UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO TECNOLÓGICA VISANDO REDUZIR
O PESO DE AMORTECEDORES**

Luiz Antonio Bloem da Silveira Junior

Orientador: Prof. Dr. Eduardo P.G. de Vasconcellos

SÃO PAULO

2014

Prof. Dr. Marco Antonio Zago
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Reinaldo Guerreiro
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade

Prof. Dr. Roberto Sbragia
Chefe do Departamento de Administração

Prof. Dr. Lindolfo Galvão de Albuquerque
Coordenador do Programa de Pós Graduação em Administração

LUIZ ANTONIO BLOEM DA SILVEIRA JUNIOR

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO TECNOLÓGICA VISANDO REDUZIR
O PESO DE AMORTECEDORES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Administração da Faculdade de
Economia, Administração e Contabilidade da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de Mestre em Ciências.

**Orientador: Prof. Dr. Eduardo P.G. de
Vasconcellos**

Versão Corrigida
(versão original disponível na FEA-USP)

SÃO PAULO

2014

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção de Processamento Técnico do SBD/FEA/USP

Silveira Junior, Luiz Antonio Bloem da

Aplicação de técnicas de previsão tecnológica visando reduzir
o peso de amortecedores / Luiz Antonio Bloem da Silveira Junior.

– São Paulo, 2013.

212 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2013.

Orientador: Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos.

1. Tecnologia 2. Técnica Delphi 3. Amortecedores 4. Technological
Roadmap I. Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade. II. Título.

**A meus filhos, Leonardo, João Paulo, Marco
Aurélio, Victoria (*in memoriam*) e Luiza, minhas
Luzes, minha Vida, meu Amor.
A meu pai, Luiz Antonio (*in memoriam*) e à
minha mãe Maria Thereza, que me propiciaram
as bases para chegar até aqui.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar ao Criador que me permitiu e inspirou, em sua bondade infinita, a produção deste trabalho.

A meu pai Luiz Antonio, por meio do qual eu aprendi desde a tenra idade a valorizar o estudo, a pesquisa e a dedicação à busca pelo conhecimento. E à minha mãe, Maria Thereza, pelo seu apoio, doçura e amor incondicional, sempre me incentivando e apoiando em todos os momentos.

Aos meus filhos e amigos Leonardo, João Paulo e Marco Aurélio, e às minhas filhas Victoria e Luiza, esta, criança inocente que com seu sorriso me inspirou a continuar nos momentos mais difíceis e aquela, já presença invisível, mas constante quando iniciei esta pesquisa e que esteja onde estiver, será sempre o meu lumiar.

Ao professor Dr. Eduardo Pinheiro Gondim de Vasconcellos, quaisquer palavras que eu porventura escrever neste texto serão insuficientes para expressar a gratidão pelo incentivo, orientação precisa e pelo exemplo do verdadeiro Mestre, sem o qual teria sido impossível concretizar este trabalho. A ele, o meu muito obrigado.

Ao professor doutor Marcos Alberto Castelhana Bruno, por seus conselhos, sugestões e cordial apoio durante a realização desta pesquisa.

Ao corpo de professores do PPGA da FEA com os quais tive o prazer e a honra de interagir, em especial aos professores doutores James T.C. Wright, Renata G. Spers, Roberto Sbragia, Abraham Yu, Paulo Tromboni, Alceu Salles, Gilmar Masiero, Bernardete de Lourdes Marinho e Hamilton Luiz Corrêa.

Aos amigos e incentivadores Renato Machado Costa, Luís Guedes, Patrícia Viveiros de Castro Krakauer e Lilian Regis Laraia.

À Magneti Marelli Cofap, empresa na qual passei a maior parte da minha vida profissional, e na qual tanto aprendi, pelo apoio na realização deste trabalho. . Meu agradecimento aos engenheiros Beniamino Marcos Pelegrini Junior, que me incentivou e apoiou em grande parte desta jornada, e Piero Antonio Conti, que continuou emprestando sua confiança e apoio até o final desta investigação.

Aos amigos de trabalho Engs. Fernando Lanzoni, Guilherme C. de Abreu, Robson Iezzo, Vinicius L. Serrano, André Melo e Emerson B. de Paula, pelas muitas reuniões de trabalho que fizemos e que foram imprescindíveis para a conclusão deste estudo.

À Profa. Msc. Rita Lima de Castro, pela ajuda inestimável na revisão e formatação deste texto.

A todos os que não mencionei e que direta ou indiretamente me auxiliaram no cumprimento desta missão, seja respondendo aos questionários, com sugestões, críticas, observações, os meus mais sinceros agradecimentos.

“Jamais penso no futuro, ele chega logo.”

Albert Einstein

**“ Quem controla o passado dirige o futuro.
Quem dirige o futuro conquista o passado.”**

George Orwell

“Nada existe de permanente, exceto a mutação.”

Heráclito

“Se queres prever o futuro, estuda o passado.”

Confúcio

RESUMO

A dinâmica do mundo moderno em que a competitividade é a palavra de ordem tem forçado as organizações a se estruturarem no sentido de elaborar Planos Estratégicos de Tecnologia que contemplem a criação de projetos de pesquisa e inovação no curto, médio e longo prazos. Nesse contexto, cabe ao Gestor de Tecnologia administrar e alocar os recursos financeiros limitados da organização em iniciativas que proporcionem oportunidades de introduzir no mercado inovações que agreguem valor seja em termos financeiros, seja para a sustentabilidade e imagem da empresa. No passado, os Planos Estratégicos de Tecnologia baseados na experiência e na intuição dos Gestores de Tecnologia e da Alta Administração das empresas produziram bons resultados, porém em mercados dinâmicos e interconectados globalmente não há margem para erros, sob pena de comprometer a continuidade do negócio. Faz-se necessário utilizar metodologias que permitam ao Gestor de Tecnologia ponderar os riscos e as possibilidades de sucesso na implementação de programas de Inovação Tecnológica e foi essa reflexão que impeliu este autor a estabelecer os seguintes objetivos para este projeto de pesquisa: a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e ‘*Technological Roadmapping*’ que permitam a elaboração de um Mapa Tecnológico (*roadmap*) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirvam como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia; b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros. Escolheu-se como tema desta pesquisa-ação um produto específico da empresa Magneti Marelli Cofap, na qual o autor deste trabalho exerce a função de Gestor de Inovação, a saber, o Amortecedor Estrutural. A composição das Metodologias acima gerou um rico acervo de dados que, com a aplicação da metodologia implementada, gerou um *roadmap* tecnológico para redução de peso no amortecedor estrutural. Apresentaram-se também os acertos e erros observados no processo de pesquisa, bem como sugestões de melhoria para estudos futuros, que se constitui de material com grande valor acadêmico e gerencial, uma vez que a metodologia desenvolvida pode ser aplicada integral ou parcialmente em qualquer campo da tecnologia.

Palavras-chave: Tecnologia. Técnica Delphi. Amortecedores. *Technological Roadmap*.

ABSTRACT

Modern world dynamics in which competitiveness is the key word has forced organizations to structure themselves in a way to elaborate Strategic Technology Plans which consider the creation of research and innovation projects in short, medium and long terms. In this context it is up to Technology Manager to administrate and allocate the organization's limited financial resources in initiatives which enable opportunities to introduce innovations in the market which could add value either in financial terms and or for sustainability and Company's image. In the past Technology Strategic Plans which were based on Innovation Managers and Top Administration experience and intuition have produced good results, but in dynamic and globally interconnected markets there is no margin for mistakes under the penalty to compromise business continuity. There is a need to use Methodologies which enable the Technology Manager to balance the risks and success possibilities when implementing Technology Innovation programs and this reflection impelled the author to establish the following objectives for this research: a) Identify and apply Technological and Forecast analysis methodologies using a range of tools like Morphological Analysis, Delphi Method, Decision Matrix and Technological Road mapping which could allow the elaboration of Technological Roadmap applied to a specific technological scope and that could serve as well as a work routine for other technology branches.; b) Show to the reader the lessons learned in this research's process (right points and mistakes) as well as recommendations for this techniques use and suggestions for future studies. A specific product from Magneti Marelli in which this research's author works as Innovation Manager has been chosen as a theme for this action researches, that is, the Strut. The abovementioned methodologies composition has generated a rich data bank. The methodology implementation over these data generated a Technological Roadmap aiming to reduce weight in Struts. The right points and mistakes observed during research process have been shown as well suggestions for future studies. This is considered a material with a great academic and managerial value since the developed methodology can be applied total or partially in any technology field.

Keywords: Technology. Delphi Technique. Shock Absorbers. Technological Roadmap.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	9
LISTA DE FIGURAS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	12
1. O PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	13
1.2 - DEFINIÇÕES	15
1.3 – OBJETIVOS DA PESQUISA	19
1.4 – ESTRUTURA GERAL DO TRABALHO	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1.– PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E GESTÃO DA INOVAÇÃO	21
2.2 – PREVISÃO E ANÁLISE DE TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS.....	23
2.3 – ANÁLISES DE BENCHMARKING	26
2.4 – ANÁLISE MORFOLÓGICA	28
2.5 – O MÉTODO DELPHI	30
2.6 – ROTAS TECNOLÓGICAS	33
2.7 – <i>TECHNOLOGY ROADMAPPING</i>	35
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	46
3.1- MÉTODO DE PESQUISA.....	46
3.2 – ABORDAGEM DA PESQUISA	50
3.3 – CRITÉRIOS UTILIZADOS PARA A ESCOLHA DO OBJETO DA PESQUISA	52
3.4 – ESQUEMA DA PESQUISA	52
4. REALIZAÇÃO DO ESTUDO	58
4.1 – A MAGNETI MARELLI COFAP E O SETOR DE AUTOPEÇAS BRASILEIRO.....	58
4.2 – ANÁLISE MORFOLÓGICA DO AMORTECEDOR ESTRUTURAL “MC PHERSON”	63
4.2.1 – O AMORTECEDOR ESTRUTURAL MC PHERSON	63
4.2.2 – ANÁLISE DE BENCHMARKING DOS AMORTECEDORES DE CONCORRENTES.....	67
4.2.3 – ANÁLISE MORFOLÓGICA DO AMORTECEDOR ESTRUTURAL FABRICADO PELA COFAP.....	71

4.3 – A PESQUISA DELPHI.....	75
4.4 – MATRIZ DE DECISÃO ELABORADA POR ESPECIALISTAS ENVOLVENDO VARIÁVEIS ESTRATÉGICAS PARA A EMPRESA	82
4.5 – ENTREVISTAS COM CLIENTES, FORNECEDORES E ESPECIALISTAS.....	86
4.6 - ELABORAÇÃO DO MAPA TECNOLÓGICO (ROADMAP)	93
4.6.1 – ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA DELPHI X MATRIZ DE DECISÃO	93
4.6.2 – ELABORAÇÃO DO MAPA TECNOLÓGICO (ROADMAP)	101
5. CONCLUSÕES.....	106
5.1 – CONCLUSÕES SOBRE O USO DA TÉCNICA DE ANÁLISE MORFOLÓGICA.....	106
5.2 – CONCLUSÕES SOBRE O USO DA TÉCNICA DE PESQUISA DELPHI.....	107
5.3 – CONCLUSÕES SOBRE O USO DA TÉCNICA DE MATRIZ DE DECISÃO	109
5.4 – CONCLUSÕES SOBRE A FASE DE ENTREVISTAS	111
5.5 – CONCLUSÕES SOBRE A ELABORAÇÃO DO MAPA TECNOLÓGICO (ROADMAP).....	112
5.6 – CONCLUSÕES FINAIS.....	115
6. REFERÊNCIAS	125
7. ANEXOS E APÊNDICES	131
ANEXO A - DADOS SOBRE A EMPRESA MAGNETI MARELLI COFAP	131
APÊNDICE A – A PESQUISA DELPHI (PRIMEIRA E SEGUNDA FASES – PERGUNTAS E RESPOSTAS)	142
APÊNDICE B – MATRIZ DE DECISÃO UTILIZANDO VARIÁVEIS ESTRATÉGICAS PARA A EMPRESA	191
APÊNDICE C – ENTREVISTAS COM CLIENTES, FORNECEDORES E ESPECIALISTAS	197

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AT&T	American Telephone and Telegraph
CEO	Chief Executive Officer
CT	Centro Técnico
EUA	Estados Unidos da América
FEA	Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo
GPS	Global Position System
HiFi	High Fidelity
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
NAFTA	North America Free Trade Agreement
NASA	National Air Space Agency
NPV	Net Present Value
OEM	Original Equipment Manufacturer
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
SWOT	Strengths, Weakness, Opportunities, Threats
TRIZ	Acronym for four Russian words meaning “theory of inventor’s problem solving”
US	United States
VRM	Value Roadmapping

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Modelo para a geração de tecnologia nas empresas	22
Figura 2 - Processo de Inovação Tecnológica	23
Figura 3 - Construção de cenários	25
Figura 4 - Processo de Benchmarking sugerido por Anand e Kodali (2008)	28
Figura 5 - Sequência de execução de uma pesquisa Delphi	32
Figura 6 - Primeiro <i>Technology Roadmap</i> para rádios veiculares, conectando investimento em tecnologia com a evolução do produto, com horizonte de 10 anos	35
Figura 7 - Roadmap esquemático com várias camadas, alinhando múltiplas perspectivas	37
Figura 8 - Technology Roadmap aplicado a produto	38
Figura 9- <i>Roadmap</i> para planeamento de serviços/capacidade – <i>Royal Mail</i>	38
Figura 10 - <i>Roadmap</i> para planeamento estratégico	39
Figura 11 - <i>Roadmap</i> para planeamento de longo prazo – <i>U.S. Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Initiative</i>	39
Figura 12 - <i>Roadmap</i> para planeamento de capital intelectual – <i>Artificial Intelligence Applications Unit University of Edimburgh</i>	40
Figura 13 - <i>Roadmap</i> para planeamento de programas – NASA.....	40
Figura 14 - <i>Roadmap</i> para planeamento de processos	41
Figura 15 - <i>Roadmap</i> para planeamento de integração – NASA	41
Figura 16 - As diversas fases do <i>Roadmapping</i> (Plano T)	42
Figura 17 - Correlação entre os fatores de análise para construção do <i>Roadmap</i>	44
Figura 18 - Fluxograma das etapas necessárias para a construção do <i>Roadmap</i> Tecnológico.....	56
Figura 19 - Fluxograma – Pesquisa Delphi	57
Figura 20 - O Grupo Magneti Marelli e suas Unidades de negócio.....	59
Figura 21 - Presença da Magneti Marelli Cofap no mundo e principais dados sobre a empresa	60
Figura 22 - Principais clientes da Magneti Marelli Cofap.....	61
Figura 23 - O portfólio de produtos da Magneti Marelli Cofap	62
Figura 24 - Diagrama esquemático do funcionamento de um amortecedor	65
Figura 25 - Suspensão Tipo “Mc Pherson”	65
Figura 26 - O amortecedor estrutural e seus componentes.....	66
Figura 27 - Detalhe da “carça” de um amortecedor estrutural	66
Figura 28 - Assento da mola e barra estabilizadora em material plástico	70

