

**Novos conceitos de saída de gás no saco *airbag*
Dalphimetal**



Carlos Venade Araújo

Relatório do Projecto Final do MIEM

Orientador na Empresa: Engenheira Cristina Reis

Orientadores na FEUP: Prof. Paulo Tavares de Castro e Prof. Mário Vaz



FEUP

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

Fevereiro de 2008

AGRADECIMENTOS

Gostava, antes de mais, agradecer ao Eng.º Uwe Herleth, na qualidade de responsável pelo centro de investigação I+D de Vila Nova de Cerveira por ter aceite o meu projecto e proporcionado a sua realização.

À Eng.ª Cristina Reis agradeço todo o apoio e paciência demonstrada durante todo o tempo em que decorreu o projecto. Muito obrigado!

Ao Eng.º Paulo Tavares de Castro agradeço a disponibilidade para a orientação do meu projecto, o interesse que sempre dedicou ao mesmo e os conselhos sempre úteis.

Aos restantes colegas do centro I+D, o meu muito obrigado pela ajuda e apoio que nunca recusaram quando foi necessário e pelo bom relacionamento que mantiveram comigo.

Gostava ainda de agradecer aos meus pais, irmã, avó e claro à minha namorada e aos meus amigos, eles que sempre me apoiaram e ouviram, não só durante este projecto como no restante da minha vida.

RESUMO INTRODUTÓRIO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da disciplina de Projecto, 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica (M.I.E.M.) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, opção de Projecto e Construção Mecânica. O projecto em questão foi desenvolvido em regime de exclusividade na empresa *DALPHIMETAL – A TRW Automotive Company*, em Vila Nova de Cerveira, e versou estudos teóricos e desenvolvimentos experimentais de soluções para componentes de sacos *airbag*, de utilização na indústria automóvel.

Esta disciplina do M.I.E.M. tem como principais orientações:

Objectivos gerais da disciplina: Trabalho individual de projecto visando a integração e aplicação de conhecimentos, competências e atitudes adquiridas ao longo do curso, através da resolução de problemas da área de conhecimento da opção de Projecto e Construção Mecânica. O trabalho terá lugar em ambiente empresarial, promovendo o desenvolvimento de capacidades de iniciativa, de decisão e de trabalho individual ou em grupo.

Resultados gerais esperados: Deve-se promover a análise de situações novas, recolha de informação pertinente, selecção das metodologias de abordagem e dos instrumentos de resolução do problema proposto, sua resolução, exercício de síntese e conclusões, elaboração de relatório, apresentação pública e discussão de resultados.

O estudo centrou-se em três aspectos fundamentais: determinação de soluções funcionais, verificação de dificuldades inerentes à industrialização das soluções e análise custo/desempenho de cada uma das soluções. O primeiro diz respeito à apreciação das variáveis com afectação real para o problema, desenvolvendo soluções funcionais; o segundo em averiguar com as condicionantes presentes na industrialização de cada uma das alternativas; o terceiro, análise económica e funcional das opções funcionais.

A realização deste projecto permitiu a revisão e aplicação, em contextos reais, de conhecimentos teóricos adquiridos durante a parte escolar do curso, num ambiente de trabalho característico da procura de soluções em engenharia, com a integração numa equipa de estudos e desenvolvimento de um produto – neste caso sacos *airbag*. Foi uma experiência que, para além de gratificante em todas as vertentes, contribuiu de forma decisiva para uma normal inserção no mundo do trabalho.

ABSTRACT

The present report describes work carried out in the context of the *Projecto* course of the final year of the Integrated Master degree in Mechanical Engineering of the Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. This work was developed as an internship in DALPHIMETAL – a TRW Automotive Company, Vila Nova de Cerveira, Portugal, and concerned the study and development of airbag components for the automotive industry.

The *Projecto* course of this academic degree has the following main guidelines:

Objectives: Work to be carried out by one student aiming at the integration and application of knowledge, attitudes and competences acquired during the studies, through resolution of problems related with design and mechanical construction. The work will take place in an industrial environment, promoting capacities of initiative, decision making, and team work.

General expected results: promotion of novel situations, collection of relevant information and data, selection of methodologies approaches and instruments for problem solving, synthesis and conclusions, writing of a report and discussion of results.

The work concentrated on three main aspects: determination of functional solutions, study of difficulties involved in industrialization and cost/performance analysis of each possible solution. The first concerns the variables involved, and development of functional solutions; the second seeks to identify the constraints for industrialization of each alternative, and the third the economic and functional analysis of the several options.

The application of knowledge in the context of an enterprise was made possible by this project. It took place in a characteristic environment of research for engineering solutions for product development, in this case airbags. It consisted in a rewarding experience, which will facilitate the integration in the labor market.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	II
RESUMO INTRODUTÓRIO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE GERAL	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS.....	X
GLOSSÁRIO/SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XI
1. APRESENTAÇÃO DO LOCAL ONDE SE DESENVOLVEU O PROJECTO	1
1.1. A EMPRESA	1
1.2. HISTÓRICO	4
1.3. CERTIFICAÇÃO	6
1.4. DALPHIMETAL EM PORTUGAL	7
2. INTRODUÇÃO.....	10
2.1. O AIRBAG	11
2.2. HISTÓRIA DO AIRBAG	12
2.3. COMPONENTES DE UM AIRBAG	13
2.3.1. TECNOLOGIA SENSOR/CÍRCUITO ELECTRÓNICO DE IGNIÇÃO	13
2.3.2. MÓDULO AIRBAG	13
2.3.2.1. GERADOR	14
2.3.2.2. SACO AIRBAG	15
2.3.2.3. VENTING.....	17
2.3.2.4. MEMBRANA.....	18
2.3.2.5. PROTECÇÃO DE MEMBRANA.....	19
2.4. EQUIPAMENTOS DE ENSAIO UTILIZADOS	20
2.4.1. ENSAIO DE REBENTAMENTO DE MEMBRANAS (ESTALLIDO)	21
2.4.2. ENSAIO DE TRACÇÃO	22
2.4.3. ENSAIO NO VOLTEADOR	23
3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	24
3.1. O PROBLEMA	24
3.2. A SOLUÇÃO ACTUAL	24
3.3. NOVAS SOLUÇÕES	25

4. MÉTODOS DE TRABALHO	27
4.1. OPERAÇÕES UTILIZADAS PARA A REALIZAÇÃO DOS PROVETES	28
4.1.1. CORTE	28
4.1.2. COSTURA	29
4.1.3. APLICAÇÃO DA MEMBRANA	30
5. RESULTADOS E EVOLUÇÕES DE CADA SOLUÇÃO	31
5.1. PROTECÇÃO UTILIZANDO ETIQUETA COM PRÉ-CORTES	31
5.2. PROTECÇÃO COSTURADA	41
5.3. PROTECÇÃO UTILIZANDO <i>Nonwoven</i> COM CORTES	44
5.4. PROTECÇÃO UTILIZANDO O TECIDO DO SACO COM CORTES	50
6. ANÁLISE GERAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	61
7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	63
7.1. CONCLUSÕES	63
7.2. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	63
8. BIBLIOGRAFIA.....	64
9. ANEXOS.....	65
9.1. ANEXO 1	65
DOCUMENTAÇÃO	65
9.2. ANEXO 2	66
MEMBRANA PH55193120	66
9.3. ANEXO 3	67
PLANO ETIQUETA	67
9.4. ANEXO 4	68
CICLO DE ENVELHECIMENTO	68
9.5. ANEXO 5	69
FICHA TÉCNICA DO T 050	69
FICHA TÉCNICA DO MMK2001	70
9.6. ANEXO 6	71
ENVELHECIMENTO DO MMK2001	71
9.7. ANEXO 7	72
FICHA TÉCNICA DO TECIDO SB10053011	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DALPHIMETAL E NIHON PLAST.	1
FIGURA 2: DALPHIMETAL E TRW.	1
FIGURA 3: COMPONENTES DESENVOLVIDOS PELA TRW/DALPHIMETAL.	2
FIGURA 4: VOLUME DE VENDAS DOS PRINCIPAIS CLIENTES.	3
FIGURA 5: VOLUMES DE VENDAS.	6
FIGURA 6: VALORES DE PRODUÇÃO (ESQUERDA) E DIVISÃO DE RECURSOS HUMANOS (DIREITA).	6
FIGURA 7: CENTROS DA DALPHIMETAL EM PORTUGAL.	7
FIGURA 8: CENTRO DALPHIMETAL PORTUGAL.	8
FIGURA 9: CENTRO SAFE LIFE.	8
FIGURA 10: CENTRO SAFE BAG.	8
FIGURA 11: CENTRO I+D PORTUGAL.	9
FIGURA 12: EDIFÍCIO I+D PORTUGAL.	9
FIGURA 13: “CRASH TEST”.	10
FIGURA 14: AIRBAG.	11
FIGURA 15: EXEMPLO DE AIRBAGS EM MOTOS.	11
FIGURA 16: ENSAIO DA NASA DE PROTECÇÃO PARA NAVE ESPACIAL.	11
FIGURA 17: SISTEMA ELECTRÓNICO DE DETECÇÃO DE IMPACTO.	13
FIGURA 18: COMPONENTES DE UM MÓDULO AIRBAG CONDUTOR.	13
FIGURA 19: GERADORES COM CARGA PIROTÉCNICA.	14
FIGURA 20: SEQUÊNCIA DE ACCIONAMENTO DO AIRBAG.	17
FIGURA 21: EXEMPLO DE VENTING.	18
FIGURA 22: FUNCIONAMENTO DA MEMBRANA.	19
FIGURA 23: SEQUÊNCIA DE ACCIONAMENTO DO AIRBAG COM MEMBRANA.	19
FIGURA 24: PROTECÇÃO DE MEMBRANA.	20
FIGURA 25: COLOCAÇÃO DA MEMBRANA.	21
FIGURA 26: INÍCIO DO ENSAIO DE <i>ESTALLIDO</i> .	21
FIGURA 27: MEMBRANA A INSUFLAR.	21
FIGURA 28: GRÁFICO DE PRESSÃO OBTIDO E PTO.	21
FIGURA 29: CONFIGURAÇÃO GERAL DA MÁQUINA.	22
FIGURA 30: CÉLULAS DE CARGA.	22
FIGURA 31: AMARRAS DE FIXAÇÃO.	22
FIGURA 32: DESCRIÇÃO DO TECIDO.	22
FIGURA 33: <i>VOLTEADOR</i> .	23

FIGURA 34: PROCESSO DE <i>VOLTEADO</i> .	23
FIGURA 35: PROVETE COM PROTECÇÃO ACTUAL DE SÉRIE.	24
FIGURA 36: DIFERENÇA ENTRE A ETIQUETA DE SÉRIE E O NOVO CONCEITO.	25
FIGURA 37: FIXAÇÃO DA PÉTALA COM COSTURAS.	25
FIGURA 38: PROTECÇÃO USANDO <i>NONWOVEN</i> (MMk2001 À ESQUERDA E T050 À DIREITA).	26
FIGURA 39: PROTECÇÃO USANDO O TECIDO COM PRÉ-CORTES.	26
FIGURA 40: ETAPAS DO PEDIDO DE FABRICAÇÃO.	27
FIGURA 41: MÁQUINA DE CORTE FB LASER CUTTER, FB2525.	28
FIGURA 42: PROVETE DE TECIDO APÓS O CORTE.	28
FIGURA 43: MÁQUINA MITSUBISHI PLK-B-CU-20.	29
FIGURA 44: MÁQUINA MITSUBISHI SL-29-22.	29
FIGURA 45: MÁQUINAS MANUAIS.	29
FIGURA 46: <i>PLANTILLA</i> (À ESQUERDA), PAINEL DE PROGRAMAÇÃO (À DIREITA).	30
FIGURA 47: DESCOLAR FILME.	30
FIGURA 48: COLAR MEMBRANA.	30
FIGURA 49: COLAR CONJUNTO AO PAINEL.	30
FIGURA 50: PRENSAR CONJUNTO.	30
FIGURA 51: ENSAIO <i>SHEAR</i> .	31
FIGURA 52: RESULTADOS DO ENSAIO <i>ESTALLIDO</i> (GRÁF. PRESSÃO VS OPÇÃO).	32
FIGURA 53: PLANIFICAÇÃO ETIQUETA.	33
FIGURA 54: DADOS DE ETIQUETA DE SÉRIE.	33
FIGURA 55: REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DE <i>ESTALLIDO</i> .	34
FIGURA 56: PTO DOS PROVETES SEM PROTECÇÃO.	36
FIGURA 57: PTO DOS PROVETES UTILIZANDO ETIQUETAS COM PRÉ-CORTES.	36
FIGURA 58: GRÁFICO TABELA10.	38
FIGURA 59: ENSAIO DE TRACÇÃO DE ETIQUETAS TQ E CE.	39
FIGURA 60: PARÂMETRO ÁREA NA FUNÇÃO MÓDULO AIRBAG PARA FIXAÇÃO DE PROTECÇÃO COM ETIQUETA.	39
FIGURA 61: LEVANTAMENTO DA PÉTALA NA FIXAÇÃO DE PROTECÇÃO COM ETIQUETA.	40
FIGURA 62: ESQUEMA EXEMPLIFICATIVO DA ÁREA PROTEGIDA.	40
FIGURA 63: RESULTADOS DE <i>ESTALLIDO</i> DE ESTUDO JÁ EXISTENTE.	41
FIGURA 64: DETALHES DA <i>PLANTILLA</i> PARA A MITSUBISHI GRANDE.	41
FIGURA 65: PROVETES OBTIDOS NA “MITSUBISHI GRANDE”.	42
FIGURA 66: POSICIONADORES PARA FIXAÇÃO DOS PROVETES.	42
FIGURA 67: REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DOS RESULTADOS DE PROTECÇÃO COSTURADA.	43

FIGURA 68: CONFIGURAÇÕES UTILIZADAS PARA OS CORTES DO <i>NONWOVEN</i> .	45
FIGURA 69: RESULTADO GERAL DAS CONFIGURAÇÕES.	45
FIGURA 70: GRÁFICO COMPARATIVO DAS 5 CONFIGURAÇÕES DO MATERIAL T 050.	46
FIGURA 71: GRÁFICO COMPARATIVO DAS 5 CONFIGURAÇÕES DO MATERIAL MMK2001.	46
FIGURA 72: GRÁFICO COMPARATIVO DA CONFIGURAÇÃO 1 DOS DOIS MATERIAIS.	46
FIGURA 73: GRÁFICO COMPARATIVO DA CONFIGURAÇÃO 3 DOS DOIS MATERIAIS.	47
FIGURA 74: GRÁFICO COMPARATIVO DA CONFIGURAÇÃO 5 DOS DOIS MATERIAIS.	47
FIGURA 75: GRÁFICO COMPARATIVO ENTRE OS DOIS MATERIAIS.	47
FIGURA 76: PTO DO <i>NONWOVEN</i> .	48
FIGURA 77: PTO DO <i>NONWOVEN</i> COM CORRECÇÃO.	48
FIGURA 78: GRÁFICO TABELA 17.	49
FIGURA 79: AVALIAÇÃO DA ÁREA NA FUNÇÃO MÓDULO AIRBAG PARA PROTECÇÃO COM <i>NONWOVEN</i> .	49
FIGURA 80: EXEMPLIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DOS PONTOS DE FIXAÇÃO DA PROTECÇÃO.	50
FIGURA 81: GEOMETRIAS UTILIZADAS NOS PROVETES DE TECIDO COM CORTES.	50
FIGURA 82: CONFIGURAÇÃO 4 – CONF.2 COM OS AJUSTES.	51
FIGURA 83: GRÁFICO COM OS RESULTADOS DA TABELA 19.	51
FIGURA 84: GEOMETRIA 5 DE TECIDO COM CORTES.	52
FIGURA 85: GRÁFICO COM OS RESULTADOS DA TABELA 20.	52
FIGURA 86: PROBLEMAS NO CORTE DA PROTECÇÃO DE TECIDOS COM CORTES.	53
FIGURA 87: ESQUEMA EXPLICATIVO DE PROBLEMA NO CORTE.	53
FIGURA 88: GEOMETRIA 6 DE TECIDO COM CORTES.	54
FIGURA 89: ENSAIO DE <i>ESTALLIDO</i> DA GEOMETRIA 6 DE TECIDO COM CORTES.	54
FIGURA 90: GRÁFICO COM OS RESULTADOS DA TABELA 21.	54
FIGURA 91: GEOMETRIA 7 DE TECIDO COM CORTES.	55
FIGURA 92: GEOMETRIA 7 DE TECIDO COM CORTES, VÁRIAS CONFIGURAÇÕES DE ENSAIO.	56
FIGURA 93: GRÁFICO COM OS RESULTADOS DA TABELA 22.	56
FIGURA 94: PTO DE PROTECÇÃO DE TECIDO COM CORTES.	57
FIGURA 95: GRÁFICO TABELA 24.	59
FIGURA 96: CASO PONTUAL DE DEFEITO.	59
FIGURA 97: DIFERENÇAS DE CORTE ENTRE 1ª E ÚLTIMA CAMADA.	59
FIGURA 98: AVALIAÇÃO DA ÁREA NA FUNÇÃO MÓDULO AIRBAG PARA PROTECÇÃO UTILIZANDO TECIDO COM CORTES.	60
FIGURA 99: LEVANTAMENTO NA FUNÇÃO MÓDULO AIRBAG PARA PROTECÇÃO UTILIZANDO TECIDO COM CORTES.	60
FIGURA 100: AVALIAÇÃO DE ÁREA PROTEGIDA.	60
FIGURA 101: COMPARAÇÃO DOS PTO DE CADA SOLUÇÃO.	62

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – HISTÓRICO DAPHIMETAL.....	4
TABELA 2 – DISTRIBUIÇÃO DE PESSOAL NO CENTRO.....	9
TABELA 3 – CLASSIFICAÇÕES DE SACOS AIRBAG.....	16
TABELA 4 – COMPARAÇÃO DE ETIQUETAS.....	31
TABELA 5 – COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i>	32
TABELA 6 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRACÇÃO ÀS ETIQUETAS.....	33
TABELA 7 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> DOS PROVETES COM ETIQUETA.....	34
TABELA 8 – RESULTADOS DOS ENSAIOS NO <i>VOLTEADOR</i> DOS PROVETES COM ETIQUETA.....	35
TABELA 9 – DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO <i>VOLTEADOR</i> PARA ETIQUETA COM PRÉ-CORTES.....	37
TABELA 10 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO <i>VOLTEADOR</i> PARA ETIQUETA COM PRÉ-CORTES.....	38
TABELA 11 – RESULTADOS OBTIDOS NO ESTUDO DE ETIQUETAS COLADAS A FRIO E A QUENTE.....	38
TABELA 12 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> DOS PROVETES COSTURADOS.....	43
TABELA 13 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRACÇÃO DOS PROVETES DE T 050.....	44
TABELA 14 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE TRACÇÃO DOS PROVETES DE MMK2001.....	45
TABELA 15 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> DOS DOIS MATERIAIS.....	46
TABELA 16 – DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO <i>VOLTEADOR</i> A PROTECÇÃO COM <i>NONWOVEN</i>	48
TABELA 17 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO <i>VOLTEADOR</i> PARA <i>NONWOVEN</i> COM CORTES.....	49
TABELA 18 – RESULTADOS DE <i>ESTALLIDO</i> DAS PRIMEIRAS 3 GEOMETRIAS DE TECIDO COM CORTES.....	51
TABELA 19 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> DA CONFIGURAÇÃO 4 DO TECIDO COM CORTES.....	51
TABELA 20 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> COM A GEOMETRIA 5.....	52
TABELA 21 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> COM A GEOMETRIA 6.....	54
TABELA 22 – RESULTADOS DOS ENSAIOS DE <i>ESTALLIDO</i> COM A GEOMETRIA 7.....	56
TABELA 23 – DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS DO <i>VOLTEADOR</i> UTILIZANDO PROTECÇÃO DE TECIDO COM CORTES....	57
TABELA 24 – RESUMO DOS RESULTADOS OBTIDOS NO <i>VOLTEADOR</i> UTILIZANDO TECIDO COM CORTES.....	58
TABELA 25 – RESUMO DOS RESULTADOS PARA COMPARAÇÃO DE SOLUÇÕES.....	61

GLOSSÁRIO/SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

CD – *Cross direction*, sentido perpendicular ao rolo

CE – Com ciclo de envelhecimento

dtex – Gramas de fio por 10000 metros de comprimento

DOE – *Design of experiments*, planeamento de experiências

ISO – Organização Internacional de Normalização

I+D – Investigação e desenvolvimento

MD - *Machine direction*, sentido do rolo

PA 6.6 – Poliamida 6.6

PTO – *Open Pressure*, pressão de abertura da membrana

RP- Responsável de protótipos

TQ – Tal e qual, sem envelhecimento

Ø – Diâmetro

σ – Desvio padrão

1. APRESENTAÇÃO DO LOCAL ONDE SE DESENVOLVEU O PROJECTO

1.1. A EMPRESA

A DALPHIMETAL é uma multinacional do sector automóvel, especializada no desenvolvimento e fabricação de volantes, *clocksprings* e *airbags*, estando a maioria da sua actividade centralizada na Europa Ocidental. A Dalphimetal estabeleceu em tempos uma cooperação técnica com a Nihon Plast, multinacional japonesa, permitindo-lhe assim abranger o mercado mundial, fig. 1.



Figura 1: Dalphimetal e Nihon Plast.

Em 2005/2006 deu-se a oficialização de um acordo entre a Dalphimetal e a TRW, embora existissem relações comerciais entre ambas desde 1996, fig. 2.

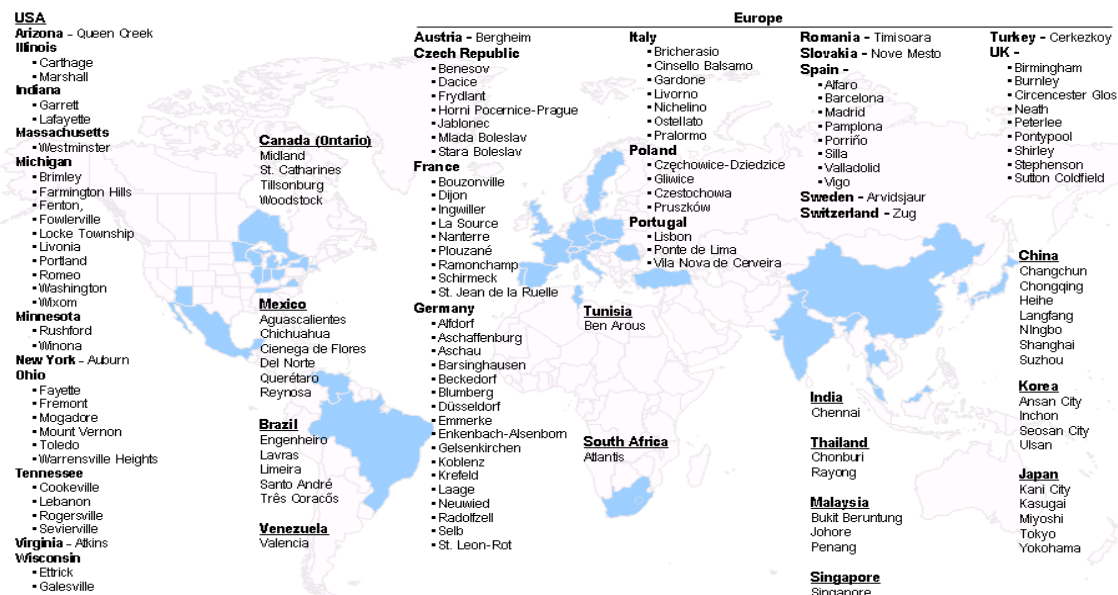


Figura 2: Dalphimetal e TRW.

Embora tanto TRW como Dalphimetal operem em mercados de sistemas de segurança automóvel, especificamente para fabricantes de carros, a TRW desenvolve componentes para os automóveis enquanto a Dalphimetal apenas desenvolve sistemas como *airbags* e volantes. Assim, a integração das duas empresas traz vantagens para ambas, pois economiza tempo e reduz os riscos numa estratégia global. Trata-se de uma opção segura para as actividades que desempenham, logo também para os seus accionistas e profissionais, fig. 3.

