Long.	100,000	m	Posiç.	0,000	m	Útil	11,601	m	Pvar.		m
	Larg	2,060	m	Página	11,647	m	Eficiên	94,25	%	Rot.		deg
Escal 1/52												

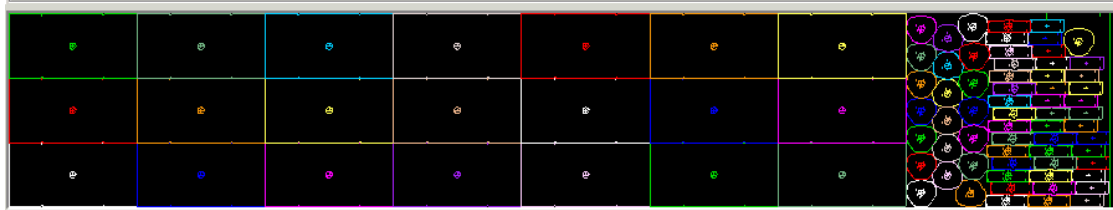


Figura 94 – Marcada do saco TJ12

Na seguinte tabela apresentam-se discriminadas as cinco marcas calculadas e os parâmetros obtidos:

Tabela 11 – Comparação das marcas obtidas

Marcada	Largura	Comprimento útil	Eficiência
1 (20 sacos)	2,00m	13,510m	78,33%
2 (20 sacos)	2,065m	10,744m	94,11%
3 (20 sacos)	1,37m	16,293m	94,45%
4 (só painel principal, 21 sacos)	2,60m	9,457m	97,82%
5 (21 sacos)	2,060m	11,601m	94,25%

Através da análise da Tabela 11 conclui-se que a melhor marca obtida é a número 3, contudo esta marca apresenta somente os painéis principais, não representando a realidade, pode-se no entanto referir que a inclusão dos painéis secundários na marca inflige uma redução da eficiência.

Como é de ver na Tabela 11 e na Figura 93 o aumento/redução de largura do tecido provoca um melhoramento da eficiência da marca, sendo que este aumento/redução terá que ser para o tamanho de dois/três painéis.

A quinta marca apresenta uma eficiência de 94,25%, sendo esta a maior eficiência de todas as marcas (painéis + peças secundárias)

Apresenta-se em anexo (anexo 5) o projecto deste saco, para uma melhor análise.



Por fim o custo de cada processo da construção do saco é apresentado na seguinte tabela, sendo este custo baseado nas cadências de produção do saco F199 DAB:

Matéria-Prima	Denominação	
Tecido	585dtex T749 17,5*17,5 + 35g (SB10053020)	
Fio	PA 6,6 20/3 (MMK5001/2)	
	PA 6,6 40/3 (MMK5009/10)	
	PA 6,6 40/2 (MMK5011/12)	
Etiqueta	Etiqueta CdB (PE 28057) / outros	
		Diferença percentual do custo = -8,84%

Máquinas	Operação	
	Corte	
	Costura	
	Amortização específica	
		Diferença percentual do custo = 7,79%

Mão-de-obra		
	Corte	
	Costura	
		Diferença percentual do custo = 30,95%

E o custo total do saco é então representado a seguir como diferença percentual:

Gastos gerais de Investigação e Desenvolvimento

Diferença percentual do custo total = 0,59%

4.3.3. **TJ14**

Para a última evolução do saco TJ14 obteve-se os seguintes resultados de área de protecção e volume de saco:

Tabela 12 – Propriedades do saco TJ14

Nível do saco	Áreas aproximadas	Raio equivalente	Volume do saco
F199 DAB	325.000 mm ²	321,6 mm	60 Litros
TJ14	400.000 mm ²	356,8 mm	60 Litros

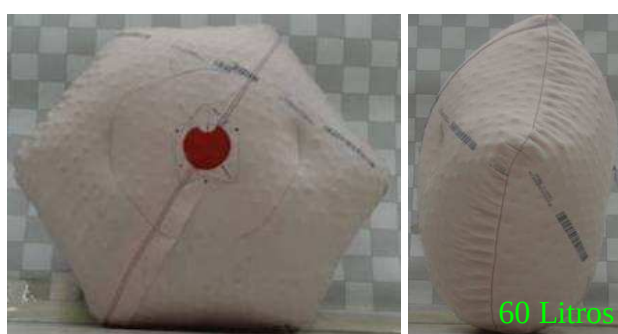


Figura 95 – Ensaio de volume do saco TJ14

De seguida apresenta-se o estudo das marcas do saco TJ14 (estudo de 20 sacos só com painéis):

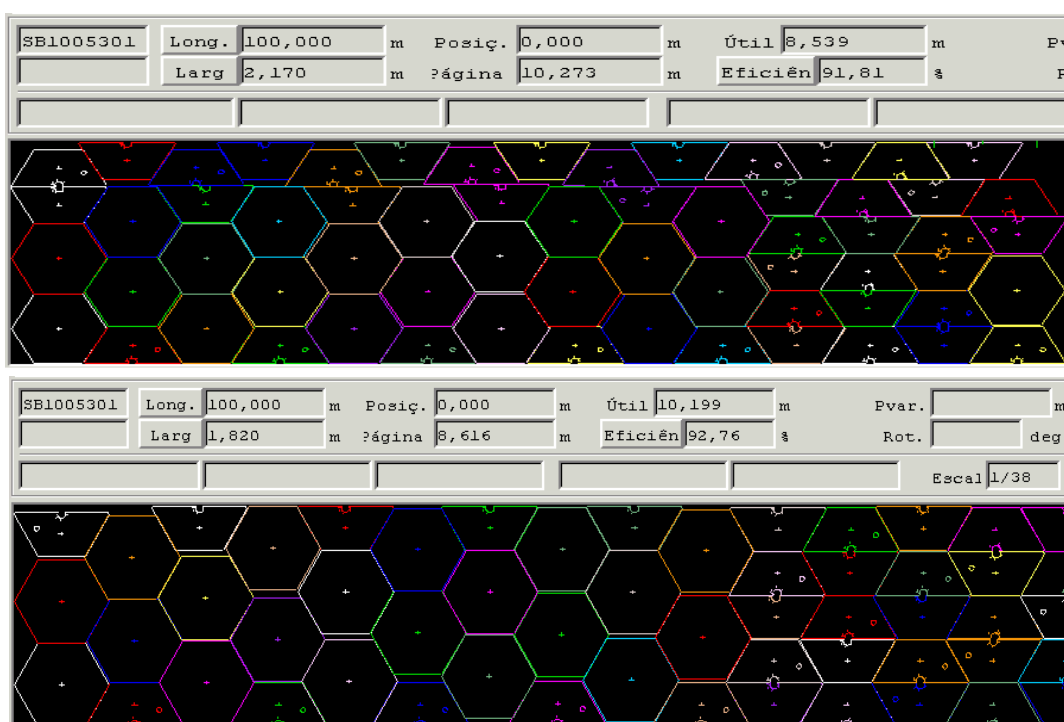


Figura 96 – Marcadas do saco TJ14



Na seguinte tabela descrimina-se os resultados obtidos pelo estudo de marcasdas:

Tabela 13 – Comparação de marcasdas do saco TJ14

Marcada	Largura	Comprimento útil	Eficiência
1	2,17m	8,539m	91,81%
2	1,82m	10,199m	92,76%

Através da comparação das duas marcasdas (Tabela 13) pode-se identificar a segunda marcada como a com maior eficiência, contudo como obtemos uma menor largura de tecido (quanto maior a largura de tecido menor o seu preço por m²) esta poderá não ser a melhor opção.

Por necessidade de envio de proposta de oferta para o cliente Opel, este saco foi transferido para o estudo do saco S4400. A escolha deste saco teve origem na maior similaridade de geometria em relação ao circular, sendo também baseado no seu reduzido crescimento frontal que como pode-se ver mais à frente é fundamental no projecto do S4400.

Apresenta-se em anexo (anexo 5) o projecto deste saco, para uma melhor análise.

Para o desenvolvimento de novas geometrias com base no saco F199 não foi efectuado o estudo do custo do saco TJ14, sendo o seu custo apresentado para as cadências do S4400 no capítulo 4.5.

4.3.4. **TJ15**

Para a última evolução do saco TJ14 obteve-se os seguintes resultados de área de protecção e volume de saco:

Tabela 14 – Propriedades do saco TJ15

Nível do saco	Áreas aproximadas	Raio equivalente	Volume do saco
F199 DAB	325.000 mm²	321,6 mm	60 Litros
TJ15D	400.000 mm ²	356,8 mm	60 Litros

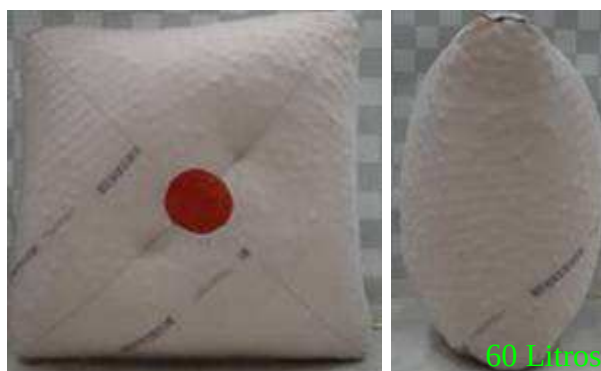


Figura 97 – Ensaio de volume do saco TJ11H

De seguida apresenta-se o estudo das marcas do saco TJ15 (estudo de 20 sacos):

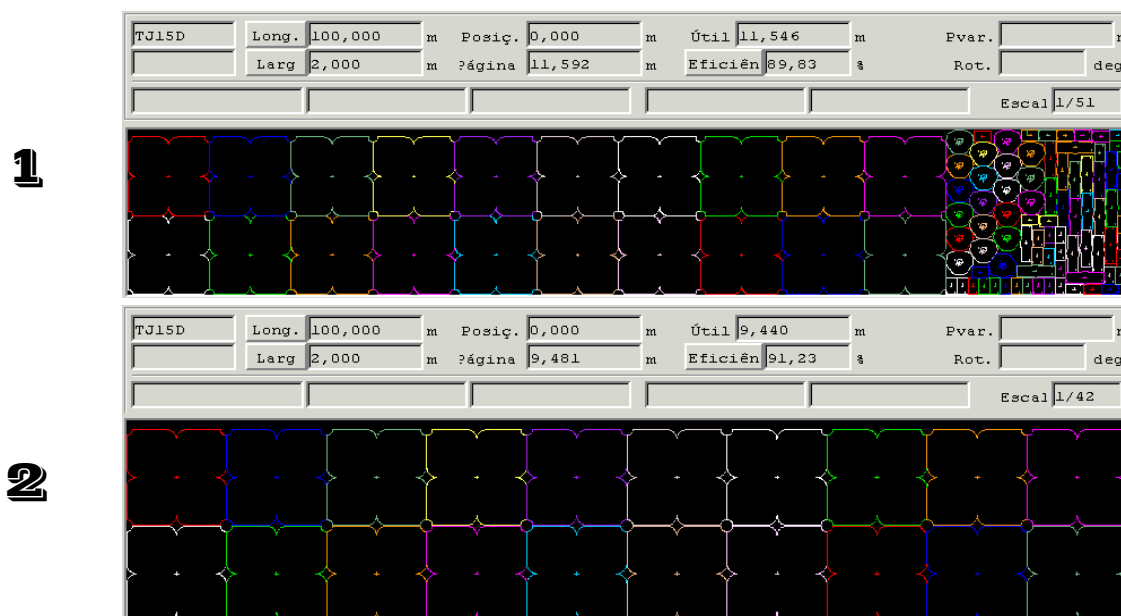


Figura 98 – Marcada 1 e 2 do saco TJ15



3

TJ15D	Long.	100,000	m	Posiç.	0,000	m	Útil	11,699	m	Pvar.		m
	Larg	1,920	m	Página	11,746	m	Eficiên	92,35	%	Rot.		deg
Escal 1/52												

4

TJ15D	Long.	100,000	m	Posiç.	0,000	m	Útil	9,440	m	Pvar.	1,544	m
	Larg	1,920	m	Página	9,481	m	Eficiên	95,04	%	Rot.	8,00	deg
painel principal												
TJ15D (12)												
Escal 1/42												

Figura 99 – Marcadas 3 e 4 do saco TJ15

Na seguinte tabela apresentam-se discriminadas as cinco marcas calculadas e os parâmetros obtidos:

Tabela 15 – Parâmetros das marcas do saco TJ15

Marcada	Largura	Comprimento útil	Eficiência
1	2,00m	11,546m	89,83%
2 (só painel principal)	2,00m	9,440m	91,23%
3	1,920m	11,699m	92,35%
4 (só painel principal)	1,920m	9,440m	95,04%

Pela análise da Tabela 15 pode-se concluir que a terceira marca será a mais eficiente, quando comparamos marcas com o saco completo. Com a construção da quarta marca pode-se verificar um decréscimo de eficiência quando incluímos as peças secundárias na mesma, ou seja, as peças secundárias produzem uma redução na eficiência da marca.