Figura 29 - Amortecedores estrutural e convencional em alumínio	70
Figura 30 - Percentual de peso de cada peça componente de um amortecedor estrutural	71
Figura 31 - Componentes prioritários de um amortecedor estrutural para estudos de redução de peso	72
Figura 32 - Diagrama esquemático da construção do Roadmap utilizando as ferramentas de pesquisa.....	94
Figura 33 – Matriz de decisão mostrando alternativas tecnológicas elaboradas com base na pesquisa Delphi	96
Figura 34 - Matriz de decisão mostrando alternativas tecnológicas elaboradas com base em especialistas.....	97
Figura 35 - Análise comparativa das alternativas tecnológicas utilizando o método Delphi (traço descontínuo) e especialistas conforme figura 35 (traço contínuo).....	98
Figura 36 - <i>Roadmap</i> – Tubos Reservatórios	103
Figura 37 - <i>Roadmap</i> Tecnológico mostrando as tendências de materiais alternativos.....	105

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Análise do potencial de redução de peso em amortecedores estruturais	72
Quadro 2 - Matriz morfológica de um amortecedor estrutural	74
Quadro 3 - Planilha de controle de respostas dos painelistas	76
Quadro 4 - Resumo dos resultados da primeira fase do método Delphi	77
Quadro 5 - Resumo dos resultados da segunda fase do Método Delphi	81
Quadro 6 - Exemplo de matriz de decisão envolvendo as variáveis técnicas e comerciais estratégicas para o negócio – componente analisado: Tubo reservatório.....	84
Quadro 7 - Perfil dos entrevistados	87
Quadro 8 - Resumo da fase de entrevistas.....	88
Quadro 9 - Análise crítica do estado da arte dos materiais alternativos visando redução de peso em amortecedores estruturais na visão dos entrevistados	89
Quadro 10 - Análise dos resultados das entrevistas comparando os fatores de competitividade para cada componente/subconjunto do amortecedor estrutural	92
Quadro 11 - Síntese das matrizes de decisão da pesquisa Delphi, com especialistas e entrevistas priorizando as alternativas tecnológicas.....	100
Quadro 12 - Acertos no processo da pesquisa	116
Quadro 13 - Erros e sugestões de melhoria no processo de pesquisa	120

1. O PROBLEMA DE PESQUISA

1.1. Introdução e justificativa

A globalização dos mercados e o consequente acirramento da competição em termos mundiais contribuem para acelerar a taxa de degradação da vantagem competitiva dos produtos e serviços que uma empresa leva ao mercado – tais produtos e serviços cada vez mais rapidamente tendem a ter suas margens de lucro reduzidas em função da competição. Uma nova ordem baseada na inovação em processos, produtos e mesmo em modelos de negócio emerge como resposta das empresas às mudanças no ambiente. A construção de vantagem competitiva, a despeito de cada vez menos duradoura, depende sobremaneira da capacidade da companhia em entregar produtos e serviços inovadores, a preço competitivo, de modo social e ambientalmente sustentável e tendo por suporte um modelo de negócio financeira e estrategicamente robusto.

Conforme Vasconcellos (1989, p.33):

O nível de competitividade da empresa é cada vez mais ditado pela sua capacidade de inovar em resposta às necessidades do mercado e às investidas da concorrência. O domínio tecnológico é um dos fatores críticos neste processo; assim a tecnologia passa a ser vista como um ativo importante para a empresa.

Já Kruglianskas (1992, p.44) estabelece que:

Essa estratégia (de P&D) decorre do planejamento estratégico da organização, isto é, constitui uma parcela das alternativas estratégicas que a organização escolhe para se relacionar com o ambiente, face às possíveis ameaças e oportunidades que o ambiente apresenta para a organização.

Uma vez estabelecido que a estratégia tecnológica deva estar alinhada aos objetivos estratégicos das empresas, parte-se para o campo tático, ou seja, a gestão tecnológica propriamente dita. Contudo, não basta à empresa possuir apenas um núcleo aparelhado de P&D com pesquisadores qualificados, é necessário que a excelência operacional esteja suportada por processos estratégicos que permitam à empresa identificar se as oportunidades de inovação tecnológica são realmente viáveis e atendem aos objetivos do mercado.

Johnson e Marcovitch (1994) propõem seis atividades distintas constituindo o processo de inovação. A primeira atividade é a prospecção, que é, nas palavras dos autores “um amplo foco de visão do contexto futuro relevante ao problema de planejamento da inovação em questão” (JOHNSON; MARCOVITCH, 1994, p. 45). A segunda atividade é o modelamento dos problemas complexos considerando hipóteses teóricas formuladas e a aderência dos dados obtidos a este modelamento. A terceira etapa é a análise técnico econômica das diversas opções existentes e as atividades subsequentes compreendem os processos de tomada de decisões, ação e avaliação e controle.

Fica patente a ideia de que a primeira fase depende de uma ampla análise tecnológica e de mercado, em que o gestor de inovação necessita prever cenários futuros, nos quais a tecnologia a ser criada estará inserida agregando valor à empresa e à sociedade.

Em estudo realizado sobre análise e prospecção tecnológica, Coates et al (2001) levantam o fato de que, em função do papel fundamental da inovação tecnológica para a sobrevivência das empresas, a previsão tecnológica reviveu nos anos 1990 como uma ferramenta decisiva para tomada de decisão estratégica no sentido de definir o portfólio de projetos de P&D a serem desenvolvidos. Essa criticidade agrava-se ainda mais no caso de tecnologias que estão em avançado estado de maturidade, em que o advento de uma inovação disruptiva pode significar a descontinuidade da empresa, caso esta não tome atitudes proativas, no sentido de antecipar-se aos acontecimentos.

Bower e Christensen (1995) constataram que as empresas líderes frequentemente não conseguem se manter na liderança quando o mercado muda. Uma das principais razões desse insucesso potencial está na proximidade com o cliente. Essa proximidade impede que as empresas prevejam ou avaliem adequadamente as mudanças disruptivas que podem ameaçar sua posição no futuro. Os autores argumentam que as mudanças tecnológicas que abalam as empresas estabelecidas não são tecnologicamente novas ou difíceis do ponto de vista tecnológico.

As tecnologias disruptivas possuem duas características importantes: Primeiramente, elas apresentam uma série de atributos que não têm valor para os clientes atuais e, ademais, os atributos de performance que os clientes valorizam são aprimorados com tal velocidade que a dita tecnologia pode posteriormente invadir aqueles mercados estabelecidos. Somente neste

ponto os clientes principais da empresa desejarão a tecnologia. Infelizmente, para os fornecedores estabelecidos já é tarde demais, pois os pioneiros da nova tecnologia dominam o mercado.

Os mesmos Bower e Christensen (1995) argumentam que inicialmente, as tecnologias disruptivas tendem a ser utilizadas e valorizadas somente em novos mercados ou novas aplicações. De fato, elas geralmente tornam possível a emergência de novos mercados. Os autores dão como exemplo os primeiros rádios a transistor da Sony, que sacrificaram a fidelidade do áudio, mas criaram um mercado para os rádios portáteis oferecendo um pacote inovador de atributos de produto: pequeno tamanho, peso reduzido e portabilidade. Os autores propõem os seguintes passos para tratar as tecnologias disruptivas:

- 1- Determinar se a tecnologia é “disruptiva” ou “evolutiva”;
- 2- Definir a importância estratégica da tecnologia disruptiva;
- 3- Identificar o mercado inicial da tecnologia disruptiva;
- 4- Desenvolver o negócio disruptivo numa organização independente;
- 5- Manter a organização disruptiva independente (divisão à parte ou “spin off”) ;

O fator motivacional do autor deste trabalho, que atua como gestor de P&D em uma empresa do ramo de autopeças, foi desenvolver, com base na literatura, uma metodologia que permita identificar as tendências tecnológicas futuras dos produtos fabricados naquela empresa. Adotou-se um tema piloto, que é a redução de peso em amortecedores estruturais tipo Mc Pherson, porém se espera que a metodologia desenvolvida possa ser aplicada em outros produtos e segmentos de mercado.

1.2 - Definições

Para que haja uma compreensão adequada da metodologia e dos resultados da pesquisa, torna-se imprescindível esclarecer os principais termos que serão utilizados. Para essa pesquisa, serão utilizadas as seguintes definições no escopo da administração: *Estratégia Tecnológica, Gestão da Inovação, Previsão e Análise de tendências tecnológicas, Análise Morfológica, Método Delphi, Rotas Tecnológicas e Technology Roadmapping.*

Estratégia Tecnológica: Segundo Clark e Wheelwright (1992, p.91), o objetivo da estratégia tecnológica é “guiar a empresa para aquisição, desenvolvimento e aplicação de tecnologia para obter vantagem competitiva”.

Em sendo uma prioridade para a alta administração das empresas, a tecnologia deve ser foco de reflexão estratégica. Conforme Marcovitch (1992, p.12): “Na empresa inovadora, a estratégia tecnológica é responsabilidade da direção superior. Devem ser determinados objetivos e metas e a forma de atingi-los”.

Uma vez estabelecido que a estratégia tecnológica deva estar alinhada aos objetivos estratégicos das empresas, parte-se para o campo tático, ou seja, a gestão da inovação propriamente dita.

Gestão da Inovação: Em sendo a inovação um processo, faz-se necessário planejá-lo. Drejer (2002) estabeleceu um *framework* que consiste em cinco atividades que definem o contexto de gestão da inovação. As três primeiras atividades definem a gestão de inovação propriamente dita, as duas últimas definem o contexto da gestão da inovação. São elas:

- 1) Integração Tecnológica: Segundo Drejer (2002), as tecnologias e os produtos-mercados da empresa devem estar integradas em um contexto estratégico com foco no cliente;
- 2) O processo de inovação: É um conjunto de atividades executadas em caráter multidisciplinar pelas diversas áreas da empresa visando criar o produto/processo inovativo. Importante ressaltar que a inovação não é criada por uma área isolada, mas sim em um processo sinérgico.
- 3) Planejamento da Estratégia Tecnológica: O portfólio de projetos de inovação deve ser criado e gerenciado alinhado à estratégia corporativa da empresa e balanceado em função das prioridades, recursos e competências disponíveis na empresa.
- 4) Mudança organizacional: Em tendo o processo de inovação um caráter essencialmente dinâmico, ele requer um contínuo mecanismo de mudanças organizacionais para o atingimento dos objetivos estratégicos da empresa.
- 5) Desenvolvimento de negócios: A inovação deve ser vista como um meio para a geração de novos negócios para a empresa.

Previsão e Análise de Tendências Tecnológicas: Em se tratando de estratégia tecnológica, cujo objetivo, nas palavras de Clark e Wheelwright (1992, p.91) é “guiar a empresa para aquisição, desenvolvimento e aplicação de tecnologia para obter vantagem competitiva”, para que a empresa possa estabelecer quais tecnologias são críticas para a sua vantagem competitiva e agregá-las ao plano de desenvolvimento de produto, faz-se necessária uma análise acurada das tendências tecnológicas e de mercado. Em estudo realizado sobre análise e prospecção tecnológica, Coates et al (2001) levantam o fato de que, em função do papel fundamental da inovação tecnológica para a sobrevivência das empresas, a previsão tecnológica reviveu nos anos 1990 como uma ferramenta decisiva para tomada de decisão nas empresas no sentido de definir o portfólio de projetos de P&D a serem desenvolvidos. Ainda segundo Coates et al (2001, p.8),

metodologias tradicionais tais como monitoramento e scanning, extrapolação de tendências, opinião de especialistas, simulação e construção de cenários não foram descartadas, mas são incorporadas em frameworks maiores e mais ricos, integradas com técnicas de inteligência tecnológica competitiva, avaliações de tecnologia e inovação e análises de mercado.

Os autores apontam como uma atividade crescente o *Technology Roadmapping*, que associa os elementos tecnológicos principais da atividade de projeto e manufatura do produto com estratégias para atingir marcos desejáveis eficientemente. Inicialmente instituído na área militar, é amplamente utilizado nas empresas. Apontam ainda os autores como métodos de prospecção tecnológica: Análise de Cenários, TRIZ, Perspectivas Múltiplas, Cientométrica, Análise Bibliométrica e Prospecção de Dados, Ciências Complexas e Gestão de Crises.

Análise Morfológica: A análise morfológica é uma técnica não-quantitativa de estruturação e avaliação do conjunto de relações inerentes a um complexo problema multidimensional, proposta por Fritz Zwicky na década de 1960 (Zwicky, 1966). Porter et al. (1991) a classifica como uma metodologia de prospecção estrutural, por considerar explicitamente as inter-relações entre as variáveis tecnológicas e os demais elementos contextuais.

Método Delphi: A técnica Delphi foi desenvolvida na década de 1950 a partir dos trabalhos de Olaf Helmer e Norman Dalkner, pesquisadores da Rand Corporation. Segundo Wright e Giovinazzo (2000, p.54):

em linhas gerais o método Delphi consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado continuadas vezes até que seja obtida uma convergência das respostas, um consenso, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo. O método é especialmente recomendável quando não se dispõe de dados quantitativos, ou estes não podem ser

projetados para o futuro com segurança, em face de expectativa de mudanças estruturais nos fatores determinantes das tendências futuras.

A base da metodologia é a utilização do questionário interativo em rodadas múltiplas, anonimato entre os participantes que trocam informações entre si e a convergência para o consenso.

Rotas Tecnológicas: Fabricar um produto envolve a utilização de mão de obra, equipamentos e matéria prima. A utilização sinérgica desses recursos se dá mediante definição de processos de fabricação de componentes e quando for o caso de subsistemas e sequências de montagem. Chama-se a este processo de Rota Tecnológica. No caso específico das inovações, haverá alterações nas rotas tecnológicas dos produtos, variando de menor grau no caso de inovações incrementais até graus maiores no caso das radicais. Segundo Tigre (2006) apud Luz et al (2010, p. 3), “uma inovação é considerada radical quando rompe a trajetória existente, inaugurando uma nova rota tecnológica”.

Technology Roadmapping: A técnica do *Technology Roadmapping* foi originalmente desenvolvida pela Motorola na década de 1970. Segundo Oliveira et al. (2012, p.3) “O Roadmapping é uma abordagem utilizada para a identificação, definição e mapeamento das estratégias, objetivos e ações relacionadas com a inovação em uma organização ou negócio”. Seu principal resultado é o *Roadmap*, um mapa que integra perspectivas de áreas distintas, tais como as comerciais e técnicas.