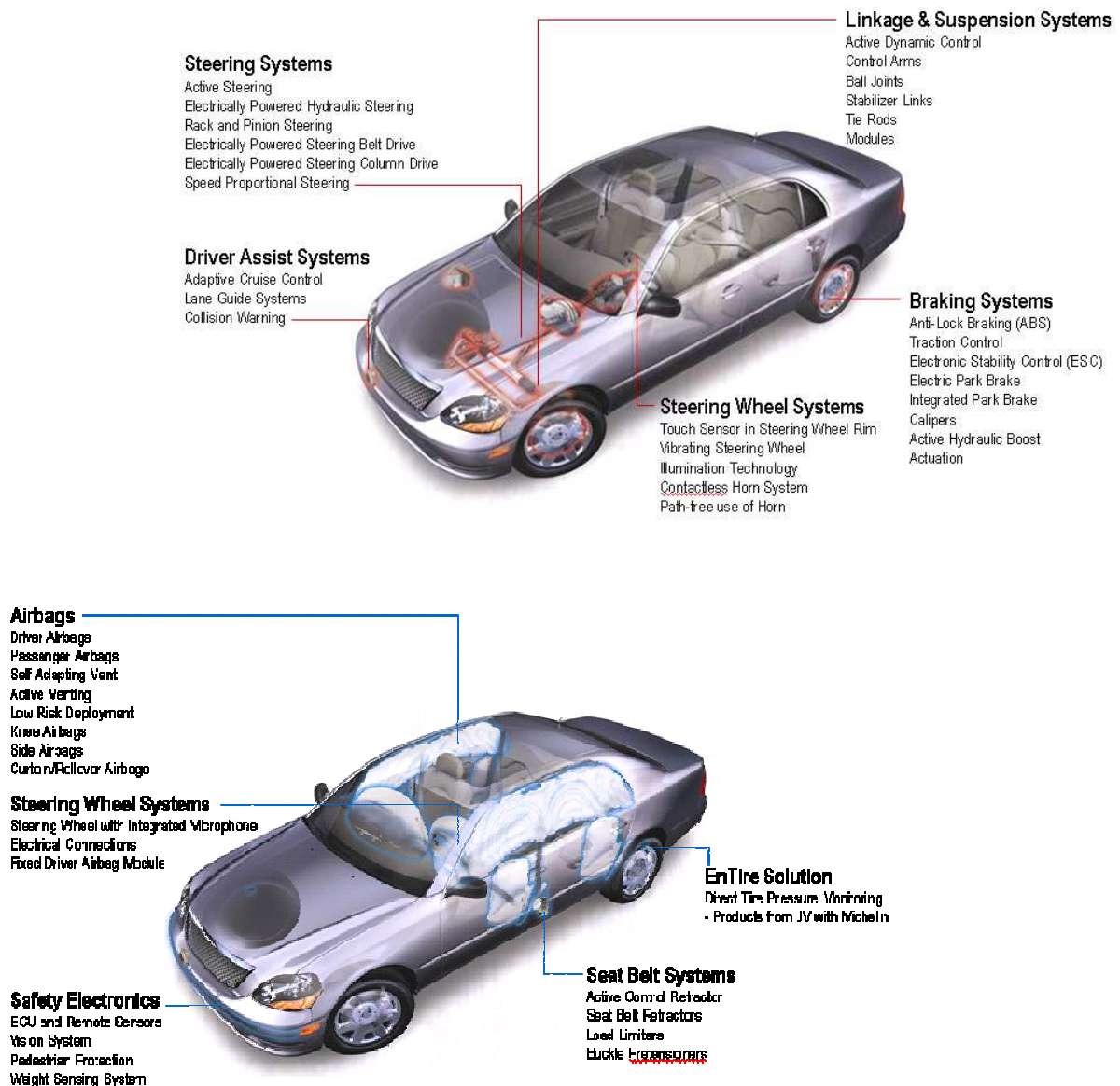


Figura 3: Componentes desenvolvidos pela TRW/Dalphimetal.

Entre os seus principais clientes está a Ford, Daimler Chrysler, Volkswagen, General Motors, Renault/Nissan, Fiat, PSA (Peugeot e Citroën), Toyota, BMW, Honda e Hyundai, fig. 4.

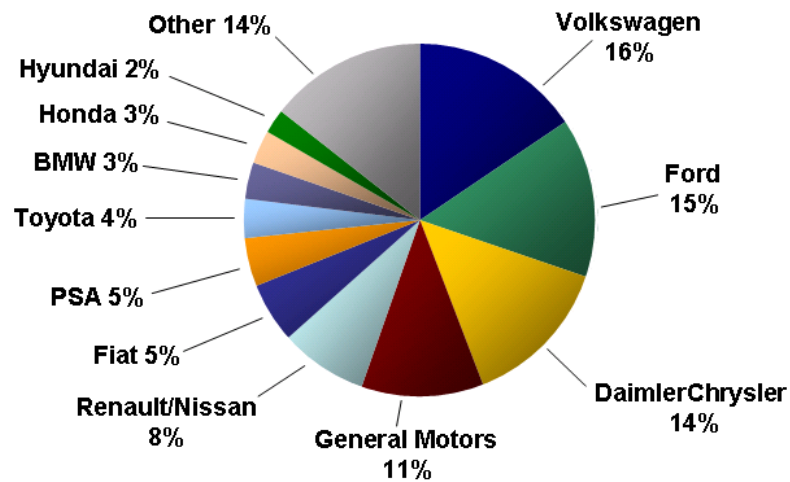


Figura 4: Volume de vendas dos principais clientes.

1.2. HISTÓRICO

Tabela 1 – Histórico Dalphimetal.

<i>Data</i>	
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 de realização de 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 em 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 em poliuretano e forrados com pele em Portugal.
1993	Início de produção <i>Clockspring</i> em Vigo.
1994	Início de produção <i>Clockspring</i> em Portugal.
1995	Fundação da Dalphimetal <i>Seguridad</i> , S.A. dedicada à produção de sistemas de segurança de <i>Airbags</i> .
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 <i>Airbags</i> ● Fabrica ecológica de volantes em 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 Joint Venture Mediterrânea de Volantes para a produção de volantes em couro. Criação da Joint Ventura na Turquia.

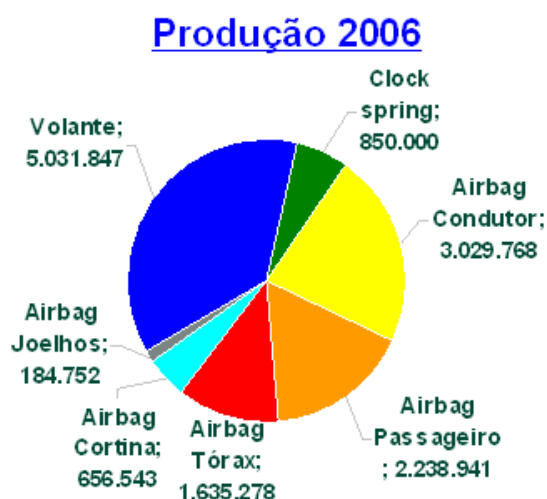
1999	Criação de Celcoauto para a produção de volantes de couro. Adquire-se a divisão de volantes da Ecía e o seu centro de Cernay. O Grupo PSA confia na Dalphimetal como integrador de sistema de segurança dos veículos das suas plataformas A8, A0, A6. Criação de um Centro de I+D em Coventry (Inglaterra).
2000	Criação da Safe-Life, em Ponte de Lima. Fábrica de produção de Sacos de <i>Airbags</i>. 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.
2005/ 2006	Integração da Dalphimetal na TRW.

A origem da empresa Dalphimetal é espanhola e como tal, aquando da sua internacionalização com os pólos em Portugal, alguns termos, formulários e mesmo a discussão de trabalho entre técnicos foi sempre falado e escrito em espanhol. Recentemente e com a integração da Dalphimetal na empresa TRW, a implementação dos novos termos, formulários e tudo o resto apêndice à total implantação ainda não foi completada, pelo que neste trabalho, devido à dificuldade de tradução e de serem termos técnicos vão ser encontradas varias palavras em Espanhol e/ou em Inglês.

De seguida mostra-se alguns valores representativos do volume comercial da Dalphimetal, tanto em termos de vendas como em volume de empresa, fig.s 5 e 6.



Figura 5: Volumes de vendas.



Pessoal: 2.172 pessoas (2006)

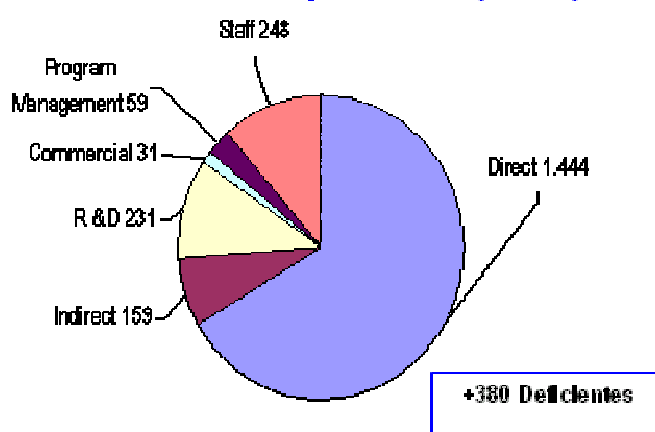


Figura 6: Valores de produção (esquerda) e divisão de recursos humanos (direita).

1.3. CERTIFICAÇÃO

A Dalphimetal é certificada desde 2004 pela Norma ISO/TS 16949. Juntamente com a Norma ISO 9001:2000, a ISO/TS 16949 define os requisitos do sistema de gestão da qualidade para o desenho, produção e, quando for pertinente, a instalação e o serviço pós venda dos produtos do sector automóvel.

1.4. DALPHIMETAL EM PORTUGAL

Actualmente existem em Portugal quatro centros da Dalphimetal, fig.7. Destes quatro centros, três são de produção e um é de investigação e desenvolvimento.



Figura 7: Centros da Dalphimetal em Portugal.

Aqui temos alguns valores que nos permitem ter uma ideia geral da dimensão da empresa em Portugal:

- Mais de 900 pessoas
- 2.400.000 volantes
- 950.000 volantes forrados a couro
- 4.500.000 *airbags*
- 5.300.000 sacos produzidos em 2006
- Centro de desenvolvimento I&D
- Certificação ISO TS 16949 e ISO 14001

Aqui fica uma breve descrição dos centros existentes e das actividades realizadas em cada um deles.

- **Dalhimetal Portugal (DMP)**: centro de produção situado em Vila Nova de Cerveira no Pólo Industrial 2, cuja principal actividade é a fabricação de volantes em poliuretano injectado ou forrado a couro, de *Clocksprings*, e montagem de módulos de *airbag*, fig.8.



Figura 8: Centro Dalhimetal Portugal.

- **Safe Life**: centro de produção de sacos *airbags* estabelecido em Ponte de Lima na freguesia de Gemieira. Aqui, para além das linhas de produção de sacos, existe ainda uma linha de siliconado de tecido utilizado na fabricação de sacos, fig.9.

A Safe Life é o único centro de produção de sacos *airbags* da Dalhimetal.



Figura 9: Centro Safe Life.

- **Safe Bag**: é o mais recente centro de produção da Dalhimetal, também situado na região de Ponte de Lima (freguesia de Fornelos). Neste centro efectua-se apenas a montagens de módulos *airbag*, fig.10.



Figura 10: Centro Safe Bag.



Figura 11: Centro I+D Portugal.

- **I&D:** centro de investigação e desenvolvimento de sacos e módulos *airbags*, também em Vila Nova de Cerveira no Pólo Industrial 2, a funcionar no edifício Airun (local da realização do projecto), fig.11 e 12.

- **Fundada:** 2001
- **Superfície:** 860 m²
- **Protótipos:** 280 m²
- **Área de engenharia:** 240 m²
- **Laboratório:** 196m²
- **Colaboradores:** 61 (tabela 2)

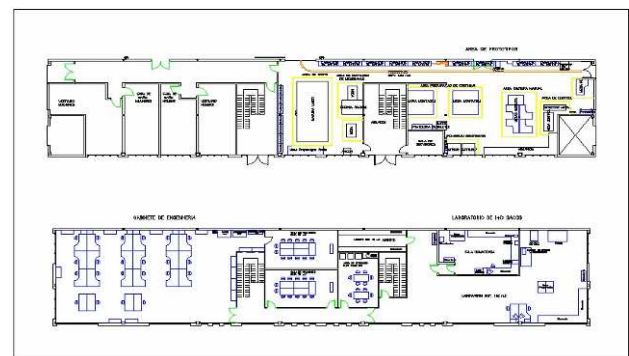


Figura 12: Edifício I+D Portugal.

Tabela 2 – Distribuição de pessoal no centro.

ENGINEERING (29)		STAFF (4)	
Module Design (IRS/DM) (5)		Exp. Eng. centre manager	1
Product Engineer	2	Cost Control / Site assist.	1
CAD designers	3	HR	1
Module Design (SWS/DM) (0)		Documentation / Ass.	1
Module Design (SWS/AB) (1)		Bag program management (3)	
Group Leader	1	Program management	1
Launch phase (10)		Assistant	1
		Cost control	1
		Other (13)	
		Training (IT, PTC, CAD)	10
		Scholarship	3
PROTOTYPE (8)		LABORATORY (4)	
Prototype Responsible	1	Laboratory Responsible	1
Bag technicians	6	Laboratory technicians	3
Module technician	1		
TOTAL: 61			

2. INTRODUÇÃO

Com o aumento, ao longo dos anos, do número de automóveis e de utilizadores, surgiu a necessidade de criação de dispositivos de segurança que permitissem aos ocupantes uma maior protecção contra as várias lesões sofridas em caso de acidente.

Na tentativa de acompanhar essa necessidade, o mercado foi criando mecanismos de protecção que garantissem eficácia, rapidez e, claro, maior protecção possível. Os principais mecanismos desenvolvidos foram o cinto de segurança e depois, como forma de o complementar, o *airbag*. No entanto o *airbag* nem sempre foi visto como um sistema complementar ao cinto de segurança, principalmente no mercado americano, no entanto provou-se que o funcionamento deste só se tornaria realmente eficaz em conjugação com o cinto de segurança.

Em paralelo com a criação destes equipamentos foram também surgindo formas de testar e comparar esses mesmos mecanismos, de destacar por exemplo o “*crash test*”, fig.13.



Figura 13: “*crash test*”.

2.1. O AIRBAG

Airbag é um componente de segurança dos carros (usado também em motos, algumas máquinas industriais e em robôs) que funciona de forma simples: quando o carro sofre um grande impacto, vários sensores dispostos em partes estratégicas do veículo (Frontal, Traseiro, Lateral Direito e Lateral Esquerdo) são accionados emitindo assim sinais para uma unidade de controlo que por sua vez acciona o *airbag* mais adequado, dependendo do sensor que foi activado. Actualmente existem modelos que calculam a severidade do impacto e calculam a intensidade com que o *Airbag* deve encher, fig. 14.



Figura 14: *Airbag*.

Este equipamento não é exclusivo da indústria automóvel, também possui aplicações nas motos (fig. 15) e mesmo na aeronáutica. A NASA já usa este tipo de tecnologia à algum tempo, com o intuito de proteger as naves espaciais aquando da aterragem em terrenos e/ou ambientes menos favoráveis, fig. 16.



Figura 15: Exemplo de *airbags* em motos.



Figura 16: Ensaio da NASA de protecção para nave espacial.

2.2. HISTÓRIA DO AIRBAG

O sistema *airbag* é um excelente exemplo de uma tecnologia, originalmente desenvolvida para propósitos militares, que foi convertida para o melhoramento da qualidade de vida do mundo civil. As primeiras “almofadas de ar” (*airbag*)– patenteado pelos Americanos A.H. Parrot e H.Round em 1920 – foram travesseiros permanentemente insuflados projetados para proteger passageiros de avião durante os choques.

As primeiras patentes de almofadas de ar que se insuflariam sobre o impacto foram emitidas por John Hetrick (USA) e o Walter Lindner (Alemanha) em 1952 e 1953, respectivamente. Levou aproximadamente mais 15 anos até serem feitos os primeiros esforços para projetar *airbags* de carros de passageiros pela indústria automóvel, em 1969. De qualquer forma, nas primeiras aproximações ocorreram grandes dificuldades com a insuflação do *airbag* devido ao curto período de tempo requerido. Na realidade, as primeiras experiências com ar altamente comprimido fracassaram totalmente no alcance dos resultados desejados. Incluindo as provas realizadas nos Estados Unidos com gases de insuflação de vários tipos, em cilindros de alta pressão, que foram ineficazes por falta de fiabilidade de funcionamento, para além do elevado peso e volume dos componentes.

Um dos passos mais decisivos para o actual *airbag* surgiu em 1971, foi dado por uma equipa de investigadores, na Alemanha, especializada em propulsores de foguetes pirotécnicos. Esta equipa estava a trabalhar num projecto militar, cujo objectivo consistia em separar um pequeno número de bombas de uma carga propulsora, de tal modo que a pressão do som gerada pela descarga não danificasse o avião. A ideia de transferir este princípio a um pequeno gerador de gás de combustível sólido, projectado para insuflar um *airbag* no menor tempo possível, marcou o ponto de partida para a construção dos primeiros protótipos.

Embora nos anos 70 a General Motors tenha lançado no mercado alguns veículos de teste montados com *airbags*, só em 1980 um fabricante alemão, a Mercedes, decidiu oferecer o *airbag* como equipamento opcional nos seus veículos de luxo. Todavia existiam detalhes tecnológicos que precisavam de ser resolvidos, incluindo alguns detalhes de projecto que o tornassem economicamente viável em série. A primeira marca a dar este passo foi a Ford com o modelo Mondeo.

Actualmente pode dizer-se que o mundo dos sistemas *airbag* está em evolução e todos os dias aparecem novos tipos e dispositivos. Ao ponto que actualmente já é possível encontrar, em alguns modelos, cerca de oito módulos *airbag*.

2.3. COMPONENTES DE UM AIRBAG

Tal como já se percebeu, o *airbag* actual é contituído por vários componentes que têm de funcionar de forma exacta e sincronizada. Estes componentes podem ser divididos em 2 conjuntos principais:

- Tecnologia sensor/circuito electrónico de ignição.
- Módulo *airbag*.

2.3.1. TECNOLOGIA SENSOR/CIRCUITO ELECTRÓNICO DE IGNIÇÃO

Esta foi uma das áreas à qual se deu especial atenção, principalmente nas primeiras etapas de desenvolvimento do *airbag*. Isto porque este é o sistema que determina a severidade do impacto, ou seja, o sistema mede a desaceleração criada pelo impacto e se atingir um determinado valor, tendo em conta os limites biomecânicos suportados pelo homem, o sistema desencadeia a ignição do gerador, fig. 17.

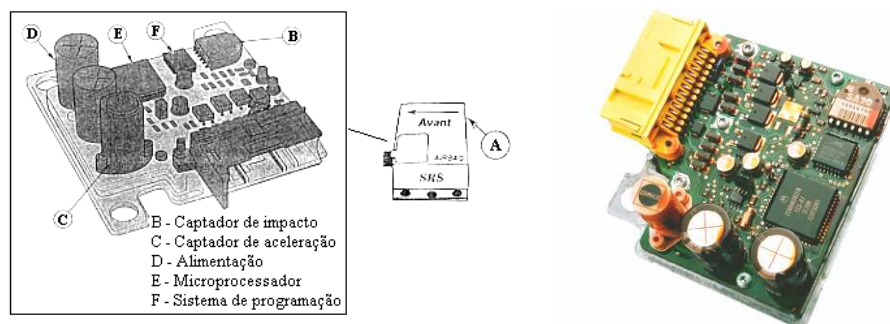


Figura 17: Sistema electrónico de detecção de impacto.

2.3.2. MÓDULO AIRBAG

Independentemente dos vários tipos de módulo *airbag* (condutor, passageiro, cortina, tórax, etc.), em geral todos eles possuem componentes idênticos. Em seguida mostra-se os diferentes componentes e sua disposição, fig.18, assim como uma descrição dos principais.

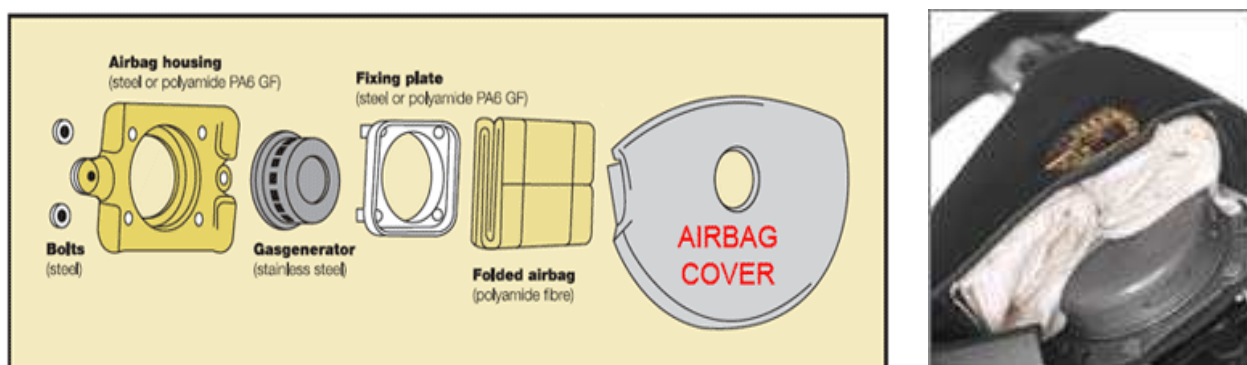


Figura 18: Componentes de um módulo *airbag* condutor.

2.3.2.1. GERADOR

De certo modo o gerador pode ser considerado como o “coração” do *airbag*, uma vez que são os transportadores da carga propulsora que gera o gás que insufla o saco *airbag*.

Existem vários tipos de geradores, dependendo das suas aplicações e especificidades. A sua classificação é feita, normalmente, pela sua forma e tipo de carga.

Os geradores com carga pirotécnica, após a ignição disparam uma reacção em cadeia. O calor local produzido pelo “ignitor” provoca a combustão da carga “*booster*” e, como consequência desta combustão resulta a combustão do propelente (carga intensificadora), fig.19.

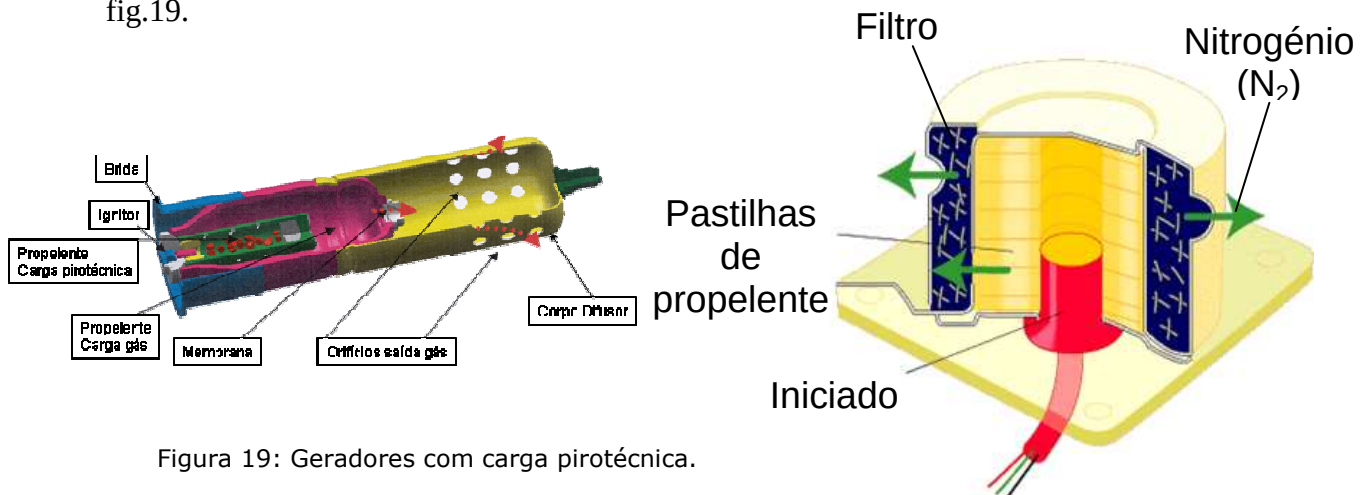


Figura 19: Geradores com carga pirotécnica.

Os geradores híbridos consistem numa combinação de propelente e câmara de pressão. Devido ao propelente pirotécnico, uma câmara sobre pressão – com um gás inerte pré comprimido a cerca de 250bar – abre-se e o gás que é libertado aquece enquanto é transferido para o saco *airbag*. No entanto, a temperatura do gás é inferior à temperatura atingida com os geradores pirotécnicos.

Para além destes geradores, ainda existem os geradores de gás líquido. Comparando com os geradores híbridos, aqueles fazem uso exclusivo de produtos de combustão derivados de gás líquido ou misturas de gás como o hidrogénio e o oxigénio para insuflar o saco *airbag*. Também neste caso se elimina a carga de calor pirotécnica. As misturas de gás altamente comprimidas estão contidas numa câmara de pressão. Tal como nos geradores pirotécnicos, a combustão dos gases inicia-se pela ignição eléctrica.

2.3.2.2. SACO AIRBAG

De todos estes elementos, o saco é o elemento do módulo que requer uma atenção especial, pois é sobre este que todo o estudo irá incidir. Por este motivo se irá caracterizar de maneira mais pormenoriza o saco *airbag*.