Como já foi dito anteriormente a construção deste saco pressupõe a compra de uma máquina especial com o objectivo de costurar o reforço interior de temperatura. Mediante os meios disponíveis não foi possível efectuar o custo de industrialização com a costura deste reforço. Com isto os valores posteriormente apresentados serão relativos ao saco TJ15 sem o reforço de temperatura (Anti chamas), sendo o objectivo deste estudo a obtenção de valores para comparação.

Apresenta-se em anexo (anexo 5) o projecto deste saco, para uma melhor análise.



Por fim apresenta-se o custo total do saco segundo as cadências de produção do saco F199:

Tabela 16 – Descriminação dos custos do saco TJ15

Matéria-Prima		Denominación	
		585dtex T749 17,5*17,5 + 35g (SB10053020)	
Tecido		PA 6,6 20/3 (MMK5001/2)	
Fio		PA 6,6 40/3 (MMK5009/10)	
		PA 6,6 40/2 (MMK5011/12)	
		PA 4,6 20/3 (MMK5003/4)	
Etiqueta		Etiqueta CdB (PE 28057) / otros	
			Diferença percentual do custo = -0,35%

Máquinas		Operação	
		Corte	
		Costura	
		Amortização específica	
			Diferença percentual do custo = 14,67%

Mão-de-obra		Corte	
		Costura	
			Diferença percentual do custo = 37,97%

E o custo total do saco é então representado a seguir como diferença percentual:

Gastos gerais de Investigação e Desenvolvimento		
		Diferença percentual do custo total = 0,59%



4.4 Análise dos resultados

4.4.1. Áreas de protecção e volumes de saco

De seguida apresenta-se a comparação dos diferentes sacos estudados para as áreas de protecção e volumes de saco.

Tabela 17 – Áreas de protecção e Volumes de sacos

Nível do saco	Áreas aproximadas	Raio equivalente	Volume do saco
F199 DAB	325.000 mm²	321,6 mm	60 Litros
TJ11H	400.000 mm ²	356,8 mm	61 Litros
TJ12H	400.000 mm ²	356,8 mm	63 Litros
TJ14	400.000 mm ²	356,8 mm	60 Litros
TJ15D	400.000 mm ²	356,8 mm	60 Litros

Por análise da Tabela 17 pode-se referir que todos os sacos apresentam uma área de protecção superior ao saco F199, contudo é de relembrar que este cálculo é efectuado com um erro significativo e não corresponde à realidade, contudo serve como meio de comparação. Para a obtenção real deste valor, seria necessária a sua medição através de métodos de medição física.

Todos os sacos contêm um volume muito semelhante do saco original, sendo este o procedimento primário do estudo em questão. Num estudo seguinte, para uma semelhança mais aproximada do saco F199, determina-se como restrição primária a área de protecção e o volume do saco fica livre.



4.4.2. Marcadas

Na tabela seguinte apresenta-se a comparação dos resultados obtidos nas marcas dos diferentes sacos estudados:

Tabela 18 – Resultados das marcas dos sacos estudados

Marcada	Largura	Comprimento útil	Eficiência
TJ11H	2,240m	10,965m	85,35%
TJ11H (só painel principal)	2,240m	8,276m	84,51%
TJ12H	2,065m	10,744m	94,11%
TJ12H (só painel principal, 21 sacos)	2,60m	9,457m	97,82%
TJ12H (21 sacos)	2,060m	11,601m	94,25%
TJ14 (só painéis)	2,17m	8,539m	91,81%
TJ14 (só painéis)	1,82m	10,199m	92,76%
TJ15D	1,920m	11,699m	92,35%
TJ15D (só painel principal)	1,920m	9,440m	95,04%
F199 DAB (saco original)	2,00m	12,4m	80,66%

Análise dos resultados do saco completo:

- Maior Eficiência ➡ TJ12H
- Menor Comprimento útil ➡ TJ12H
- Menor Comprimento × Largura ➡ TJ12H

Como se pode ver no diagrama em cima o saco com melhor aproveitamento na marcada é o TJ12 sendo que apresenta melhor eficiência, comprimento útil e comprimento × largura.

Em comparação com o saco original (F199 DAB), como era de esperar, todos os sacos apresentam uma melhoria. Como se pode ver na Tabela 18 a eficiência do saco F199 é alta, sendo que na maioria dos sacos produzidos pela Dalphimetal as marcas apresentam eficiências na ordem dos 70%.



A ordem (crescente) em termos de eficiência de marcada (saco completo) para as novas geometrias é a seguinte:



De seguida apresenta-se as comparações dos resultados obtidos, sendo indicadas as melhorias em termos de sacos completos e as melhorias em termos de marcadas só com painéis.

Tabela 20 – Comparação de sacos completos

Saco	Consumo (área)	Melhoria por 20 sacos
TJ11H	24,56m ²	0,24m ²
TJ12H	22,19m ²	2,61m ²
TJ14		
TJ15D	22,462m ²	2,338m ²
Original	24,80m ²	

Tabela 19 – Comparação de painéis principais

Saco	Consumo (área)	Melhoria por 20 sacos
TJ11H	18,54m ²	2.0m ²
TJ12H (21 sacos)	24,59m ²	
TJ14	18,53m ²	2,02m ²
TJ15D	18,12m ²	2,428m ²
Original	20,548m ²	

Como era de esperar, o saco que produz uma maior melhoria em termos de marcada é o saco TJ12 com uma redução (em 20 sacos) de 2,61m².

A comparação das marcadas só com painéis principais não está em todo completa porque a utilização de 20 sacos na marcada do saco TJ12 não seria real por se obter uma perda na utilização de um número par de sacos, como se pode ver no capítulo 4.2 na referência TJ12.

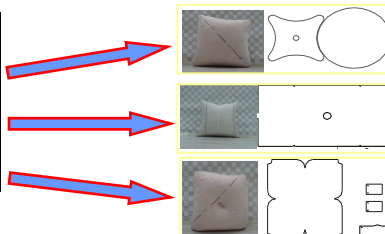
Dos sacos possíveis de comparar em termos de marcadas de painéis, o saco TJ15 será o que apresenta maior redução de tecido, apresentando uma melhoria de 2,428m². Com este saco podemos referir que o uso de painéis secundários na marcada principal reduz 0.09m² de melhoria em 20 sacos, sendo esta redução gradual com o aumento do número de sacos na marcada, ou seja, a influência dos painéis secundários nas marcadas é negativa.

Dos sacos em desenvolvimento, somente o saco TJ11 apresenta melhorias na marcada pela inclusão de painéis secundários, isto é comprovado pela inclusão destas peças nos intervalos dos painéis, reduzindo assim o seu desperdício.



Na tabela seguinte representa-se a diferença percentual de custos das diferentes evoluções de saco, tendo como base o saco F199.

Tabela 21 – Comparação das matérias-primas

Nível de saco	Diferença percentual	
TJ11	-0,35%	
TJ12	-8,84%	
TJ15	-9,58%	

Através da análise da Tabela 21 podemos concluir que o saco TJ15 apresenta um menor custo de matéria-prima em comparação com as outras evoluções. Isto acontece pois a redução da largura do rolo compensa o preço do comprimento obtido mesmo com uma eficiência menor.

4.4.3. Industrialização

Considera-se como industrialização o cálculo dos custos directamente relacionados com a produção do saco, ou seja, os custos referentes à industrialização são representados pelos gastos na mão-de-obra e pelos gastos impostos pela compra e utilização de máquinas industriais.

Com isto apresenta-se de seguida a comparação entre os custos dos sacos em desenvolvimento, sendo representados mais uma vez a diferença percentual em relação ao F199.

Tabela 22 – Custos de máquinas e mão-de-obra

	Diferença percentual	
	Custo de máquinas	Custo de Mão-de-obra
 TJ11	14,67%	37,97%
 TJ12	0,47%	0,56%
 TJ15	3,20%	23,94%

Como se pode apreciar na Tabela 22 o saco TJ12 é o que apresenta menor investimento em termos de máquinas e menor custo de mão-de-obra na produção, o que leva a dizer que este saco apresenta a melhor solução em termos de industrialização. O saco TJ11 e o saco TJ15 por serem sacos de confecção 3D manual, apresentam um custo de mão-de-obra elevado. Contudo, como veremos no próximo capítulo, este aumento significativo não influencia em muito o custo do saco, pois os gastos com a matéria-prima são mais elevados que estes.



Após concluído o estudo de industrialização falta então comparar todos os parâmetros existentes na construção do saco para se conseguir chegar a uma conclusão sobre qual a melhor solução e havendo varias quais as mais apropriadas para determinado caso e quais as mais indicadas para outro.

No final será então necessário determinar se o decréscimo do preço de custo compensa as configurações geométricas dos sacos em estudo. Como os sacos em estudo apresentam alguns parâmetros negativos, tais como a modificação para um quadrado do saco redondo ou para um hexágono, teremos que comparar todos esses aspectos para determinar se são aceites ou não pelo cliente.

4.4.4. Preço final

Por fim efectua-se a comparação final de preços com vista a determinar-se a diferença final entre os diferentes sacos e a sua evolução com para o saco original. Com isto apresenta-se a seguinte tabela indicando diferenças percentuais de preços relativamente ao preço de saco F199 DAB.

Tabela 23 – Discriminação das diferenças percentuais de preços

Saco TJ11 	Custo de Matéria-prima	-0,35%	Custo total	8,42%
	custo de Máquinas	14,67%		
	Custo de Mão-de-obra	37,97%		
Saco TJ12 	Custo de Matéria-prima	-8,84%	Custo total	0,59%
	custo de Máquinas	7,79%		
	Custo de Mão-de-obra	30,95%		
Saco TJ15 	Custo de Matéria-prima	-9,58%	Custo total	-1,69%
	custo de Máquinas	3,20%		
	Custo de Mão-de-obra	23,94%		

Sem reforço de temperatura ←

A interpretação da tabela deve ser efectuada tendo em conta as cores do texto, pois como podemos observar as evoluções positivas (desfavoráveis para o desenvolvimento) encontram-se a vermelho, representando um aumento do preço original do saco e as evoluções negativas (favoráveis para o desenvolvimento) encontram-se a verde, representando uma diminuição do preço original do saco. Com isto o ideal seria obter uma tabela completamente verde, o que não acontece neste caso.

Como podemos ver pela análise dos custos de saco, o custo envolvendo a matéria-prima corresponde à parte com maior peso, logo retirando algum material aos painéis reduzem significativamente o custo final do saco.