Phaal e Palmer (2010, p.64) ressaltam a importância da distinção entre os termos *Roadmap* e *Roadmapping*. Segundo os autores, *Roadmapping* é “o processo (séries de atividades e interações) associados com o desenvolvimento do Roadmap, frequentemente como parte de outro processo de negócio (p.ex. política, estratégia, inovação e desenvolvimento de novo produto e serviço”, enquanto que *Roadmaps* “são representações (usualmente visuais) da estratégia, que pode tomar diversas formas, desenvolvidas para sumarizar saídas de um processo de Roadmapping para propósitos de reporte e disseminação”.

Para Phaál e Probert (2007), o maior benefício desta ferramenta é a comunicação, envolvendo todas as áreas de uma empresa para construir uma visão de futuro para o negócio.

1.3 – Objetivos da pesquisa

Os objetivos deste trabalho são:

- a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas, tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e *Technological Roadmapping* que permitam a elaboração de um Mapa Tecnológico (*roadmap*) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirvam como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia.
- b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa, bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros.

De modo a alinhar a bagagem teórica aos propósitos da dissertação foram cursadas na FEA pelo autor do projeto as seguintes matérias voltadas a estratégia tecnológica e gestão da inovação, quais sejam: Estratégia Tecnológica na Empresa e Internacionalização, Avaliação e Mudança na Estrutura Organizacional e Internacionalização, Gestão de Negócios Internacionais, Avaliação e Previsão Tecnológica, Administração da Inovação em Produtos e Processos, Gestão da Inovação Tecnológica na Empresa, bem como monitoria na disciplina Estrutura Organizacional, ministrada na graduação.

1.4 – Estrutura geral do trabalho

Seguem abaixo os capítulos que compõem essa dissertação:

O capítulo 2 contém a fundamentação teórica obtida a partir de artigos, livros e outras referências objetivando contextualizar os aspectos relevantes sobre o tema da pesquisa e empregá-los para o desenvolvimento dos conceitos principais da mesma.

O capítulo 3 apresenta a metodologia da pesquisa e a proposta qualitativa de uma pesquisa-ação. Detalham-se, nesse capítulo, os critérios utilizados para a escolha do tema e do esquema da pesquisa. Apresentam-se nos apêndices os questionários e relatórios da pesquisa Delphi, as matrizes de decisão elaboradas bem como os resultados das entrevistas realizadas no campo.

O capítulo 4 detalha a realização dos estudos abordando tópicos sobre a empresa, seu mercado de atuação e o tipo de produto fabricado. São apresentados os resultados e análise da aplicação das ferramentas de prospecção escolhidas, bem como as lições aprendidas no trabalho.

O capítulo 5 apresenta as conclusões do estudo.

O capítulo 6 enumera as referências bibliográficas utilizadas no estudo.

O capítulo 7 apresenta os apêndices e anexos detalhados para esclarecimento de pormenores da pesquisa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1.– Planejamento estratégico e gestão da inovação

Observa-se, nesta primeira década do século XXI, um aumento da competição entre países e consequentemente entre as empresas neles estabelecidas pelos mercados em nível global. Tentativas de estabelecimento de blocos econômicos como o NAFTA, Mercado Comum Europeu, MERCOSUL e nos países asiáticos acirram ainda mais este processo.

Segundo Johnson e Marcovitch (1994, p.2):

a competitividade internacional depende da coerência vertical entre quatro níveis distintos: nacional, estrutural, empresa e produção. É obtida no contexto da economia nacional e descreve a capacidade de uma nação de sustentar ou aumentar a participação de seus bens e serviços em mercados internacionais.

Porter et al (1991, p.4) ressaltam que

os mercados estão se tornando crescentemente globais como resultado da internacionalização dos desejos dos consumidores, avanços nas comunicações, decréscimo nos custos de transporte, diminuição das barreiras comerciais e a crescente proeminência das empresas multinacionais.

Os autores apresentam quatro fatores principais como críticos para a performance das nações nos mercados internacionais no que concerne a produtos de tecnologia intensiva:

- A orientação nacional: no sentido de utilizar uma política efetiva para a produção voltada para a tecnologia;
- Infraestrutura socioeconômica: As instituições sociais e econômicas que dão suporte e mantêm os fatores físicos, humanos, organizacionais e financeiros essenciais ao funcionamento de uma nação industrial com base tecnológica;
- Infraestrutura tecnológica: As instituições e recursos necessários para aplicar os processos de manufatura tecnologicamente intensivos e para desenvolver, fabricar e vender produtos com tecnologia intensiva;
- Capacidade produtiva: Os recursos físicos e humanos para fabricar e a eficiência com que são utilizados;

Utterback (1994) apresenta um modelo paralelo para o processo de inovação tecnológica em que deve haver uma interação entre o sistema de produção econômica (usuários da tecnologia) e a comunidade científica e tecnológica. Este modelo paralelo de inovação tecnológica baseia-se na premissa de que a inovação é o resultado de dois antecedentes necessários: a identificação de uma necessidade ou oportunidade no sistema de produção ou no mercado, e a identificação dos recursos técnicos na área científica e tecnológica.

Neste contexto, asseveram Porter et al. (1991, p.6) que “a empresa é o centro da ação para afirmar a competitividade nacional porque nas economias capitalistas ela é sempre o empreendimento que deve entregar a tecnologia.” Os autores apresentam na figura 01 um *framework* para a geração de tecnologia na empresa considerando os aspectos culturais, políticos e econômicos enumerados acima, que embora externos são determinantes para o resultado final do empreendimento tecnológico.

Figure 1.1 National capabilities to absorb and utilize technology. (Source: The American Society of Mechanical Engineers, *Manufacturing International '88*, Vol. 2. Reprinted by permission.)

Figura 1– Modelo para a geração de tecnologia nas empresas
Fonte: Porter et al, 1991, p. 6

Como se pode observar da análise do modelo, o gerenciamento da tecnologia começa com a P&D. A seleção e avaliação dos projetos de P&D deve ser feita criteriosamente de modo a assegurar que a empresa esteja investindo seus recursos limitados na geração de produtos que agreguem valor.

Segundo Vasconcellos e Tarso (1998, p. 1469)

É imprescindível que as atividades relacionadas com a Função Tecnologia estejam inseridas e sejam consistentes com o Plano Estratégico da Empresa. Desta forma, o

planejamento das atividades de P&D e o processo de inovação tecnológica devem estar definidos e sistematizados dentro de um Planejamento Tecnológico, que, por sua vez, deve ser incorporado ao Planejamento Estratégico da Empresa.

Roberts (2007) divide o processo de inovação em seis fases: Reconhecimento da oportunidade, formulação da ideia, resolução do problema, desenvolvimento comercial e utilização e/ou difusão da tecnologia. Fica patente que a fase I depende de uma ampla análise tecnológica e de mercado, em que o gestor de inovação necessita prever cenários futuros nos quais a tecnologia a ser criada estará inserida agregando valor à empresa e à sociedade.

2.2 – Previsão e análise de tendências tecnológicas

Como apresentado anteriormente, Johnson e Marcovitch (1994) propõem seis atividades distintas constituindo o processo de Inovação (Figura 02). A primeira atividade é a prospecção; a segunda atividade é o modelamento dos problemas complexos considerando hipóteses teóricas formuladas e a aderência dos dados obtidos a este modelamento; a terceira etapa é a análise técnico econômica das diversas opções existentes. As atividades subsequentes compreendem os processos de tomada de decisões, ação e avaliação e controle.

Figura 2 - Processo de Inovação Tecnológica
Fonte: Johnson e Marcovitch, 1994, p. 45

Em se tratando de estratégia tecnológica, cujo objetivo, segundo Clark e Wheelwright (1992, p.91) é “guiar a empresa para aquisição, desenvolvimento e aplicação de tecnologia para obter vantagem competitiva”, para que a empresa possa estabelecer quais tecnologias são críticas

para a sobrevivência do negócio e agregá-las ao plano de desenvolvimento de produto, faz-se necessária uma análise acurada das tendências tecnológicas e de mercado.

A primeira notícia que se tem de um trabalho de prospecção tecnológica sistemático foi em 1935 nos EUA, onde o *New Deal's National Resource Commission* incumbiu um comitê de olhar para o futuro de 13 invenções prioritárias. Em 1949, sempre sob o patrocínio do governo dos EUA, instituiu-se a previsão tecnológica como um meio sistemático de explorar o futuro da tecnologia. Na próxima década, instituíram-se análises qualitativas como árvores de relevância, *scenario writing* e Delphi.

Com o final da dominância incontestável das empresas americanas em nível mundial, a análise de tendências tecnológicas reduziu-se a um conjunto de ferramentas e até a década de 1990 as previsões realizadas foram poucas e de qualidade duvidosa.

A partir da década de 1990, a globalização e a acirrada competição entre as nações e entre as empresas atuaram como um fator impulsionador para a retomada das atividades de previsão e avaliação tecnológica. Segundo Coates et al (2001, p.10), “houve uma mudança de ênfase quanto ao objetivo primordial nas atividades de Previsão Tecnológica: avaliar oportunidades e ameaças relacionadas às inovações bem como suas implicações sobre o desempenho econômico das organizações”. Metodologias tradicionais não foram abandonadas, porém foram incorporadas em *frameworks* mais abrangentes integrados a técnicas de inteligência tecnológica competitiva, auditorias de inovação e de tecnologias e análise de mercados com intensa participação de clientes. Os autores apontam como formas emergentes de previsão e avaliação tecnológica o *roadmapping* tecnológico e a inteligência tecnológica competitiva.

Porter et al (2011), em seu modelo de geração de tecnologia apresentado anteriormente, pregam que as informações coletadas na prospecção devem ser classificadas em um mapa inicial de dois tipos: os componentes tecnológicos necessários para realizar a inovação e as forças externas e fatores atuantes sobre ela. Contextos societários e institucionais atuam sobre a tecnologia e devem ser analisados. Monitorar, que na definição de Coates (1986, p.31), apud Porter et al (2011, p.114) é “assistir, observar, verificar e ficar atualizado com os desenvolvimentos, usualmente em uma área bem definida para um propósito específico” ajuda o desenvolvedor de tecnologia a estudar esses contextos e a partir deles elaborar cenários da evolução dessa tecnologia.

Wright e Spers (2011) apresentam, no quadro abaixo, três possibilidades de visão do futuro: extrapolativa, normativa e exploratória. Para a construção da visão extrapolativa, em que o futuro se parece com o passado, utiliza-se projeção de dados históricos. Já a visão normativa é construída por atores que têm o poder de criar o futuro desejado, enquanto que a visão exploratória analisa as possibilidades de futuro, utilizando técnicas sofisticadas para a criação dos cenários.

Os autores ainda apresentam a seguinte metodologia para a construção de cenários:

- Definição do escopo;
- Identificação das variáveis fundamentais;
- Estruturação das variáveis;
- Projeção dos estados futuros das variáveis;
- Identificação dos temas motrizes;
- Montagem de uma matriz de cenários;
- Redação e validação dos cenários;
- Cenários de transição e de planejamento;

Figura 3 - Construção de cenários
Fonte: WRIGHT & SPERS, 2011, s/p.

Nesse contexto de análise exploratória, em que há uma multiplicidade de futuros alternativos, metodologias como a análise Delphi e análise morfológica devem ser utilizadas.

2.3 – Análises de benchmarking

Roberts (2007) apresenta uma definição do processo de inovação como: Inovação = Invenção + Exploração, entendendo-se invenção como um processo de geração e viabilização de ideias e a exploração como a comercialização, aplicação e transferência para o mercado da invenção anteriormente realizada. O autor apresenta quatro etapas fundamentais para a gestão do processo de inovação tecnológica: 1) criação da nova tecnologia; 2) geração de ideias técnicas visando criar novos produtos, processos de fabricação e serviços; 3) desenvolver estas ideias em protótipos funcionais e 4) transferi-las para manufatura, distribuição e utilização dos produtos.

Para que o processo criativo seja eficaz, faz-se necessário que o pesquisador possua uma visão holística do mercado, expectativas dos clientes e posicionamento competitivo em relação aos concorrentes. Nesse aspecto a atividade denominada *Benchmarking* é fundamental.

Boxwell (2008, p.2) define *benchmarking* como “o estudo comparativo em áreas ou setores de empresas competidoras com o objetivo de melhorar o funcionamento da própria organização”. Já Hammer e Stranton (1995, p. 11) apud Blakeman (2002, s/p.) definem a prática de *benchmarking* como “a busca pelas melhores práticas industriais que levarão a uma performance diferenciada”¹. O autor foi o primeiro a abordar este assunto baseado em sua experiência na Xerox Corporation (EUA), desenvolvendo um processo de cinco fases e doze passos:

Fase 1: Planejamento

1. Identificar o que realizar benchmark;
2. Identificar companhias comparativas;
3. Determinar o método de coleta de dados e operacionalizá-lo.

Fase 2: Análise

4. Determinar os pontos fracos quanto ao desempenho;

¹ A more formal definition is "simply the systematic process of searching for best practices, innovative ideas and highly effective operating procedures that lead to superior performance" (HAMMER; STRANTON, 1995, p. 11; apud BLAKEMAN (2002, s/p.).

5. Projetar as metas de desempenho futuras.

Fase 3: Integração

6. Comunicar os resultados e adquirir aceitação;

7. Estabelecer metas funcionais.

Fase 4: Ação

8. Desenvolver planos de ação ;

9. Implementar ações específicas e monitorar o progresso;

10. Recalibrar os benchmarks;

Fase 5: Maturidade

11. Atingir posição de liderança;

12. Integrar totalmente as práticas em processos;

Carpinetti e Melo (2002) classificam as atividades de *benchmarking* de acordo com o objeto de estudo em:

- *Benchmarking* de processo, utilizado para comparar operações, práticas de trabalho e processos de negócios;
- *Benchmarking* de produto, utilizado para comparar produtos e serviços;
- *Benchmarking* estratégico, utilizado para comparar estruturas organizacionais, práticas de gerenciamento e estratégias de negócio;

Os autores citam como modelos de *benchmarking* os casos da Xerox Corporation (USA), LL Beam, Alcoa, Motorola, AT&T, Florida Power and Light e General Electric.

Anand e Kodali (2008) analisaram diversas propostas de processos de *benchmarking* de vários autores e estabeleceram um modelo com 12 fases . Os autores ressaltam que o processo de *benchmarking* tem uma utilidade mais prática para a indústria que acadêmica, uma vez que um processo de *benchmarking* eficazmente realizado pode trazer vantagens competitivas para a empresa inovadora (vide figura 04).