Definição e características do saco

O saco, bolsa contida no módulo *airbag* que insufla automaticamente no caso de colisão, actua como dispositivo de retenção para os ocupantes de um veículo. No seu fabrico utilizam-se tecidos à base de poliamida 6.6 com ou sem revestimento de silicone e fio para as costuras das diferentes peças do saco.

Normalmente os sacos contêm elementos que permitem a variação de volume/geometria (straps) e/ou elementos de difusão do fluxo de gás no seu interior. Com este tipo de elementos, o saco pode ser constituído por mais de uma câmara de insuflação.

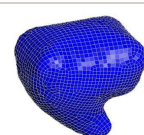
Funções do saco

- ✓ Reter o ocupante no veículo e evitar o impacto contra o volante, o painel de instrumentos, as estruturas laterais, etc.
- ✓ Criar uma superfície suficientemente 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.

Tipos de Sacos

Os sacos *airbag* podem ser classificados de quatro formas distintas: segundo a geometria, a fabricação, o comportamento e a aplicação.

Tabela 3 – Classificações de sacos *airbag*.

Geometria	Simétrico Corte redondo ou rectangular e simétrico a um ou mais eixos.			
	Assimétrico Corte adaptado à geometria do veículo, ou à especificação do sistema de retenção.			
Fabricação	2D (2 dimensões) Saco mais simples e recomendado (barato), constituído por 2 painéis principais unidos por costuras planas.			
	3D (3 dimensões) É mais complexo, constituído por 1, 2 ou mais painéis principais unidos por costuras espaciais.			
Comportamento	Alto rendimento Saco com saída de ar fechada (costura ou membrana), que abre a uma pressão determinada, e espera que se produza a carga do ocupante.			
	Standard Com/sem silicone, com/sem saída de ar.			
	2 Volumes Mais caro, pois necessita de um gerador de duplo estado, volume pequeno para acidentes leves, e volume grande para impactos severos, função realizada mediante <i>strap</i> rasgável.			
	Rollover Saco, cuja principal diferença é permanecer vários segundos insuflado (saco com baixa permeabilidade).			
Aplicação	Condutor e Passageiro	Cortina e Tórax	Rodilha	Cinturão
				

Sequência de accionamento do *airbag*

Os sensores ou detectores do circuito electrónico detectam as forças de aceleração que actuam sobre o veículo e transmitem estes valores ao “cérebro” do sistema *airbag*, os módulos electrónicos. Estes comparam os dados de medição com os valores standard armazenados, específicos para cada tipo de veículos, e “decidem” se se dá o sinal eléctrico de ignição ou não.

Tomada a “decisão” de abertura do *airbag*, o circuito electrónico envia um sinal eléctrico (pulso de ignição) ao gerador. Logo que este recebe o sinal eléctrico, o propelente sólido queima-se instantâneamente e expulsa um gás inócuo para o saco *airbag* insuflando-o. Assim que o ocupante entra em contacto com o saco este começa a libertar o gás, no caso de alguns *airbags* essa “fuga” de gás é feita através de furos calibrados, *ventings*, permitindo assim a absorção da energia. A título de exemplo mostra-se na figura ao lado, fig. 20, a sequência descrita para o caso de um embate a 50 km/h contra uma barreira rígida, podendo-se observar os tempos em que se desencadeia a sequência.

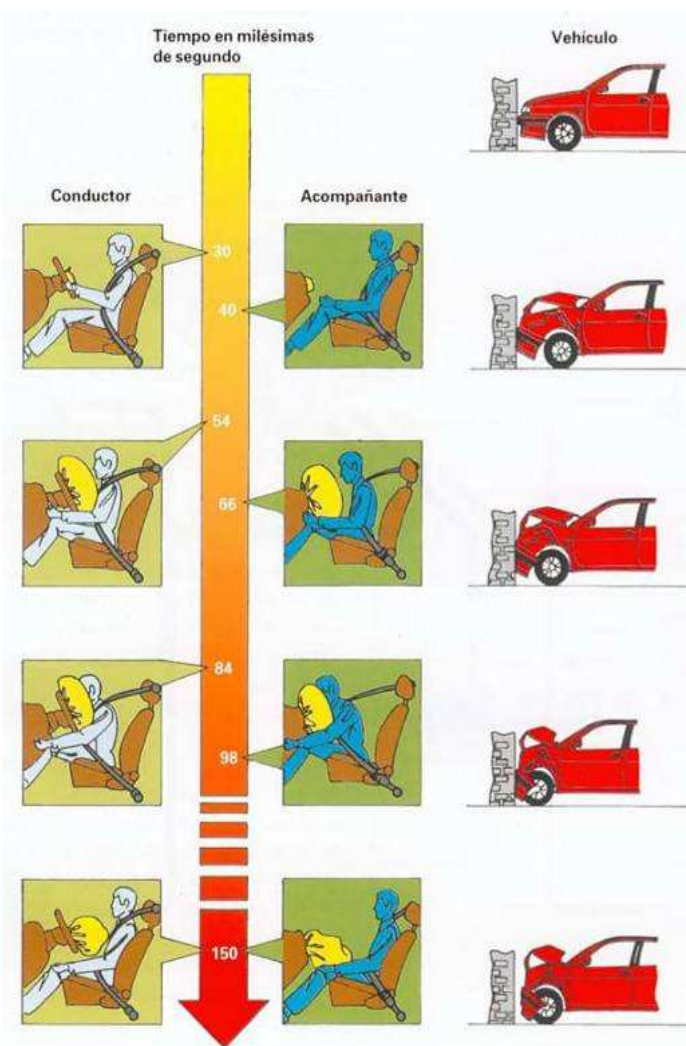


Figura 20: Sequência de accionamento do *airbag*.

2.3.2.3. VENTING

Alguns sacos *airbag* possuem uma abertura circular pela qual o gás sai após a insuflação do saco. Esta abertura denominada por *venting*, tem como função consentir a saída de gás de uma maneira controlada. Assim sendo, podemos absorver uma maior quantidade de energia assim como evitar que o saco permaneça insuflado durante muito tempo, conseguindo assim o efeito de almofada, ou seja, após o enchimento do saco este começa a esvaziar mais rapidamente. O efeito almofada é crucial em caso de acidente e posterior accionamento do *airbag*, pois evita lesões provocadas pelo embate em objectos muito duros que seria o caso de embater no saco cheio de gás, fig.21.



Figura 21: Exemplo de *venting*.

Tem de se ter em conta que existe sempre algum gás que sai pelas costuras do saco mas não é o suficiente.

Até algum tempo atrás o *venting* era desenvolvido para ir totalmente aberto, hoje em dia já se desenvolvem outras soluções que permitem um melhoramento na prestação do *airbag*. Estamos a falar nomeadamente em aplicar uma membrana de silicone no *venting* do saco, ver ponto seguinte (ponto 2.3.2.4).

2.3.2.4. MEMBRANA

As marcas produtoras de automóveis aumentaram, ao longo dos anos, as suas exigências e reduziram também as tolerâncias devido a um mercado cada vez mais exigente e competitivo. Se por um lado, o *venting* era uma boa solução, porque permitia que o saco esvaziasse após o enchimento, por outro podia esvaziava muito rápido e tornava-se perigoso na medida em que os ocupantes do veículo podiam embater neste, uma vez que, devido ao *venting*, o *airbag* podia não encher suficientemente rápido ou não permanecer cheio o tempo suficiente. Então desenvolveu-se uma solução capaz de reter o saco cheio durante mais tempo e após este tempo, começasse a perder o gás no seu interior. A solução consistiu em colar uma membrana de silicone ao *venting*.

As membranas são componentes auxiliares do saco *airbag*, colocadas no *venting* do mesmo. A função das membranas, é tentar evitar a saída imediata de gás através do *venting* durante o processo de insuflação do saco, incrementar a pressão e controlar o nível da pressão durante o impacto, fig.22. Esta permite melhorar a eficiência do gerador e as prestações biomecânicas.



Figura 22: Funcionamento da membrana.

A membrana é fixada ao painel do saco através de um processo de vulcanização, processo esse que promove a união do *calandrado*, da membrana e do tecido. O *calandrado*, consiste num tecido recoberto por ambos os lados, num dos lados com silicone não curado (130 g/m^2) e no outro com um revestimento de poliuretano (25 g/m^2).

Sequência de accionamento do *airbag* com membrana

Para exemplificar a sequência de accionamento de um *airbag* com membrana, apresenta-se a simulação de um choque frontal a uma velocidade de aproximadamente 50km/h contra uma barreira bem rígida, fig.23. Esta sequência pretende ser idêntica à sequência da fig.20.

Como se pode observar, no caso do saco com membrana o saco não só encheu mais rápido (aos 30ms já está quase completamente insuflado), como retém a pressão até a pressão exercida pelo impacto ser maior (a membrana só rebenta por volta dos 84ms, quando o saco atingiu a pressão desejada).

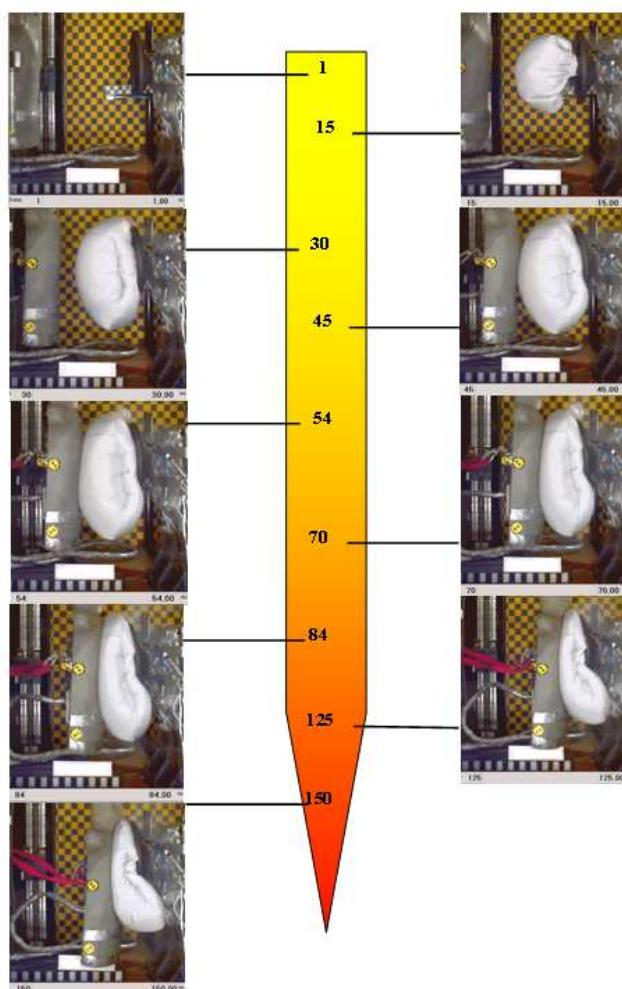


Figura 23: Sequência de accionamento do *airbag* com membrana.

2.3.2.5. PROTECÇÃO DE MEMBRANA

Juntamente com a criação da membrana foi também necessário criar-lhe uma protecção que lhe permitisse permanecer em óptimas condições de operabilidade até ser requisitada, uma vez que poderia provocar um mau funcionamento do saco, podendo até provocar sérios danos ao ocupante.

A função da protecção é então proteger a membrana durante todo o processo de saco (fabricação, volteado e colocação no respectivo módulo) e proteger durante a abertura do *airbag* (evitar que esta toque em qualquer superfície e se danifique, nomeadamente que toque no volante).

Juntamente com o desenvolvimento da protecção foi essencial criar um meio de fixação que assegurasse o posicionamento da mesma sem que com isso se compromete-se o funcionamento da membrana.

A solução actual de protecção é feita com uma porção do tecido do próprio saco, com um corte do diâmetro desejado (“pétala”), com uma etiqueta que proporciona a fixação da “pétala”, fig.24.



Figura 24: Protecção de membrana.

Contudo esta protecção ainda apresenta alguns problemas, nomeadamente:

- ❌ a etiqueta de fixação descola fazendo com que a “pétala” se desloque e não proteja a membrana.
- ❌ dispersão nos resultados de PTO devido à dispersão que a adesão da etiqueta cria, principalmente depois de esta sofrer envelhecimento, uma vez que altera significativamente as características de adesão.

2.4. EQUIPAMENTOS DE ENSAIO UTILIZADOS

De seguida descreve-se sucintamente alguns dos equipamentos de ensaio utilizados para o desenvolvimento deste projecto.

2.4.1. ENSAIO DE REBENTAMENTO DE MEMBRANAS (*ESTALLIDO*)

Estes ensaios são feitos na máquina Bursting Test 2.0 (L-0036-L1) e tem como função determinar a PTO (pressão de rebentamento da membrana), assim como observar o comportamento da protecção, no caso de esta existir, de uma forma mais próxima da realidade, fig.s 25 a 28. Para a determinação do PTO e mesmo para a comparação deste entre as várias configurações, utiliza-se um programa estatístico, o Minitab. Como se verá no seguimento deste relatório, este é um programa a que se vai recorrer frequentemente.

De destacar que este é um ensaio interno, todo o seu desenvolvimento foi realizado pela empresa, assim sendo o seu uso não segue nenhuma norma. O aparecimento deste equipamento surgiu com a necessidade da própria empresa de simular o funcionamento da membrana e de protecção.



Figura 25: Colocação da membrana.



Figura 26: Início do ensaio de *estallido*.



Figura 27: Membrana a insuflar.

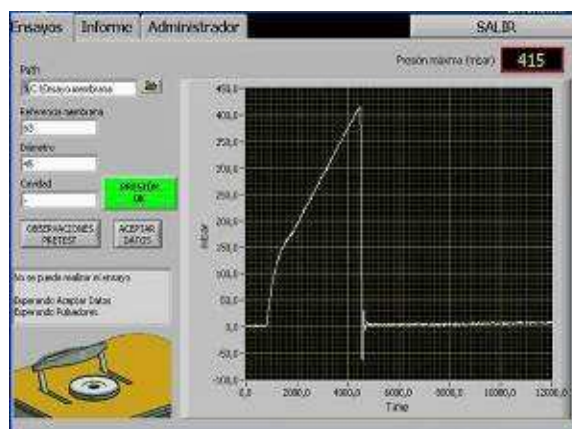


Figura 28: Gráfico de pressão obtido e PTO.

2.4.2. ENSAIO DE TRACÇÃO

Este ensaio tem como função determinar tensão versus alongamento do material, na utilização em questão, pois a máquina utilizada tem mais configurações que lhe permitem medir outras características. Este ensaio permite assim caracterizar de uma forma mais concreta as características físicas dos materiais com que vamos trabalhar, fig.s 29 a 31.

De destacar que em geral trabalhamos com tecidos ou fibras e que as características deste variam muito com a direcção em que é traccionado (sentido teia – na direcção do rolo. direcção trama – sentido perpendicular à direcção rolo), daí a importância deste ensaio, fig. 32. Isto acontece porque os tecidos resultam do entrelaçamento de fios que se cruzam em ângulo recto.



Figura 29: Configuração geral da máquina.



Figura 30: Células de carga.



Figura 31: Amarras de fixação.

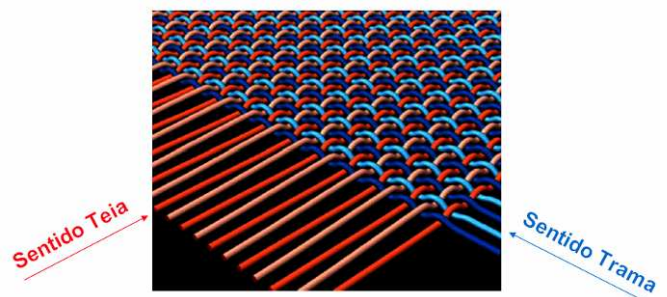


Figura 32: Descrição do tecido.

2.4.3. ENSAIO NO *VOLTEADOR*

O *volteador* (fig.33) não é na realidade uma máquina para realização de ensaios, mas sim uma máquina utilizada no processo de realização dos sacos *airbag*. Esta operação permite dar a volta ao saco, uma vez que este é costurado do avesso. O processo de manuseamento da máquina consiste em colocar a zona de fixação do gerador no bocal da máquina (fig. 34 a) e esta, através de um processo de sucção intenso, puxa o saco para dentro (fig. 34 b e c). Por fim o saco é retirado de dentro da máquina (fig. 34 d), sendo o operador o responsável por acabar de dar a volta aos saco, caso seja necessário (fig. 34 e).



Figura 33: *Volteador*.

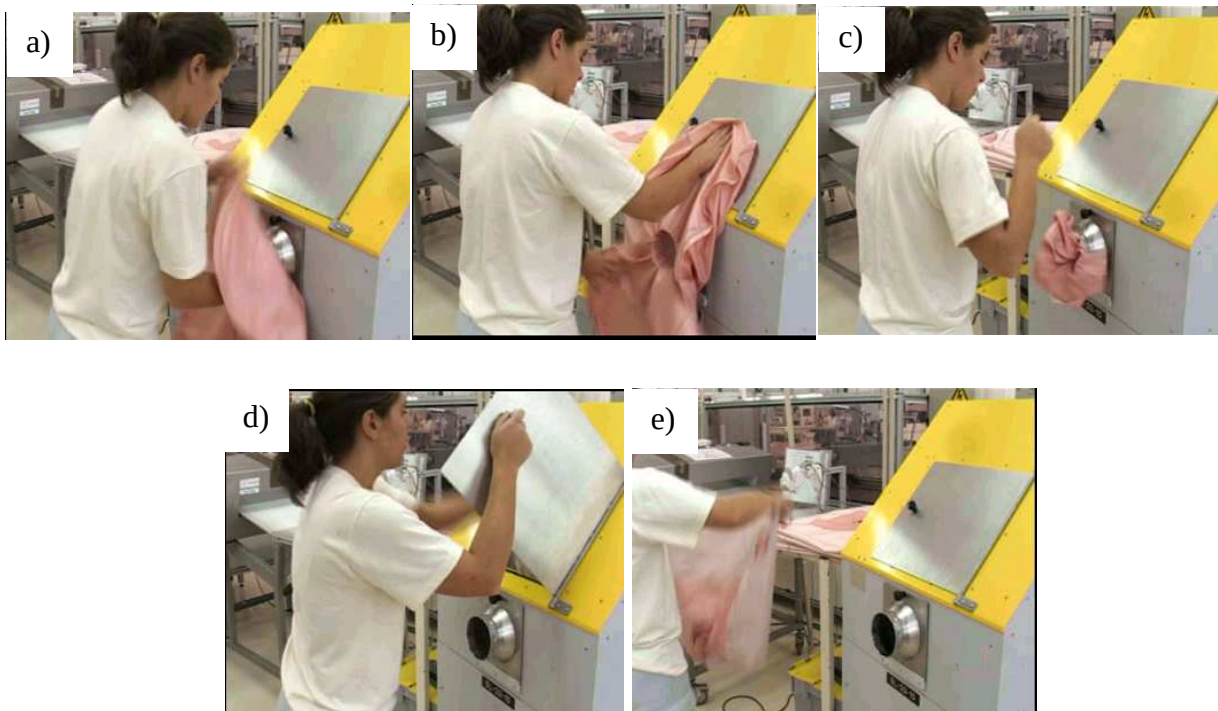


Figura 34: Processo de *Volteado*.

3. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Nesta secção apresentar-se-á de uma maneira mais detalhada o problema sobre o qual se vai centrar o projecto, assim como discutir a solução que existe no presente. Vão ainda citar-se as soluções que se desenvolveram e quais os seus fundamentos.

3.1. O PROBLEMA

O projecto teve como principal objectivo o desenvolvimento de um sistema de protecção de membrana mais robusto que o actual.

Tal como já se abordou no capítulo 2.3.2.4, alguns sacos *airbag* possuem uma membrana que permite melhorar a performance destes. A utilização deste componente requer ainda a presença de um sistema físico que a proteja até que esta desempenhe a sua função. Isto acontece porque o material de que é feita a membrana, silicone, é sensível a qualquer contacto mais abrupto, principalmente porque estamos a falar de componentes com espessuras muito pequenas (inferior a 1mm).

A ideia seria então desenvolver um componente que protegesse a membrana durante todo o processo de saco (fabricação, dar a volta ao saco e colocação no respectivo módulo) e mesmo durante a abertura do *airbag*.

3.2. A SOLUÇÃO ACTUAL

Tal como já se falou no capítulo 2.3.2.5, a solução actual de protecção é feita por uma tampa de tecido do próprio saco, com um corte do diâmetro desejado (“pétala”), usando uma etiqueta para proporcionar a fixação da “pétala” na posição pretendida, fig 35.



Figura 35: Provete com protecção actual de série.

No entanto este tipo de protecção tem algumas desvantagens, nomeadamente:

- Sistema pouco robusto;
- Problemas em cumprir normas de envelhecimento;
- Problemas de controlo de adesão da etiqueta com variações de temperaturas;
- Existência de casos reais em que a etiqueta ou não descola ou descola muito prematuramente, provocando demasiada/deficiente protecção.

3.3. NOVAS SOLUÇÕES

Uma vez analisado o problema chegou-se, ao longo da realização do projecto, a 4 soluções para tentar substituir a protecção actual.

Solução 1 – a primeira ideia que surgiu, e uma vez que os principais problemas encontrados na solução existente eram de adesão, seria substituir a etiqueta de série por uma etiqueta que rompesse por um picotado previamente realizada, fig. 36.

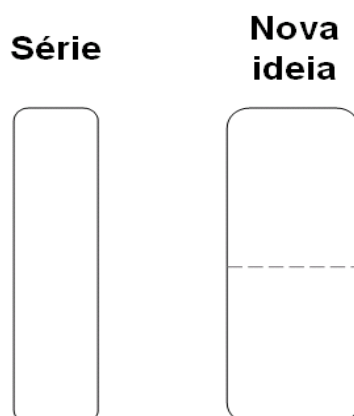


Figura 36: Diferença entre a etiqueta de série e o novo conceito.

Assim sendo a etiqueta teria uma maior capacidade de adesão que evitaria problemas no posicionamento da protecção, passando agora a romper no momento em que a membrana enche, ao revés de descolar. Assim sendo o trabalho a desenvolver passaria por determinar qual a força de tracção mínima e máxima que a etiqueta deve ter para cumprir os requisitos, não esquecendo, claro, que a força de adesão deverá ser superior.

Solução 2 – Outra solução idealizada passaria por manter a “pétala” que protege a membrana, tal como no caso da etiqueta, no entanto a fixação desta seria feita por meio de uma, duas ou mais costuras, fig. 37.



Figura 37: Fixação da pétala com costuras.

Com esta opção pretendia-se que se deixasse de utilizar etiqueta evitando o seu custo, e se possível evitar algum do factor de erro humano presente na colagem da etiqueta, uma vez que é um processo manual, passando a ser um processo automático.

Solução 3 – A terceira solução de que vamos falar assenta num princípio diferente das anteriores. Neste caso a intenção seria deixar de ser uma “pétala” de tecido do próprio saco a realizar a protecção, passando essa a ser realizada por outro material que seria costurado do lado exterior. A condicionante seria encontrar um material que fosse suficientemente resistente e ao mesmo tempo não o ser em demasiado para que rebentasse quando pretendido. O material encontrado para desempenhar esta função foi o *Nonwoven*, também conhecido por não tecido. Para o caso deste estudo utilizamos dois com características ligeiramente diferentes. Temos o T050 (preto) e o MMK2001 (branco).

Para o caso a ideia seria fazer um pré corte de uma forma aproximada à da pétala, induzindo o rebentamento por essa zona, fig.38.

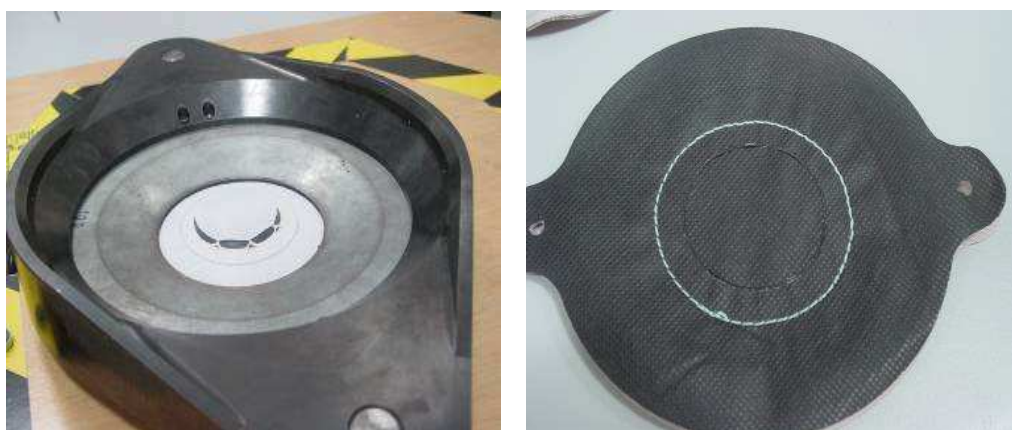


Figura 38: Protecção usando *Nonwoven* (MMK2001 à esquerda e T050 à direita).