Através da análise da Tabela 23 conclui-se que o único saco com melhoramento de preço em relação ao preço original é o saco TJ15, que através de uma redução significativa do custo de matéria-prima que cobre o aumento significativo dos custos com a mão-de-obra e com a obtenção de máquinas, apresentando então uma melhoria de 1,69%. Contudo é de ter em conta que esta evolução favorável do desenvolvimento é referente a um saco sem reforço de temperatura, o que poderá não corresponder à realidade pois a interface do saco poderá queimar devido a elevadas temperaturas nessa zona. Esta comparação não representa grande fiabilidade visto o saco original conter uma peça a mais, contudo fica representado o custo do saco até se conseguir obter custos da nova máquina necessária para a costura do reforço.

Como se referiu anteriormente, estas geometrias foram desenvolvidas com a restrição de volume (60 litros) sendo que como se pode ver no capítulo 4.4.1 a sua área de protecção é completamente exagerada. Com isto conclui-se que o melhor método para se construir sacos airbag semelhantes será a de igualar as suas áreas de protecção. Como o cálculo da área de protecção é de difícil aquisição e como se poderá ver no capítulo 4.5 o método utilizado neste desenvolvimento é superior ao valor real da área de protecção, sendo que fica então garantida a sua viabilidade em termos de medição.



4.4.5. Optimização do saco para F199 DAB

Com isto efectuou-se um novo desenvolvimento de saco utilizando o seguinte método para a obtenção de uma igual área de protecção.

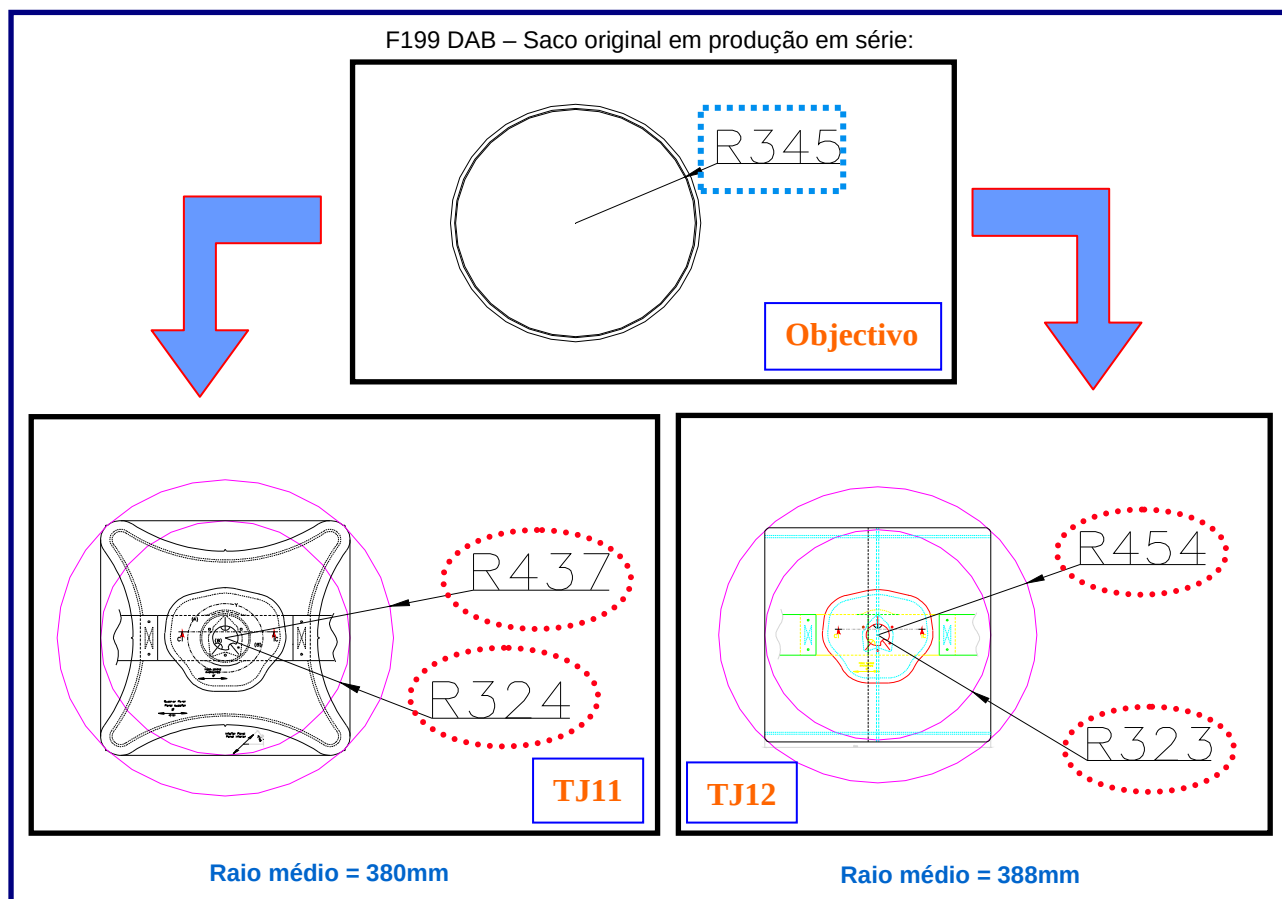


Figura 100 – Método utilizado para igualar a área de protecção

Este método foi então baseado em igualar o raio produzido pela costura interior (limitação do volume) do saco F199 com a média de raios produzidos pelos pontos exteriores e interiores dos novos sacos. Para o saco TJ11, como se pode ver na Figura 100, foi utilizado o raio exterior do painel da interface com o raio interior do quadrado formado pela junção dos dois painéis. Para o saco TJ12 foi utilizado para raio exterior o vértice do quadrado depois de costurado e a aresta do mesmo.

Para se encontrar o valor ideal calculou-se qual teria que ser o raio exterior e interior para se obter uma média de raios igual ao raio do saco original (345mm).



Com isto obteve-se os seguintes resultados para raios máximo e mínimo:

Tabela 24 – Raios dos sacos TJ11 e TJ12

TJ11 inicial		TJ12 inicial	
max	437	max	454
min	324	min	323
med	380,5	med	388,5
objectivo	med = 345	objectivo	med = 345

TJ11 alteração		TJ12 alteração	
max	398	max	404
min	295	min	287
med	346,5	med	345,5

Com esta mudança de tamanho dos sacos efectuou-se novo cálculo do custo. Como a única alteração efectuada foram os tamanhos dos sacos e como essa alteração não se demonstrou significativa em termos de custos de mão-de-obra e de custo de máquinas, efectuou-se a alteração somente no custo da matéria-prima.

Com isto obteve-se os seguintes valores comparativos de diferença percentual de custo:

Tabela 25 – Diferenças percentuais do custo dos sacos em relação ao F199

Saco TJ11	Custo de Matéria-prima	-12,53%	Custo total	-0,17%
	custo de Máquinas	14,67%		
	Custo de Mão-de-obra	37,97%		
Saco TJ12	Custo de Matéria-prima	-25,08%	Custo total	-10,79%
	custo de Máquinas	7,79%		
	Custo de Mão-de-obra	30,95%		

Como podemos ver na Tabela 25 os dois sacos apresentam uma redução de custos significativa, sendo uma mais valia para a empresa. O saco TJ12 apresenta uma redução de 10,79% do custo total sendo esta redução muito significativa em termos de desenvolvimento de sacos. Já o saco TJ11 apresenta uma pequena redução de 0,17%, sendo esta redução muito pouco significativa. Contudo se avaliarmos esta redução em quantidades de produção dos sacos na fábrica, esta percentagem representa valores muito significativos e a ter em conta.

Como se pode concluir a redução na quantidade de tecido utilizado num saco reproduz uma redução muito mais acentuada que outra qualquer redução, com isto é demonstrada a escolha acertada de redução de tecido.

Uma redução de 10,79% na produção de um único saco reproduz-se numa redução de 10,79% na produção de milhares de saco, que fará com que a evolução da empresa a nível de concorrência e mercado seja mais acentuada.



4.5 Aplicação no saco S4400 DAB

O saco S4400 DAB como o próprio nome indica é um saco airbag condutor a ser utilizado no automóvel Opel Corsa. Este saco difere em alguns parâmetros do saco F199, sendo que é necessário ter em conta no decorrer do desenvolvimento.

O objectivo deste estudo consiste na aplicação das novas geometrias de saco atingidas com o estudo do F199 e aplicá-las no saco S4400. Neste estudo efectuou-se uma evolução fundamental na obtenção de resultados significativos, sendo aplicado o conceito de redução da projecção frontal de um saco airbag. A projecção frontal de um saco corresponde à sua distância da interface à parte frontal do mesmo, sendo essa distância no saco original restringida pelo uso de straps. Com a restrição de projecção frontal imposta pela geometria pode-se retirar os straps do saco e com isso reduzir o custo do mesmo, pois retira-se custo à matéria-prima e à mão-de-obra.

Para a obtenção da projecção frontal dos sacos foi necessário projectar um método. Com o equipamento existente na empresa, projectou-se a seguinte sequência de ensaio:

- 1º Construção do saco com interface específica do tubo de ensaios (Figura 101) existente na empresa;
- 2º Colocação do saco no tubo de ensaios de modo a se obter a medida necessária;
- 3º Abertura do ar, estabilização do saco a uma pressão de 0,100 bar e colocação de posicionadores de modo a não se deslocarem;
- 4º Libertação do ar do saco e medição a partir de uma fita graduada as distâncias necessárias

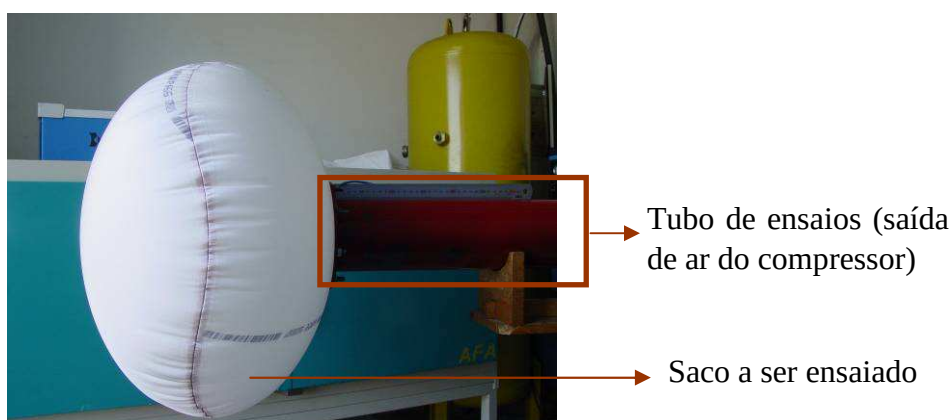


Figura 101 – Tubo de ensaios e saco redondo



Para a medição das distâncias foram utilizados posicionadores, representados na Figura 102, que se colocariam na parte frontal do saco para se medir a projecção frontal e nos vértices ou arestas (laterais) para se medir fisicamente essas distâncias (Figura 103).



Figura 102 – Posicionador e colocação

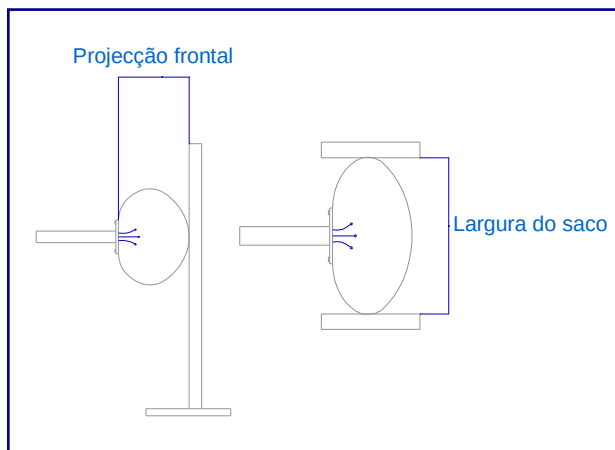


Figura 103 – Esquema de montagem

Foram então efectuados ensaios às geometrias mais significativas, sendo elas os níveis de saco TJ11 (quadrado), TJ12 (quadrado), TJ14 (hexagonal) e o saco original (S4400) com e sem straps.