Figura 4 - Processo de Benchmarking sugerido por Anand e Kodali (2008)
Fonte: ANAND; KODALI, 2008, p. 282

2.4 – Análise Morfológica

A técnica de análise morfológica foi estudada por Zwicky (1966) e requer a especificação das principais funções, elementos ou parâmetros básicos de uma questão. Esses parâmetros são analisados em um sistema matricial em que as diversas alternativas para eles são propostas e cruzadas. Da análise das configurações resultará uma ou mais alternativas otimizadas. O autor propõe uma sequência de cinco etapas para a construção do que ele chama de 'caixa' ou 'matriz morfológica', quais sejam:

- 1) Formulação do problema;
- 2) Identificação e análise de todos os parâmetros que podem ser de importância para a solução do problema em questão;
- 3) Construção da "caixa" ou 'matriz' morfológica;
- 4) Avaliação de todas as soluções contidas na matriz morfológica contra os objetivos estabelecidos para resolução do problema;

- 5) Seleção das soluções otimizadas considerando a factibilidade e os recursos necessários para o atingimento dessas soluções. Esta análise pode requerer um estudo morfológico adicional;

Godet (2000) detalha o processo de análise morfológica em duas etapas, por meio da utilização do *software* MORPHOL.

Fase 01: Decomposição do sistema a ser estudado em subsistemas ou componentes (similar aos passos 01 e 02 do processo proposto por Zwicky (1966). Importante ressaltar que deve haver uma solução de compromisso na identificação do número de componentes a serem estudados, uma vez que componentes em demasia inviabilizarão a análise do sistema, enquanto que um número muito restrito de componentes empobrecerá o estudo.

Fase 02: A redução do espaço morfológico – Nesta etapa, o autor propõe a redução do espaço morfológico em um subespaço útil, através da introdução de condicionalismos de exclusão e de critérios de seleção (econômicos, técnicos etc.). Com base nesta seleção as combinações pertinentes poderão ser estudadas.

Godet (2000) ilustra que, embora o método de análise morfológica seja utilizado sobretudo em previsão tecnológica, este tem sido empregado cada vez mais frequentemente na construção de cenários.

A revisão da literatura apresenta inúmeros casos de emprego da análise morfológica nos mais diversos campos do conhecimento. Johnston (2000) a empregou em estudos prospectivos realizados na Austrália. Kososki (2010) usou a análise morfológica para estudar a demanda de aços planos no Brasil. Wright e Spers (2006) a utilizaram para estudos de cenários do Brasil em 2022.

Mc Namee e Celona (2008) realizaram um estudo sobre a utilização do que os autores denominam ‘tabelas estratégicas’, que para fins deste estudo serão denominadas ‘Matrizes de Decisão’.

Quando o Gestor de Tecnologia depara-se com uma série de alternativas para tomada de decisão, o primeiro problema que surge é o que os autores denominam ‘a visão de túnel’, em

que as companhias encontram apenas algumas alternativas similares. O segundo problema que se apresenta é frequentemente a multiplicidade de alternativas, dada a multiplicidade das áreas envolvidas. O desafio então é selecionar algumas alternativas prioritárias (os autores recomendam de três a cinco alternativas).

Formar uma tabela estratégica ou matriz de decisão é frequentemente um exercício de grupo. O grupo então decide quais alternativas devem constar da matriz e quais não devem. Mc Namee e Celona (2008) apontam este tipo de tabela como uma ferramenta muito eficaz para aplicar a experiência e a intuição a uma situação complexa.

Wright, Johnson e Guimarães (1987) realizaram um estudo de prospecção tecnológica associando as técnicas de análise morfológica e o método Delphi aplicada a técnicas de exploração de petróleo em águas profundas. Essa associação de metodologias justifica-se em casos onde há alta complexidade técnica dos assuntos estudados. No caso específico de exploração citado, nove configurações básicas foram listadas, e posteriormente submetidas à apreciação dos especialistas utilizando a Metodologia Delphi. Esta análise sistemática foi um passo importante para o desenvolvimento das tecnologias de prospecção de petróleo em águas profundas que tornaram a Petrobrás uma empresa de referência em nível mundial.

2.5 – O Método Delphi

Inicialmente desenvolvido para aprimorar o uso da opinião de especialistas na previsão tecnológica, o Método Delphi está sendo muito utilizado atualmente na previsão e discussão de políticas públicas.

Skulmolski, Hartman e Krahn(2007, p.01) ressaltam que “o método Delphi funciona especialmente bem quando o objetivo é melhorar o entendimento de problemas, oportunidades, soluções ou desenvolver previsões”. Wright e Giovinazzo (2000) mencionam potencial de utilização nas área de energia, transporte, informática e telecomunicações. Já Mitchell (1982) resalta a importância da aplicabilidade do método como ferramenta estratégica em indústrias de novas tecnologias. O mesmo autor menciona que a técnica Delphi

mostra ser superior quando comparada com outras metodologias de previsão, como grupos de conferência e análises de julgamento social.

Green, Armstrong, Graefe (2007) realizaram uma pesquisa utilizando o *site* de busca *Google* e constataram que em 43% dos casos a metodologia foi empregada em negócios. Os autores citam um amplo espectro de aplicações em que utilizaram a metodologia, variando desde a previsão do número de detentos em um determinado ambiente até a estimativa de quantas refeições deveriam ser servidas em conferências.

Wright e Giovinazzo (2000) mencionam como principais vantagens da aplicação desta metodologia:

- Realização de previsões em situações de carência de dados históricos;
- Consulta a especialistas traz à análise do problema pelo menos o nível de informação do membro melhor informado;
- Uso de questionários e respostas escritas conduz a maior reflexão e cuidado nas respostas, e facilita seu registro;
- Anonimato nas respostas elimina a influência de fatores de “status” e outros de influência;
- Inexistência de custos de deslocamento de pessoal e restrições de agenda dos respondentes;
- O efetivo engajamento no processo de um grande número de participantes é uma importante vantagem que induz à criatividade e confere credibilidade ao estudo.

Ainda segundo Wright e Giovinazzo (2000), as principais desvantagens da aplicação da metodologia Delphi são:

- Seleção de “amostra” de respondentes e tratamento dos resultados estatisticamente não aceitáveis;
- Excessiva dependência dos resultados em relação à escolha dos especialistas, com a possibilidade de introdução de viés pela escolha dos respondentes;

- Possibilidade de se forçar o consenso indevidamente;
- Dificuldade de se redigir um questionário sem ambiguidades e não viesado sobre tendências futuras;
- Demora excessiva para a realização do processo completo, especialmente no caso de envio de questionário via correio;
- Custos de elaboração elevados;

A sequência de realização de uma pesquisa Delphi é mostrada na figura 05, a seguir:

Figura 5 - Sequência de execução de uma pesquisa Delphi
Fonte: Wright & Giovinnazzo, 2000, p. 57

Mitchell (1982) recomenda a utilização da Metodologia Delphi associada a outras técnicas de prospecção. Essa associação de metodologias justifica-se em casos onde há alta complexidade técnica dos assuntos estudados.

Sobre o prazo de realização, Wright e Giovinazzo (2000) citam um período mínimo de 26 dias para a fase de campo, a realização de duas rodadas de um Delphi, sem contar o período de preparo de análise final de resultados. Os mesmos autores mencionam o prazo usual para uma aplicação completa de quatro meses a um ano, dependendo de diversos fatores, variando desde a complexidade do tema até a disponibilidade de recursos para realizar o trabalho.

Webler et al (1991) apresentaram uma variação da metodologia denominada “*Group Delphi*”, em que o processo de *feedback* é conduzido como uma conferência. Durante a sessão plenária o coordenador pede aos especialistas que justifiquem ou cite um exemplo para sua opinião e a discussão sobre o painel é encorajada. A principal diferença deste processo com o método Delphi convencional é a perda da anonimato. Como vantagens desta perda de anonimato, pode-se mencionar: a inexistência de vieses por parte do moderador em relação às opiniões dos painelistas; a discussão direta estimula a reflexão do grupo em direção ao consenso de um modo mais eficaz e rápido. Este método pode ser conduzido em um ou dois dias, em contraponto ao convencional cuja execução pode levar vários meses.

2.6 – Rotas tecnológicas

Para a fabricação de qualquer produto em escala industrial, faz-se necessária a utilização de mão de obra, materiais e processos de fabricação. Considerando as opções tecnológicas existentes no momento, serão estabelecidas sequências de montagem e de produção. Denominamos essas sequências “rotas tecnológicas”.

Rotas tecnológicas têm sido empregadas nos mais diversos ramos da indústria, desde os que envolvem tecnologias mais complexas (ex. nuclear) até as mais simples.

Tigre (2006), apud Luz et al (2010) realizou um estudo sobre tendências e pesquisas em gestão de inovação abarcando desde as inovações incrementais até as radicais, em que novas rotas tecnológicas são introduzidas.

Howells, James, Khaleel (2003) realizaram um estudo sobre as práticas de geração e aquisição de conhecimento em empresas do Reino Unido. Os autores enfatizam a necessidade estratégica das empresas mapearem o conhecimento existente no ambiente interno das organizações, bem como definir estrategicamente os rumos a serem seguidos para atingir uma determinada configuração de conhecimento objetivada. A elaboração de *Technology Roadmaps* auxilia no estabelecimento dessas metas. As decisões a serem tomadas sobre as rotas tecnológicas a serem seguidas e como adquiri-las (interna ou externamente, e no último caso com quem) influenciam todo o processo de gestão do conhecimento das empresas.

Soares e Quadros (2007) estudaram o gerenciamento do portfólio de projetos de P&D (estudo de Caso – CEMIG). Utilizando o modelo de Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2001), os autores enfatizam a necessidade de alinhamento estratégico deste portfólio à estratégia do negócio. O vínculo estratégico é obtido por meio de três abordagens específicas, a saber:

- “Tipo *top down*, as quais compreendem as rotas tecnológicas que definem as grandes iniciativas responsáveis pelo percurso tecnológico expresso pela formatação de portfólio ao longo do tempo; e a definição de cestas estratégicas, que estruturam carteiras de investimentos baseadas em uma determinada estratégia”;
- “Tipo *bottom-up*, em que os projetos são propostos pelos colaboradores da empresa e são selecionados por comitês mediante pontuação segundo critérios alinhados aos objetivos empresariais;
- Tipo misto *top-down/bottom up*, definindo as linhas estratégicas mestras e selecionando os melhores projetos alinhados com estas linhas, em múltiplas interações.

2.7 – Technology Roadmapping

Competição é a palavra de ordem para as empresas no mundo globalizado do século XXI. Atender e mesmo superar as expectativas dos clientes, gerar novos produtos com um ciclo de vida cada vez menor e com qualidade assegurada são as metas com que os gestores de P&D se deparam no dia a dia.

Uma vez que para que qualquer iniciativa de inovação tenha sucesso faz-se necessária a efetiva comunicação entre as diversas interfaces técnicas e não técnicas da empresa, que são multivariadas e multidisciplinares, foi criado um método prático para possibilitar essa interação, que é denominado *Technology Roadmapping*.

A figura 06 abaixo reproduz o primeiro *Technology Roadmap* desenvolvido pela Motorola.

Figura 6 - Primeiro *Technology Roadmap* para rádios veiculares, conectando investimento em tecnologia com a evolução do produto, com horizonte de 10 anos

Fonte: Willyard e Mc Clees (1987, p. 13-19) apud Phaal (2007, p. 01)

Na elaboração do *Roadmap* os especialistas da Motorola elegeram as funções principais dos rádios veiculares e para cada uma delas enumeraram na linha do tempo as potenciais tecnologias aplicáveis. Assim vemos, por exemplo, para a função *tuning* (seleção de estação)

desde o acionamento mecânico por botão (*push button*) até o acionamento por voz (*voice activated*) em 1991.

A última linha do *Roadmap* elenca as funções principais dos sistemas desde a versão *stereo* até a última geração (*Super Hi Fi* e mapas locais, que evoluiu até os dias de hoje com a integração do GPS nos rádios veiculares).

Segundo Bob Galvin (1998, p.803) apud Phall (2007, p.02), que foi CEO da Motorola no período em que o *roadmapping* foi criado, um *Roadmap* é “um olhar estendido para o futuro de um campo de investigação escolhido composto de conhecimento coletivo e imaginação dos mais brilhantes agentes de mudança naquele campo.”

O conceito lançado pela Motorola introduziu dois tipos de *Roadmaps*, aquele relativo a tecnologias emergentes e outro para tecnologias de produto. O escopo de análise do *Roadmap* para tecnologias emergentes é mais focado no âmbito do setor de P&D, enquanto que o *Roadmap* de produto é um conjunto de documentos produzidos no âmbito corporativo da empresa.

Phaal e Probert (2007) citam como um *milestone* importante para a difusão desta ferramenta o ano de 1992, em que o primeiro *Roadmap* da indústria de semicondutores foi publicado. Sua utilização acelerou a inovação neste setor, consolidando uma visão coletiva deste ramo de tecnologia, difundindo e popularizando a ferramenta estratégica que foi adotada por muitas organizações de diferentes setores no mundo.

Trabalhos de pesquisa importantes sobre este tema foram realizados no Reino Unido, destacando-se os estudos de Phaál e Probert (2007), Phaál et al (2003), Phaál e Palmer (2010), Mc Milan (2003), Albright e Kappel (2003), Dissel et al (2009) e Farrukh, Phaál e Probert (2004), entre outros.

A utilização de *Roadmaps* em segmentos industriais é interessante no sentido de agregar os diversos *stakeholders* e por meio de uma reflexão conjunta estabelecer diretrizes setoriais e políticas tecnológicas visando aumentar a competitividade do setor.

Phaal e Probert (2007) citam um estudo em que foram identificados mais de 900 exemplos de utilização de *Roadmaps* em diversos setores, tais como energia, transporte, materiais, aeroespacial, eletrônica, ICT, manufatura, construção, saúde, defesa e ciência pura. Os mesmos autores apresentam casos de sucesso na utilização de *Roadmaps* na área de transporte (*Foresight Vehicle Program*) e tecnologias emergentes (*The Measurement and Standards for Emerging Technologies- MSET*) no Reino Unido. Phaál et al (2003) citam uma pesquisa realizada em 2000 empresas de manufatura no Reino Unido que indicam que por volta de 10% dessas empresas (em sua maioria de grande porte) aplicaram essa técnica, sendo que 89% dessas empresas a utilizaram mais de uma vez. Eles sugerem uma reflexão em torno dos desafios envolvidos na construção de um *Roadmap*, porque, embora simples na sua estrutura, ele representa o produto final de um processo de planejamento e estratégia.

Phaal e Probert (2007) propõem uma representação gráfica do *Roadmap*, que fornece uma visão estratégica do tópico de interesse. Esse gráfico possui várias camadas, apresentando as visões de 'demandas' e 'fornecimento' balanceando os chamados *market pull* e *technology push*, respectivamente a visão do mercado (comercial) e a tecnológica.