A utilização deste material teria à partida algumas vantagens, nomeadamente:

- 🔍 Material bem conhecido uma vez que já é usado na empresa;
- 🔍 Com resistência dentro dos valores pretendidos;
- 🔍 Não teríamos os problemas de manter a protecção em posição, porque já estaria assegurado pela geometria.

Solução 4 – A quarta e última solução que se vai falar neste relatório seria aproveitar um pouco de cada uma das soluções anteriores. Ou seja, voltamos a ter o tecido do próprio saco, tal como a “pétala” que falamos nas duas primeiras soluções, mas desta feita a fixação é proporcionada pela geometria dos cortes realizados no tecido, mais ou menos como se fez na terceira solução apresentada, fig.39.



Figura 39: Protecção usando o tecido com pré-cortes.

Esta opção seria especialmente vantajosa porque evita o custo de adição de outros materiais, assim como a redução do número de operações a realizar. Isto tornará, pelo menos numa primeira perspectiva uma solução especialmente vantajosa em termos de custos.

4. MÉTODOS DE TRABALHO

Antes de mais acho conveniente descrever sucintamente qual o método a seguir e a documentação a realizar na elaboração dos provetes de ensaio utilizados.

No Departamento I&D existe uma gama de trabalho que tem como objectivo especificar o controlo e gestão de amostras/protótipos de sacos *airbag* produzidas no departamento.

O pedido de fabricação de amostras ao departamento de protótipos segue diferentes etapas, descritas na figura seguinte, fig.40. Posteriormente, descreveu-se o que cada documento necessário para este pedido deve conter.

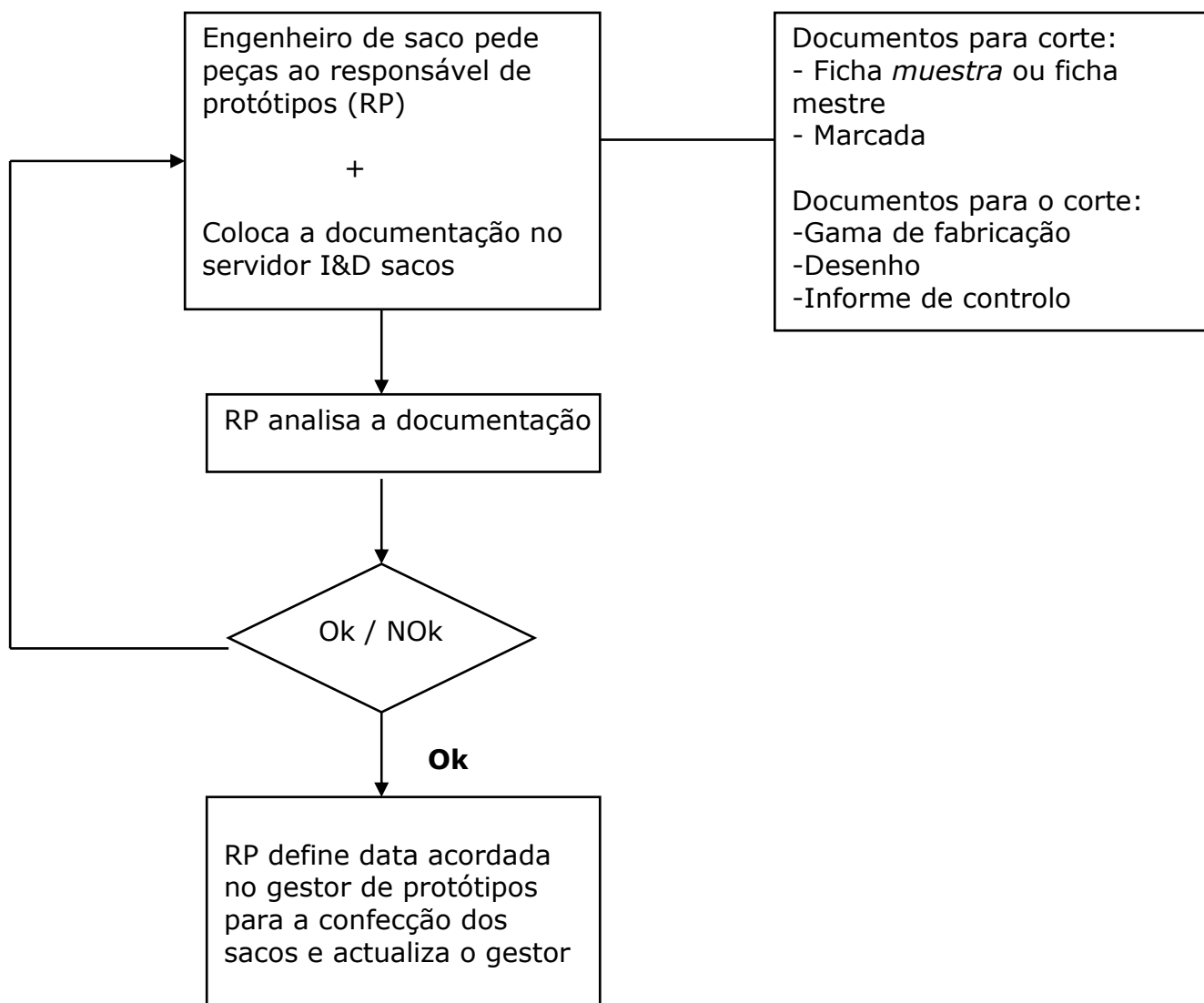


Figura 40: Etapas do pedido de fabricação.

Marcada – Desenho realizado, neste caso no Autocad, com a definição dos diferentes componentes a serem cortados.

Solicitude – Descreve qual o objectivo dos provetes, o modelo/cliente, a referência, quantidade, data de entrega, destino, condições e/ou características dos provetes.

Ficha Muestra – Contém a denominação dos provetes; referência; quantidade; componentes, fornecedores, características; rastreabilidade (nº de lote) de tecidos e fios; data de entrega dos provetes (exemplo no anexo 1).

Registo de Controlo – Registam-se todas as medições feitas aos provetes, no corte, na colagem e no final da confecção dos mesmos (exemplo no anexo 4).

Registo de Operações e Tempos – Registam-se todos os tempos que leva cada operação durante o processo de fabricação dos provetes. Estes tempos são contabilizados e servem para contabilizar o tempo de cada operação.

Desenho – Serve de guia para a realização dos provetes, tem a descrição das peças e fios, montagem das peças, pontadas de cada costura, o tipo de máquina para realizar cada costura.

4.1. OPERAÇÕES UTILIZADAS PARA A REALIZAÇÃO DOS PROVETES

4.1.1. CORTE

Em primeira instância recebe-se a respectiva documentação descrita anteriormente, relativa aos provetes em estudo, e depois de verificada pelo RP é entregue na zona de corte. Aqui, começa-se por abrir a marcada, corta-se tecido do rolo e registando-se a quantidade que foi retirada; coloca-se o tecido na mesa de corte, fig.41, e por fim ajusta-se os parâmetros da máquina de modo a dar início ao corte.



Figura 41: Máquina de corte FB Laser Cutter, FB2525.

Posteriormente, tiram-se as peças da mesa de corte, fig.42, e verifica-se se está tudo correcto quanto à geometria e peças defeituosas.

Preenche-se toda a documentação necessária (lote do tecido e registo de operações e tempos), colocam-se as peças em caixas identificadas que mais tarde serão levadas para a confecção.

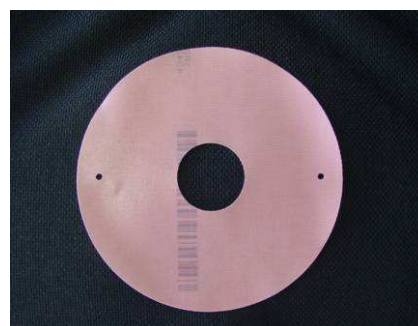


Figura 42: Provetes de tecido após o corte.

4.1.2. COSTURA

Caso seja necessário, os provetes podem ainda ser costurados. Para a confecção, o RP analisa a documentação e a existência de peças cortadas, se estiver tudo bem, passa-se para a costura dos provetes. Dependendo da costura que se vai realizar e do nível de industrialização pretendido, o processo de costura pode ser feito em diferentes máquinas.

Máquina de costura “Mitsubishi grande” – PLK-B-CU-20



Figura 43: Máquina Mitsubishi PLK-B-CU-20.

Máquina de costura “Mitsubishi pequena” – SL-29-22



Figura 44: Máquina Mitsubishi SL-29-22.

Máquinas de costura manuais – várias



Figura 45: Máquinas manuais.

As duas primeiras máquinas são automáticas, e equivalentes às que se encontram na produção, apenas diferem no tamanho do campo de funcionamento. A presença desta máquina é importante porque permite simular as costuras a realizar tal como se irão fazer na produção, precavendo-nos contra possíveis problemas. Estes problemas estão normalmente associados a velocidade de funcionamento da máquina, tanto de costura como de movimento da *plantilla*, fig.46 à esquerda. A utilização destas máquinas implica a elaboração da *plantilla* de suporte do tecido, assim como a programação da costura a realizar, fig.46 à direita.

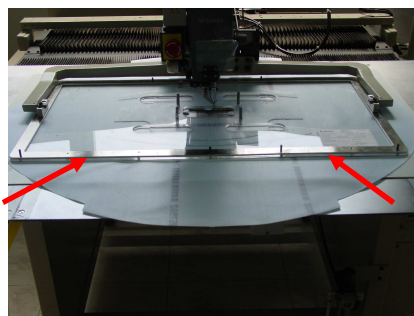


Figura 46: *Plantilla* (à esquerda), painel de programação (à direita).

4.1.3. APLICAÇÃO DA MEMBRANA

A aplicação das membranas em protótipos segue um determinado procedimento:

1. Retirar o filme de protecção do *calandrado*, fig.47.

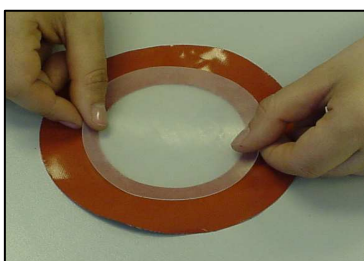


Figura 48: Colar membrana.

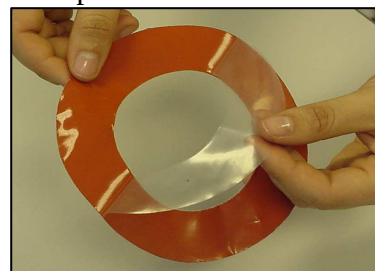


Figura 47: Descolar filme.

2. A membrana é colada ao *calandrado*, fig.48.

3. Colar membrana+*calandrado* ao painel, fig.49.



Figura 50: Pressar conjunto.

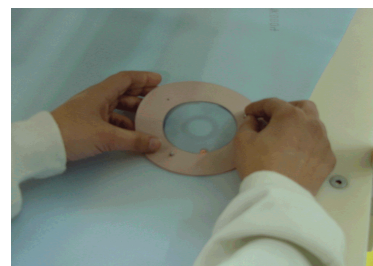


Figura 49: Colar conjunto ao painel.

4. O painel é prensado durante 60 seg. a 180°C, com uma pressão de 2.5 bar, fig.50.
5. Após os 60 seg. o saco é retirado da prensa e está pronto.

5. RESULTADOS E EVOLUÇÕES DE CADA SOLUÇÃO

Embora o trabalho para as várias soluções tenha sido realizado em simultâneo optou-se, por uma questão de facilidade na compreensão da evolução das soluções com os sucessivos resultados obtidos, por separar cada uma das soluções. No final realizar-se-á a comparação das vantagens e desvantagens de cada uma das opções e, como não podia deixar de ser, um comparativo desempenho/custo entre as soluções em questão.

5.1. PROTECÇÃO UTILIZANDO ETIQUETA COM PRÉ-CORTES

Com a análise do problema e mesmo da solução já existente, a etiqueta, surgiu intuitivamente uma ideia. Essa ideia consistia em que a etiqueta deixa-se de descolar, tal como acontecia até agora, e passa-se a romper. Isto porque seria um processo mais robusto, “previsível” e deixando de ter os problemas de alteração das características do adesivo com o tempo, temperatura, humidade, etc. Assim sendo contactou-se o fornecedor habitual para se obter algumas etiquetas do formato desejado e assim averiguar se realmente esta ideia seria uma possível solução.

Uma vez que as etiquetas que recebemos possuíam uma ficha técnica desadequada em relação à aplicação pretendida, os primeiros ensaios incidiram na caracterização das forças de adesão e de ruptura das etiquetas fornecidas (*Label A* e *Label B*), comparando com as de série.

Para tal realizaram-se ensaios de tracção simples das etiquetas (caracterização da força necessária ao rompimento dos pré-cortes) e de *shear* (caracterização da força de adesão; neste ensaio incluiu-se as etiquetas de série a fim de caracterizar também a sua força de adesão), fig.51.

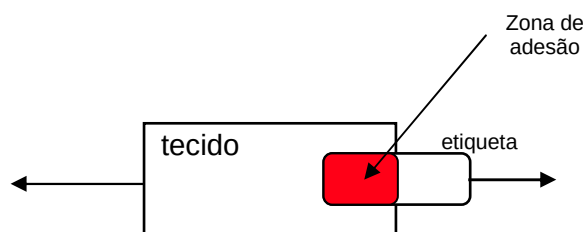


Figura 51: Ensaio *shear*.

Tabela 4 – Comparação de etiquetas.

	SÉRIE	LABEL A	LABEL B
Força de adesão (média)(N)	10,00	37,63	45,96
Maior valor	11,73	40,33	49,12
Menor valor	8,24	35,02	41,63
Resistência a ruptura (média)(N)	----	17,27	36,30
Maior valor	----	18,66	40,41
Menor valor	----	16,12	30,54

Tratados os resultados e retirada a informação relevante, ver tabela 4, estas são as conclusões a reter deste ensaio:

- A força de adesão obtida para as etiquetas dos *Label A* e *B* são sempre significativamente maiores do que a força necessária para o picotado rasgar, o que leva a concluir que as etiquetas irão romper e não descolar;
- A resistência do picotado das etiquetas é superior à força de adesão das etiquetas de série, mas só com os ensaios de *estallido* é que se poderá registar se isto tem efeito no rebentamento da membrana;
- Os resultados não devem ser conclusivos só por si, uma vez que não existiu uma amostragem adequada.

Uma vez caracterizado o material realizaram-se os ensaios de *estallido*.

Características:

$\varnothing_{venting}=35$

Membrana -> PH55193120 (ver anexo 2)

PTO = 320 ± 50 mbar

(Segundo projecto de série Volvo Y286 USA)

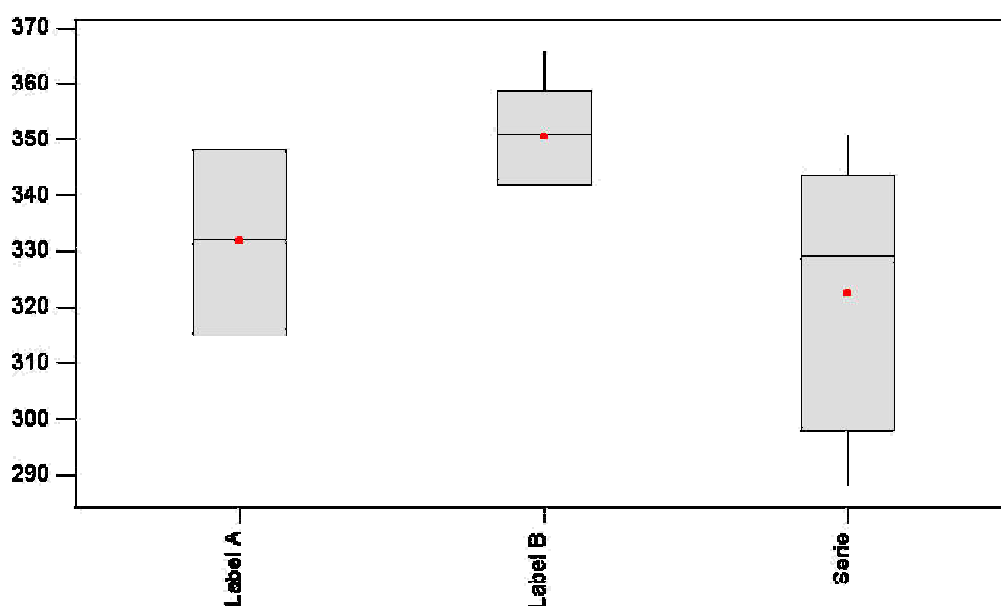


Figura 52: Resultados do ensaio *estallido* (gráf. pressão vs opção).

Tabela 5 – Comparação de resultados dos ensaios de *estallido*.

OPÇÃO	PTO	$\pm 3\sigma$
LABEL A	332	50
LABEL B	350	29
SÉRIE	322	74

Dos resultados dos ensaios de *estallido*, ver tabela 5 e fig. 52, podemos reter:

- Em todos os casos os valores de pressão máxima atingida se encontram dentro dos limites (320 ± 50 mbar);
- O caso em que o valor médio de pressão de rebentamento se aproxima mais do caso da etiqueta de série é o *Label A*, obtendo neste caso melhor dispersão de valores que a etiqueta de série. No entanto, observa-se uma ligeira tendência para valores ligeiramente mais altos, podendo ser uma circunstância a melhorar com a alteração das dimensões da etiqueta, ou mesmo mudando o tipo de corte;
- As etiquetas do *Label B* são de todas as que possuem melhor dispersão;

Com estes resultados já podemos dizer que é uma solução com viabilidade, mas com necessidade de aperfeiçoamento.

Assim sendo tomou-se como próximo passo do estudo a melhor caracterização das nossas necessidades em termos de resistência mecânica e adesão das etiquetas. Para tal utilizou-se material usado em série com pré-cortes realizados na máquina de corte laser. Este novo estudo servirá para definir melhor o produto que se pretende do fornecedor.

Embora o material que se vai utilizar esteja bem caracterizado (ver anexo 3), optou-se por realizar ensaios de tracção do material com diferentes tamanhos de pré-cortes a fim de avaliar a sua resistência. Isto porque o tipo de corte que se vai realizar para elaboração das etiquetas, com máquina de corte laser, pode alterar as características iniciais do material, principalmente na zona afectada pelo calor.

Nota: entende-se ℓ resistente como sendo a zona que não é cortada, ou seja, a zona resistente do material, fig.53.

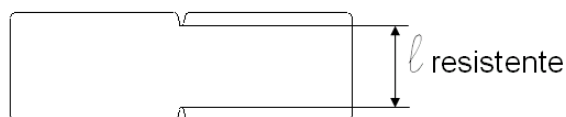


Figura 53: Planificação etiqueta.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de tracção às etiquetas.

	Força (N)		
	A	B	C
001	12,90	25,08	56,09
002	10,99	39,53	48,99
003	14,43	34,40	56,34
004	12,66	35,40	51,80
005	15,17	35,98	55,26
media	13,23	34,08	53,70
F/mm	2,65	3,41	3,58

ETIQUETA

MATERIAL: PAPEL MATE DE PASTA QUÍMICA.
GRAMAGE: 80g/m².
TEMPERATURA DE ETIQUETADO: >5°C.
TEMPERATURA MÍNIMA DE SERVIÇO: -10°C.
TEMPERATURA MÁXIMA DE SERVIÇO: +50°C.
ESPESOR: 71 micras.
RESISTÊNCIA DE ROTURA EN SENTIDO MAQUINA / SENTIDO TRANSVERSAL: 5,3/3,1 KN/m.
BLANCURA: 85%.
RUGOSIDADE: 15 ml/min Bendtsen.
OPACIDADE: 87%.
BRILLO: 78%.
RIGIDEZ EN SENTIDO DE MAQUINA / SENTIDO TRANSVERSAL: 0,25 / 0,14 Kodak.

Figura 54: Dados de etiqueta de série.

Uma vez caracterizado o material tentou-se caracterizar a força crítica a partir da qual existe a possibilidade de afectar a prestação da membrana.

Para tal, e uma vez que já temos uma ideia da resistência que o material possui, realizaram-se ensaios de *estallido* com os vários tamanhos de corte nas etiquetas.

Tabela 7 – Resultados dos ensaios de *estallido* dos provetes com etiqueta.

	Pressão [mbar]				
	AA	BB	CC	DD	EE
001	241	260	247	275	266
002	268	280	278	279	276
003	269	258	273	270	276
004	249	272	288	285	294
005	255	288	278	275	280
PTO	256,4	271,6	272,8	276,8	278,4
$\pm 3\sigma$	36	39	46	17	30

	ℓ resistente
AA	9
BB	13
CC	16
DD	19
EE	22

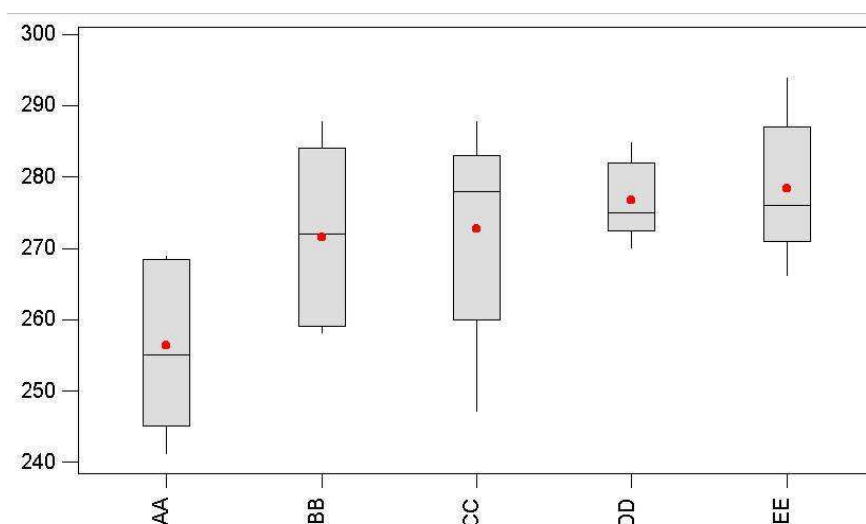


Figura 55: Representação dos resultados de *estallido*.

Destes ensaios deve reter-se:

-  Apenas na geometria ‘EE’, com ℓ resistente=21, se obteve valores de pressão superior ao limite. Isto leva a concluir que a resistência das etiquetas é reduzida, permitindo que se utilize a largura útil da etiqueta quase por completo;
-  Podemos ainda concluir que a resistência máxima com que podemos trabalhar deverá ser inferior a 60N, isto para o caso desta membrana e este diâmetro de *Venting*;
-  Deve-se ainda trabalhar a geometria/tipo de corte pois pode ter relevância para o rompimento da etiqueta, influenciando a pressão de rebentamento.

Retiradas as ilações, chegou o momento de tomar o seguinte passo. Uma vez que já temos uma ideia suficientemente concreta do limite de resistência que se deveria ter para a etiqueta, resta-nos tentar estabelecer um limite mínimo que nos garanta os resultados pretendidos da protecção. Para tal realizou-se um ensaio que consistiu em voltear o saco na fábrica, na máquina utilizada em série, com várias dimensões de pré-cortes a fim de tentar determinar a partir de que ponto a etiqueta rebentava. Este foi o ensaio realizado porque consideramos que será a operação onde a protecção será mais solicitada, tornando-se assim crítica.

Tabela 8 – Resultados dos ensaios no *volteador* dos provetes com etiqueta.

Designação	ℓ resistente (mm)	Resistência estimada (N)	Nº ensaios	Resultado	Observações
Etiqueta A	9	21	3	Rebentou	Rebentaram todas
Etiqueta B	13	30	3	Resistiu	Resistiram todas
Etiqueta C	16	37	3	Resistiu	Resistiram todas
Etiqueta D	19	44	3	Resistiu	Resistiram todas
Etiqueta E	21	49	3	Resistiu	Resistiram todas

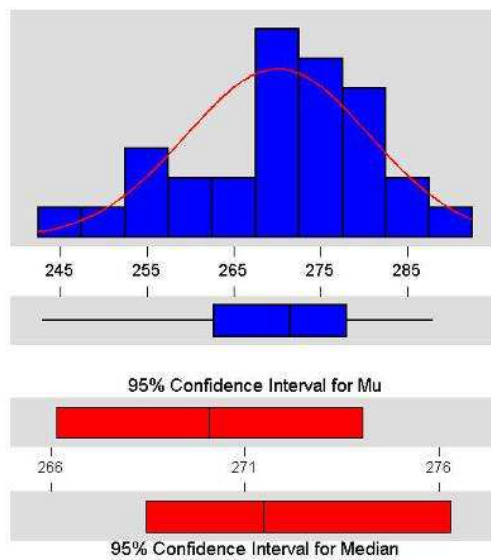
Assim sendo a força mínima necessária que se determinou necessária para manter a protecção em posição é aproximadamente 30N, contudo este valor necessita ser confirmado com uma amostragem maior para assim se inferir correctamente. De notar ainda que para se ser mais preciso seria necessário avaliar a resistência das etiquetas de uma maneira mais aprofundada para se ter mais certezas quanto à resistência real da etiqueta. Destaca-se ainda que apesar de as etiquetas resistirem sofrem bastante com o processo e apresentam alguns indícios de desgaste.