Tabela 26 – Propriedades calculadas dos sacos em desenvolvimento

Quadrado TJ11			
Volume de saco	Projecção frontal	Largura entre vertices	Largura entre arestas
	345mm	687mm	505mm
média = 596			
Quadrado TJ12			
Volume de saco	Projecção frontal	Largura entre vertices	Largura entre arestas
48Lt	325mm	765mm	560mm
média = 662,5			
Hexagonal			
Volume de saco	Projecção frontal	Largura entre vertices	Largura entre arestas
51Lt	335mm	605mm	525mm
média = 565			
S4400 sem straps			
Volume de saco	Projecção frontal	Largura	
58Lt	365mm	540mm	
S4400 com straps			
Volume de saco	Projecção frontal	Largura	
	330mm	555mm	A
53Lt	260mm	530mm	B
A	Sem a costura dos reforços		
B	Com a costura dos reforços (que limita a longitude de straps)		



Na Tabela 26 podemos ver para o saco S4400 duas alternativas, A e B sendo estas discriminadas devido à existência de uma costura desgarrável (que se rompe a baixa pressão) com o objectivo de se romper após activação do gerador. Com isto o volume e área de protecção real serão sem esta costura, servindo o valor B somente para comparação.

Através da análise da Tabela 26 pode-se concluir que o saco TJ12, comparativamente ao saco S4400, é que apresenta melhor projecção frontal, pois o seu valor é menor que o valor do saco original. Os sacos TJ11 e o hexagonal apresentam valores superiores de projecção frontal, contudo muito próximos do S4400.

Como os valores referentes à área de protecção podem ser directamente relacionados pela média dos valores de largura entre vértices e arestas, então podemos comparar resultados de médias e largura do saco original.

Com isto podemos referir que todos os sacos estudados apresentam valores superiores de área de protecção. O método utilizado para dimensionar os sacos em desenvolvimento teve como base o método utilizado anteriormente no capítulo 4.4.5. Com isto pode-se comprovar a fiabilidade deste método, pois as áreas de protecção aparecem superiores ao saco redondo S4400 que é semelhante ao saco F199.

Na continuação da análise da Tabela 26 pode-se referir que para uma geometria correctamente dimensionada para a área de protecção desejada irá diminuir a sua projecção frontal, pois o saco final será mais pequeno. Esta redução do saco original reproduz-se numa diminuição do crescimento frontal do saco que se reproduz numa diminuição da probabilidade de acontecimento do fenómeno *Bag Slap*. O fenómeno *Bag Slap* é representado pelo contacto “airbag-ocupante” na zona da cabeça. Este fenómeno dá-se aquando do enchimento do airbag, havendo contacto com o ocupante na zona da cabeça, provocando assim lesões no mesmo. O acontecimento deste fenómeno apresenta uma redução na pontuação do teste Euro NCAP.

Outro fenómeno importante no estudo de airbags é a deflexão tórax que se reproduz no momento do enchimento do saco e corresponde a um contacto entre o saco e o ocupante na zona torácica. No teste Euro NCAP este fenómeno é contabilizado em termos de pressão exercida, ou seja, quanto maior a pressão exercida no sensor torácico menor a pontuação do teste. Os sacos desenvolvidos apresentam uma redução desta pressão na medida em que apresentam uma redução da sua projecção frontal. Para o saco TJ11 e TJ12 a redução deste fenómeno é intensificada pela sua geometria (quadrada), dado que apresentam menor crescimento para essa zona (parte de baixo do saco airbag).



Para uma melhor compreensão dos resultados obtidos nos ensaios efectuou-se um estudo num programa de simulação. O estudo da geometria obtida e dos pontos de concentração de tensões, que serão de seguida apresentados, foram efectuados num programa de simulação porque o cálculo dinâmico de tensões em tecido é de difícil execução devido às propriedades específicas deste. Com isto foi efectuada uma pesquisa de software apropriado para esta tarefa e foi escolhido o programa “LS DYNA” para a execução destes ensaios. Os ensaios foram efectuados sem a introdução de costuras e a rotação dos painéis, visto esta tarefa ser de elevada complexidade.

As características dos materiais utilizados na simulação do saco airbag foram as equivalentes ao tecido não siliconado utilizado pelo saco S4400:

- o ‘Fabric’
- o Densidade mássica: $7,570 \times 10^{-7}$
- o Módulo de Young: 0,64920
- o Rayleigh damping coefficient: 0.05

Foi também utilizado o seguinte gráfico para simulação da entrada de gás no saco expelida pelo gerador:

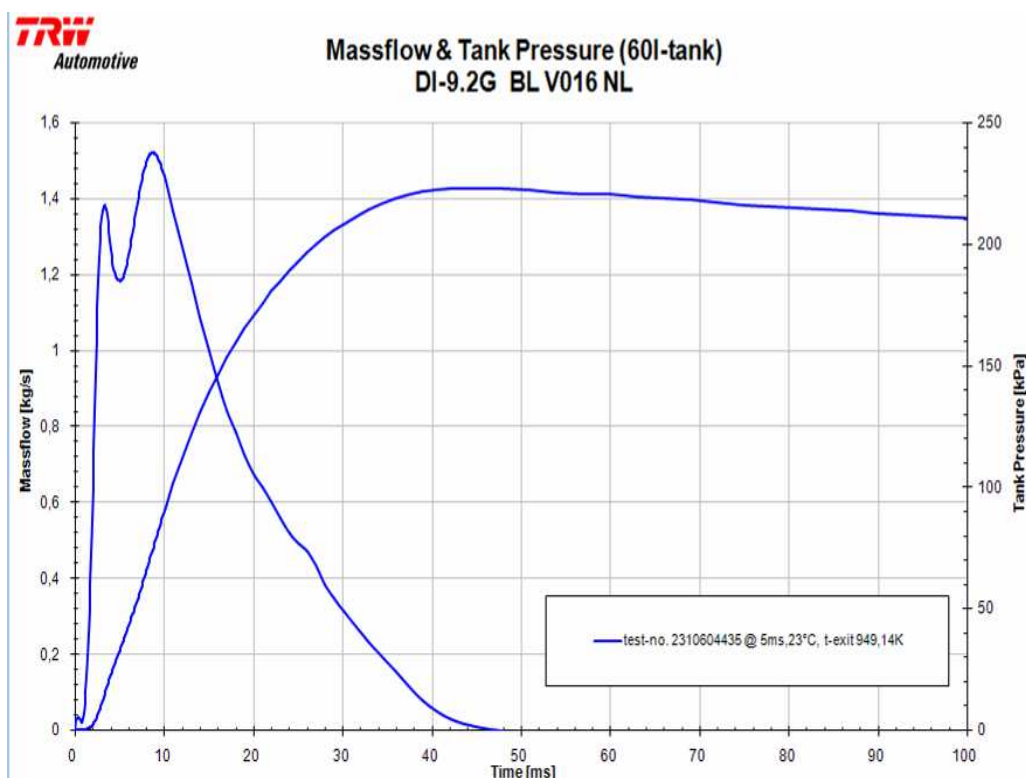


Figura 104 – Gráfico de caudal expelido com o tempo

- o Temperatura atmosférica: 293,15 °K
- o Pressão atmosférica: $1,010 \times 10^{-4}$ GPa
- o Densidade atmosférica: $1,250 \times 10^{-9}$



Para o saco S4400 sem straps e sem rotação de painéis foi efectuada a seguinte simulação onde se representa o enchimento do saco e a distribuição das tensões de Von Mises.

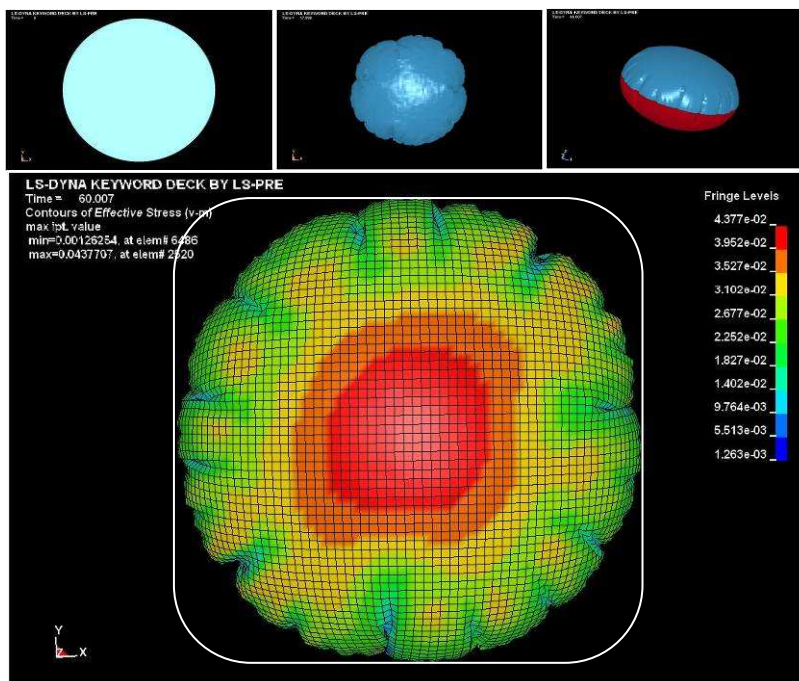


Figura 105 – Simulação do saco S4400 sem straps

Através da análise da Figura 105 pode-se verificar que as concentrações de tensões máximas encontram-se no ponto mais à frente do saco. Este resultado era esperado pois é nesta zona que se concentram as forças máximas efectuando deformações máximas.

A tensão máxima atingida na zona central do saco deve-se ao alongamento lateral do saco que provoca tensão no fio do tecido que se prolonga até ao centro do saco. Esta tensão do fio do tecido aliada à pressão provocada pelo gás atinge tensões elevadas no ponto central do saco. A tendência do saco redondo é de se tornar um quadrado, pois o alongamento das zonas a 45° e o não alongamento (e até encolhimento) provoca a formação de uma espécie de quadrado em situação extrema.



Para o saco TJ12 a simulação do saco foi efectuada através da junção de dois painéis de forma quadrada. Apresenta-se então de seguida a simulação efectuada:

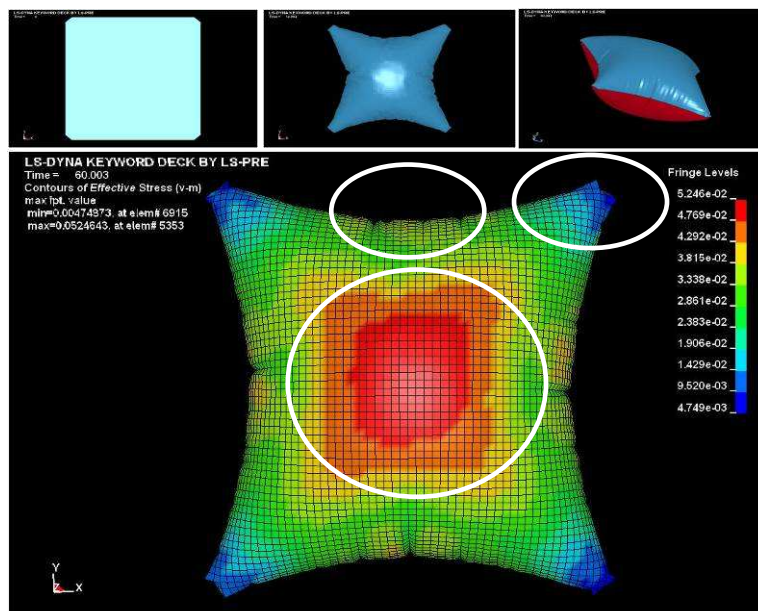


Figura 106 – Simulação do saco TJ12

Como se pode ver na Figura 106 as zonas de tensões máximas encontram-se no centro dos painéis e nas arestas do saco. O ponto central do saco apresenta uma zona de máxima tensão devido à mesma razão do saco S4400.