Figura 7 - Roadmap esquemático com várias camadas, alinhando múltiplas perspectivas
Fonte: Phaál e Probert, 2007, p.2

Phaal, Farrukh e Probert (2004) agruparam os tipos possíveis de *Roadmaps* em oito categorias, quais sejam:

- a) Planejamento do produto: Este é o tipo mais comum de TR, relacionado à inserção de tecnologia em produtos manufaturados, na maior parte das vezes incluindo mais de uma geração de produtos. A fig. 08 mostra um *roadmap* da Philips, onde este enfoque foi adotado.

Figura 8 - Technology Roadmap aplicado a produto
Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p.12

- b) Planejamento de serviços/capacidade: Focado em empresas de serviços, mostra como a tecnologia dá suporte à capacidade organizacional. A figura 09 mostra o *Royal Mail Roadmap*, baseado numa aplicação inicial de planejamento tecnológico, usado para investigar o impacto do desenvolvimento tecnológico nos negócios.

Figura 9- Roadmap para planejamento de serviços/capacidade – Royal Mail
Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p.12

- c) Planejamento Estratégico: Este tipo é adequado para avaliação da estratégia global, em relação à avaliação de diferentes oportunidades ou ameaças, tipicamente no nível dos negócios. A figura 10 mostra o *roadmap* com a visão dos negócios futuros, em termos de mercado, negócios, produtos, tecnologias, competências, cultura etc.

Figura 10 - Roadmap para planejamento estratégico
Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p.12

- d) Planejamento de longo prazo: apoio ao planejamento de longo prazo, estendendo o horizonte de planejamento. A figura 11 mostra um de uma série de *Roadmaps* desenvolvidos pela *U.S. Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Initiative*.

Figura 11 - Roadmap para planejamento de longo prazo – U.S. Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Initiative
Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p. 12

- e) Planejamento do capital intelectual: alinha iniciativas relacionadas ao capital intelectual e gestão do conhecimento com os objetivos do negócio. A figura 12 mostra um exemplo desenvolvido pela *Artificial Intelligence Applications Unit – University of Edimburgh*, permitindo às organizações visualizarem os seus conhecimentos críticos e as relações entre competências, tecnológicas e habilidades necessárias para atenderem às demandas dos mercados futuros.

**Figura 12 - Roadmap para planejamento de capital intelectual – Artificial Intelligence Applications Unit
University of Edinburgh**

Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p. 12

- f) Planejamento de Programas: enfoca a implementação de estratégias e mais diretamente o planejamento de projetos (por exemplo, programas de P&D). A figura 13 mostra o *roadmap* da NASA para o programa *Origins*, usado para explorar como o universo e a vida se desenvolveram.

Figura 13 - Roadmap para planejamento de programas – NASA

Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p. 12

- g) Planejamento de Processos: apoio à gestão do conhecimento, focalizando um processo em particular (p.ex. o desenvolvimento de um novo produto). A figura 14 mostra um *roadmap* desenvolvido para apoiar o planejamento de produto, enfocando os fluxos de conhecimento necessários para facilitar o desenvolvimento e introdução do novo produto, incorporando perspectivas técnicas e comerciais.

Figura 14 - Roadmap para planejamento de processos
 Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p.12

- h) Planejamento de integração: enfoca a integração e/ou a evolução da tecnologia em termos de como diferentes tecnologias combinam com produtos e sistemas, ou como formar novas tecnologias, muitas vezes sem mostrar a dimensão tempo explicitamente. A figura 15 mostra um *roadmap* da NASA, relacionado à gestão de um programa de desenvolvimento, mostrando o fluxo da tecnologia, como ela se enquadra em sistemas de teste e de demonstração, para dar suporte a missões científicas.

Figura 15 - Roadmap para planejamento de integração – NASA
 Fonte: Phaal, Farrukh e Probert, 2004, p. 12

O *Roadmap* apresenta uma visão holística do negócio, convidando as diversas áreas da empresa ou organização a refletir sobre a estratégia a ser adotada ao longo do tempo e procurando responder as seguintes questões (conforme Phaal e Probert, 2007):

1. Onde desejamos chegar? Onde estamos agora? Como podemos chegar lá?
2. Por que precisamos agir? O que deveríamos fazer? Como deveríamos fazer? Quando?

Uma interessante argumentação apresentada pelos autores é que o *processo* do *Roadmap* é tão importante quanto seu resultado. Em se tratando de um documento vivo, o *Roadmap* deve ser atualizado e divulgado para as diversas interfaces da organização.

Uma vez que, segundo Probert e Radnor (2003, p.27), “um *Roadmap*, na sua definição mais geral, é a visão de um grupo de *stakeholders* de como atingir o objetivo e estar certo de alocar as competências certas no lugar no tempo certo para atingir este objetivo”, faz-se necessário estabelecer uma metodologia de trabalho para concretizar esta meta.

Phaal et al (2003) sugerem um método prático para iniciar rapidamente e conduzir a execução do *Roadmapping* por meio de *workshops* envolvendo o nível estratégico de uma empresa.

A figura 16 apresenta em um diagrama esquemático, o chamado 'Plano T' apresentado pelos autores para a condução dos trabalhos.

Este plano tem como principais objetivos:

- Auxiliar no início do processo específico do *Roadmapping* na companhia.
- Estabelecer os vínculos chave entre os recursos tecnológicos e os drivers do negócio.
- Desenvolver uma primeira versão do *Roadmap* tecnológico.
- Auxiliar as iniciativas de estratégia tecnológica e planejamento na empresa.
- Auxiliar na comunicação entre as funções técnica e comercial.

Figura 16 - As diversas fases do *Roadmapping* (Plano T)

Fonte: Phaál et al., 2003, p. 53

Antes de iniciar o trabalho, deve-se considerar os seguintes fatores:

- Unidade de análise (escopo e foco);
- Definição clara dos objetivos da companhia para o processo;
- Participantes apropriados;
- Informação requerida para suportar o processo;
- Recursos necessários e agendamento para os *workshops*.

Os participantes do *workshop* devem incluir funções técnicas e comerciais (tais como pesquisa e desenvolvimento, manufatura, marketing, finanças e recursos humanos).

O primeiro *workshop* – ‘Mercado’ aborda os aspectos mercadológicos e de negócio. Destaque para as dimensões de performance do produto que impulsionam o desenvolvimento do produto dentro do negócio. Definem-se então os *drivers* de mercado e de negócio para cada segmento de mercado.

O segundo *workshop* – ‘Produto’ visa estabelecer conceitos de características de produto que devem estar alinhados com os objetivos de mercado estabelecidos no *workshop* anterior. Os conceitos de produto e seus impactos em cada um dos mercados considerados são classificados e priorizados. As duas matrizes de análise (vide figura 17) são examinadas para realizar-se a correlação entre tecnologia, características de produto e fatores impulsionadores do mercado, conectando as diversas camadas do *Roadmap*.

O terceiro *workshop* – ‘Tecnologia’ – objetiva identificar soluções tecnológicas para atingir os objetivos de produto definidos no encontro anterior.

O quarto *workshop* – ‘Mapeamento’ (*Charting*) – unifica todas as informações para a geração do primeiro *Roadmap*. Seu formato é definido em termos de escalas de tempo, níveis e estratégia de produto (por exemplo, plataformas de produto). *Milestones* chave são identificados, a evolução do produto é plotada e os programas tecnológicos elencados, juntamente com as conexões entre as camadas dos *Roadmaps*.

Figura 17 - Correlação entre os fatores de análise para construção do Roadmap
 Fonte: Phaal et al., 2003, p. 54

Phaal e Probert (2007) apontam as seguintes boas práticas para o sucesso de um *Roadmapping* em uma organização:

Planejamento:

- A iniciativa do *Roadmapping* deve ser claramente integrada com o planejamento estratégico da empresa;
- É mais fácil utilizar esta ferramenta dentro de uma “infraestrutura social” (ex. uma associação ou federação de indústrias);
- Deve ser estabelecido um “senso de urgência” para mobilizar os participantes;
- Criar um compromisso da alta administração com o processo;
- Ter uma visão clara da missão e objetivos do trabalho;
- As atividades do *Roadmapping* devem ser patrocinadas pela indústria.

Implementação:

- Não existe um padrão único para todas as situações – cada caso requer uma abordagem específica.
- É importante manter o *momentum* para manter os participantes interessados e envolvidos.
- O *Roadmapping* é um processo exploratório por natureza, de maneira que o plano deve ser flexível para acomodar o aprendizado à medida que o processo avança.
- Um espírito de abertura é importante, para encorajar a participação de novos membros e pensar sobre o processo.
- Os aspectos financeiros precisam estar claros – geralmente os custos de tais iniciativas são compartilhados entre as organizações que administram e participam do processo.

Follow up:

- O *Roadmapping* é tipicamente um processo iterativo, é benéfico haver revisões após a emissão do primeiro plano.
- As saídas do processo devem ser monitoradas.

Probert e Radnor (2003) citam como fatores importantes para o sucesso de um trabalho de *Roadmapping* a atuação de um coordenador técnico sênior que revise e integre os *roadmaps* entre as diversas áreas do negócio e o suporte da alta administração em todo o processo.

Mc Millan (2003) estudou a implantação do *Roadmapping* na empresa *Rockwell Automation*. Com a utilização desta ferramenta, a empresa foi capaz de identificar as competências chave e revelar os *gaps* tecnológicos existentes. Como resultados, houve uma expressiva melhora na performance do negócio, integração entre as unidades de negócio e uma seleção otimizada dos projetos tecnológicos a serem desenvolvidos.

Dissel et al (2009) apresentam uma abordagem interessante para a valoração de novas tecnologias na empresa, que eles chamam de “Value Roadmapping”. Argumentam os autores que os métodos financeiros tradicionais para avaliação de oportunidades de negócio podem gerar apreciação e tomada de decisão equivocadas com relação a estas novas tecnologias, dado o alto grau de incerteza nas premissas adotadas. Unificando as técnicas estabelecidas no *Technology Roadmapping* com técnicas padrão de valoração tais como NPV (*Net Present Value*) é possível avaliar a tecnologia e valorizá-la (explorar, comunicar, calcular, maximizar e administrar valor). O método VRM é um processo que estabelece uma linguagem comum entre as áreas técnica, financeira e comercial e mostrou-se útil na avaliação do potencial de agregação de valor em projetos de sete companhias de tecnologia intensiva e institutos de pesquisa.

Albright e Kappel (2003) sugerem a utilização de *roadmaps* em corporações com várias unidades de negócio. Além de possibilitar a criação de uma base de dados em que as tecnologias comuns podem ser utilizadas em produtos diferentes, os *Roadmaps* integram o diálogo com clientes e fornecedores e ajudam a focar os processos de planejamento de negócios e de portfólio de produtos da companhia.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1- Método de pesquisa

A pesquisa científica é um procedimento reflexivo e crítico de busca de respostas para problemas não solucionados. Uma vez que uma das características da ciência é o seu processo sistemático, para que a pesquisa produza resultados coerentes no sentido de obter respostas para a(s) pergunta(s) problema(s), faz-se necessário o estabelecimento de metodologias eficazes para operacionalização deste processo.

Goldemberg (1999, p.106) estabelece que uma pesquisa científica deve obedecer aos seguintes requisitos: “a) a existência de uma pergunta que se deseja responder; b) a elaboração de um conjunto de passos que permitam chegar à resposta; c) a indicação do grau de confiabilidade na resposta obtida”.

Moresi (2003) estabelece que o planejamento de uma pesquisa dependerá basicamente de três fases:

- **fase decisória:** referente à escolha do tema, à definição e à delimitação do problema de pesquisa;
- **fase construtiva:** referente à construção de um plano de pesquisa e à execução da pesquisa propriamente dita;
- **fase redacional:** referente à análise dos dados e informações obtidas na fase construtiva. É a organização das ideias de forma sistematizada, visando à elaboração do relatório final.

A escolha do tema e a definição do problema de pesquisa já foram abordadas em itens anteriores deste trabalho. Neste capítulo, será abordada a fase construtiva, ou seja, a elaboração do plano de pesquisa, sendo que a investigação realizada nesta pesquisa é qualitativa e exploratória.

Lazarsfeld (ano), apud Martins e Theóphilo (2009), identifica três situações em que se presta atenção particular a indicadores qualitativos: (a) em situações nas quais a evidência

qualitativa substitui a simples informação estatística relacionada a épocas passadas; (b) para capturar dados psicológicos e (c) para descobrir e entender a complexidade e a interação de elementos relacionados ao objeto do estudo.

Na pesquisa qualitativa, o pesquisador, à medida que coleta os dados, organiza, cataloga e analisa o material, de modo a tentar identificar tendências e relações com o modelo teórico proposto. Esse procedimento se diferencia da pesquisa quantitativa, em que coleta e análise dos dados ocorrem em fases distintas.

Bodgan e Biklen (ano) apud Martins e Theóphilo (2009) sugerem os seguintes procedimentos para atenuar os riscos inerentes a uma pesquisa qualitativa, essencialmente de falta de consistência e objetividade na coleta dos dados:

- Delimitação progressiva do foco do estudo: À medida que a pesquisa evolui, o foco do estudo é reavaliado e delimitado, refinando o trabalho de coleta de dados futuros.
- Formulação de questões analíticas: Nesta fase, faz-se uma análise comparativa dos dados, à luz do modelo teórico proposto.
- Aprofundamento da revisão da literatura: À medida que a pesquisa evolui, deve-se relacionar as descobertas feitas durante o estudo com o referencial teórico, para que possa ser dado um foco científico ao trabalho.
- Testar as ideias junto aos sujeitos: Sugere-se que o pesquisador teste suas ideias, percepções e conceitos junto aos sujeitos informantes para uma correta análise crítica dos dados.

Uso extensivo de comentários, observações e especulações ao longo da coleta, os quais devem ser registrados para uma análise acurada das variáveis e para o entendimento do fenômeno pesquisado.

Martins e Theóphilo (2009) relacionam as principais características da pesquisa qualitativa:

- (a) Os dados coletados são predominantemente descritivos;
- (b) Preocupação com o processo e não somente com os resultados e o produto;
- (c) Análise indutiva dos dados;
- (d) Preocupação com significado.

Ao longo da pesquisa qualitativa, o pesquisador depara-se com diversas questões éticas, metodológicas e políticas que podem ter forte influência sobre os resultados de sua investigação. A observação deve ser feita com o conhecimento dos observados, sob pena de ser considerada antiética. Adicionalmente, o pesquisador deve ser isento em suas conclusões e deixar claro quais os critérios utilizados quando da coleta dos dados.