Uma vez determinado um valor de referência para a resistência que será necessária para garantir o posicionamento, definiu-se então a dimensão dos pré-cortes a realizar nas etiquetas. Assim sendo falta então realizar a validação da solução com a etiqueta definida anteriormente.

Para se realizar a validação da solução em questão realizaram-se ensaios de *estallido* e no *volteador*. Para isso ensaiaram-se 60 amostras, das quais 30 provetes para *estallido* e 30 sacos para o *volteador*. Utilizaram-se estas quantidades de amostras porque se está a falar de ensaios destrutivos, logo, para que se possa realizar uma previsão estatística válida e realista implica que se tenha uma base amostral suficientemente grande.

A configuração de etiqueta utilizada para os ensaios de validação foi a B, com um ℓ resistente de 13 mm e uma resistência à tracção de aproximadamente 30 N.

Para se obter uma base de comparação mais real realizaram-se também ensaios de *estallido* a 30 provetes sem protecção, podendo então definir o seu PTO e utiliza-lo como referência, fig.56. O resultado para o PTO obtido foi $PTO_{semprotecção}=270\pm32$ mbar.



Variable: s/ protecção

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 0,480
P-Value: 0,217

Mean 270,100
StDev 10,594
Variance 112,231
Skewness -7,1E-01
Kurtosis 0,214342
N 30

Minimum 243,000
1st Quartile 262,750
Median 271,500
3rd Quartile 278,000
Maximum 288,000

95% Confidence Interval for Mu

266,144 274,056

95% Confidence Interval for Sigma

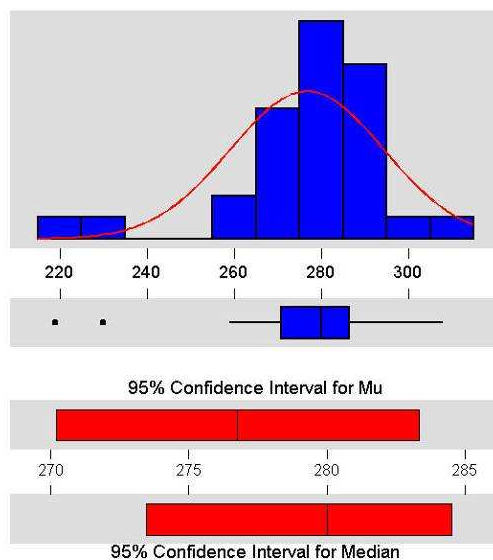
8,437 14,242

95% Confidence Interval for Median

268,457 276,314

Figura 56: PTO dos provetes sem protecção.

O resultado obtido para o PTO da fixação por etiquetas com pré-cortes foi $PTO_{etiqcortes}=277\pm 53$ mbar, fig. 57.



Variable: etiq. c/ pré

Anderson-Darling Normality Test

A-Squared: 1,467
P-Value: 0,001

Mean 276,767
StDev 17,653
Variance 311,633
Skewness -1,64588
Kurtosis 4,33627
N 30

Minimum 219,000
1st Quartile 270,750
Median 280,000
3rd Quartile 286,500
Maximum 308,000

95% Confidence Interval for Mu

270,175 283,358

95% Confidence Interval for Sigma

14,059 23,731

95% Confidence Interval for Median

273,457 284,543

Figura 57: PTO dos provetes utilizando etiquetas com pré-cortes.

De seguida temos então os resultados obtidos no *volteador* para os sacos equipados com protecção fixada por etiqueta com pré-cortes.

Tabela 9 – Descrição dos resultados obtidos no *volteador* para etiqueta com pré-cortes.

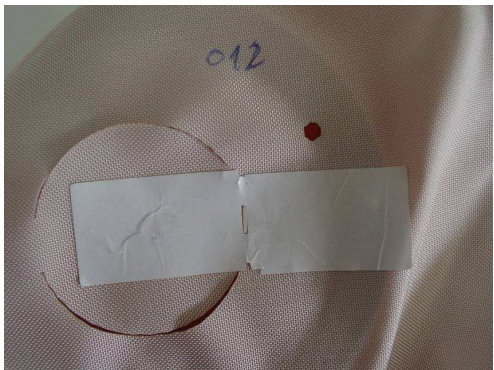
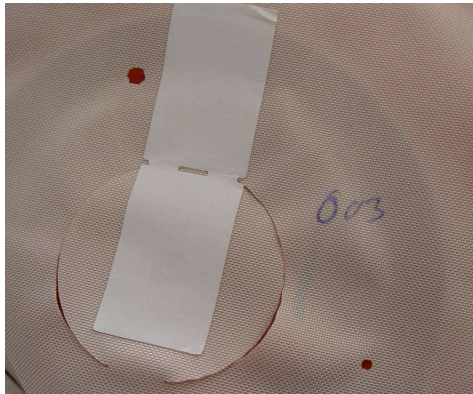
Resultados	Descrição	Imagem
Rompeu	A etiqueta rompe completamente comprometendo o funcionamento da membrana	
Rompeu ligeiramente	A etiqueta rompe ligeiramente, mas não compromete o funcionamento da membrana	
Resistiu	A etiqueta não rompe, fixando perfeitamente a protecção	

Tabela 10 – Resumo dos resultados obtidos no *volteador* para etiqueta com pré-cortes.

nº sacos	30	%
nº sacos intactos	11	36,67
nº sacos danificados	19	63,33
Rasgou parte	3	10
nº sacos com integridade da protecção	14	46,67

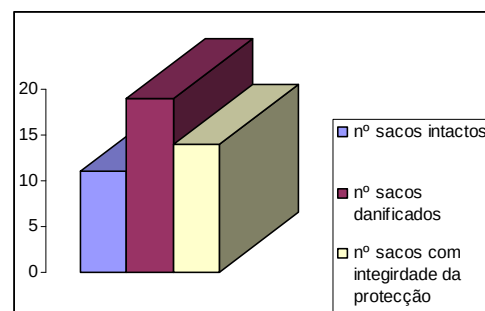


Figura 58: Gráfico tabela10.

Da tabela 10 retém-se um elevado número de sacos danificados. Destaca-se que se consideram sacos com integridade de protecção todos os casos em que não se compromete o funcionamento da protecção. Embora os resultados não tenham sido os pretendidos para a validação da opção de etiqueta, este resultado permite-nos saber que a resistência de etiqueta necessária para garantir a integridade da protecção terá um valor próximo do que temos na etiqueta utilizada.

Após uma análise mais cuidada detectou-se uma razão para os resultados obtidos. Essa razão foi uma redução da resistência por parte das etiquetas devido ao processo de colagem das mesmas. A diferença no processo do primeiro ensaio no *volteador* para este foi a temperatura do tecido aquando da colagem, ou seja, no primeiro as etiquetas foram coladas com o tecido à temperatura ambiente (“colada a frio”) enquanto no segundo as etiquetas foram coladas com o tecido quente (“colada a quente”), logo a seguir à prensagem para cura do *calandrado*.

De seguida mostra-se um pequeno estudo realizado que veio comprovar o que se descreveu anteriormente. O estudo baseou-se no ensaio de tracção a etiquetas coladas a quente e coladas a frio.

Tabela 11 – Resultados obtidos no estudo de etiquetas coladas a frio e a quente.

	Colada a frio	Colada a quente
Rm (N)	54,73	35,39
	45,39	32,8
	47,54	48,36
Média	49,22	38,85
F/mm	2,34	1,85

O resultado deste estudo veio comprovar a redução da resistência das etiquetas, nomeadamente observa-se uma redução na ordem dos 20%. Assim sendo a resistência que na realidade se tinha nas etiquetas usadas para os ensaios de validação seria de aproximadamente 26N, valor inferior ao patamar referido como mínimo, os 30N. Contudo este estudo necessitaria de ser mais aprofundado para se retirar conclusões realistas, nomeadamente utilizar mais amostras.

Como complemento realizou-se ainda um estudo relativamente ao envelhecimento das etiquetas. O ciclo de envelhecimento usado está descrito no anexo 4.

Este ensaio foi realizado a 10 amostras de etiquetas tal e qual (TQ) e 10 amostras com ciclo de envelhecimento (CE). Os resultados obtidos foram:

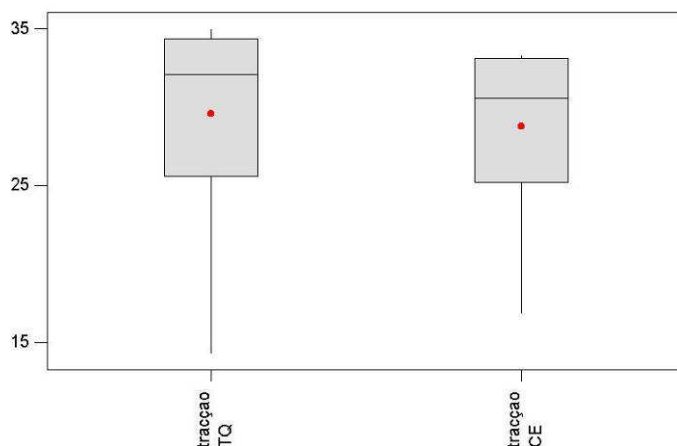


Figura 59: Ensaio de tracção de etiquetas TQ e CE.

Como se pode observar ocorreu uma ligeira redução da resistência à tracção, mas não de forma a comprometer o seu desempenho.

Embora o objectivo do estudo fosse realizar os vários ensaios às etiquetas, TQ e CE, devido a um problema durante o ciclo de envelhecimento apenas foi possível realizar os ensaios de tracção.

Outro dos parâmetros que se considerou importante estudar foi a função módulo *airbag*. Tem-se como função módulo *airbag* a área protegida pela protecção durante todo o processo módulo, ou seja, a área que se consegue resguardar mesmo que a protecção não esteja na posição correcta, como dobrada, mas não tendo a fixação nenhum problema, sem ter rompido ou descolado. Este pode ser um detalhe importante na hora de comparar as diferentes soluções. Existem dois parâmetros a ser avaliados, a área protegida (fig. 60) e a distância que a protecção levanta (fig. 61).

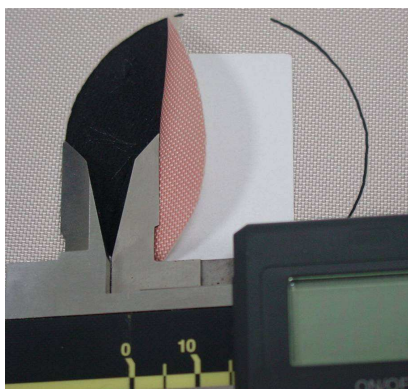


Figura 60: Parâmetro área na função módulo *airbag* para fixação de protecção com etiqueta.



Figura 61: Levantamento da pétala na fixação de protecção com etiqueta.

Este estudo permitirá avaliar qual a percentagem da membrana que a protecção protege em cada uma das soluções. Para o caso em questão a área protegida seria 55,4%, e um levantamento da pétala de 14 mm. Para o cálculo da área protegida consideramos que teria os dois lados da pétala levantados, o que seria o pior dos casos, ver fig.62.

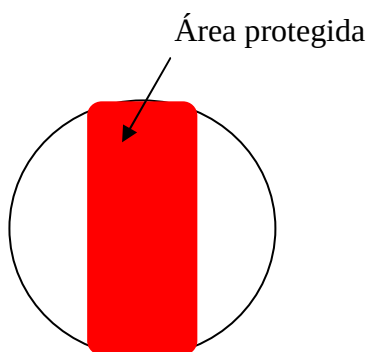


Figura 62: Esquema exemplificativo da área protegida.

5.2. PROTECÇÃO COSTURADA

A solução que se vai falar em seguida assenta, tal como já se falou anteriormente, nos mesmos princípios que a solução tratada anteriormente, ou seja, apenas se vai desenvolver a fixação da protecção e não a protecção em concreto.

Esta solução já tinha sido estudada anteriormente, o que permitiu avançar alguns dos paços iniciais. Embora o objectivo desse estudo fosse diferente do que se está a estudar os resultados que já existiam permitiram avançar algumas etapas. A seguir mostra-se um gráfico com alguns dos resultados desse estudo, nomeadamente os que trazem relevância para o projecto.

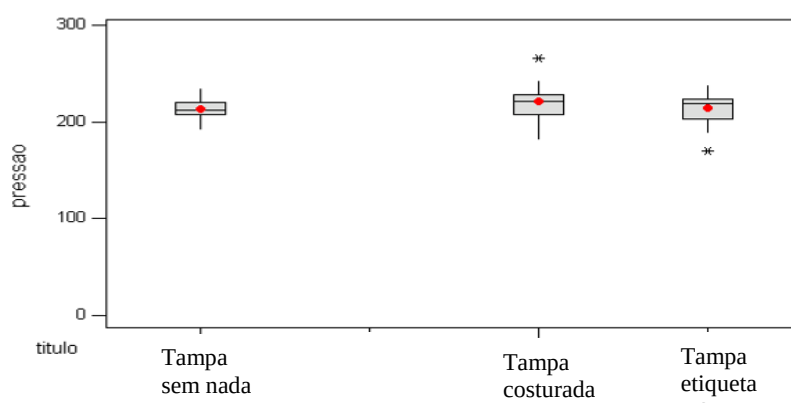


Figura 63: Resultados de *estallido* de estudo já existente.

Pode-se ver pelo gráfico da fig. 63 que os resultados obtidos são bastante animadores numa perspectiva de substituir a etiqueta pelas costuras. Visto isto, iniciou-se o trabalho por tentar industrializar o processo de costura, ou seja, durante o estudo referido anteriormente o processo de costura utilizado foi sempre manual, mas isto não seria aplicável em produção, logo é necessário realizar a ou as costuras em causa numa das máquinas de costuras industriais.

Assim sendo começou-se por realizar provetes com as costuras em questão, mas realizadas nas máquinas industriais. Neste caso os provetes serão realizados na “Mitsubishi grande”, pois consideramos que seria a mais representativa do processo industrial. Mas antes foi necessário realizar a respectiva programação das costuras e a *plantilla* de fixação, fig. 64.



Figura 64: Detalhes da *plantilla* para a Mitsubishi grande.

Contudo este processo teve alguns problemas, nomeadamente existiram problemas com a fixação dos provetes à *plantilla*, o que provocava um deslizamento do tecido e consequentemente costuras defeituosas, fig. 65. Isto aconteceu não só devido à velocidade de funcionamento da máquina, mas também ao mau funcionamento de um dos parâmetros da máquina. Uma vez que a reparação da máquina seria provavelmente morosa optou-se por fazer os provetes na “Mitsubishi pequena”, pois seria a seguinte opção mais lógica para a função que se pretende.

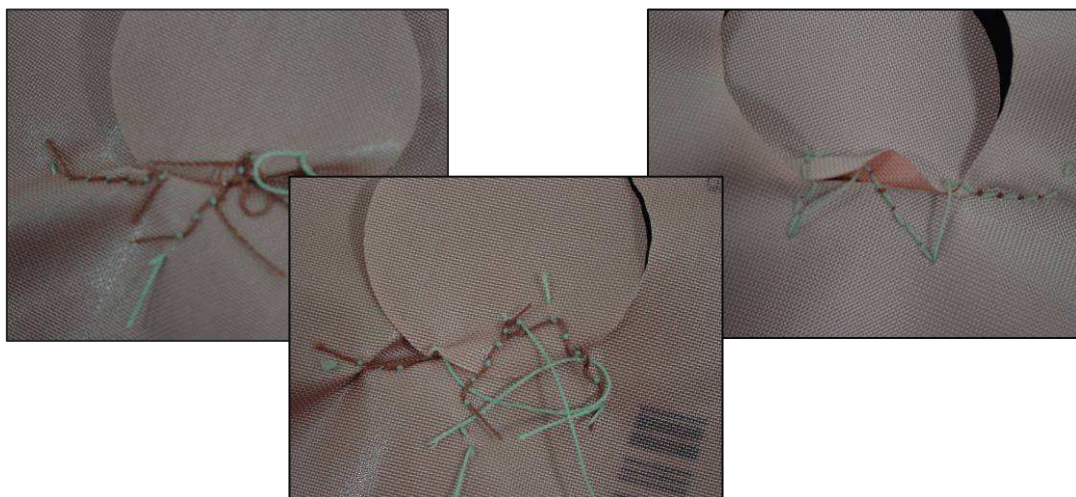


Figura 65: Provetes obtidos na “Mitsubishi grande”.

Para se trabalhar nesta máquina foi necessário realizar uma nova *plantilla* tendo o cuidado de colocar posicionadores que ajudassem a fixação dos provetes e melhorassem o processo de costura, fig.66.

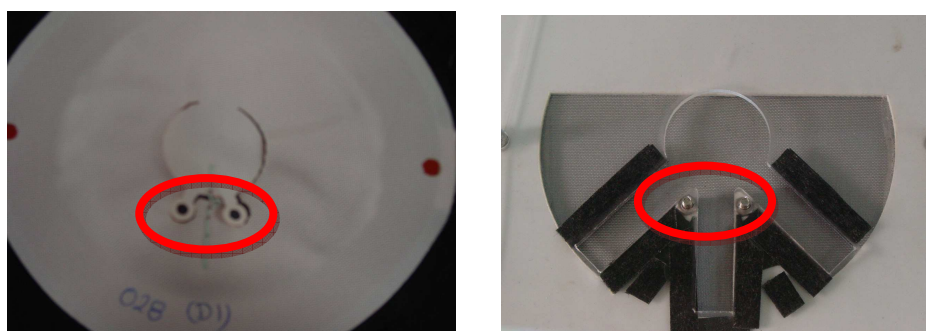


Figura 66: Posicionadores para fixação dos provetes.

Desta forma foi possível realizar os primeiros provetes funcionais, embora surgissem alguns problemas com as pontadas, principalmente com as pontadas iniciais de cada costura. Isto acontece em geral devido ao tamanho das costuras não permitir muitas falhas. Contudo considerou-se que os provetes seriam funcionais e passamos aos ensaios de *estallido* para poder comprovar as verdadeiras prestações da fixação com estas costuras.

Estes foram os resultados obtidos:

Tabela 12 – Resultados dos ensaios de *estallido* dos provetes costurados.

Provete	Ø vent.	Fio	Pontada	Nr Cost.	Pressão (mbar)				PTO	±3σ	PTO série
					A	B	C	D			
1	30	5001	20	1	529	520	514	592	538	108	376
2	30	5009	25	2	765	735	748	537	696	321	376
3	30	5011	30	3	945	732	829	914	855	287	376
4	50	5001	25	3	750	765	717	803	759	107	256
5	50	5009	30	1	238	391	352	382	341	212	256
6	50	5011	20	2	240	282	276	289	272	65	256
7	70	5001	30	2	313	208	225	230	244	141	204
8	70	5009	20	3	201	211	189	214	204	34	204
9	70	5011	25	1	208	205	209	168	197	59	204

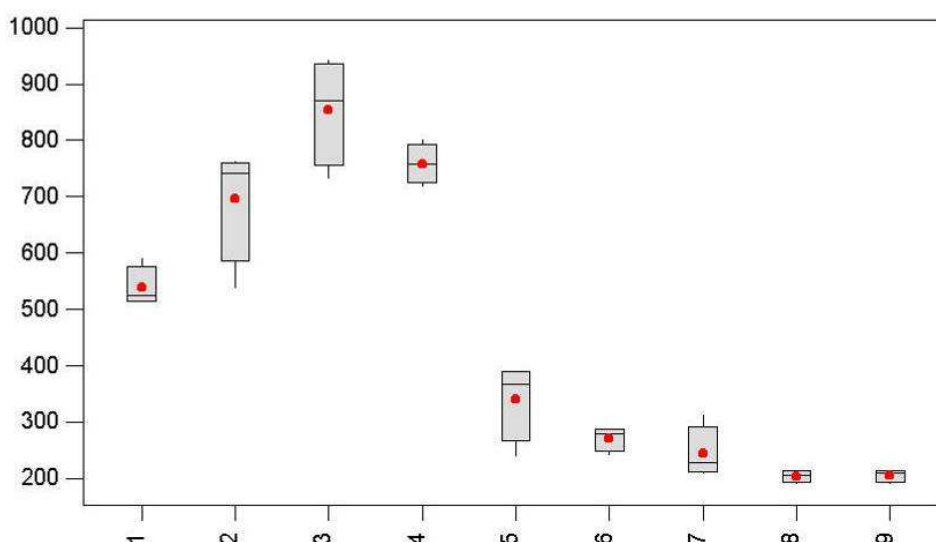


Figura 67: Representação gráfica dos resultados de protecção costurada.

Com os resultados apresentados, Fig. 67 e tabela 12, podemos ver que a protecção em causa exerce um grande efeito sobre a pressão de rebentamento da membrana. Além dos valores de pressão obtidos estarem muito acima do que se pretende em cada uma das opções, tem-se ainda valores de desvio padrão muito elevados o que induz uma fraca robustez da fixação. Além disto ainda temos os problemas, já mencionados antes, na industrialização do processo de costura da protecção.

Assim sendo optou-se por abandonar esta opção, uma vez que seria muito complicado ter uma solução viável em tão curto espaço de tempo.

5.3. PROTECÇÃO UTILIZANDO *NONWOVEN* COM CORTES

Desta feita o conceito é completamente diferente que os casos anteriores, uma vez que a ideia neste caso seria utilizar um material diferente do que se usa no saco para realizar a protecção. Isto permite-nos que se opte por um material com menor resistência mecânica, possibilitando que rebente por cortes realizados de forma a delimitar o *venting*.

Tal como já foi referido anteriormente, o material seleccionado para esta opção foi o *Nonwoven*, não só por corresponder às características mecânicas pretendidas, mas também porque este material já é utilizado pela empresa para outras aplicações.

A ficha técnica dos materiais sobre os quais se vai debruçar o estudo encontra-se no anexo 5. Apesar de já existirem estes dados técnicos do material realizaram-se alguns ensaios com o objectivo de melhor caracterizar as características mecânicas, uma vez que vão ser as características mais relevantes para a determinação das geometrias a utilizar. De salientar que estes materiais possuem resistências mecânicas diferentes para cada uma das direcções principais. No anexo 6 encontra-se também um estudo das alterações das propriedades do material com os ciclos de envelhecimento.

Para tal realizaram-se ensaios de tracção simples de provetes dos dois materiais, usando várias dimensões dos cortes e várias orientações do material.

Tabela 13 – Resultados dos ensaios de tracção dos provetes de T 050.

	Tensão de roptura (N)		Tensão media (N)		l resistente (mm)	media	N/mm
	H	V	H	V			
1	153,31	257,08	152,84	236,54	60	194,69	3,24
2	155,418	235,19					
3	145,779	231,12					
4	154,343	230,74					
5	154,732	228,59					
1	97,04	123,55	89,50	119,67	30	104,59	3,49
2	90,34	125,10					
3	86,56	112,84					
4	79,13	118,82					
5	93,8207	117,056					
1	53,44	0,00	52,77	64,09	20	58,43	2,92
2	58,3434	57,3056					
3	53,647	69,3014					
4	52,2574	65,2207					
5	46,1892	64,5347					
1	31,17	28,25	32,53	26,02	12	29,28	2,44
2	42,6889	22,9011					
3	31,1857	27,1401					
4	26,9642	23,9564					
5	30,6404	27,8437					

Dados de fábrica	V	H
Tensão de roptura (N)	2,8	1,7
media	2,25	

Resultado experimental (N)	3,023
----------------------------	-------

Tabela 14 – Resultados dos ensaios de tracção dos provetes de MMK2001.

	Tensão de ruptura (N)		Tensão média (N)		l resistente (mm)	media	N/mm
	H	V	H	V			
1	140,84	297,43	129,73	283,84	60	206,78	3,45
2	132,251	288,935					
3	122,894	296,392					
4	124,864	295,248					
5	127,784	281,196					
1	65,31	134,57	72,11	131,52	30	101,81	3,39
2	72,13	142,295					
3	74,95	134,995					
4	78,59	120,537					
5	69,58	125,181					
1	45,26	68,95	44,18	76,14	20	60,16	3,01
2	40,0677	65,132					
3	43,8206	87,3468					
4	45,861	80,1706					
5	46,2765	79,1152					
1	30,73	20,76	31,17	28,02	12	29,59	2,47
2	33,4717	29,1097					
3	27,2629	33,2607					
4	30,3233	35,4418					
5	34,0521	21,5113					

Dados de fábrica	V	H
tensão de rotura (N)	3	1,2
média	2,1	

Resultado experimental (N)	3,08
----------------------------	------

Uma vez caracterizado o material já se pode ter uma ideia aproximada das dimensões dos cortes a realizar nos diferentes materiais. Assim definiram-se algumas geometrias para os primeiros ensaios de *estallido* utilizando os dois tecidos. A intenção com estes ensaios é ter uma primeira perspectiva do funcionamento deste tipo de protecção e do comportamento do material. Na figura 68 mostra-se as configurações utilizadas para os cortes do *Nonwoven*. Todos os valores de PTO são comparados com provetes sem protecção, $PTO_{\text{série}} = 264 \pm 24$ mbar.