Nas arestas dos sacos vamos ter picos de tensão devido à rotação dos painéis, que em relação à pressão é de 0° . Como foi visto anteriormente estes pontos apresentam uma resistência ao alongamento e poderão também apresentar encolhimento. Pode-se também ver nos vértices do saco o aparecimento de zonas de baixa tensão, isso deve-se a nessa zona os fios do tecido (teia e trama) encontrarem-se a 45° em relação à pressão, o que leva a uma maior elasticidade do tecido e por sua vez menor resistência à pressão. Nos vértices existe uma concentração de tecido em que a pressão actua, como nesta zona temos mais tecido que nas arestas e no centro do saco veremos um alongamento elevado e uma baixa tensão.

O aparecimento de menor tensão nas zonas dos vértices deve-se também à tendência do gás se deslocar para zonas de fácil acesso, que será o centro do saco. Com isto e com o alongamento destas zonas poderemos ver cada vez mais uma diferença de tensão nos vértices do saco.

Para o saco TJ11 não foi possível efectuar simulação visto este apresentar uma geometria onde a rotação dos painéis é de 45° . Como a sua geometria final sem a rotação dos painéis equivale à geometria do saco TJ12, fica então representada a sua simulação na Figura 106.



Para o saco TJ14 foi efectuada uma simulação onde os painéis não apresentam rotação. Esta simulação é apresentada como meio de comparação, não representado então o comportamento do saco real.

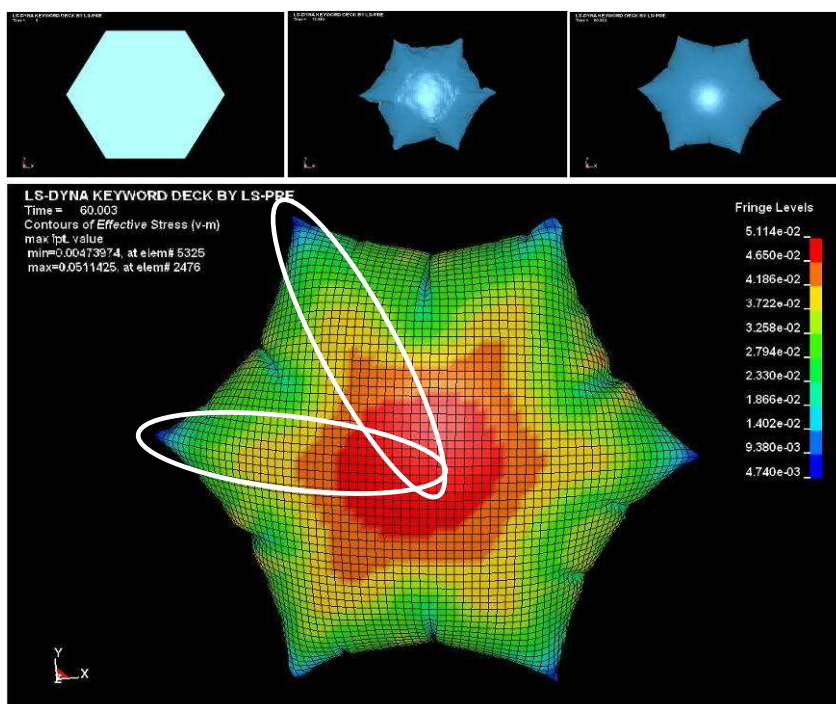


Figura 107 – Simulação de um saco hexagonal

Mais uma vez se consegue ver a máxima tensão do saco posicionada na zona central do mesmo e a baixas tensões nas zonas dos vértices.

A explicação anterior para a pressão máxima no centro do saco mantém-se igual para este, só que mais reforçada, pois com o alongamento dos vértices devido à elevada quantidade de tecido provoca uma tensão nos fios do tecido que vão até ao centro do saco, que com o incremento da tensão provocada pela pressão nessa zona (centro do saco) provoca então uma máxima tensão.

Podemos ver na Figura 107 a tensão provocada pelo alongamento dos fios do tecido que vão até ao centro do saco.

Este estudo de simulação 3D efectuado para as evoluções de saco do S4400 poderão ser também comparadas com as evoluções dos sacos F199, visto a única diferença dos dois são as dimensões do saco.

Fica aqui demonstrada e caracterizada as formas de saco (depois de cheio) obtidas nos ensaios reais. Estes estudos foram utilizados para a obtenção das geometrias finais, sendo somente apresentado os últimos níveis de saco.



De seguida calculou-se os custos para o desenvolvimento de sacos referido na Tabela 26. Como estes sacos apresentam uma área de protecção exagerada, quando comparados com o saco S4400, pode-se referir que os custos do novo dimensionamento dos sacos apresentaram valores superiores ao correcto dimensionamento dos mesmos (igual área de protecção).

De seguida apresenta-se os custos obtidos para as novas geometrias de sacos aplicadas ao S4400 DAB:

Tabela 27 – Diferença percentual de custos afectivos às novas geometrias de sacos, baseado no S4400

Saco TJ11	Custo de Matéria-prima	-26,77%	Custo total	-10,15%
	custo de Máquinas	36,84%		
	Custo de Mão-de-obra	20,75%		
Saco TJ12	Custo de Matéria-prima	-32,71%	Custo total	-26,49%
	custo de Máquinas	-2,63%		
	Custo de Mão-de-obra	-18,87%		
Saco TJ14	Custo de Matéria-prima	-30,86%	Custo total	-26,24%
	custo de Máquinas	-5,26%		
	Custo de Mão-de-obra	-22,64%		

Através da análise da Tabela 27 pode-se verificar a redução dos custos das novas geometrias de sacos. O saco Hexagonal (TJ14) apresenta a maior redução de custo de todas as novas geometrias estudadas, sendo que apresenta uma redução de 26,27% do custo do saco original. Como podemos ver na tabela 27 os sacos TJ14 e TJ12 cumpriram todos os requisitos impostos, dado que reduzem os custos (relativamente ao saco S4400) a todos os níveis de estudo, apresentando um menor custo de matéria-prima, de máquinas e de mão-de-obra. Para o saco TJ11 que apresenta somente redução de custo na matéria-prima pode-se apreciar uma redução de custo no preço final, isto deve-se, como já foi dito anteriormente, à elevada contribuição da matéria-prima no custo final.



4.6 Conclusão sobre as geometrias

Através do estudo de novas geometrias pode-se concluir que a parte de fabricação do saco mais significativa em termos de custo final é o custo do tecido e do fio utilizado na costura, ou seja, matéria-prima. Neste contexto conclui-se então que para se obter uma redução de custos significativa terá que se reduzir o custo da matéria-prima. Esta redução poderá ser obtida através de melhoramentos nas marcas dos sacos através de geometrias que impliquem uma diminuição do desperdício provocado pelo corte de tecido ou que se reproduzam numa diminuição do tecido utilizado para a construção do saco.

Os restantes custos envolvidos na produção do saco apresentam uma influência no custo do mesmo relativamente semelhante entre eles. Para uma redução destes custos poderá ser aplicada uma geometria que necessite de um menor tempo de costura ou de menos tarefas de construção reduzindo assim o custo de máquinas e o custo de operários para a sua produção. Como o tempo de produção de um saco leva a um custo no mesmo, uma técnica de redução de custos será também a redução deste tempo através da construção de sacos menores, com menos costuras ou até com costuras mais rápidas.

Pode-se concluir que as geometrias de sacos desenvolvidas apresentam melhorias em termos de preço final, apresentando o nível de saco TJ12 a redução mais significativa de preço para o desenvolvimento de sacos do F199.

Esta redução de custos pode ainda ser mais significativa se analisarmos o volume de saco, que em todos os casos é menor. Esta diminuição de volume pode traduzir-se na utilização de um gerador menos forte e com isto mais barato. Se o saco não necessitar de um gerador tão forte então poderá não necessitar de um reforço de temperatura, ou até de um tecido com silicone (que encarece significativamente o custo de saco). Com isto conclui-se então que seria necessário um estudo mais aprofundado para se obter a redução de custo final.



5 Estudo de Patentes

O estudo de patentes é um estudo muito importante no desenvolvimento de novas geometrias e novos conceitos de airbags, visto esta ser uma zona de registo de ideias novas. Um dos objectivos do projecto em desenvolvimento será contornar todas as patentes existentes de modo não se criar sacos semelhantes, caso contrário seria necessário pagar os seus direitos de utilização.

Um dos meios de pesquisa de patentes é a utilização de bancos de dados existentes na Internet, com vista a facilitar a procura das mesmas.

Visto o mundo das patentes ser complicado e de difícil compreensão, as patentes apresentadas são descritas na sua língua oficial de modo a não se omitir nem deturpar conhecimentos ou ideias.

5.1 Pesquisa de patentes

Foi então efectuada uma pesquisa exaustiva das patentes existentes para geometrias de sacos airbag. Foram então encontradas três patentes que são importante ter em consideração.

A primeira patente encontrada e mais importante foi a patente registada pela AUTOLIV que expõe um saco airbag composto por dois painéis geometricamente iguais com uma gama de rotações, entre si, de 25° a 65°. Esta patente é a que mais limita a construção do saco.

*“Abstract of corresponding document: **WO2004007249***

An air bag is disclosed, which is formed from two interconnected elements 3, 4 of fabric. Each element can take the form of a regular rectilinear polygon, with square or triangular elements of fabric being preferred. The two elements of fabric are arranged so that the warp and weft yarns of one element 3 of fabric are angularly offset from the warp and weft yarns of the other element 4 of fabric. A preferred embodiment comprises two substantially identical polygonal elements of fabric where the corner regions 5-8 of one said element are interdigitated with the corner regions 9-12 of the other element, and the adjacent peripheral parts of the interdigitated corner regions are interconnected by means of a seam. The construction of the air bag is intended to make more efficient use of the fabric, and also the offset between the yarns of the two elements is intended to provide a desirable inflation characteristic.” [1]

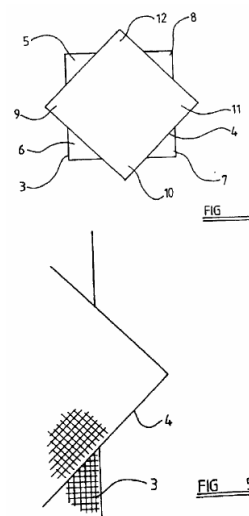


Figura 108 – WO2004007249



A análise dos pontos mais importantes é a seguinte:

Saco com painéis compostos por tecido e formados pelo mesmo polígono, unindo-se através da ligação dos vértices dum painel com a aresta do outro, gerando assim mais esquinas, através de uma costura.

Os polígonos são regulares e rectilíneos, são quadrados e triângulos. O ângulo na direcção da teia e da trama referente de um painel ao outro vai entre 25° e 65°, com a especificação dos 60° e 40°.

A patente seguinte é a patente da TOYODA GOSEI KK que protege dois painéis de geometria poligonal em que os polígonos de cada painel formam uma superfície de saco e contêm uma zona de união de painéis ao longo do contorno. Esta patente está originalmente escrita em japonês sendo que as reivindicações principais não serão expostas. Por motivos de apresentação expõe-se a solução apresentada por esta patente que se encontra originalmente escrita em inglês.

“JP2005343291 (TOYODA GOSEI KK) - PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an airbag to easily improve the bonding strength of panel sheets.