Ainda segundo Martins e Theóphilo (2009), os seguintes tipos de estratégias de pesquisa adotam abordagem qualitativa:

- Pesquisa-Ação
- *Grounded Theory*
- Estudo etnográfico
- Estudo de Caso

O autor sugere ainda como técnicas mais empregadas nesse tipo de pesquisa:

- Observação
- Observação participante
- Entrevista
- *Focus Group*
- Análise documental
- Análise de conteúdo
- Análise de discurso

No trabalho de pesquisa que é tema deste estudo utilizou-se o método da pesquisa-ação. Segundo Martins e Theóphilo (2009, p.72), “a pesquisa-ação tem sido definida como um tipo de investigação participante que tem como característica peculiar o propósito de ação planejada sobre os problemas detectados”.

Já Thiollent (2005, p.16) classifica a pesquisa-ação como

um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

O criador da pesquisa-ação foi Kurt Lewin, que a classificou como um ciclo de análise, fato achado, concepção, planejamento, execução e mais fato achado ou avaliação. Seguindo a esse

ciclo, ocorre uma espiral de vários outros ciclos. Martins e Theóphilo (2009) concebem a pesquisa-ação como uma estrutura de interação cliente/pesquisador ou consultor com procedimentos em quatro grandes fases:

Fase exploratória: A exploração é realizada mediante discussão em grupo com membros da organização para identificação do problema proposto pelo pesquisador. Essa abordagem pode ser feita por meio de reuniões, entrevistas ou seminários.

Martins e Theóphilo (2009) propõem como principais atividades relacionadas com a coleta de dados para a fase exploratória:

1. A preparação do roteiro de entrevista;
2. A preparação do trabalho da equipe ou do próprio pesquisador;
3. Aplicação do pré-teste da entrevista
4. Aplicação do roteiro da entrevista;
5. Análise e interpretação das respostas
6. Relatório de análise das entrevistas;
7. Retorno do relatório aos entrevistados.

Fase da pesquisa aprofundada: Nesta fase, o pesquisador e os participantes se reúnem em um seminário para direcionar a investigação, com o auxílio de grupos de estudos de coleta de dados. Faz-se toda a tratativa e interpretação dos dados coletados, bem como elaboração de um plano de ação para resolução do problema de pesquisa e acompanhamento das ações/divulgação dos resultados aos participantes.

Fase de ação: A fase de ação objetiva difundir os resultados aos participantes. Uma vez processados os resultados da pesquisa, é aberta uma ampla discussão entre os membros da organização e encaminhadas as propostas de melhorias e mudanças.

Fase de avaliação: As ações implementadas são avaliadas por grupos específicos e sintetizadas em seminários dos quais podem participar avaliadores externos.

Procurou-se tomar os devidos cuidados na condução desta pesquisa para evitar os pontos de crítica à pesquisa-ação relacionados por Martins e Theóphilo (2009), quais sejam:

- A pesquisa-ação seja uma pesquisa com pouca ação ou ação com pouca pesquisa;
- Autores entendem que a pesquisa ação (PA) apresenta pouco rigor científico e, conseqüentemente, limitada contribuição ao corpo de conhecimentos;
- A PA aborda problemas complexos que podem se alterar antes da conclusão da pesquisa;
- A PA encontra dificuldades e entraves em estruturas burocráticas e pouco democráticas;
- Por envolver atores com diversos níveis de escolaridade, torna-se difícil a comunicação em entendimento de todas as fases da pesquisa a todos os participantes.

3.2 – Abordagem da pesquisa

Seguindo o modelo de fases propostos por Martins e Theóphilo (2009) para a condução de uma pesquisa-ação, esta pesquisa apresenta as seguintes fases: fase exploratória, fase da pesquisa aprofundada, fase de ação e fase de avaliação. Neste projeto de pesquisa, os objetivos, como previamente apresentados neste trabalho, são:

- a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas, tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e *Technological Roadmapping* que permita a elaboração de um Mapa Tecnológico (*roadmap*) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirva como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia.
- b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros.

Escolheu-se realizar a fase exploratória utilizando o Método Delphi associado à Análise Morfológica. Entende-se que esta filosofia de análise é plenamente aplicável ao problema de pesquisa objeto deste estudo, uma vez que o número e a complexidade de parâmetros envolvidos na definição do mapa tecnológico para o produto amortecedor são elevados.

Para a *fase exploratória* a proposta foi a constituição de um grupo de trabalho multidisciplinar visando, a partir do método de análise morfológica definido por Zwicky (1966), estabelecer as principais funções dos componentes constituintes do produto escolhido e definir as variáveis envolvidas na definição do problema. Uma vez concluída esta etapa, foi elaborado e testado o questionário para realização da pesquisa Delphi (foram adotados dois ciclos para a conclusão desta pesquisa, com uma fase de análise intermediária dos resultados pelo grupo de trabalho para redefinição e reavaliação do questionário).

Concluída a fase exploratória, foi realizada a fase de *pesquisa aprofundada*. Os resultados da pesquisa Delphi foram analisados e divulgados aos painelistas. O grupo de trabalho realizou então uma análise de frequências dos resultados da pesquisa Delphi e elaboração de uma proposta de priorização de materiais alternativos para cada componente do amortecedor estrutural .

Posteriormente o grupo de trabalho reuniu-se e elaborou uma matriz de decisão com base em variáveis estratégicas para o negócio. Esta matriz gerou outra proposta de alternativas tecnológicas de material complementar àquela gerada na pesquisa Delphi.

Com base na análise das duas matrizes elaborou-se, então, um questionário a ser submetido às interfaces externas à empresa. Selecionou-se quatro clientes montadoras (OEM), três fornecedores estratégicos de materiais alternativos e dois professores universitários e consultores especialistas em materiais. A análise deste questionário permitiu elaborar uma terceira alternativa tecnológica, a ser comparada com as duas primeiras.

Nas *fases de ação e avaliação* o grupo de trabalho, constituído de gestores e especialistas nas áreas de engenharia e materiais, reuniu-se para compilar os resultados das pesquisas realizadas nas fases anteriores. O produto final deste trabalho foi uma proposta de Mapa Tecnológico - *Technology Roadmap* visando atingir aos objetivos do estudo, bem como a identificação de limitações, lições aprendidas e oportunidades de melhoria para estudos futuros.

3.3 – Critérios utilizados para a escolha do objeto da pesquisa

Nesta pesquisa-ação, objetivou-se identificar e aplicar técnicas de previsão tecnológica visando reduzir o peso de amortecedores estruturais. Atente-se que os resultados deste estudo não podem ser extrapolados para outros mercados regionais ou inferidos como tendência mundial, o que se constitui em uma limitação desta pesquisa.

Tomou –se esta decisão com base em fortes demandas de clientes OEM visando à obtenção de produtos sustentáveis em termos ecológicos e que propiciassem um potencial de redução de peso sem incrementos de custo que prejudicassem a competitividade do produto. Dada a diversidade de tipos de amortecedores, realizar a pesquisa para todos eles inviabilizaria o estudo, assim foi escolhida a família dos amortecedores estruturais, que apresenta maior complexidade técnica e maior potencial de redução de peso. É importante ressaltar que embora o tema de pesquisa seja específico, a proposta deste estudo é identificar uma metodologia de análise e previsão tecnológica que possa ser aplicada a outras tecnologias diversas daquela abordada aqui.

O grupo de trabalho foi constituído pelo autor desta pesquisa, bem como por engenheiros especialistas em amortecedores e materiais. O universo amostral para realização da pesquisa Delphi foi de especialistas nas áreas internas da empresa (engenharia de produto, processos, vendas, compras e qualidade), além de alguns consultores e professores especialistas no produto amortecedor.

3.4 – Esquema da pesquisa

Com base nos objetivos desta pesquisa, que como apresentado anteriormente, são:

- a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas, tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e *Technological Roadmapping* que permitam a elaboração de um Mapa

Tecnológico (*roadmap*) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirvam como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia.

b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros.

Elaborou-se um modelo para construção de um mapa tecnológico que visa à solução deste problema de pesquisa. Esse modelo está exposto nos dois fluxogramas a seguir, sendo que o primeiro fluxograma detalha o processo da pesquisa em caráter geral e o segundo a metodologia específica para a execução da pesquisa Delphi.

O primeiro passo para a elaboração do modelo teórico foi a definição dos objetivos da pesquisa, conforme referenciado no início deste tópico, e a aplicação a um escopo tecnológico específico. A análise de tendências/demandas de clientes foi feita sob a ótica do alinhamento da estratégia corporativa macro da empresa que define quais os mercados alvo em escala mundial e regional. Para tanto, um amplo estudo sobre os principais atores envolvidos no processo de inovação (quais sejam, colaboradores de centros técnicos nacionais e se fosse o caso internacionais, representantes comerciais, gerentes de programa e outros) foi executado. Outras ferramentas de análise estratégica foram utilizadas, tais como Planos de Tecnologia anteriores da empresa, análises S.W.O.T., relatórios de consultorias especializadas etc.

O monitoramento tecnológico dos concorrentes e sua comparação com o nível atual do(s) produto(s) analisados foi de fundamental importância para uma melhor identificação das alternativas tecnológicas visando à elaboração do quadro morfológico, detalhadas e relacionadas no questionário da pesquisa Delphi. A consulta a materiais informativos de concorrentes (*sites*, literaturas técnicas e catálogos), visitas a feiras e eventos técnicos, consultas a clientes e fornecedores foram ferramentas importantes para a consecução desse objetivo.

Para a realização das análises de *benchmarking* e morfológica do amortecedor estrutural, este foi dividido em subconjuntos, cujas funções no produto foram detalhadas e os potenciais de redução de peso avaliados. Concomitantemente, foi feito um *brainstorming* entre os membros do grupo de trabalho para elencar materiais e processos alternativos objetivando redução de peso nos subconjuntos. O quadro morfológico foi a base para elaboração do questionário de pesquisa a ser divulgado aos painelistas quando da execução da pesquisa Delphi. A

elaboração e execução da pesquisa Delphi foi efetuada conforme as recomendações de Wright e Giovinazzo (2000).

Os painelistas da pesquisa Delphi foram selecionados de áreas estratégicas da Empresa, tais como Engenharia de Produto, Engenharia de Processo, Qualidade e Área Comercial. O nível máximo consultado foi a Diretoria de Engenharia e o nível mais baixo foi Analista de Engenharia. Excetuando-se o nível de Diretoria, a maioria dos respondentes tem atividades táticas/operacionais, o que se constitui em uma limitação técnica da pesquisa Delphi, pois não se espera que os respondentes tenham a visão macro estratégica holística do negócio. Esta limitação reforçou a necessidade de uma “aferição” dos resultados obtidos com outras ferramentas de análise que foram desenvolvidas ao longo deste estudo. Recebidas as respostas, foram realizadas análises de frequência para cada questão que serviram de base para a elaboração do relatório da primeira fase.

Martins e Theóphilo (2009) sugerem o seguinte processo para análise de dados em pesquisas qualitativas:

- ✓ *Redução dos dados*: Trata-se de um processo contínuo em que os dados advindos da pesquisa de campo são catalogados, simplificados, abstraídos e registrados.
- ✓ *Apresentação dos dados*: Organização dos dados de tal forma que o pesquisador consiga tomar decisões e tirar conclusões: textos narrativos, matrizes, gráficos, esquemas etc.
- ✓ *Delineamento e busca das conclusões*: Nesta fase, o pesquisador procura buscar relações de causa e efeito entre os dados observados, correlacionando-os com a literatura e com outros dados obtidos, visando a validação (ou não) do modelo teórico.

Após a análise de tendências da primeira fase da pesquisa Delphi, o questionário foi revisado suprimindo-se as questões em que houve consenso entre os painelistas e mantendo-se as questões que exigiram uma reanálise ou adicionando novas questões. A segunda fase da pesquisa foi então realizada utilizando-se o *software SurveyMonkey*, submetendo as questões aos painelistas que responderam à primeira rodada. Após a obtenção dos resultados desta fase, foi elaborado um relatório final a ser divulgado a todos os respondentes, bem como aos membros do grupo e à administração.

Além da pesquisa Delphi, foi elaborada pelo grupo de trabalho uma matriz de decisão em que foram consideradas, além das variáveis técnicas abordadas na pesquisa Delphi, variáveis estratégicas para o negócio, e como última etapa da metodologia foi elaborado o questionário de pesquisa objetivando a realização das entrevistas com as interfaces externas (clientes, fornecedores, consultores externos e, quando aplicável, institutos de pesquisa e universidades).

Segundo Martins e Theóphilo (2009, p.88),

a entrevista é uma técnica de pesquisa para coleta de informações, dados e evidências cujo objetivo básico é entender e compreender o significado que entrevistados atribuem a questões e situações, em contextos que não foram estruturados anteriormente, com base nas suposições e conjecturas do pesquisador.

Utilizou-se a técnica de entrevista semi estruturada, na qual o entrevistador utiliza um roteiro, mas com a liberdade de serem introduzidas novas questões pelo entrevistador. Estas entrevistas foram feitas em profundidade, pois os entrevistadores tiveram de ser altamente capacitados para coletar e compilar informações detalhadas sobre um tema específico, no caso, a redução de peso em amortecedores estruturais. Os dados obtidos nessas entrevistas foram analisados contra aqueles coletados na pesquisa Delphi, por meio da aplicação de triangulações.

Martins e Theóphilo (2009) recomendam para uma boa condução de entrevista:

- a) Planejar a entrevista, delineando cuidadosamente o objetivo a ser alcançado.
- b) Quando possível, obter algum conhecimento prévio sobre o entrevistado.
- c) Atentar para os itens que o entrevistado deseja esclarecer, sem manifestar opiniões.
- d) Obter e manter a confiança do entrevistado.
- e) Ouvir mais do que falar.
- f) Evitar divagações.
- g) Registrar as informações, dados e evidências durante a entrevista.
- h) Com a concordância do entrevistado, usar gravador.
- i) Se necessário, formular questões secundárias.

Com base nos resultados da pesquisa Delphi, análise da matriz de decisão e resultados dos questionários das entrevistas submetidas às interfaces externas à empresa (clientes, fornecedores e especialistas em materiais), elaborou-se o Mapa Tecnológico, para atingir os

objetivos deste estudo de pesquisa. A realização de tal *Roadmap* seguiu as recomendações de Phaal e Probert (2007), no sentido de responder às seguintes perguntas:

1. Onde queremos chegar? Onde estamos agora? Como podemos chegar lá?
2. Porque necessitamos agir? O que deveremos fazer? Como deveremos fazer? Quando?