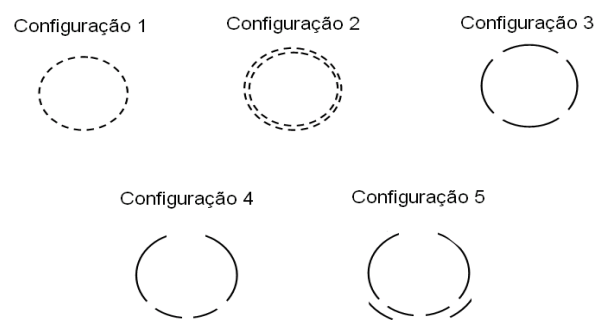
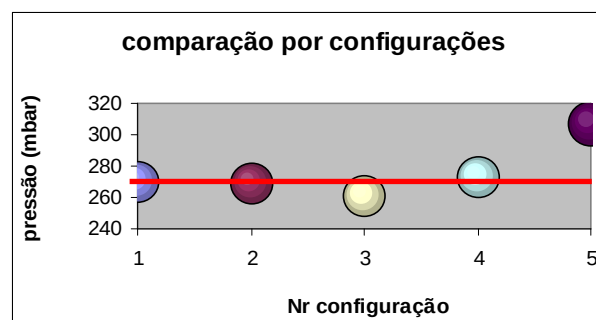

Figura 68: Configurações utilizadas para os cortes do *Nonwoven*.


Figura 69: Resultado geral das configurações.

Tabela 15 – Resultados dos ensaios de *estallido* dos dois materiais.

T 050			MMK2001		
conf.	PTO	$\pm 3\sigma$	conf.	PTO	$\pm 3\sigma$
1	270	20	1	270	31
2	269	24	2	260	32
3	261	35	3	264	22
4	273	56	4	271	22
5	308	96	5	277	15

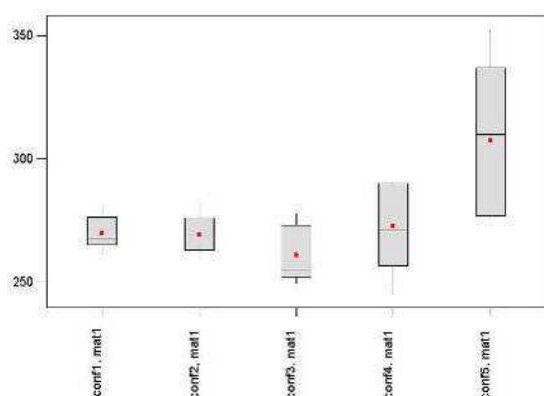


Figura 70: Gráfico comparativo das 5 configurações do material T 050.

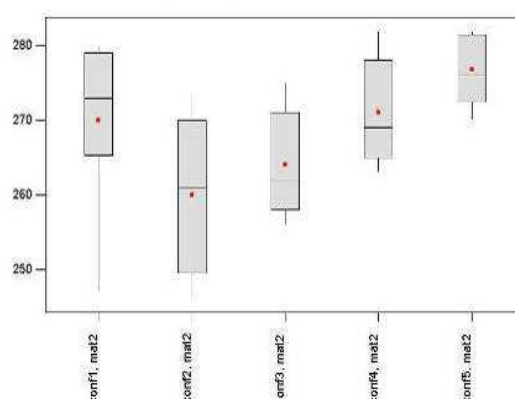


Figura 71: Gráfico comparativo das 5 configurações do material MMK2001.

Uma vez analisados estes resultados seleccionaram-se as configurações que se consideraram mais relevantes, sublinhadas a azul na tabela 15. Esta selecção teve como parâmetros principais não só os valores de PTO e de desvio padrão mas também a simplicidade do corte da configuração uma vez que vai ter influência directa no custo da peça. Apresenta-se ainda a comparação dos resultados de cada uma das configurações anteriormente faladas com os valores de série.

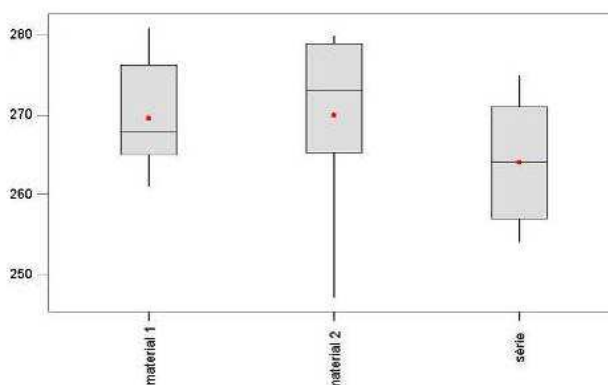


Figura 72: Gráfico comparativo da configuração 1 dos dois materiais.

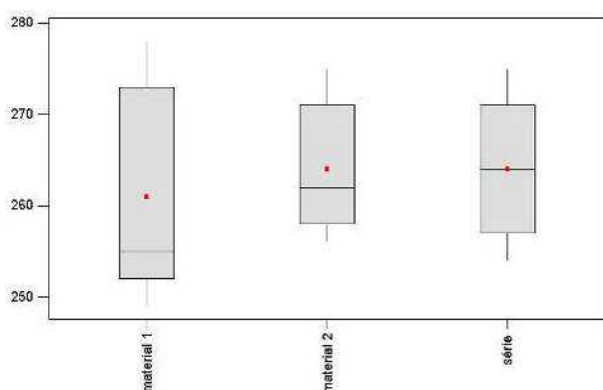


Figura 73: Gráfico comparativo da configuração 3 dos dois materiais.

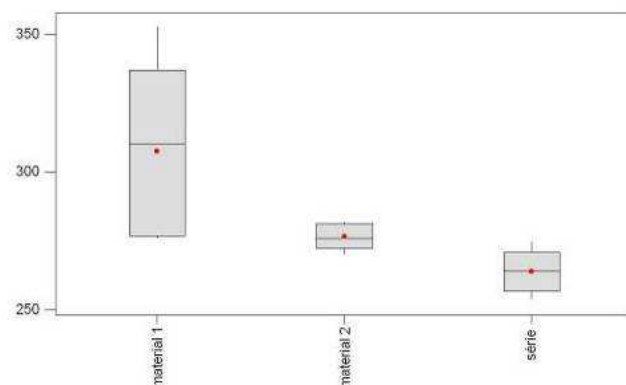


Figura 74: Gráfico comparativo da configuração 5 dos dois materiais.

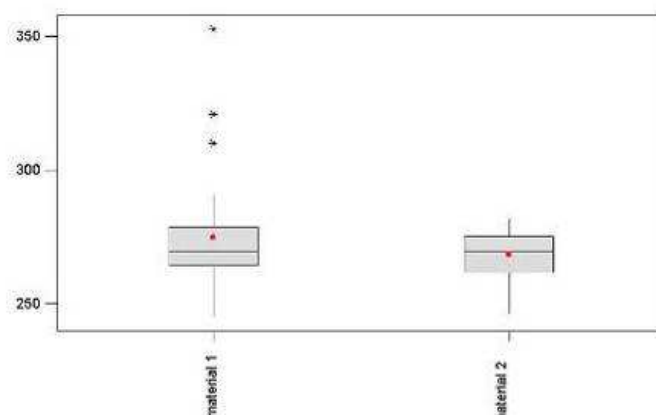


Figura 75: Gráfico comparativo entre os dois materiais.

Da análise deste comparativo entre os dois materiais e entre as diferentes configurações deve reter-se:

- Com exceção de dois provetes do material 1 (T050) - configuração 5 em que obtiveram valores de PTO acima dos limites da especificação, em todos os restantes se obtiveram-se valores dentro da especificação (264 ± 24 mbar);
- De destacar que obtivemos boas dispersões para os dois materiais, especialmente para as algumas configurações;
- Uma das grandes limitações encontradas é que apenas um dos materiais (o MMK2001) suporta a temperatura atingida ($180\text{ }^{\circ}\text{C}$) na prensa onde se realiza a cura do calandrado;

Tal como no caso da protecção utilizando etiquetas com pré-cortes também desta feita se realizaram os ensaios para validação da solução, usando igualmente as 30 amostras para cada um dos ensaios.

Assim sendo o resultado obtido nos ensaios de *estallido* para o PTO da protecção utilizando o *Nonwoven* foi $PTO_{Nonwoven}=284\pm52$ mbar, fig. 76. No entanto existe um dos resultados obtidos que se considerou um pouco descabido e que deve estar relacionado com defeito não detectado. Se se ignorar esse valor o PTO seria então $PTO_{Nonwoven}=282\pm44$ mbar, fig.77.

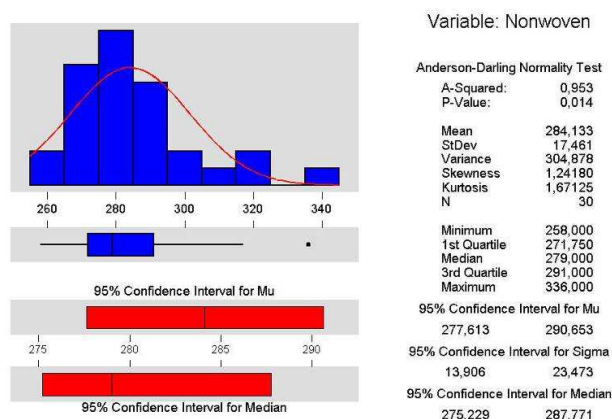


Figura 76: PTO do *Nonwoven*.

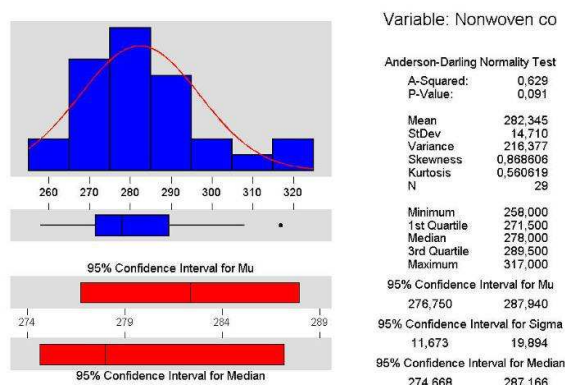


Figura 77: PTO do *Nonwoven* com correcção.

Tabela 16 – Descrição dos resultados obtidos no *volteador* a protecção com *Nonwoven*.

Resultados	Descrição	Imagem
Não danificado ou intacto	A protecção não apresenta qualquer dano visível	
Rompeu um ponto de fixação	Rompeu um dos pontos de fixação, não comprometendo a integridade da protecção	

Tabela 17 – Resumo dos resultados obtidos no *volteador* para *Nonwoven* com cortes.

nº sacos	30	%
nº sacos intactos	29	96,67
nº sacos danificados	1	3,33
Rompeu 1 ponto	1	3,33
nº sacos com integridade da protecção	30	100

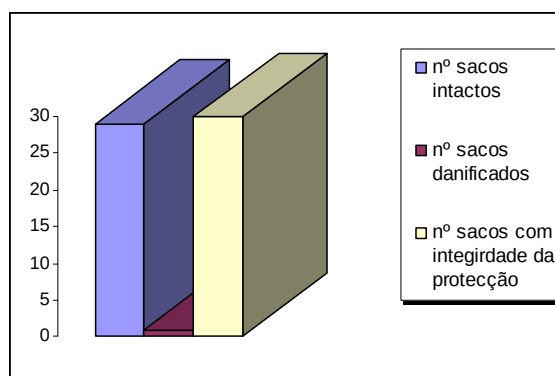


Figura 78: Gráfico tabela 17.

A observação dos resultados, discriminados na tabela 17, depreende-se que este tipo de protecção tem uma elevada robustez. Isto porque se obteve uma fiabilidade de 100% no que respeita a integridade da protecção da membrana.

Tal como no caso da protecção utilizando etiqueta com pré-cortes, estudou-se a função módulo *airbag* desta solução. Registou-se, tal como já se havia feito antes, a área protegida (fig. 79), contudo não se mediu o levantamento porque considerou-se não ser um parâmetro aplicável nesta solução uma vez que o material é demasiado macio e dobra facilmente.


Figura 79: Avaliação da área na função módulo *airbag* para protecção com *Nonwoven*.

Para este caso obteve-se uma área protegida de 69,4%. Para o cálculo da área protegida consideramos que teria os dois lados com o corte maior levantados, o que seria o pior dos casos. Isto corresponderia a ter como área desprotegida o dobro da área que se observa desprotegida na figura 79.

5.4. PROTECÇÃO UTILIZANDO O TECIDO DO SACO COM CORTES

O conceito desta ideia seria então utilizar o próprio tecido utilizado no saco para proteger a membrana, tal como já acontecia em soluções descritas anteriormente, mas desta feita a fixação da porção de tecido é feita por pequenas porções de tecido que não são cortadas.

Se observarmos as características do tecido, para o caso estudou-se um tecido em específico embora se pretenda que a solução seja para aplicar em qualquer dos tecidos utilizados (ver anexo 7), rapidamente nos apercebemos que a resistência do tecido é demasiado elevada para rebentar apenas com a expansão da membrana. Assim sendo a opção passaria por não ser os fios em si que realizam a fixação mas a força realizada pela teia dos fios, ou seja, os fios estarão na realidade cortados mas a força exercida pelo entrelaçado dos fios é que o segura passando assim a “deslizarem”, fig.80.

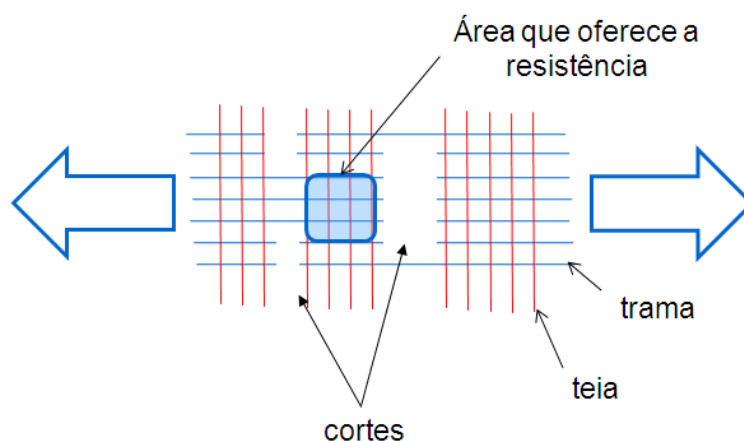


Figura 80: Exemplificação do funcionamento dos pontos de fixação da protecção.

Posto isto a primeira abordagem consistiu então em realizar provetes com várias geometrias de cortes a fim de tentar avaliar qual a geometria potencialmente mais favorável. Assim sendo as primeiras geometrias que se utilizaram foram:

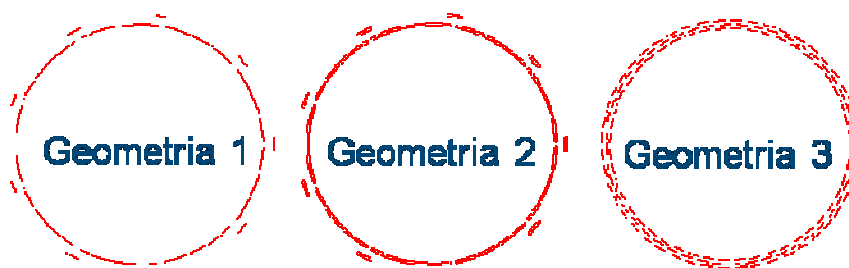


Figura 81: Geometrias utilizadas nos provetes de tecido com cortes.

Tabela 18 – Resultados de *estallido* das primeiras 3 geometrias de tecido com cortes.

Geometria	PTO	$\pm 3\sigma$
1	586	78
2	918	183
3	632	105

Analizados os resultados e os provetes detectaram-se os primeiros problemas que seriam garantir que os fios à teia e à trama se encontravam realmente cortados, caso que não acontecia nos provetes anteriores. Isso levou então a que se realizassem alguns ajustes nas geometrias para assim se poder voltar a ensaiar, nomeadamente optou-se por uma das configurações para se realizar os ajustes. Na fig. 82 podemos ver, a vermelho, a configuração 2 e os ajustes realizados, a verde.

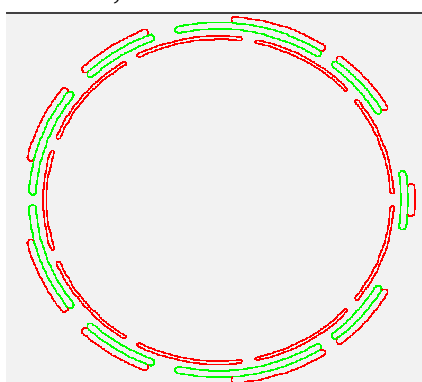


Figura 82: Configuração 4 – conf.2 com os ajustes.

A fim de precaver futuros problemas optou-se por cortar já provetes com várias orientações e assim analisar a influência deste parâmetro (neste caso 0, 10, 22.5, 30 e 45 graus).

Tabela 19 – Resultados dos ensaios de *estallido* da configuração 4 do tecido com cortes.

Geometria	PTO	$\pm 3\sigma$
0 graus	256	51
10 graus	265	39
22.5 graus	270	42
30 graus	277	27
45 graus	275	6

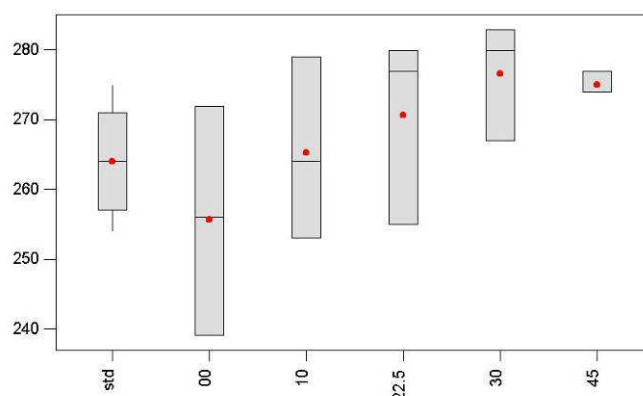


Figura 83: Gráfico com os resultados da tabela 19.

Embora os resultados obtidos fossem desta feita satisfatórios, mesmo quando se utilizou uma orientação diferente de 0°, tentou-se encontrar uma geometria aplicável em qualquer orientação e que esta fosse menos complexa que a anterior pois, como já se viu anteriormente, isto implica um aumento considerável no tempo de corte e consequentemente no preço de peça. A geometria que se desenvolveu foi a da fig.84.

A principal diferença para a geometria anterior foi realizar os cortes interiores em intervalos de 45 graus (1). Assim cada vez que a orientação do tecido é rodada 45° será igual à geometria a 0°.

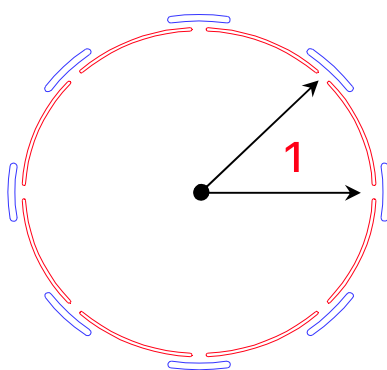


Figura 84: Geometria 5 de tecido com cortes.

Os resultados obtidos com esta nova geometria foram:

Tabela 20 – Resultados dos ensaios de *estallido* com a geometria 5.

Geometria	PTO	$\pm 3\sigma$
0 graus	273	30
10 graus	270	27
22.5 graus	262	54
30 graus	261	39
45 graus	= 0°	---

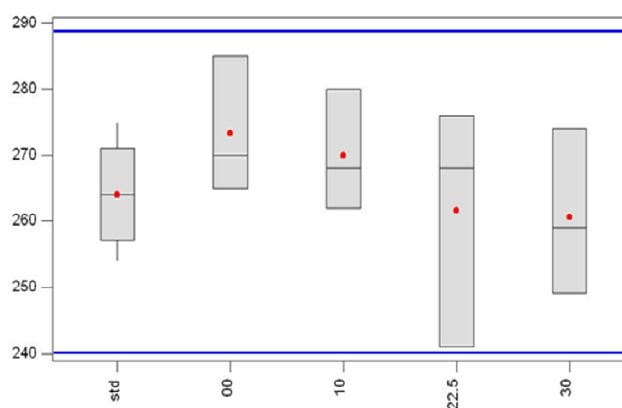


Figura 85: Gráfico com os resultados da tabela 20.

O passo seguinte foi requisitar à fábrica o corte dos provetes com a geometria anterior a fim de avaliar alguns possíveis problemas na industrialização, nomeadamente se existiriam problemas no corte, e no caso de existirem, se afectariam a prestação da membrana.

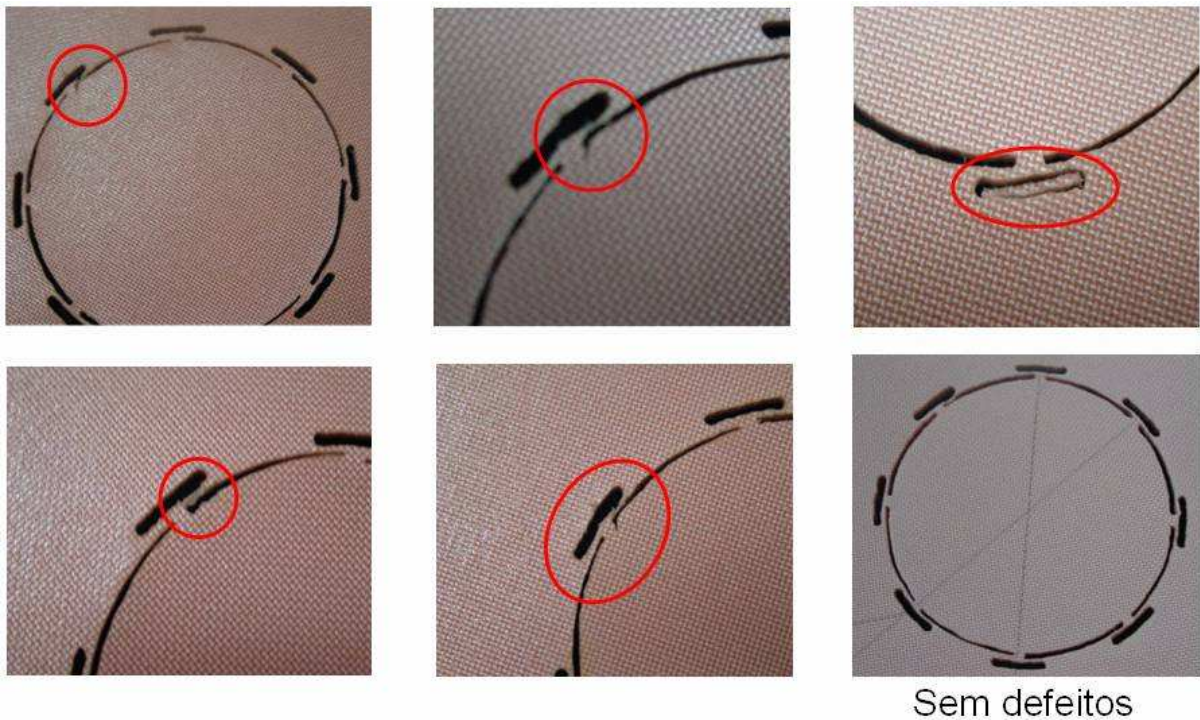


Figura 86: Problemas no corte da protecção de tecidos com cortes.

Como se pode ver pela figura 86, detectaram-se vários problemas no corte da protecção. A origem da generalidade dos problemas detectados deve-se a:

- Velocidade de corte da máquina ser elevada levando a algumas imperfeições no corte, principalmente porque são cortes pequenos;
- Potência do laser, uma vez que a máquina de corte em questão corta 20 camadas de tecido de cada vez, ou seja, a potência de corte do laser é necessariamente muito superior à da máquina de corte que se usa no I+D, que apenas corta uma camada de cada vez. Com esta potência de laser o “traço” realizado pela máquina é mais grosso, tornado-se muito complicado cumprir as tolerâncias exigidas pela geometria;
- Erros entre as camadas devido a algum enrugamento na deposição das camadas pelo sistema de alimentação automático, criando assim alguns defeitos, ver fig.87.

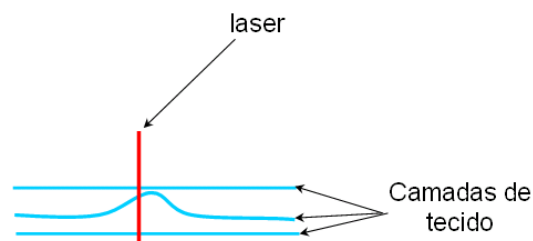


Figura 87: Esquema explicativo de problema no corte.