SOLUTION: The airbag is formed in a bag-shape by first and second panel sheets 21, 22. The first panel sheet 21 is equipped with a first polygonal area 21a making one side surface of the airbag, and the second panel sheet 22 is equipped with a second polygonal area 23 making other side surface of the airbag 20 and a bonding area extending along the peripheral edge of the polygonal area 23. The bonding area is composed of a side part bonding part 30 connected to a peripheral edge part of the first polygonal area 21a and a top part bonding part 32 located at each top part of the second polygonal area 23. In both panel sheets 21, 22, both polygonal areas 21a, 23 are oppositely disposed with their each side, and one side surface of the first panel sheet 21 and the other side surface of the second panel sheet 22 are bonded in the side part bonding part 30. The top bonding part 32 forms an overlapped piece 36 by being folded and bonded at the mountain fold line 35” [1]

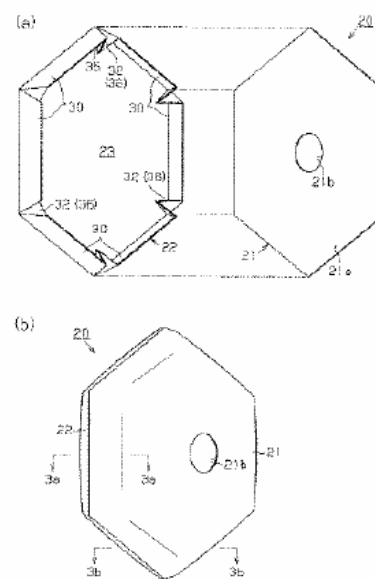


Figura 109 – JP2005343291



A última patente encontrada é da MILLIKEN e refere-se a sacos onde ambos os painéis de tecido são não circulares e as fibras do tecido entre os painéis são oblíquas entre si.

Sacos onde ambos os painéis apresentam geometrias triangulares, quadradas e rectangulares.

Sacos em que as esquinas estão arredondadas e as faces concavas.

A disposição da marcada apresenta uma eficácia de 95% ou mais.

“EP1574404 (MILLIKEN) - The construction utilizes non-circular polygon shaped panels, which provide greater nesting efficiency than previously achieved by comparable airbags using round panels.

An airbag construction for a vehicle is described. The construction utilizes non-circular polygon shaped panels, which provide greater nesting efficiency than previously achieved by comparable airbags using round panels. In addition, the construction enables the airbag to take full advantage of the strength of the yarns forming the fabric, and the energy absorption of the fabric construction, enabling the use of lower tenacity yarns and/or materials at comparable levels of performance.” [1]

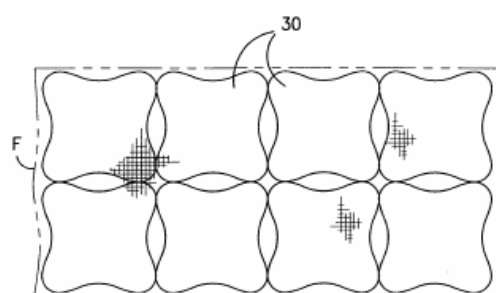


Figura 110 – EP1574404

5.2 Conclusão sobre as patentes

Após encontradas as patentes que afectariam o desenvolvimento através da restrição de geometrias e novas ideias, será necessário o cruzamento da informação obtida pelo desenvolvimento de sacos com geometrias alternativas e o estudo de patentes.

Convém mencionar que o desenvolvimento de novas geometrias de sacos airbag foi efectuado em paralelo com o estudo de patentes havendo constantemente o confronto de informações. De seguida descreve-se as conclusões obtidas através deste cruzamento de informações, sendo somente mencionadas as informações relevantes para os últimos níveis de sacos, visto o desenvolvimento destes ter tido em conta a existência de restrições por parte das patentes.

A patente mais importante e que mais restringiu o desenvolvimento foi a patente com o número **WO2004007249** patenteada pela empresa AUTOLIV. Através do confronto desta patente com os sacos desenvolvidos conclui-se que esta patente se refere a sacos airbags com geometrias poligonais de linhas rectas, afectando assim os modelos TJ14 e TJ12. Contudo esta patente protege um saco constituído por dois painéis, sendo que o saco TJ14 é constituído por 3 painéis e o saco TJ12 por um único.



Para a patente com a referência **JP2005343291** foi patenteada pela empresa construtora de airbags TOYODA GOSEI KK conclui-se esta patente protege um saco airbag constituído por dois painéis de forma poligonal. Pelo que se consegue ler na patente, esta protege a constituição de um saco através da união de dois painéis sem rotação (entre eles). O saco TJ11 será o mais afectado com esta patente, por ser constituído por dois painéis, contudo difere desta no ponto em que um dos painéis não apresenta nenhuma forma poligonal.

Para a última patente estudada **EP1574404** lançada pela empresa MILLIKEN, conclui-se que esta patente protege um saco airbag constituído por dois painéis com geometrias não circulares. Os sacos TJ11 e TJ12 são constituídos por painéis com geometrias circulares pelo que não são afectadas por esta patente. O saco TJ14 apresenta a junção de painéis com formas não circulares pelo que é afectado por esta patente, contudo como este é constituído pela junção de 3 painéis (um frontal e dois na interface) não é afectado por esta patente.



6 Conclusões/sugestões de trabalho futuro

6.1 Conclusões

No mundo da indústria automóvel a segurança foi ao longo dos tempos tomando uma importância cada vez maior. Deste modo os clientes exigem agora automóveis com elevados níveis de segurança e que cada vez mais os protejam em caso de acidente. A prova disso é que o número de airbags dentro do automóvel tem aumentado significativamente. Mas não só o seu número aumentou como também os seus níveis de desempenho.

Os airbags são hoje em dia peças de elevada complexidade, que têm respostas diferentes em função: do ocupante (se é alto, baixo, magro ou gordo), da posição do ocupante (se está mais perto ou mais afastado do airbag) e da severidade da colisão (sacos com maior ou menor volume). Com isto cada vez mais se lançam airbags com maiores capacidades de protecção e mais específicos para os diferentes automóveis no mercado.

Na indústria automóvel a qualidade do produto final é um dos factores chave e fundamentais para o sucesso, num mercado cada vez mais competitivo e exigente; cada vez mais se exige das empresas produtoras de airbags uma melhor qualidade do produto a um preço reduzido.

A realização deste projecto veio em concordância com a exigência e competitividade do mercado existente, sendo o seu objectivo a redução de custos de sacos airbag já existentes em produção e o melhoramento da sua performance. Fazendo uma análise do desenvolvimento efectuado no prolongamento do projecto e comparando-o com os objectivos previamente propostos conclui-se que as geometrias encontradas e estudadas atingem os objectivos. Contudo este estudo não finaliza na conclusão deste projecto, visto o desenvolvimento de um airbag ainda passar por muitos processos de validação.

As geometrias encontradas não só reduzem os custos dos sacos existentes como também melhoram algumas das propriedades do mesmo.

As reduções de custo obtidas nas geometrias de sacos desenvolvidas poderão ser aplicadas de diferentes maneiras pela empresa no seu desenvolvimento industrial. Se o objectivo desta se posicionar na redução de custos internos, a implementação dos níveis de sacos estudados será uma mais valia para o aumento de capital da mesma. Contudo se o objectivo da empresa se centralizar na obtenção de clientes e com isso no fornecimento de melhores sacos a custo reduzido, este tipo de estudo apresenta melhorias significativas e representativas nesse mesmo fornecimento.



A utilização da redução de custo do saco pode então ser aplicada na aquisição de clientes, visto se conseguir um preço de saco mais competitivo. Como os resultados obtidos no desenvolvimento de novas geometrias de sacos apresentam também melhorias em termos de performance dos sacos, através de um aumento de área de protecção, redução de volume, diminuição do efeito *bag slap* e deflexão tórax estes poderão ser então objectos de negociação na conversação com clientes.

No mundo da redução de custos pode-se referir que a utilização de softwares de simulação 3D aquando do desenvolvimento de novas geometrias de saco ajuda em muito essa mesma redução, pois através da utilização deste tipo de software pode-se reduzir a produção de protótipos. O software “**LS-Dyna**” é uma ferramenta muito poderosa no estudo de um airbag, permitindo simular a abertura do airbag e desse modo observar alguns aspectos importantes no estudo, tais como a sua geometria final, pontos de concentração de tensões, deformações importantes e, mais importante ainda, permite determinar se o airbag resiste à pressão imposta pelo gerador.

6.2 Sugestões de trabalho futuro

É importante salientar que o estudo e desenvolvimento de um airbag é um processo de desenvolvimento de produto demorado que envolve muitos ensaios e reapreciações constantes. A continuação do desenvolvimento das novas geometrias encontradas continua, sendo o próximo passo o seu teste em ensaios estáticos.

Pode-se então referir que um projecto futuro seria a continuação do seguimento das novas geometrias de sacos airbag encontradas, através dos diferentes ensaios que deverão ser executados para se obter aprovação da substituição do airbag existente (em série) pela melhor e mais barata geometria. Seriam então efectuados ensaios de validação do novo saco.

Um outro projecto no seguimento deste seria a aplicação das novas geometrias nos diferentes airbags produzidos pela empresa, se possível, trazendo deste modo reduções de custo aos originais e até melhoramentos da performance.

Um importante trabalho futuro seria a implementação da modelação por métodos dos elementos finitos na construção de sacos airbag, pois este método poderia obter valores de tensões em pontos críticos do saco e com isso permitir novas soluções correctamente dimensionadas. Neste projecto, devido à falta de tempo, foi efectuada uma simulação muito simplificada do que se poderá fazer através da utilização de software de simulação no desenvolvimento de sacos airbag.



7 Bibliografia

- [1] - <http://ep.espacenet.com>
- [2] - Intranet da empresa “Dalphimetal”
- [3] - <http://www.lstc.com>
- [4] - <http://www.crash-network.com/>
- [5] - <http://segurancaveicular.blogspot.com/>
- [6] - Documentos internos da “Dalphimetal”
- [7] - <Http://pt.wikipedia.org>
- [8] - News, “Airbags Sistemas de Seguridad”, Dalphimetal, Espanha.
- [9] - Http://www2.dupont.com/Automotive/en_US/science_of/science_of_auto_safety.html



8 Glossário

BOLSA DE AR = Airbag;

CORTINA = Airbag que cobre as janelas do veículo;

INTERFACE = Entrada do saco utilizada pelo gerador para encher o saco airbag com gás;

MALHA = É uma superfície têxtil, formada pela interpenetração de laçadas ou malhas que se apoiam lateral e verticalmente, provenientes de um ou mais fios.

MARCADA = Configuração das peças que constituem o saco (tecido) para se efectuar o corte;

MÓDULO = Conjunto composto pelo airbag, gerador, tampa, sock e chapa de suporte;

PACKAGING = Espaço a que o airbag está limitado no módulo, depois de plegado;

PAINEL = Tecido que constitui cada face (superior, inferior ou lateral) do airbag;

PAINEL FRONTAL = Painel do saco airbag onde se dá o contacto com o ocupante;

PLEGADO = Modo de colocação e dobragem do airbag na chapa de suporte, permitindo-lhe uma abertura correcta;

ROYALTY = Pagamento dos direitos de utilização de uma tecnologia patenteada à entidade patenteadora;

SACO = Conjunto dos painéis costurados com todos os reforços e straps (Airbag);



ANEXO 1

Ensaio de volume

O actual método de ensaio para a determinação do volume de um saco airbag é efectuado segundo a norma AKLV-02. Este ensaio consiste em encher o saco de bolas ocas com um diâmetro de 20mm ou 10mm até que não seja possível inserir mais bolas no seu interior. Antes de se iniciar o ensaio deve-se assegurar que todas as saídas do saco estão fechadas, de modo a impedir a saída das bolas. Após o saco estar completamente cheio, esvazia-se para o recipiente medidor e através da escala deste, retira-se o valor do volume de bolas contidas no saco.