Figura 18 - Fluxograma das etapas necessárias para a construção do *Roadmap* Tecnológico
Fonte: O autor

Figura 19 - Fluxograma – Pesquisa Delphi
Fonte: adaptado de Wright e Giovinnazzo, 2000

4. REALIZAÇÃO DO ESTUDO

4.1 – A Magneti Marelli Cofap e o Setor de Autopeças Brasileiro

A indústria automotiva brasileira atingiu nos últimos anos uma pujança inédita em sua história. O primeiro quadrimestre de 2013 encerrou-se com uma produção de um milhão, 168 mil e 592 veículos automotores fabricados. No período anualizado, aquele de maio de 2012 a abril de 2013, o volume de produção chegou à faixa de 3,5 milhões de unidades, já até pouco acima da projeção da Anfavea para o total do ano, 3 milhões 490 mil (Autodata, 2013).

O Brasil encerrou o ano de 2012 como o quarto mercado mundial de veículos. O crescimento da produção de veículos exige dos fabricantes nacionais de autopeças, bem como das multinacionais estabelecidas no País, um esforço cada vez maior no sentido de atender às demandas dos clientes. Dados da balança comercial de autopeças apontaram um aumento de 58,60% no déficit comercial de janeiro de 2013 em comparação com o mesmo período do ano anterior (Sindipeças, 2013).

Nesse contexto de competição acirrada entre os fabricantes nacionais e internacionais de autopeças o governo brasileiro lançou o programa de regime automotivo INOVAR AUTO, um pacote de medidas que visa aumentar a competitividade da indústria automotiva nacional. Uma das metas mais ousadas deste programa é o atingimento do índice de eficiência energética dos veículos nacionais em 1,82 MJ/km (megajoule por quilômetro) até 2017, sob pena de incidir multa de 10% do crédito presumido concedido do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI) aplicada sobre o valor do crédito referente ao mês anterior ao da verificação da infração (Automotive Business, 2013).

O INOVAR AUTO estabelece que **de 2017 a 2020** seja concedido desconto de **um ponto porcentual de IPI** para empresas que aumentarem a eficiência de seus veículos em **15,46%**, e de **dois pontos** para aquelas que atingirem **18,84%** – o índice é equivalente ao padrão que os países da União Europeia vão adotar em 2015, que prevê a emissão de 130 gramas de CO₂ por quilômetro. A adoção de metas de redução de consumo obriga as empresas a **investirem**

em novas tecnologias, como injeção direta, turbo alimentação e eletrificação de sistemas, o que aumenta os custos de produção.

Assim, a solução encontrada pelo governo foi um meio-termo, criando vantagem competitiva importante para quem buscar maior **eficiência energética**. A legislação induz à fabricação de carros que poderão rodar até **17 km com um litro** de combustível, e o proprietário poderá **economizar R\$ 1.150 por ano**. Esta exigência está mobilizando as estruturas de engenharia das montadoras estabelecidas no Brasil no sentido de exigir de seus fornecedores programas de melhoria de produto no sentido de reduzir peso dos componentes fabricados para atingir as metas de eficiência energética estipuladas, daí a atualidade do estudo de pesquisa objeto desta dissertação. É neste cenário extremamente desafiador que se encontra a Magneti Marelli Cofap, empresa objeto desta pesquisa ação, que pertence ao Grupo Magneti Marelli, cujo controle acionário é detido pela *holding* do Grupo FIAT SpA.

O Grupo Magneti Marelli, com sede na Itália, é constituído de oito unidades de negócio, a saber: Iluminação Automotiva, Componentes de Motor, Eletrônica, Sistemas de Suspensão, Exaustão, Componentes Plásticos e Módulos, Reposição (*Aftermarket*) e *Motorsport*.

Company Overview

Figura 20 - O Grupo Magneti Marelli e suas Unidades de negócio
Fonte: Magneti Marelli, 2013, s/p.

A Magneti Marelli Cofap foi criada no ano de 1997, a partir da aquisição da Divisão de Amortecedores da então Companhia Fabricadora de Peças, a COFAP, empresa brasileira transnacional que já atuava neste segmento. A partir deste ponto, a empresa será denominada MM Cofap. A empresa tem unidades produtivas no Brasil em Mauá (estado de São Paulo) e Lavras (estado de Minas Gerais), além de unidades no exterior: Estados Unidos (Pulaski, Tennessee), Polônia (Bielsko Biala) e *joint ventures* com empresas locais na Índia (Pune) e China (Hangzhou), das quais saíram aproximadamente 30 milhões de amortecedores no ano de 2011. Além das unidades produtivas, a MM Cofap possui Centros de Desenvolvimento no Brasil (Mauá, estado de São Paulo) e Itália (Turim) e de aplicação em Auburn Hills, nas vizinhanças de Detroit, Michigan, EUA.

Cofap Shock Absorbers - Worldwide Presence

Figura 21 - Presença da Magneti Marelli Cofap no mundo e principais dados sobre a empresa
 Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p.

A empresa é líder no mercado nacional, com aproximadamente 70% do mercado OEM e é o sexto fabricante mundial de amortecedores. Os principais clientes da MM Cofap estão ilustrados na figura 22.

Shock Absorbers & Controlled Systems: Customers

Figura 22 - Principais clientes da Magneti Marelli Cofap
 Fonte: Magneti Marelli, 2011, s/p.

As principais linhas de produtos fabricados pela empresa estão ilustradas na Figura 23 e são, a saber:

- Amortecedores estruturais;
- Amortecedores monotubulares e bitubulares convencionais;
- Módulos de suspensão (Semi Corners);
- Molas a gás;
- Amortecedores eletrônicos e sistemas de controle eletrônicos de amortecimento;
- Sistemas niveladores de altura para veículos.

Cofap Shock Absorbers – Products & Technologies

- Struts
- Shocks Monotube and Twintube
- Semi corner module
- Gas springs

- Electronic Shock Absorbers
- Damping Control Systems

- Lifting Systems

Figura 23 - O portfólio de produtos da Magneti Marelli Cofap
Fonte: MM Cofap, 2012, s/p.

Os Centros Técnicos de Amortecedores da empresa têm todos os recursos necessários para desenvolvimento e testes dos produtos, tais como sistemas de projeto por computador, equipamentos de teste de performance, durabilidade, ruído e vibração e unidades móveis que são verdadeiros laboratórios volantes, cujo propósito é montar e testar amostras em veículos nos campos de prova dos clientes.

A Diretoria de Engenharia de Amortecedores está sediada no Brasil e tem total autonomia para atividades de P&D, mas a estratégia e os recursos financeiros necessitam ser aprovados pela matriz na Itália. A estrutura organizacional dos Centros Técnicos de Amortecedores emprega cerca de 200 pessoas, das quais 80% estão no Brasil e a gestão fica a cargo do Diretor de Engenharia. Os CTs exercem as seguintes atividades: desenvolvimento e projeto de produto, testes e análises de *performance*, durabilidade, ruído e vibração e rodagem, gestão do conhecimento e inovação. Esta última área foi criada logo após a aquisição da Cofap pela Magneti Marelli, no ano de 1998, sendo responsável pelo desenvolvimento de novas

tecnologias não disponíveis na empresa. O autor deste estudo é o gerente responsável pela Engenharia de Inovação e é no escopo desta que o presente trabalho foi desenvolvido, uma vez que uma das linhas do planejamento estratégico da empresa é o desenvolvimento de soluções de engenharia visando à redução de peso em amortecedores.

Dados complementares sobre o Mercado Automotivo Brasileiro e Mundial e sobre o Grupo Magneti Marelli e Magneti Marelli Cofap são apresentados no Anexo 1.

4.2 – Análise Morfológica do Amortecedor Estrutural “Mc Pherson”

4.2.1 – O Amortecedor Estrutural Mc Pherson

Como esta pesquisa ação é um estudo voltado para a Gestão Tecnológica, porém abrangendo um escopo técnico, faz-se necessário algum esclarecimento sobre o funcionamento e os aspectos técnicos do produto estudado, o amortecedor estrutural. Os amortecedores dos veículos tem a função principal de ajudar a reduzir o impacto das imperfeições das ruas e estradas sobre os ocupantes do veículo. Esses componentes realizam o controle das ações e reações das molas, mediante utilização da pressão hidráulica em fluidos contidos num cilindro, dissipando a energia acumulada em forma de calor.

Existem diversos tipos de amortecedores cuja descrição técnica foge do escopo deste trabalho, porém vale menção o fato de que os amortecedores bitubulares são os mais utilizados em veículos de passageiros ao redor do mundo. Os amortecedores bitubulares consistem em dois tubos concêntricos, um tubo externo (denominado tubo reservatório) e um tubo interno (denominado tubo de pressão), sendo que o espaço livre entre eles forma um reservatório de óleo. Um pistão solidário a uma haste reciprocante move-se nos sentidos de extensão ou tração (abertura da suspensão do veículo, por exemplo, quando a roda “cai” em um buraco ou depressão) e compressão (fechamento da suspensão do veículo, por exemplo, quando a roda ultrapassa um obstáculo, como uma lombada). Uma válvula na extremidade inferior do tubo interno permite ao óleo (correspondente ao volume deslocado pela haste) fluir entre os tubos (Iezzo, 2010). O controle das forças de amortecimento é realizado seja pela válvula localizada

na extremidade da haste do amortecedor (esta válvula controla as forças de amortecimento na extensão), seja pela válvula de base anteriormente mencionada, que controla as forças de amortecimento na compressão.(vide figura 24). O número total de componentes de um amortecedor deste tipo varia em torno de (40) quarenta.

À medida que os veículos tornaram-se tecnologicamente mais sofisticados, com o advento da eletrônica embarcada e com o uso de materiais alternativos, a tecnologia de amortecimento foi ganhando contornos cada vez mais complexos. Os sistemas de amortecimento atuais variam desde os chamados ‘amortecedores passivos’, em que o controle das forças de amortecimento ocorre de forma invariável independente da condição dinâmica do veículo até os chamados ‘sistemas de amortecimento variáveis’.

Existe uma ampla gama de sistemas de amortecimento variáveis, desde os sistemas remotos, aqueles em que a força de amortecimento é ajustada pelo usuário do veículo até os chamados sistemas ‘semi ativos’ ou ‘sistemas inteligentes’ em que é possível modificar as forças de amortecimento em função de variações na condição dinâmica do veículo detectadas por sensores acelerométricos distribuídos no veículo. Os impulsos elétricos gerados por estes sensores comandam válvulas eletromagnéticas localizadas nos amortecedores que corrigem as forças de amortecimento em milissegundos.

Nas chamadas suspensões ativas, não se utilizam molas mecânicas helicoidais, o controle das oscilações da carroceria do veículo é feito através de sistemas hidráulicos eletronicamente controlados. As suspensões ativas eletromagnéticas são o estado da arte dos sistemas de amortecimento. A principal peça da suspensão ativa eletromagnética é dificilmente distinguível de um amortecedor comum – ela, na verdade, substitui o amortecedor. Em seu interior há uma mola passiva, um forte atuador eletromagnético - com força suficiente para erguer o carro - uma unidade de controle e baterias.

Se a presença de baterias surpreende, os engenheiros afirmam que isso é necessário para que o sistema seja inerentemente seguro - mesmo se todo o sistema elétrico do carro falhar, a suspensão ativa continuará funcionando. No uso normal, contudo, o sistema usa a energia do sistema elétrico do carro - 500 watts, o que é cerca de metade da energia consumida pelo ar-condicionado. Suspensões ativas hidráulicas usam quatro vezes isso (Inovação Tecnológica, 2011).

Figura 24 - Diagrama esquemático do funcionamento de um amortecedor
Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p

A chamada “Suspensão Mc Pherson”, idealizada por um engenheiro da Ford de nome Earl S. Mc Pherson nos anos 1940, e que é utilizada geralmente no eixo dianteiro do veículo, tem como principal vantagem o fato de que todas as partes que compõem a suspensão e o controle das rodas poderem ser combinados em uma única montagem. Este tipo de suspensão é amplamente empregada em eixos dianteiros, porém também equipa a suspensão traseira de veículos de tração dianteira (Iezzo, 2010). A Figura 25 mostra um conjunto de suspensão tipo Mc Pherson dianteira. Na suspensão Mc Pherson os amortecedores têm função estrutural, ou seja, funcionam como um elemento de sustentação da massa suspensa do veículo, razão pela qual são considerados elementos de segurança.

Figura 25 - Suspensão Tipo “Mc Pherson”
Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p

A Figura 26 abaixo mostra um amortecedor estrutural tipo Mc Pherson e seus componentes.

O AMORTECEDOR E SEUS COMPONENTES

Figura 26 - O amortecedor estrutural e seus componentes
 Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p.

Denomina-se “carcaça” (em inglês *strut*) ao conjunto montado externo do amortecedor estrutural, constituído do tubo reservatório, assento da mola, fixação inferior e demais componentes externos que são fixados no tubo reservatório, excluindo-se os componentes internos do amortecedor, tais como a haste, o tubo de pressão e os conjuntos de válvula internos. A Figura 27 a seguir ilustra a carcaça de um amortecedor estrutural.

Figura 27 - Detalhe da “carcaça” de um amortecedor estrutural
 Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2012, s/p.

4.2.2 – Análise de benchmarking dos amortecedores de concorrentes

Conforme já abordado na parte introdutória deste estudo, a crescente demanda em nível mundial para redução das emissões veiculares está forçando as montadoras de veículos e sua cadeia de fornecedores a incrementar a utilização de materiais leves alternativos para redução no peso dos componentes.

Neves e Carvalho (2010) reportam o esforço de um consórcio de 16 siderúrgicas mundiais no sentido de desenvolver novos conceitos de aços de alta resistência que permitam a redução de espessura e consequentemente de peso em componentes do automóvel, porém estes aços ainda são mais caros que os atualmente utilizados o que restringe o seu uso em escala massiva.

Com relação ao alumínio, os autores argumentam que para cada quilograma de alumínio empregado no lugar do aço como matéria-prima em partes e componentes automotivas, a redução na emissão de CO_2 é de 23 quilos. O alumínio já é utilizado em trocadores de calor (radiador e condensadores), pistões, caixas de transmissão, cabeçote do cilindro, bloco do motor e eixo de transmissão. Atualmente, do peso total dos veículos no Brasil há em média 48 quilos deste material, sendo que nos Estados Unidos da América essa relação é de 140 quilos.

Ainda segundo Neves e Carvalho (2010), a tendência é o alumínio se tornar cada vez mais competitivo em termos de custo. Em 2001 o custo dessa matéria prima era seis vezes mais do que o aço. Em 2009 houve uma sensível redução no custo e atualmente custa apenas três vezes mais. E a continuar nesse ritmo, em breve pode ser que os preços se equiparem, seja pela redução nos custos do alumínio, seja por aumento do custo do aço.

Em se tratando de plásticos de engenharia, os autores apresentam como vantagem, além do menor peso em relação a componentes de aço, a maleabilidade para criar novas peças e componentes customizados. Plásticos já são utilizados na fabricação de painéis, partes interiores, revestimentos, paralamas e para-choques. Rodas em plástico estão em fase de validação pelas empresas produtoras de veículos. Embora a reciclabilidade deste material ainda se apresente como um problema, há estudos para fabricar plástico a partir de outras bases químicas, como por exemplo o etanol. Esse problema, associado a um custo ainda

elevado em relação ao aço são pontos a serem resolvidos para tornar o plástico um material de uso dominante na indústria automotiva.