Na tentativa de chegar a uma geometria processável pela máquina de corte em questão realizaram-se variadas geometrias, com vários reajustes mas que não se considera relevante estar a mostrar todas. Assim sendo destaca-se uma delas, fig.88.

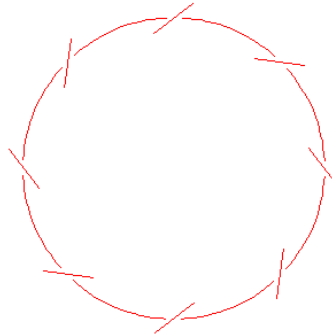


Figura 88: Geometria 6 de tecido com cortes.

Esta opção tem uma aproximação diferente na realização dos cortes. A solução seria então deixar de ter os cortes na periferia do corte do *venting* e passar a realizar os cortes cruzando a linha do *venting*.

Esta solução foi ensaiada na máquina de ‘estallido’, com provetes cortados na nossa máquina de corte, variando o número de cortes.



Figura 89: Ensaio de *estallido* da geometria 6 de tecido com cortes.

Tabela 21 – Resultados dos ensaios de *estallido* com a geometria 6.

Geometria	PTO	$\pm 3\sigma$
B (8 cortes)	263	11
C (16cortes)	266	30

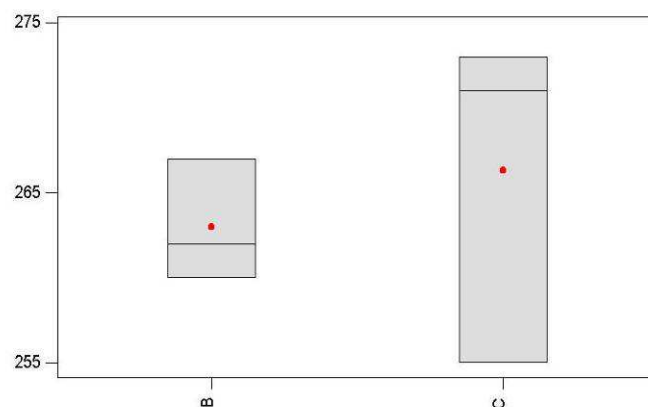


Figura 90: Gráfico com os resultados da tabela 21.

Apesar destes resultados serem muito animadores constatou-se que o problema poderia não estar resolvido por completo, porque esta opção só era 100% funcional se garantirmos que a orientação do tecido se encontra em volta dos 0°, o que poderia trazer problemas para a industrialização, tanto em termos de corte como dificuldade na verificação.

Surgiu ainda outro problema que seria a dificuldade de aplicação desta opção e mesmo das anteriores em tecidos com diferente densidade à trama e à teia, que tornaria esta opção ainda mais limitativa.

Apesar disto esta é uma opção funcional e que poderá ser estudada e aplicada noutros casos.

Na tentativa de resolver os problemas encontrados até este momento, tanto os de industrialização com os causados pelas características dos tecidos, criou-se então uma nova aproximação da solução em questão.

Esta solução seria deslocar os pontos de fixação para a zona central, ou seja, os pontos de fixação da porção de tecido que realiza a protecção deixam de estar na periferia onde se delimita o *venting*, passando a estar na zona central, ver fig. 91.

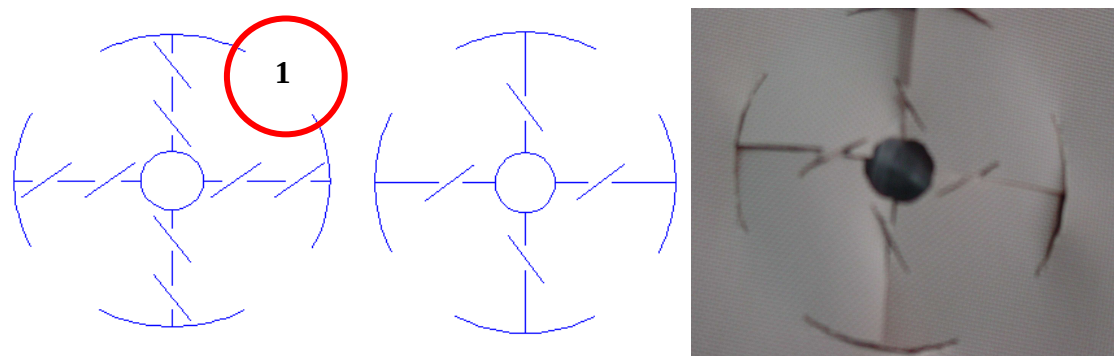


Figura 91: Geometria 7 de tecido com cortes.

Com esta ideia resolveríamos os problemas de corte, uma vez que são cortes simples, de densidades e orientação de tecido, uma vez que seria fácil de posicionar com a orientação mais favorável.

Contudo esta ideia precisava ser mais trabalhada, não só quanto ao número de cortes mas também quanto à dimensão da zona de fixação, ver 1 figura 91.

Realizaram-se então provetes com várias configurações para se poder avaliar os pormenores descritos. Na figura 92 mostra-se as configurações que se ensaiaram, e como se pode observar nas primeiras três variou-se a zona de fixação, e nos restantes variaram-se o número de cortes e a distribuição destes.

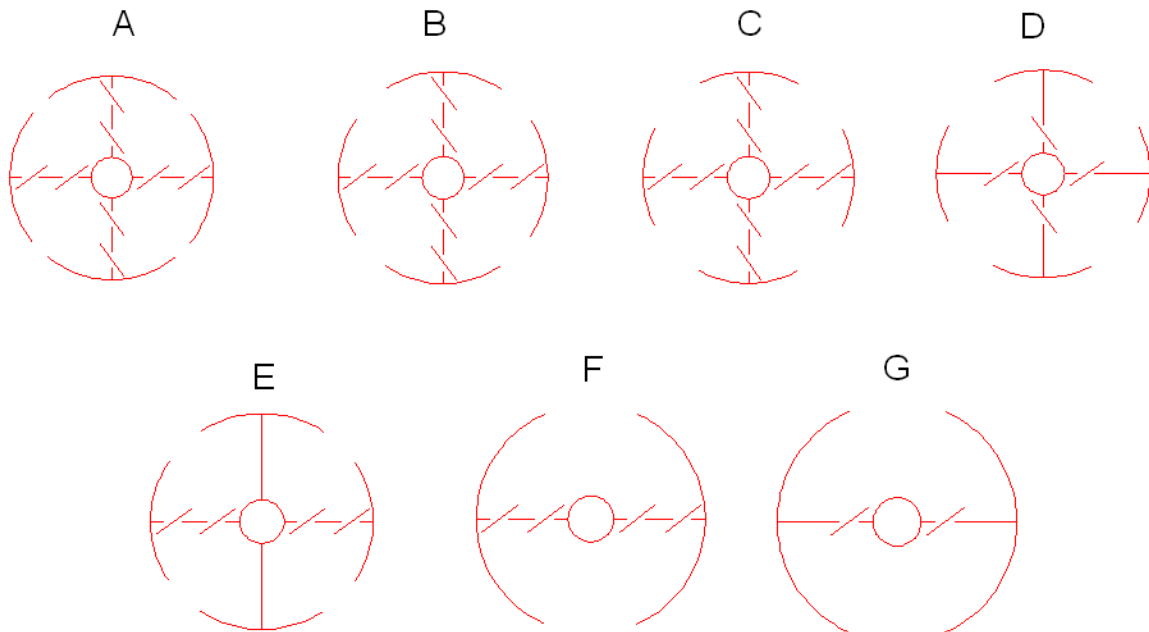


Figura 92: Geometria 7 de tecido com cortes, várias configurações de ensaio.

Tabela 22 – Resultados dos ensaios de *estallido* com a geometria 7.

Geometria	PTO	$\pm 3\sigma$
A	267	24
B	257	8
C	267	67.5
D	266	20
E	260	33
F	264	55
G	266	12

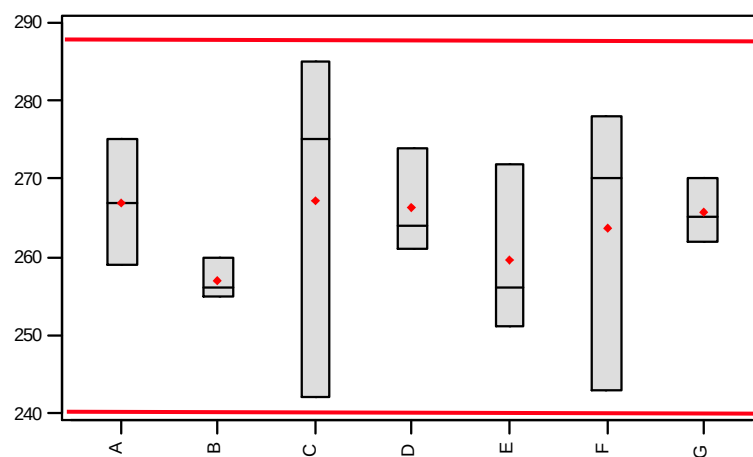


Figura 93: Gráfico com os resultados da tabela 22.

A solução que se considerou melhor foi a ‘D’ porque se entendeu que oferecia o melhor compromisso entre prestação e protecção. Além disso considera-se uma geometria favorável uma vez que é simples em termos de corte, de fácil orientação no painel devido a geometria e de fácil verificação de qualidade do corte.

E por último realizou-se a validação da solução, tal como nos casos anteriores, realizando os ensaios de *volteado* e *estallido*. Assim sendo o resultado obtido para o PTO da protecção de tecido com cortes foi $PTO_{tecortes}=268\pm 38$ mbar, fig.94.

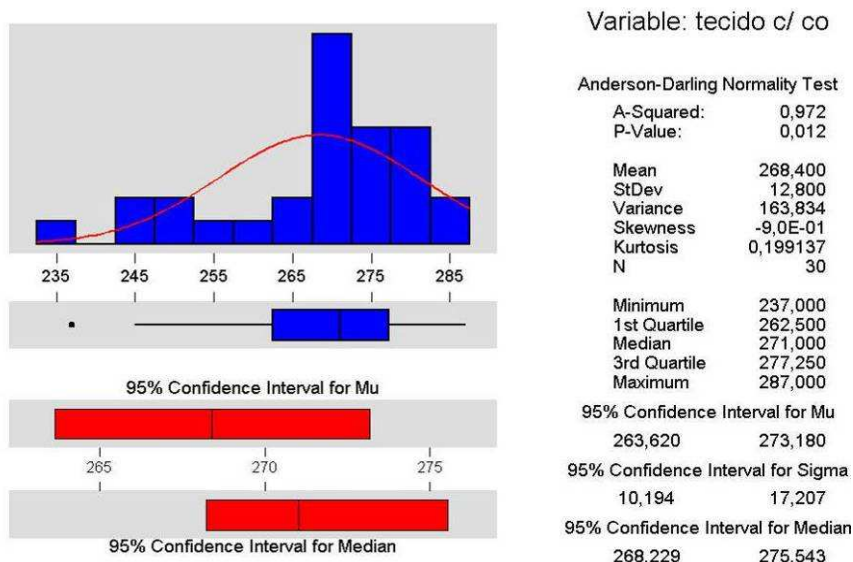
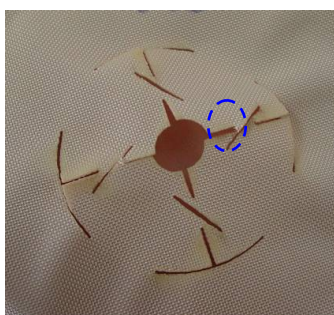


Figura 94: PTO de protecção de tecido com cortes.

Tabela 23 – Descrição dos resultados do *volteador* utilizando protecção de tecido com cortes.

Resultados	Descrição	Imagem
Não danificado ou intacto	A protecção não apresenta qualquer dano visível	
Rompeu um ponto de fixação	Rompeu um dos pontos de fixação, não comprometendo a integridade da protecção	

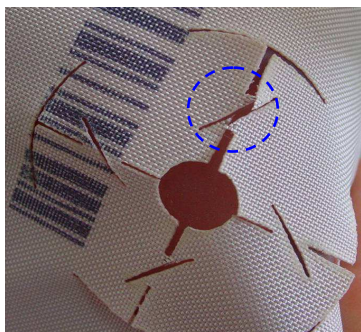
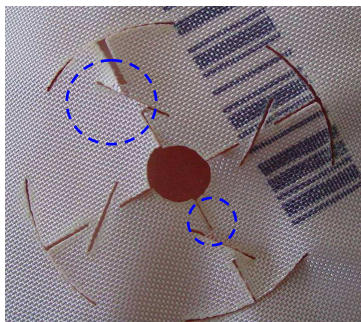
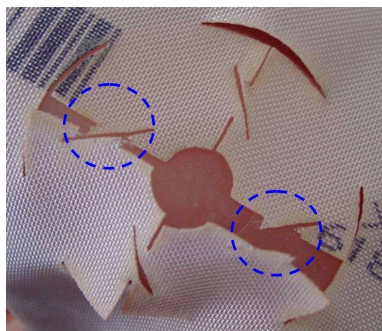
Resultados	Descrição	Imagem
Romperam dois pontos de fixação	Romperam dois dos pontos de fixação, no entanto considera-se que não compromete a integridade da protecção	
Romperam três pontos de fixação	Romperam três dos pontos de fixação, no entanto considera-se que não compromete a integridade da protecção	
Romperam quatro pontos de fixação	Romperam quatro dos pontos de fixação, considera-se então que compromete a integridade da protecção	

Tabela 24 – Resumo dos resultados obtidos no *volteador* utilizando tecido com cortes.

nº sacos	30	%
nº sacos intactos	24	80
nº sacos danificados	6	20
danificados em 4 pontos	1	3,33
danificados em 3 pontos	1	3,33
danificados em 2 pontos	2	6,67
danificados em 1 ponto	2	6,67
nº sacos com integridade da protecção	29	96,67

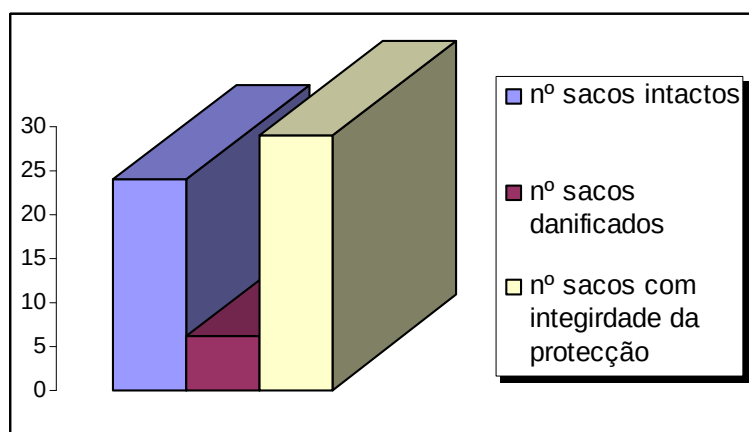


Figura 95: Gráfico tabela 24.

A observação destes resultados permite dizer que esta será mais uma solução robusta uma vez que nesta amostragem obteve-se 97% de sacos com integridade de protecção.

Além disso, durante a realização das amostras para a validação foi possível verificar se estariam resolvidos os problemas de corte da geometria na máquina de 20 camadas. Para o efeito foram cortados 280 provetes, nos quais apenas se detectou uma protecção com um dos pontos danificado, sendo por isso um caso pontual que não afectaria a integridade da protecção. Esse caso pode ser visto na figura 96. Outro aspecto detectado, mas que não se considera que constituía algum problema, foi a diferença entre a largura do “traço” de corte na primeira (figura 97 à esquerda) e na última camadas (figura 97 à direita).

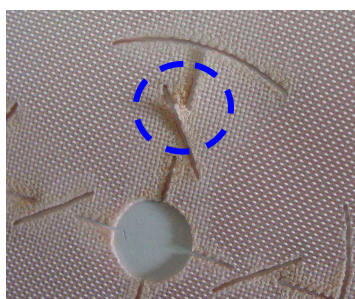


Figura 96: Caso pontual de defeito.

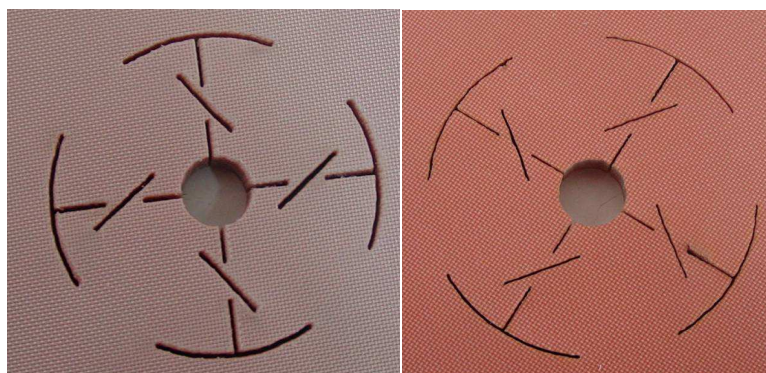


Figura 97: Diferenças de corte entre 1ª e última camada.

No caso desta solução a avaliação da função módulo *airbag* foi estudada de uma maneira um pouco diferente das anteriores uma vez que nos estudos anteriores a área desprotegida resumia-se há soma de duas áreas maiores, enquanto neste caso seria uma soma de várias pequenas áreas. Este detalhe constitui uma vantagem para este tipo de protecção uma vez que a probabilidade de estas áreas estarem todas desprotegidas é muito reduzida, contudo esse foi o caso considerado para a avaliação uma vez que se tem considerado sempre o pior caso, fig. 98.

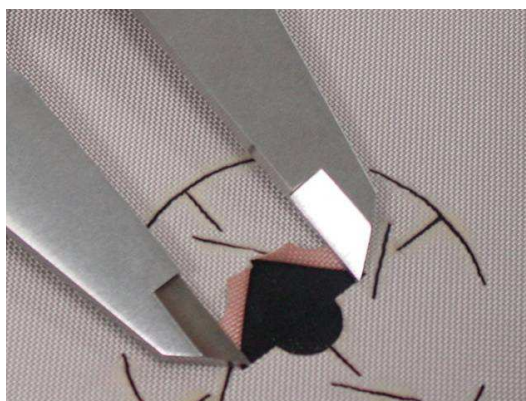


Figura 98: Avaliação da área na função módulo *airbag* para protecção utilizando tecido com cortes.

Para este caso obteve-se uma área protegida de 66,5% e um levantamento do tecido cortado de 8,5 mm, fig.99. Para o cálculo da área protegida considera todas as zonas, possíveis, levantadas, o que seria o pior dos casos.

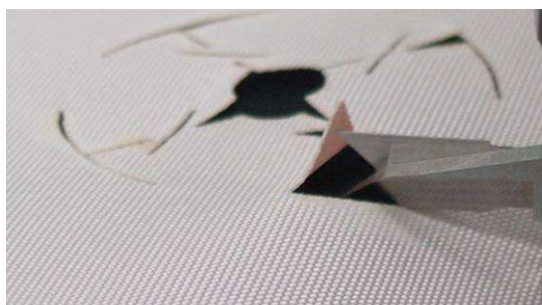


Figura 99: Levantamento na função módulo *airbag* para protecção utilizando tecido com cortes.

No caso de se terem rebentado 4 pontos de fixação a área de protegida reduz-se para os 52.12%, ver fig. 100.



Figura 100: Avaliação de área protegida.

6. ANÁLISE GERAL E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Vistas cada uma das soluções em pormenor, incluindo as evoluções necessárias resta-nos agora comparar as vantagens e desvantagens de cada uma das soluções obtidas.

Para se facilitar a análise comparativa das soluções realizou-se uma tabela resumo com os parâmetros mais relevantes.

Tabela 25 – Resumo dos resultados para comparação de soluções.

Solução	Solução actual	Etiqueta com pré-cortes	Protecção com <i>Nonwoven</i>	Protecção utilizando tecido com cortes
Descrição	Porção de tecido+etiqueta que descola	Porção de tecido+etiqueta que rompe	Porção de <i>Nonwoven</i> cosido deixando pontos de fixação	Porção do próprio tecido com cortes deixando pontos de fixação
Função saco estallido (dispersão $\pm 3\sigma$)	PTO=270 $\pm$ 32 mbar (PTO sem protecção)	PTO=277 $\pm$ 53 mbar	PTO=282 $\pm$ 44 mbar	PTO=268 $\pm$ 38 mbar
Processo de corte	---	Etiqueta adquirida já cortada	Peça adquirida já pronta	Definir critérios de qualidade devido a geometria complexa
Processo volteado	Alguns problemas já registados em série	Integridade da protecção de 50%, mas com possível melhoria	Integridade de protecção de 100%	Integridade de protecção de 97%
Função módulo <i>airbag</i>	Pior dos casos terá 43,7% da membrana protegida e 15 mm de levantamento	Pior dos casos terá 55,4% da membrana protegida e 14 mm de levantamento	Pior dos casos terá 69,4% da membrana protegida	Pior dos casos terá 66,5% da membrana protegida e 8,5 mm de levantamento
Envelhecimento	Problemas do adesivo com o envelhecimento	Necessidade de verificação das propriedades com o envelhecimento	Redução da resistência à tracção com envelhecimento térmico	Material bem conhecido e caracterizado
Custo	---	Aumento do custo de 0,15%	Aumento do custo de 32,84%	Redução de custo de 0,03%
Observações	Solução processável e existente em série	Melhoramento do PTO caso se ajuste a resistência da etiqueta. Substitui facilmente a solução em série	Melhoramento do custo com a utilização da opção bolacha ou membrana cosida	Solução facilmente aplicável a qualquer diâmetro de <i>venting</i>

Uma vez resumidas as características principais de cada uma das soluções resta agora comparar cada um dos pontos essenciais a fim de definir mais precisamente qual ou quais as soluções mais vantajosas. Para isso devemos ter em conta cada ponto, dando-lhe a respectiva importância.

Um dos pontos cruciais que se analisou foi o PTO de cada uma das soluções, pois este vai ser determinante na prestação final do saco, logo essencial. No que respeita a este parâmetro não restam dúvidas que a solução que teve melhor prestação foi o tecido com cortes. Contudo deve-se destacar que a solução de etiqueta com pré-cortes pode ser facilmente melhorada, sendo para isso necessário realizar-se um estudo mais detalhado desta opção, preferencialmente em conjunto com o próprio fornecedor das etiquetas, fig.101.

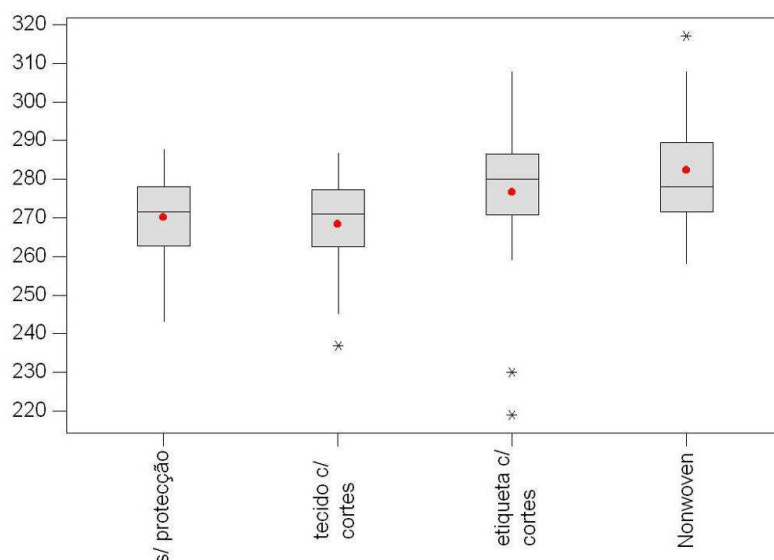


Figura 101: Comparação dos PTO de cada solução.

Para as soluções estudadas a única que pode trazer alguns problemas em termos de corte é a opção de tecido com cortes, uma vez que as restantes são adquiridas a fornecedores.

Provavelmente com o aperfeiçoamento da etiqueta seria possível melhorar a integridade da protecção. Quanto às restantes soluções observou-se a integridade pretendida, ou seja, o mais perto possível dos 100%. De destacar ainda que, no caso da solução de tecido com cortes, além de se obter uma integridade de 97%, existe a possibilidade de perder alguns pontos de fixação sem perder integridade, além de ser a solução em que a probabilidade de se levantar parte da protecção é menor.

Na questão do envelhecimento, muito importante na indústria automóvel, existe necessidade de se realizar um estudo mais aprofundado. Isto porque os estudos existentes estão vocacionados para a utilização destes materiais noutro tipo de aplicações. No entanto tentou-se aproveitá-los para o caso em questão. Apenas no caso do tecido, material bem conhecido e bem definido, não existem prognósticos de possíveis problemas devido ao envelhecimento.