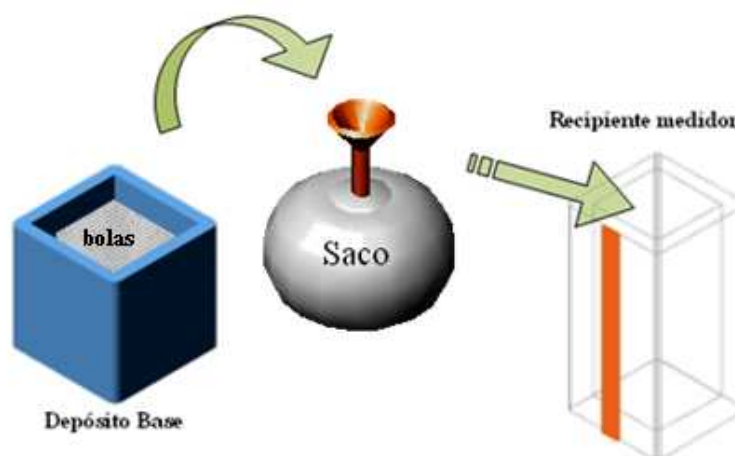


Figura 111 – Esboço do método de ensaio implementado

Com este meio torna-se possível determinar o volume de qualquer tipo de saco airbag. No entanto, este ensaio tem os inconvenientes de ser cansativo e de depender muito de quem o realiza pois, não há um critério de paragem preciso. Segundo a norma acima referida, o enchimento do saco deve cessar quando não for possível introduzir mais nenhuma bola dentro do saco. Contudo, este critério de paragem varia consoante a pessoa, assim como, a disposição com que realiza o ensaio. Trata-se portanto de um método de ensaio que não é repetitivo nem reprodutivo. Num breve estudo de repetibilidade deste método de ensaio observa-se que quer o ensaio com bolas de 20mm quer o ensaio com bolas de 10mm de diâmetro atingem amplitudes de volume (diferença entre o valor máximo e mínimo) próximas dos dois litros. Para além disto, neste método de ensaio há tendência para se verificar um volume ligeiramente acima do real, como consequência da recuperação elástica à compressão, característico do polipropileno (material das bolas). O que se verifica é que as bolas dentro do saco airbag estão ligeiramente comprimidas e quando se introduzem no recipiente medidor já estão relaxadas.



Com o intuito de eliminar os inconvenientes do ensaio acima referido, solicita-se o desenvolvimento de novos métodos, para o cálculo do volume adequado, de forma a caracterizar as especificações que lhes são requeridas.

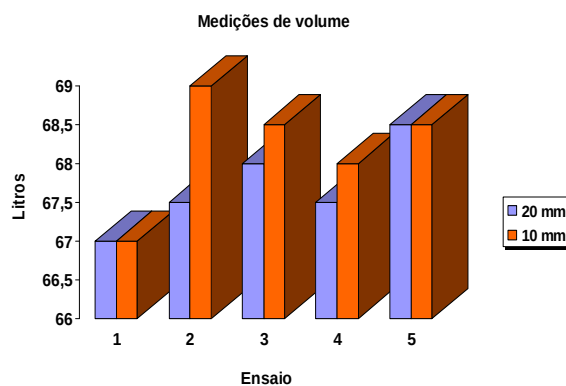


Figura 112 – Comparação de sucessivos ensaios de volume ao mesmo saco com bolas de 10 e 20mm de diâmetro



ANEXO 2

Especificações impostas pelas instituições regulamentadoras da segurança automóvel:

Type	America			Europe					Other methods	
	FMVSS208	FMVSS214	NCAP	ECE-R94 96/79/EG	ECE-R95 96/27/EG	EuroNCAP	EuroNCAP	EuroNCAP	ADAC	AMuS
	Front Impact	Side Impact	Front/ Side-Impact	Front ODB	Side ODB	Front Impact	Side Impact	Side Pole	Front/ Side Impact	Front/ Side Impact
Validity	NPRM 12.5.00	NPRM 18.9.98	1972	From 1998	From 1998	From 2003	From 2003	From 2003		
Velocity	56/48 km/h	54 km/h	56/61 km/h	56 km/h	50 km/h	64 km/h	50 km/h	29 km/h carter	60 km/h	55 km/h
Barrier	Fixed bar.	Mob.Def.Bar	Rigid/def. bar.	Def. bar.	Mob.Def.Bar.	Def. bar.	Mob.Def.Bar.	Pole		
Overlapping	100%	—	100%/ —	40%	40%	40%	—	—	40%	50%
Impact angle	0°	27°	0°	0°	90°	0°	90°	90°	0°	90°
Test weight	—	1,368 kg	— / 1368 kg	Addit. weight	950 kg	Addit. weight	950 kg	—	Plus luggage	950 kg
Restraint syst.	Passive		Active	X	X	X	X	X	X	X
PASSENGERS										
Driver	IIII 5, 50, 95%	US-SID; Spec.	IIII -50% US-SID	IIII - 50 %	Euro-SID	IIII - 50 %	Euro-SID ES-2 from 11/02	Euro-SID ES-2 from 11/02	IIII-50%/Eu rosid	50%/Eurosid
Front seat pass.	IIII 5, 50, 95%	—	—	IIII - 50 %	—	IIII - 50 %	—	—	IIII-50%/Eu rosid	50%/Eurosid
Pos. 4 - behind driver	IIII 12m, 3-year, 6-year	—	—	—	—	P3	P11/2	—	—	—
Pos. 6 - behind passenger	IIII 12m, 3-year, 6-year	—	—	—	—	P11/2	P3	—	—	—
Temperature (measurement time)	20.55 -22.22°C	18.89 -25.56°C	—	19-22°C	18-26°C	19°-22° (>5h)	18-26°C (>5h)	18-26°C (>5h)	—	—
SAFETY CRITERIA^a										
HIC, HPC	≤1000 (HIC36) ≤700 (HIC15)		≤1000	≤1000	≤1000	≤1000 (HIC36) ^b	≤1000 (HIC36)	≤1000 (HIC36)	≤1000	≤1000
Head res 3ms	—	—	—	≤80g	—	≤80g ^c	—	≤80g	≤80g	≤80g
Head vert. 3ms	—	—	—	—	—	≤20g	—	—	—	—
Neck – flex/extens.	190/57 Nm	—	—	MOC, Fz	—	MOC, Fz	—	—	—	—
Thorax T1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Thorax T12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Type	America			Europe					Other methods	
	FMVSS208	FMVSS214	NCAP	ECE-R94 96/79/EG	ECE-R95 96/27/EG	EuroNCAP	EuroNCAP	EuroNCAP	ADAC	AMuS
	Front Impact	Side Impact	Front/ Side-Impact	Front ODB	Side ODB	Front Impact	Side Impact	Side Pole	Front/ Side Impact	Front/ Side Impact
Ribs	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ChestRes 3ms	≤60g	—	≤60g / —	≤60g	—	≤60g	—	—	≤60g	≤60g
Head vert. 3ms	—	—	—	—	—	≤30g	—	—	—	—
Chest compression	≤6.2 mm	—	≤6.2 mm	≤0 mm	≤2.0 mm	≤0 mm	≤2.0 mm	—	≤0 / ≤2mm	≤0 / ≤2mm
VC	≤0 m/s	—	≤0 m/s / —	≤0 m/s	≤0 m/s	≤0 m/s	≤0 m/s	—	≤0 m/s —	≤0 m/s / —
TTI	—	85/90g	85/90g	—	—	—	—	—	—	—
Abdomen	—	—	—	—	2.5 kN	—	2.5 kN	—	2.5 kN	2.5 kN
Pelvis	—	130g	130g	—	—	—	—	—	—	—
Pubic Symphysis	—	—	—	—	≤6 kN	—	≤6 kN	—	≤6 kN	≤6 kN
Femur	10 kN	—	≤0 kN	Force/Time	—	Force/Time	—	—	Force/Time	Force/Time
Knee	—	—	—	15 mm	—	15 mm	—	—	15 mm	15 mm
Lower leg	—	—	—	≤6 kN	—	≤6 kN	—	—	≤6 kN	≤6 kN
Tibia Index	—	—	—	≤1,3	—	≤1,3	—	—	≤1,3	≤1,3

ANEXO 3

[illegible]



ANEXO 4

Nível do plano
Data da modificação
Coordenadas da modificação (X,Y)
Descrição da modificação
Nome de quem modificou
Nome de quem comprovou
Tolerâncias a aplicar (fazer referência à tabela no desenho)
Somatório de R's
Somatório de S's
Escala geral do desenho

Cajetin de modificações

Cajetin principal de Dalphimetal

Nome de quem desenha
Nome do engenheiro do saco
Nome do responsável de produto saco
Nome do engenheiro de módulo
Nome do engenheiro responsável produto módulo
Data da assinatura (não se deve escrever nada)
Data de realização do plano

Referência da peça
Referência da peça e especificação do tipo de desenho (DP / SL)
Designação do projecto (consultar maestro de artigos)
Nível de fabricação do projecto

Formato da folha
Quantidade de folhas utilizadas
Deveremos fazer referência à tabela presente no plano

XX/MM/YY		Se crea plano		XXXX	XXX
NIVEL	FECHA	LOCAL	MODIFICACION	MOD. POR:	COMPROBADO:
			ESCALA:	PROYECCION:	REG. SEG.
CONFIDENCIAL			1:2		
ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE DALPHI METAL Y NO ESTA PERMITIDO SU USO O DISTRIBUCION SIN AUTORIZACION			TOLERANCIAS G.	COTAS EN mm	
			see table / ver tabla		
			MATERIAL :		
			see table / ver tabla		
			SUSTITUYE A:		
DIBUJADO	XXXX	XX/MM/YY	REF. PIEZA:	CH11111	1
COMPROBADO	XXXX	XX/MM/YY	REF. CLIENTE:	-	FORMATO AO
Vo. Bo.	XXXX	XX/MM/YY	REF. PLANO:	CH11111_DP00	HOJA 1/1
ACEPTADO	XXXX		DESIGNACION:	XXXXXXXX XXXXXX	
CONFORME	XXXX				

Tecidos Protótipo

ITEM	DESCRIPTION DESCRIPCION	QUANTITY CANTIDAD	DEFINITION DEFINICION	REF. Dm REF. Dm
a	Superior panel Panel superior	1	580dtex + 35g	SB10053011
b	Inferior panel Panel inferior	1		
c	Heat shield Antillamas	1	470dtex T682 180x180+35g	T551
d	Adhesive piece Pieza adhesiva	1	Calandered fabric 470 220x160+130/25	MMK0009
e	Membrane Membrana	1	C *Ø30mm PTO 550 mbares*	PGDA0210400
f	Membrane protection label Etiqueta protección membranas	1	See drawing Ver plano	PH55193110
h	Frontal strap Strap frontal	1	580dtex + 35g	SB10053011
k	Strap Strap	2		
-	-	-	-	-

Quantidade de peças iguais por saco

Descrição da peça

Identificação Dalphimetal do tecido

Enumeram-se de cima para baixo os componentes do saco. Utilizam-se letras em minúsculas

Definição do material utilizado na peça indicada
Exemplo: 700 dtex + 40g / m²



Tecidos oficial

ITEM	DESCRIPTION	QUANTITY	REF. NUMBER	DEFINITION	SPEC. OR ESPEC. OR
a	Superior panel	1	PH55193010	580dtex+35g	CC0002-2-11
b	Interior panel	1	PH55193021	585dtex+35g	CC0002-2-11
c	Interior reinforcement	1	PH55193031	585dtex+35g	CC0002-2-10
d	Side Strap	1	PH55193041	700dtex+40g	CC0002-2-11
e	Front Strap 1	1	PH55193051	580dtex+35g	CC0002-2-11
f	Front Strap 2	1	PH55193061	585dtex+35g	CC0002-2-11
h	Adhesive piece 1	1	PH55193070	470dtex+130/25g	CC0002-3-01
m	Membrane	1	PH55193120	(B) According to drawing	—
n	Peripheral strip	2	—	(A) STRIP 470dtex + 25/25g	CC0002-4-03
o	Membrane protection label	1	PH55193110	According to drawing	—
q	Etiqueta código de barras ecos	1	PE28057	According to drawing	—

PA 6.6 700 dtex f105 160x160 T728 + 40g

material

Peso em gramas por cada 1000mm

Densidade do malhado

Quantidade de silicone

Fornecedor

Numero de filamentos

Especificação/designação interna do tecido (só em planos oficiais)

Definição do material utilizado na peça indicada

Exemplo: 700 dtex + 40g

Referência da peça. deve estar de acordo com o maestro de artigos (só em planos oficiais)

Quantidade de peças iguais

Descrição da peça, deve estar de acordo com o maestro de artigos

Enumeram-se de cima para baixo os componentes do saco.