Quanto aos custos, parâmetro essencial no processo de selecção da solução, a única opção em que se observa uma redução do preço é o tecido com cortes, embora seja uma redução muito pequena. Nas restantes soluções existe sempre aumento de preço em relação à solução actual, contudo, no caso das etiquetas com pré-cortes, esse aumento é muito pequeno. Para o caso do *Nonwoven* o aumento do preço, que é elevado, pode ser reduzido se for utilizada a opção de “bolacha” (utilizada em sacos sem silicone para colar a membrana, sendo posteriormente cosida ao saco) ou em opções de membrana cosida.

7. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS

7.1. CONCLUSÕES

A realização deste estágio tinha fundamentalmente como objectivo o estudo de novos conceitos de saída de gás no saco *airbag*, nomeadamente o estudo e validação de soluções robustas, industrializáveis e economicamente viáveis para protecção de membrana. Fazendo então a análise do trabalho efectuado e comparando-o com os objectivos traçados no início da realização do Projecto, conclui-se que os resultados foram os pretendidos. Isto porque foi possível chegar a mais que uma solução funcional e aplicável.

No caso de se pretender a substituição imediata do componente de série a solução que se considera mais apropriada seria a utilização da etiqueta com pré-cortes. Isto porque seria uma substituição sem implicações em termos de industrialização, uma vez que a única diferença para a configuração em série seria a utilização de outra etiqueta. Essa aplicação precisaria de algum aperfeiçoamento tendo em vista o melhoramento da robustez da solução, contudo, e tendo em vista os resultados já obtidos, será uma configuração versátil, em termos de pressões de rebentamento da membrana e de diâmetros de *venting*.

Quanto à protecção da membrana com o *Nonwoven*, esta parece-nos de aplicabilidade mais difícil, apesar da sua elevada robustez, uma vez que a utilização desta configuração acarreta alterações significativas de processo além do aumento de custo. No entanto poderia ser uma solução possível no caso da utilização de membranas cosidas e/ou em casos em que se utiliza a configuração “bolacha”.

Por último teríamos a opção de protecção utilizando o tecido com cortes, que nos parece ser solução mais robusta e funcional. Contudo considera-se uma boa opção apenas para novos projectos que estejam ainda a ser desenvolvidos, uma vez que a aplicação imediata em projectos que já estejam em série iria trazer custos acrescidos devidos às alterações de processo que se teria de realizar. De destacar ainda que esta é a única opção em que se obteve uma redução do custo final, parâmetro importantíssimo no meio industrial em que se insere esta empresa.

7.2. PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Caso se pretenda dar continuidade às soluções trabalhadas com vista à sua implementação seria indispensável ao seu desenvolvimento que se realiza-se vários estudos, nomeadamente:

- Apurar o tipo e geometria dos cortes das etiquetas para distribuir melhor as forças e melhorar a integridade da protecção;
- Comprovar com certeza a diferença de resistência das etiquetas coladas a quente e coladas a frio, podendo incluir nesse estudo o envelhecimento das etiquetas;
- Estudar a aplicabilidade das soluções para os vários diâmetros, nomeadamente verificar a possibilidade de utilização da protecção de tecido com cortes para os vários tecidos e diferentes diâmetros de *venting*.

8. BIBLIOGRAFIA

-  www.bosh.com
-  www.wikipedia.com
-  www.euroncap.com
-  www.crashtest.com
-  www.google.com
-  www.howstuffworks.com
-  Campos, Marco Sequeiro, “Desvendando o Minitab”, Qualitymark, ISBN 8573034564, 2004
-  Dossiers do Centro I+D Safelife
-  Intranet Dalphimetal

9. ANEXOS

9.1. ANEXO 1

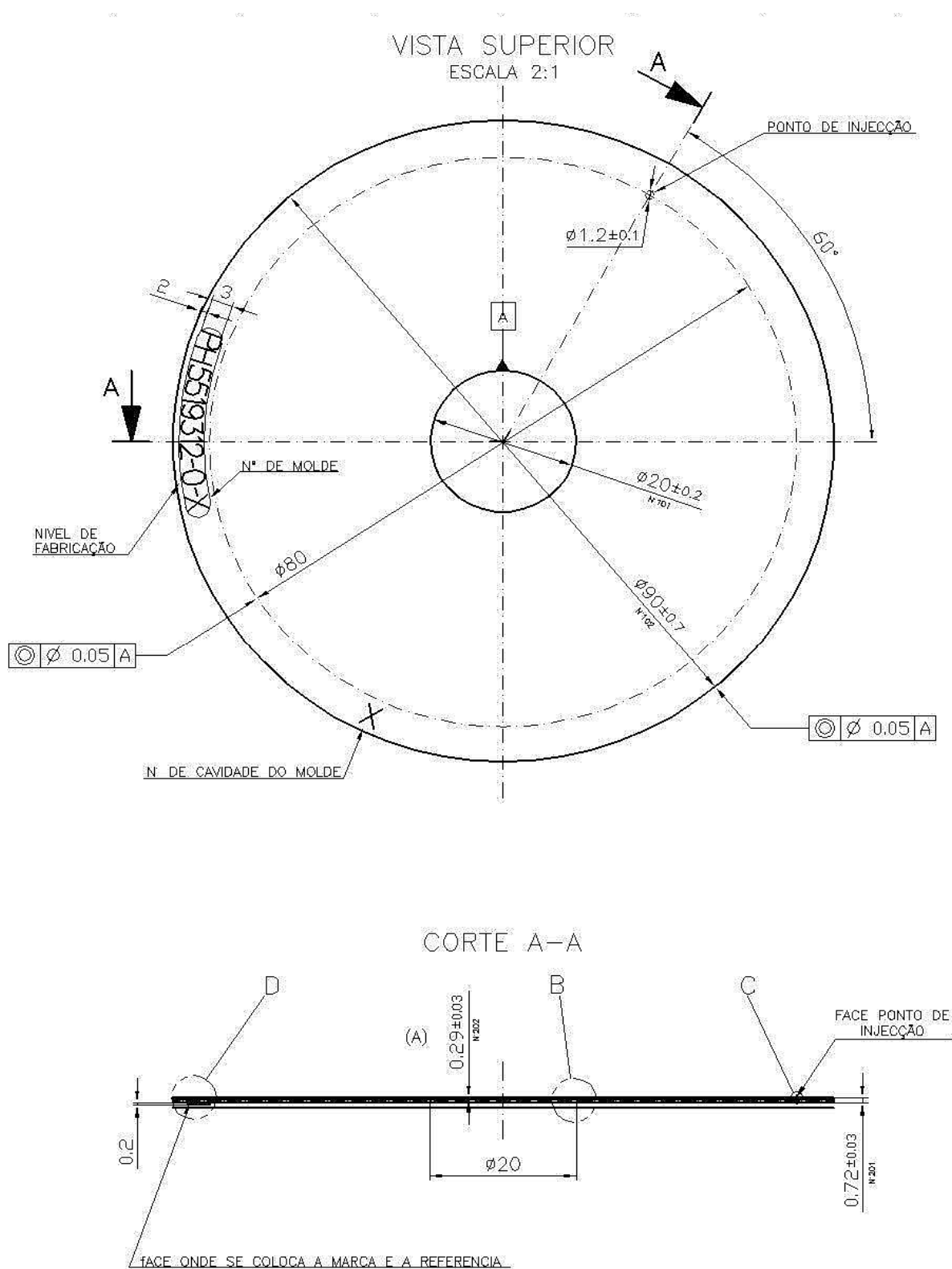
DOCUMENTAÇÃO

		FICHA MUESTRA DGQ . 4.4.5		Ficha:	
				Pagina : 1 de 83	
Solicitado/ a:		☐		Desarrollo ☒ , Verificación ☐ , Cliente	
Cantidad:	Fecha de entrega:	Ref. / Nivel Plano:			
Destino:	Nº DVP:	--	Coste Estimado:	-	
Denominación:			Ref. Pieza:		
Objeto:					
CONFIGURACIÓN DE LA MUESTRA					
Componentes	Proveedor	Plano – Nivel /Ficha Muestra	Características a realizar / Observaciones		
CONDICIONES Y/O CARACTERÍSTICAS DE LA SOLICITUD			Nº Solicitud:		
2					
CARACTERÍSTICAS Y/O ANOMALÍAS DEL MONTAJE					
TRAZABILIDAD					
Solicitante: Fecha:			Ing. Producto: Fecha:		

Revisión documento

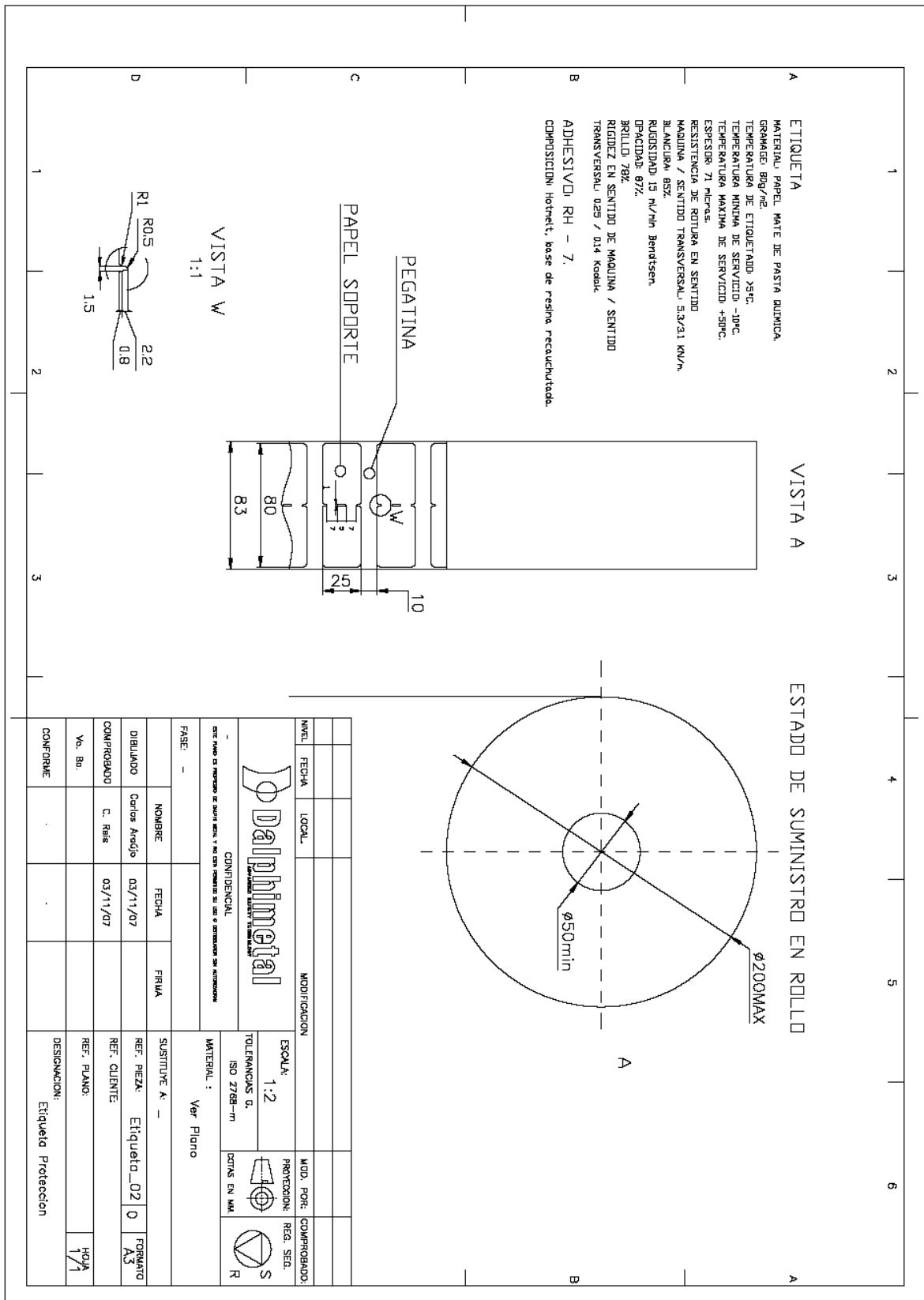
9.2. ANEXO 2

MEMBRANA PH55193120



9.3. ANEXO 3

PLANO ETIQUETA



9.4. ANEXO 4

CICLO DE ENVELHECIMENTO

6.04	Kurzalterung	6.04	Cycle aging
	Einwirkdauer : 29h Temperatur : $\leq -40 \pm 2^{\circ}\text{C}$		Duration time : 29h Temperature : $\leq -40 \pm 2^{\circ}\text{C}$
	Einwirkdauer : 19h Temperatur : $\geq +22^{\circ}\text{C}$ Relative Luftfeuchte : $95 \pm 2\%$		Duration time : 19h Temperature : $\geq +22^{\circ}\text{C}$ Relative humidity : $95 \pm 2\%$
	Einwirkdauer : 29h Temperatur : $\geq +105^{\circ}\text{C}$		Duration time : 29h Temperature : $\geq +105^{\circ}\text{C}$
	Einwirkdauer : 19h Temperatur : $\geq +22^{\circ}\text{C}$ Relative Luftfeuchte : $95 \pm 2\%$		Duration time : 19h Temperature : $\geq +22^{\circ}\text{C}$ Relative humidity : $95 \pm 2\%$
Prüfverfahren:	Die Alterung erfolgt in drei (3) aufeinanderfolgenden Zyklen vor Durchführung der Rekonditionierung gemäß Abschnitt 6.01. Nach oben genannter Prüfvorschrift.	Test procedure:	Run the accelerated aging program in three (3) cycles before reconditioning in conformance with section 6.01. In conformance with the named standard.

9.5. ANEXO 5

FICHA TÉCNICA DO T 050

TRW Occupant Restraint Systems Material Spezifikation						
TRW Occupant Restraint Systems Material Specification						
Betreff / Subject				Spezifikation Nr. / Specification No.		Index
Nonwoven Material PP				MS 3036 0668		A03
Vlies Material PP				Verfasser / Abteilung / Author / Department		
				Christian Agostini / ECAC / Technology Team		
Abschnitt / Section	Prüfprogramm / Test Program	Prüfklima / Conditioning	Prüfbedingung / Test Method	Einheit / Unit	Prüfrichtung / Test Direction	Anforderung / Requirement
D 1	Flächengewicht / Total Weight		DIN EN 29073 Part 1	[g/m²]		[85 ± 15]
2	Dicke / Gauge		DIN 53853 Part 3	[mm]		[0.45 ± 0.1]
3	Rohstoff / Material					Polypropylen PP
11 4	Entflammbarkeit / Flammability		TP 9904 0180 section 3.12	[mm/min]		< 100
5	Standard Prüfklima / Standard test condition		TP 9904 0180 section 5.1.1			
D 5.1	Höchstzugkraft / Tensile strength		DIN EN 29073 Part 3	[N / 5 cm]	MD CD	> 140 > 85
D 5.2	Weiterreißkraft / Tear strength		ASTM D1117-01 section 15/16	[N]	MD CD	> 30 > 40
6	Wärmelagerung / Heatageing		TP 9904 0180 section 5.1.2			
6.1	Höchstzugkraft / Tensile strength		DIN EN 29073 Part 3	[N / 5 cm]	MD CD	> 140 > 85
6.2	Weiterreißkraft / Tear strength		ASTM D1117-01 section 15/16	[N]	MD CD	> 30 > 40
7	Feuchtealterung / Humidity aging		TP 9904 0180 section 5.1.3			
7.1	Höchstzugkraft / Tensile strength		DIN EN 29073 Part 3	[N / 5 cm]	MD CD	> 140 > 85
7.2	Weiterreißkraft / Tear strength		ASTM D1117-01 section 15/16	[N]	MD CD	> 30 > 40
8	Ozonalterung / Ozon aging		TP 9904 0180 section 5.1.4			
8.1	Höchstzugkraft / Tensile strength		DIN EN 29073 Part 3	[N / 5 cm]	MD CD	> 140 > 85
8.2	Weiterreißkraft / Tear strength		ASTM D1117-01 section 15/16	[N]	MD CD	> 20 > 20
9	Kurzalterung / Cycle aging		TP 9904 0180 section 5.1.5			
9.1	Höchstzugkraft / Tensile strength		DIN EN 29073 Part 3	[N / 5 cm]	MD CD	> 140 > 85
9.2	Weiterreißkraft / Tear strength		ASTM D1117-01 section 15/16	[N]	MD CD	> 30 > 40
10	Maßänderung - Schrumpfung / Dimensional Stability - Shrinkage		TP 9904 0180 section 3.20	[%]	MD CD	[0 ± 1.0] [0 ± 1.0]
11	Geruch / Odour		TP 9904 0180 section 3.28	[Class]		[< 3.0]
12	Ausgasung / Niederschlag / Emission / Fogging		TP 9904 0180 section 3.21	[ppm]	VOC Fog	[≤ 100] [≤ 250]
CD-Pr : 16.04.03						
TRW Proprietary & Confidential						
Page 02 of 02						

FICHA TÉCNICA DO MMK2001

		DALPHIMETAL R&D SPECIFICATION					Code: CCD002-5-01 Edition: 0 Revision: 2 Date: 19/03/03 Page: 1/1
TITLE : NONWOVEN: PA6 SPUNBOND N01070							Ref.: MMK2001
		<u>Characteristic</u>	<u>Unit.</u>	<u>Specification</u>		<u>Standard</u>	
		Fibre		PA6		----	
	(2)	Thickness	mm	0,53 ± 0,07		ISO 5084	
	(1)	Useable Width	mm	0,4 ± 0,07		Supplier test meth. based on JIS L 1096	
				1500 +5/-3		----	
A	(1)	Weight fabric	g/m ²	70 ± 5,6		EN 12127	
						Supplier test meth. based on JIS L 1096	
A	(1) (2) (2) (2)	Tensile strength: - Normal - Heat aged - Humidity aged	N/5cm	≥ 150 (Norm.)	≥ 60 (Norm.)	ISO 13934-1 (Strip method)	
				≥ 30 (Heat)	≥ 7 (Heat)		
			N/3cm	≥ 150 (Hum.)	≥ 60 (Hum.)	Supplier test meth. based on JIS L 1096	
				≥ 117,6 (Norm.)	≥ 49 (Norm.)		
				≥ 20 (Heat)	≥ 10 (Heat)		
				≥ 117,6 (Hum.)	≥ 49 (Hum.)		
A	(1) (2) (2)	Elongation at break - Normal - Heat aged - Humidity aged	%	35 ± 15 (Norm.)	50 ± 20 (Norm.)	ISO 13934-1 (Strip method)	
				15 ± 15 (Heat.)	20 ± 20 (Heat.)	Supplier test meth. based on JIS L 1096	
				35 ± 15 (Hum.)	50 ± 20 (Hum.)		
	(2)	Tear	N	≥ 5		ISO 13937-2, ▲ F20 N	
				≥ 4,9		Supplier test meth. based on JIS L 1096	
	(2)	Dimensional Stability	%	≤ 1		EN ISO 3759 4 hours at 105 °C; 2 hours at RT	
A	(1)	Flammability	mm/min	≤ 100		FMVSS 571302	
- Laboratory climatic conditions: 20 °C; 65 RH as per EN 20139:92 - Heat ageing- 7 days at 100 °C - Humidity ageing- 7 days at 40 °C and 92% RH				(A) Special documentation, cpk > 1,33 (1) Tests results must be delivered with every batch (2) Tests results must be delivered with initial sample documentation			
DELIVERY CONDITIONS: - Fabric supplied in non returnable rolls put in polyethylene bag, inner diameter of roll 76 mm, fabric length 1000m + 10m - Informations attached to side of roll: * Barcode shipping label with information of Supplier (V), Batch (H), Part. N° (P), Quantity (Q) * One inspection certificate per roll fixed on same side as barcode shipping label, protected in plastic document wallet, information according to EN 10204. Each material certificate should mention beside the indicated test results information about the used materials, the customer specification and the customer article number							
QUALITY ISSUES: - Material should be free of defects. All defects have to be removed. Short –length fabrics have to be joined by welding and marked with a coloured tape. A maximum of 2 joints/tapes per 1000m are acceptable. - Capability data should be documented and sent to Safe-Life if requested. - Any process modification requires written agreement from Dalphimetal.							

9.6. ANEXO 6

ENVELHECIMENTO DO MMK2001

	Norma Standard	Unidade Unit	Estado	Sentido Direction	Min. Minimum	Máx. Maximum	Resultado Result	Nº provetes Nº specimens	C. Var [%] Coef. var [%]	Observações Remarks
Espessura Thickness	ISO 29073-2	mm	Tal e Qual Normal	-	0,42	- 0,44	0,59	5	5,4	ensaio segundo ISO 5084
Peso Weight (g/m²)	ISO 9073-1	g/m²	Tal e Qual Normal	-	64	- 76	68,8	5	1,0	
Tração Tensile strength	ISO 9073-3	N/5cm	Tal e Qual Normal	Machine	≥ 150		233	5	5,2	
				Across	≥ 60		97	5	8,4	
			Env. Term. Heat aged	Machine	≥ 50		62	5	3,8	
				Across	≥ 20		22	5	6,7	
			Env. Hum. moisture aged	Machine	≥ 150		221	5	8,0	
				Across	≥ 60		92	5	6,3	
Alongamento Elongation at break	ISO 9073-3	%	Tal e Qual Normal	Machine	20 - 50		29,1	5	2,4	
				Across	30 - 70		45,2	5	10,9	
			Env. Term. Heat aged	Machine	0 - 30		4,0	5	8,4	
				Across	0 - 40		12,5	5	6,2	
			Env. Hum. moisture aged	Machine	5 - 55		28,0	5	4,3	
				Across	25 - 75		45,2	5	7,9	
Rasgo Tear	ISO 9073-4	N	Tal e Qual Normal	Machine	< 80		39,07	5	5,0	
				Across	< 80		42,74	5	28,2	
Combustibilidade Flammability	FMVSS 571.302	mm/min	Tal e Qual Normal	Machine	≤ 100		0 (machine)	3	-	
				Across			0 (machine)	3	-	

9.7. ANEXO 7

FICHA TÉCNICA DO TECIDO SB10053011

 DALPHIMETAL A TRW Automotive Company		DALPHIMETAL R&D SPECIFICATION		Code: CCD002-2-11 Edition: 0 Revision: 4 Date: 10/05/07 Page: 1 	
TITLE : COATED FABRIC: 580dtex 175x175 + 35g/m ² 585dtex 175x175 + 35g/m ²				Ref.: SB10053011 SB10053020	
		<u>Characteristic</u>	<u>Unit.</u>	<u>Specification</u>	<u>Test Method</u>
				<u>Warp</u> <u>Wcft</u>	
	(1)	Material		PA6.6 446 HRT PA6.6 T749	TP 99040180, section 3.01
	(1)	Linear Density	dtex	580 f140 585 f136	TP 99040180, section 3.02
	(1)	Weave		Plain L1/1	TP 99040180, section 3.04
	(1)	Construction	1/dm	175 ± 10175 ± 10	TP 99040180, section 3.07
	(2)	Gage	mm	0,35 ± 0,05	TP 99040180, section 3.09
	(1)	Useable Width	cm	≥ 168 (SB1005311) ≥ 200 (SB10053020)	TP 99040180, section 3.08
S	(1)	Weight Base Fabric	g/m ²	230 ± 15	TP 99040180, section 3.05 (measured after oven)
S	(1)	Weight Coated Fabric	g/m ²	265 ± 20	TP 99040180, section 3.05
	(1)	Coating Weight	g/m ²	35 ± 5	TP 99040180, section 3.06
	(1)	Coating		Wacker Silicon LR 6251 F (Blue/Red)	TP 99040180, section 3.03
S	(1) (2) (2)	Fabric Strength - Maximum Force: - Normal - Heat aged - Humidity aged	N/5cm	≥ 3000	TP 99040180, section 3.11
S	(1) (2) (2)	Elongation at Maximum Force: - Normal - Heat aged - Humidity aged	%	35 ± 10	TP 99040180, section 3.11
S	(1) (2) (2)	Tear Strength: - Normal - Heat aged - Humidity aged	N	≥ 125	TP 99040180, section 3.17
S	(1) (2) (2)	Edgecomb Resistance: - Normal - Heat aged - Humidity aged	N	≥ 350	TP 99040180, section 3.15
	(2)	Dimensional Stability	%	≤ 1	TP 99040180, section 3.20
R	(1)	Flammability	mm/min	≤ 100	TP 99040180, section 3.12
	(1)	Stiffness	N	≤ 15	TP 99040180, section 3.16
	(1) (2) (2)	Flex Abrasion : - Normal - Heat aged - Humidity aged	Strokes	≥ 700	TP 99040180, section 3.25
Material marked with barcode print : Batch number and recycling information >PA6.6 + VMQ<					
Defects and irregularities according to failure catalogue CCD008					
- Laboratory climatic conditions: 20 °C; 65 RH as per EN 20139:92 - Heat ageing- 168h at 100 ± 2,5°C - Humidity ageing- 168h at 40 ± 2,5°C and 92 ± 5% RH			(S,R)(1) Special characteristic, cpk > 1,33 (only unaged) (1) Tests results every batch (2) Test frequency according to TP 99040180		