Fios Protótipo

Nº	THREAD		STITCHES PER 100mm SEAM	STITCH TYPE	SEAM OVERLAP
	sup.	inf.			
1	PA 6.6 13/3 Nm MMK5014	PA 6.6 13/3 Nm MMK5018	26 – 34	401	min 20
2	PA 6.6 40/3 Nm MMK5009	PA 6.6 40/3 Nm MMK5010	26 – 34	401	min 20
3	PA 6.6 20/3 Nm MMK5002	PA 6.6 20/3 Nm MMK5001	20 – 26	301	min 10
4	PA 6.6 20/3 Nm MMK5002	PA 6.6 20/3 Nm MMK5001	30–36	301	min 10

Tamanho do solape

Tipo de costura a utilizar.

401- cadeneta

301 - pespunte

Puntadas por cada 100mm de costura (indica-se o mínimo e o máximo)

Identificação do fio utilizado.

Referência interna (MMK....) e definição (PA 6.6 20/3)

As costuras identificam-se através de números.

Se alguma costura for retirada deve-se manter o salto por ela produzido



Fios oficial

Nº	THREAD HELO DE COSTURA (Ref. Em) / Definição		DESIGNATION Designação		STITCHES PER 100mm SEAM PUNTADAS POR 100mm DE COSTURA		STITCH TYPE TIPO DE PUNTADA	SEAM OVERLAP SOLAPE
	sup.	inf.	sup.	inf.	zona 1	outra zona		
1	(MMK5015) Ponto-organizado (100/1)	(MMK5018) PA 6.6 13/3 Nm	CC0003-1-09	CC0003-1-08	30-35	30-35	401	Min 20
2	(MMK5011) PA 6.6 40/2 Nm	(MMK5012) PA 6.6 40/2 Nm	CC0003-1-04		30-35	30-35	401	Min 20
3	(MMK5002) PA 6.6 20/3 Nm	(MMK5001) PA 6.6 20/3 Nm	CC0003-1-02		30-35		301	see note 3.7) ver nota 3.7)
4	(MMK5002) PA 6.6 20/3 Nm	(MMK5018) (C) PA 6.6 13/3 Nm	CC0003-1-02	CC0003-1-08	30-35	(A)	2x301	see note 3.8) ver nota 3.8)
5	(MMK5002) PA 6.6 20/3 Nm	(MMK5001) PA 6.6 20/3 Nm	CC0003-1-02		20-26	(A)	301	see note 3.7) ver nota 3.7)
6	(MMK5002) PA 6.6 20/3	(MMK5001) PA 6.6 20/3	CC0003-1-02		30-35		2x301	see note 3.8) ver nota 3.8)
7	(MMK5002) PA 6.6 20/3 Nm	(MMK5001) PA 6.6 20/3 Nm	CC0003-1-02		30-35		301	see note 3.7) ver nota 3.7)
8	(MMK5002) PA 6.6 20/3 Nm	(MMK5001) PA 6.6 20/3 Nm	CC0003-1-02		30-35		301	see note 3.7) ver nota 3.7)

Tamanho do solape

Tipo de costura a utilizar.

401- cadeneta

301 - pespunte

Puntadas por cada 100mm de costura (indica-se o mínimo e o máximo)

Especificação dos fios (só em planos oficiais)

Identificação do fio utilizado.

Referência interna (MMK....) e definição (PA 6.6 20/3)

As costuras identificam-se através de números.

No caso de planos oficiais, a ordem ou identificação das costuras não deve ser reordenada. Se alguma costura for retirada deve-se manter o salto por ela produzido

Descrição	Espessura	Tipo de traço	Cor	Observações
Linhas visíveis contorno	0.5	Continuous	Definir por peça	Painéis e outras peças
Linhas visíveis Reforços e outros	0.5	Continuous	Aplicar diferente para cada despiece ou painel	Todos os despieces
Linhas de costura Visível	0.5	Hidden	Cian	Aplicar a todas as costuras visíveis
Linhas de costura Não visível	0.25	Hidden	Cian	Aplicar quando a costura não está visível
Linhas de costura Em corte	0.25	Continuous	Cian	Aplicar quando a costura está representada em corte
Eixos	0.25	Dashdot 2	cinzento	Deve ser aplicado em todos os eixos, das peças e eixos de corte.
Linhas ocultas	0.25	Dashed	Segundo o aplicado a cada despiece ou painel	Deve ser aplicado sempre que um painel ou despiece não se encontre em primeiro plano, isto é, desde que uma peça não seja visível.
Cotas	0.25	Continuous Contínuo	Amarelo ou cinza	A aplicar a todas as cotas

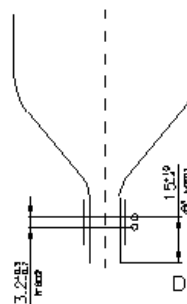
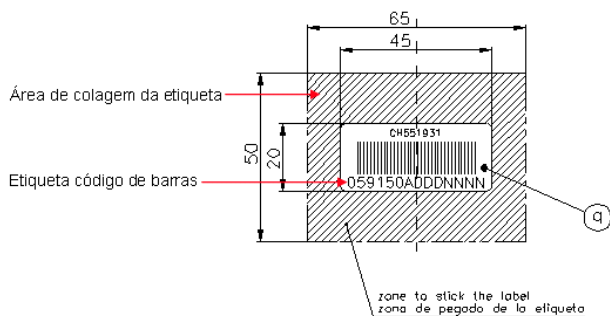
CLASSIFICATION ON DRAWING OF SPECIAL CHARACTERISTICS CLASSIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES EN EL PLANO	
ITEM	DESCRIPTION / DESCRIPCIÓN
	SECURITY / SEGURIDAD
	REGIMENTATION / REGLAMENTACIÓN
C ■ ■	CRITICAL / CRÍTICA
G ■ ■	SIGNIFICANT / SIGNIFICATIVA



Descrição	Espessura	Tipo de texto	Altura	Tipo de letra	Observações
Títulos	0.1	Romans	5	Maiúsculas	Cabeçalho de vistas
Normal	0.25	Romans	3.5	Maiúsculas / minúsculas	Cabeçalho de vistas (maiúsculas) Textos na área gráfica
Balão	0.25	Romans	3.5	Minúsculas	Legendas de tecidos e costuras
Cajetin de títulos	0.25	Romans	3.5	Maiúsculas	
Título Cajetines	0.25	Romans	3.5	Minúsculas	Cajetines principal, tecidos e costuras
Texto Cajetines	0.25	Romans	2.5	Minúsculas	Cajetines de ensaios, interpretação do plano, posição de características especiais, normas e tolerâncias
Texto cajetin principal	0.25	Romans	2.0	Maiúsculas / minúsculas	Aplicar no cajetin principal de Dalphimetal
Texto modificações	0.25	Romans	1.5 2.0	Maiúsculas / minúsculas	
Texto notas	0.25	Romans	2.0	Maiúsculas / minúsculas	Caixa de texto para os planos oficiais

Tipo de cota	Altura	Espessura	Observações
Texto de cota especial	2.0	0.35	Debaixo da linha de cota afectada e entre asteriscos
Texto de cota numerada	2.0	0.25	Debaixo da linha de cota

Descrição	Espessura	Altura	Símbolo	Tipo de letra	Tipo de cota	Observações
Cotas	0.25	3.5	Closed filled 3.5mm	Romans	Cota e seta no interior/exterior	
Balão com seta	0.25	3.5 (texto)	Closed filled 3.5mm	Romans	Circulo balão de 5mm de diâmetro	Aplicar para identificar paineis e costuras em corte
Balão com ponto	0.25	3.5 (texto)	Closed filled 3.5mm	Romans	Circulo balão de 5mm de diâmetro	Aplicar para identificar geometria das peças para corte
Detalhe do solape	0.25	3.5 (texto)	Closed filled 5mm	Romans		Texto em maiúsculas

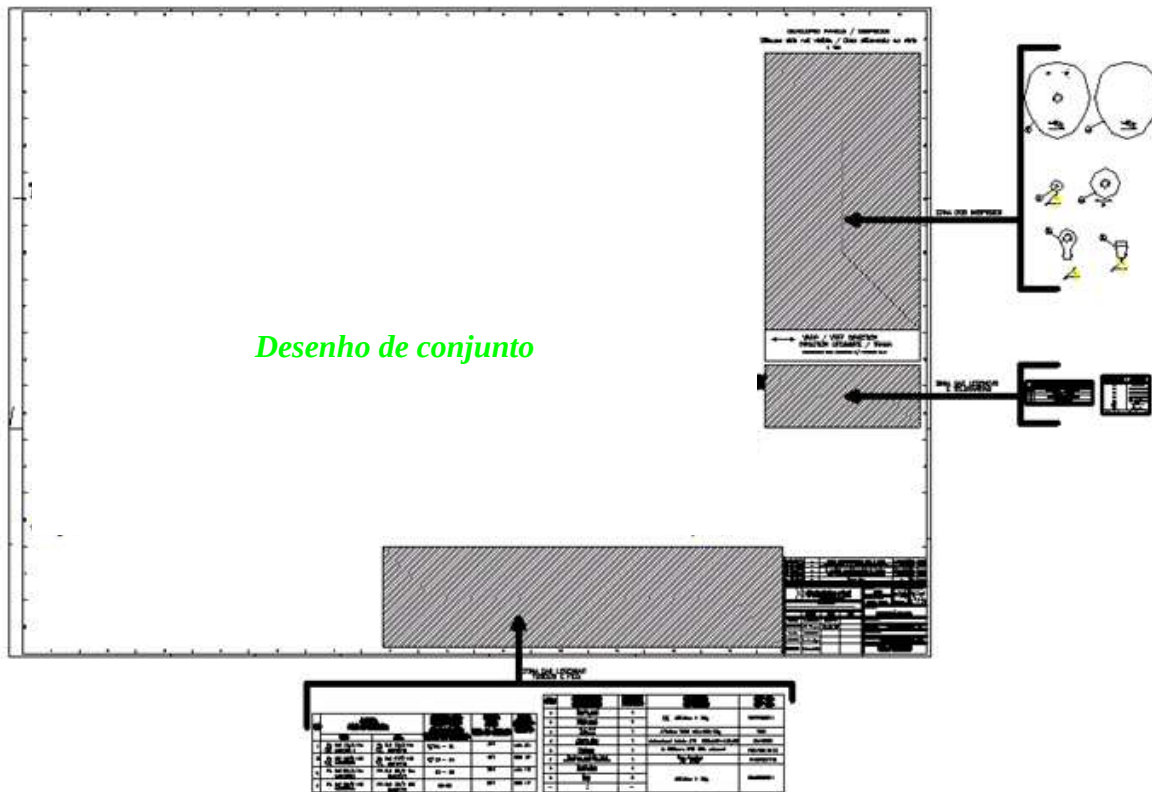


Detalhe da costura periférica, distância ao bordo e distância entre agulhas

Código do projecto (consultar tabela)	→ 059:	PROJECT IDENTIFIER IDENTIFICADOR DE PROYECTO
Nível de produção do saco	→ 1:	PRODUCTION LEVEL NIVEL DE FABRICACION
Código do fornecedor. No caso Safe Life	→ 50:	SUPPLIER IDENTIFIER IDENTIFICADOR DE PROVEEDOR
Ano de fabricação	→ A:	LAST DIGIT PRODUCTION YEAR ULTIMO DIGITO ANO DE FABRICACION
Dia de produção	→ DDD:	PRODUCTION DAY (1-366) DIA DE FABRICACION (1-366)
Número correlativo	→ NNN:	DIARY FABRICATION CORRELATIVE NUMBER NUMERO CORRELATIVO DE FABRICACION DIARIO



Desenho de conjunto Protótipo



Desenho de conjunto Oficial