Riato e Franco (2013), entrevistaram diversos executivos da indústria automotiva brasileira no sentido de entender o impacto do programa governamental INOVAR AUTO nas tendências de utilização de matérias primas alternativas em automóveis. O estudo aponta que a maior parte das montadoras instaladas no Brasil deverão produzir modelos de veículos a partir de plataformas globais e em cinco anos deverão ocorrer mudanças expressivas na área de materiais.

Ainda segundo as autoras, o aço ainda é o insumo com maior participação nos veículos nacionais, com participação em torno de 55% no peso de um modelo médio. No caso dos demais materiais, o desafio está nos custos. Em se tratando dos plásticos, que têm presença em torno de 8% em um automóvel, há preços competitivos e oferta suficiente do insumo comum, mas no caso de materiais especiais e de engenharia há dificuldades. A fibra de carbono custa atualmente 15 vezes mais do que o aço.

Enquanto que no Brasil um veículo leve utiliza cerca de 49 quilos de alumínio, nos Estados Unidos onde os automóveis são maiores e pesam em torno de 1,6 mil quilos, o volume de alumínio utilizado chega a 148 quilos. Nos mercados europeus, predominantemente de modelos compactos de cerca de 1,3 mil quilos, 124 quilos são do material. A média mundial é de 113 quilos de alumínio por veículo produzido. A pesquisa indica que em 2017 a indústria brasileira deverá utilizar 200 mil toneladas de alumínio para produção de veículos, com aplicação do material em rodas, portas, blocos de motores, eixos cardãs, articulações da carroceria, capôs, para-lamas, braços de suspensão, para-choques e fiação elétrica. Enquanto isso o consumo de aço deverá cair de 850 mil toneladas utilizadas em 2010 para 700 mil toneladas em 2017. O principal fator de redução no consumo é a falta de competitividade das siderúrgicas nacionais. Os aços de alta resistência, apesar de mais caros que os aços comumente utilizados na fabricação de veículos, deverão ter o seu uso incrementado, com 20% dos componentes da carroceria sendo fabricados a partir deste tipo de material em 2018.

Entender as demandas do mercado e dos clientes e realizar análises do posicionamento competitivo da empresa em face aos concorrentes é prática comum em qualquer segmento de mercado. Em sendo o mercado de autopeças e especificamente o de amortecedores altamente

competitivo em escala local e global, é imprescindível verificar o que os concorrentes estão fazendo nos diversos ramos da tecnologia de amortecimento.

Assim sendo o grupo de trabalho da Magneti Marelli Cofap realizou diversas pesquisas em publicações técnicas e *sites* de concorrentes visando identificar iniciativas de produto para redução de peso. Análises de patentes foram realizadas utilizando *softwares* específicos.

Em estudo realizado pela empresa *Just Auto* (2013, p.19), um alto executivo apontou como tendência do mercado a implantação de amortecedores estruturais em 90% dos eixos dianteiros dos veículos em produção. O mesmo executivo menciona quanto à redução de peso: “A implantação de alumínio como material alternativo em amortecedores estruturais foi muito debatida no passado. Mas eu duvido que ele seja viável pois é muito caro. A utilização de aços de alta resistência parece ser mais viável para a redução de peso em amortecedores”. Por outro lado, estudo da Associação Européia de Alumínio (2010) aponta uma utilização crescente do alumínio em amortecedores estruturais tipo Mc Pherson, com redução de peso média de 20 a 30%.

Historicamente os amortecedores fabricados com materiais alternativos eram aplicados em nichos de segmentos de veículos D e E (alto luxo). Com o advento das legislações para controle e redução de emissões de CO₂, a tendência é aumentar a escala de produção e aplicar este tipo de solução em produtos de nicho inferior (segmentos B e C).

Investigações realizadas sobre as iniciativas dos principais concorrentes visando reduzir peso em amortecedores mantendo a segurança, conforto, baixo consumo de combustível e alta reciclabilidade apontaram entre outras as seguintes soluções:

- Hastes ocas em substituição a hastes produzidas com barras de aço sólidas;
- Aços micro ligados para aplicação em tubos externos e outros componentes, tais como assentos da mola;
- Componentes em aço com dimensões otimizadas;
- Tubos externos em alumínio extrudado a frio com paredes de espessuras variadas;
- Juntas Plásticas;
- Utilização de fibra de carbono e magnésio;
- Assento da mola em plástico;

Ainda a título de exemplo elencam-se algumas soluções de redução de peso adotadas por concorrentes nas figuras 28 e 29 abaixo.

Figura 28 - Assento da mola e barra estabilizadora em material plástico
Fonte: *site do grupo Tenneco, 2011, s/p.*)

Figura 29 - Amortecedores convencional e estrutural (na sequência) em alumínio e estrutural em fibra de carbono
Fonte: *site do Grupo ZF/Sachs, 2011, s/p.*

A utilização de ligas de alumínio para a produção de amortecedores convencionais e estruturais já é utilizada há algum tempo pelos fabricantes de amortecedores para aplicações em segmentos de nicho. Recentemente a ZF Sachs anunciou o projeto de uma suspensão Mc

Pherson em fibra de carbono especialmente para os minicarros urbanoideus europeus. Apesar desse material ser de alto custo (15 vezes mais do que o aço), a ZF apregoa que essa suspensão terá uma construção simples (e portanto barata) com a coluna em fibra de carbono, molas em fibra de vidro, poucos componentes plásticos e cubos de roda integrados. A redução de peso será de quatro quilos, em média. Apesar de parecer pouco, qualquer modificação na estrutura de um carro pequeno e leve pode alterar seu comportamento dinâmico. Segundo o fornecedor a chegada da peça às linhas de montagem está prevista para 2014.

4.2.3 – Análise Morfológica do Amortecedor Estrutural fabricado pela Cofap

Objetivando analisar os potenciais percentuais de redução de peso dos componentes e subconjuntos de um amortecedor estrutural, escolheu-se uma família específica de amortecedores estruturais e calculou-se a distribuição percentual em peso dos componentes em relação ao peso total do amortecedor (vide figura 30, a seguir). Com base nesta distribuição, pôde-se analisar quais os itens mais críticos para priorização das ações de redução de peso.

Figura 30 - Percentual de peso de cada peça componente de um amortecedor estrutural
 Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2012, s/p.

A figura 31 relaciona os componentes do amortecedor que são prioritários para a realização de estudos para redução de peso, conforme a análise de potencial de redução de peso descrita anteriormente.

Estudo para redução de peso

Figura 31 - Componentes prioritários de um amortecedor estrutural para estudos de redução de peso
Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p.

O quadro 1 abaixo é um exercício realizado para redução de peso nos amortecedores estruturais da família escolhida, cujo nome não será revelado por motivo de confidencialidade. As hipóteses levantadas não significam necessariamente serem as mais competitivas em termos de factibilidade e custo, são apenas premissas iniciais visando ilustrar os potenciais de ganho em peso com a utilização de materiais alternativos.

Quadro 1 - Análise do potencial de redução de peso em amortecedores estruturais

Componente	Peso bruto (kg)	Peso líquido (kg)	Estimativa (kg)	Ação	Ganho (%)
Haste 20 mm	1,076	0,864	0,500	Haste oca	42,1
Assento de mola	0,768	0,460	0,230	Assento de plástico	50,0
Tubo Reservatório	0,844	0,787	0,645	Redução de espessura	18,0
Fixação	0,533	0,416	0,416	-	0,0
Tubo de Pressão	0,356	0,338	0,338	-	0,0
Guia da haste + bucha	0,093	0,093	0,093	-	0,0
Copo do selo	0,065	0,038	0,038	-	0,0
Suporte fixação inferior	0,230	0,187	0,187	-	0,0
Suporte da barra estabil.	0,082	0,041	0,041	-	0,0
Suporte do cabo ABS	0,015	0,015	0,015	-	0,0
Copo da base	0,037	0,037	0,037	-	0,0
Total =	3,276	2,541	2,541		22,5

Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2011, s/p.

Da análise realizada depreende-se que um ganho expressivo em termos de redução de peso é possível com a utilização de materiais e projetos alternativos, o que é um fator motivador para o avanço do presente estudo de pesquisa. Seguindo as recomendações do estudo de Mac Namee e Celona (2008) e com base nos dados apresentados acima, o grupo de trabalho constituído do autor desta pesquisa, bem como de especialistas nas áreas de produto e materiais da engenharia de amortecedores da Magneti Marelli Cofap realizou algumas sessões de *brainstorming* com duração de duas horas, nas quais foram discutidos os materiais alternativos possíveis visando à redução de peso para cada componente'/subconjunto. Dado que o amortecedor estrutural é constituído de cerca de 40 componentes, procurou-se agrupá-los em subconjuntos, a saber: tubo reservatório, assento da mola, conjunto da fixação inferior, carcaça, haste, tubo de pressão.

O resultado deste trabalho foi a matriz morfológica mostrada no quadro 2. A primeira linha da matriz explicita a função de cada um dos componentes e nas demais linhas são apresentadas as alternativas vislumbradas pelo grupo elaborador do questionário quanto a materiais e processos alternativos.

A análise da matriz morfológica permitiu ao grupo de trabalho elencar as seguintes variáveis de estudo, que serviram de base para a elaboração do questionário de pesquisa:

- 1) Importância do tema para a Empresa e para o Mercado;
- 2) Benefícios técnicos/econômicos da redução de peso;
- 3) Desafios técnicos da implantação de cada alternativa;
- 4) Potencial de redução de peso (percentual, em ordem de importância por componente/subconjunto);
- 5) Incremento de preço máximo admissível para o cliente OEM (montadora);
- 6) Incremento de preço para o cliente final;
- 7) Visão dos painelistas quanto à competitividade das soluções tecnológicas alternativas objetivando redução de peso em relação às atualmente utilizadas para os amortecedores em produção;
- 8) *Lead Time* para implantação das soluções alternativas;
- 9) Potencial para redução de peso por tipo de componente (em ordem decrescente);
- 10) Materiais que apresentam os maiores potenciais para redução de peso (por componente/subconjunto);

- 11) Opções de processo de fabricação dos componentes/subconjuntos utilizando as alternativas de materiais elencados;
- 12) Especificações de material visando atingir as especificações de qualidade dos clientes.

Quadro 2 - Matriz morfológica de um amortecedor estrutural

Tubo Reservatório	Assento da Mola	Conjunto da Fixação Inferior	Carcaça	Haste	Tubo de Pressão
Reservatório para compensar o volume da haste no movimento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Suporta a perna da suspensão	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento
Tubo de aço com espessura variável	Assento da mola em alumínio estampado	Fixação em aço estampado (peça única)	Tubo Plástico injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior.	Haste de aço tubular	Tubo plástico injetado.
Tubo plástico injetado.	Assento da Mola plástico injetado.	Fixação em plástico injetado	Tubo em alumínio injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior.	Haste em alumínio.	Tubo extrudado em Alumínio.
Tubo injetado em Alumínio.	Assento da Mola em Alumínio injetado	Fixação em alumínio extrudado	Tubo em magnésio injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior.	Haste em aço alta liga usinado	Tubo em aço alta liga trefilado
Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura.	Assento da Mola em aço alta liga.	Fixação em alumínio injetado	Tubo de pressão e reservatório de alumínio extrudados em uma peça única	Haste em titânio	
Tubo em material compósito.	Assento de mola em magnésio injetado	Fixação em magnésio injetado	Tubo de pressão e reservatório de alumínio injetados em uma peça única	Haste em plástico injetado	
		Fixação estampada em aço com espessura variável	Tubo de pressão e reservatório de plástico injetados em uma peça única		
			Tubo de pressão e reservatório de magnésio injetados em uma peça única		
			Tubo, fixação e assento de mola em uma única peça de fibra de carbono		

Fonte: O autor, 2011

4.3 – A Pesquisa Delphi

Esta pesquisa utilizou análise de documentos internos da empresa foco e do conhecimento explícito e tácito dos colaboradores envolvidos no grupo de trabalho para a coleta de dados na fase exploratória. O produto resultado daquela fase do trabalho gerou o questionário utilizado na pesquisa Delphi. Uma das recomendações sugeridas por Wright e Giovinazzo (2000) foi, para cada questão, solicitar aos painelistas justificarem a resposta e colocarem comentários adicionais. Essa estratégia permitiu a coleta de um rico acervo de opiniões e posicionamentos que está registrado no relatório do Apêndice B.

Na condução da pesquisa Delphi foram tomados os devidos cuidados para, segundo recomendado por Wright e Giovinazzo (2000), não criar excessiva dependência dos resultados em relação à escolha dos especialistas, com possibilidade de introdução de viés dos respondentes, além de manter a isenção do grupo de análise dos resultados no sentido de não se tendenciar a obtenção de um consenso indevidamente.

A primeira fase da pesquisa Delphi foi realizada com um universo amostral de 58 painelistas, utilizando um questionário com 20 perguntas, elaborado segundo as recomendações de Wright e Giovinazzo (2000). A vantagem de se realizar a pesquisa no ambiente interno multidisciplinar da empresa foi o nível de conhecimento dos respondentes quanto às características do produto e do seu processo de manufatura, o que permitiu a obtenção de um rico acervo de comentários e ideias dos painelistas.

Uma estratégia adotada pelo coordenador desta pesquisa foi de sensibilizar a alta administração da empresa, solicitando aos diretores dos diversos departamentos incentivar os colaboradores a responder à pesquisa Delphi. Realizaram-se dois *follow ups* em um período de 15 dias, utilizando-se uma planilha de controle de respostas similar àquela mostrada no quadro 3.

Após este período, a primeira fase da pesquisa Delphi foi dada por encerrada. A frequência de respostas foi de 67%, considerada muito satisfatória em comparação a dados da literatura, que situam a abstenção entre 30% a 50% dos respondentes na primeira rodada (Wright e Giovinazzo, 2000).

Quadro 3 – Exemplo de planilha de controle de respostas dos painelistas

nº	Nome do Painelista	email	Empresa	Cargo	1ª Rodada		2ª Rodada	
					Data envio	Data resposta	Data envio	Data resposta
1	Adriana Carvalho	adriana.carvalho@magnetimarelli.com	MMCoFap	Analista Vendas	21/10/11	02/11/11		
2	Alfredo Trematerra	alfredo.trematerra@magnetimarelli.com	MMCoFap	Consultor	21/10/11	22/10/11		
3	Andre Costa	andre.costa@magnetimarelli.com	MMCoFap	Analista Vendas	21/10/11	28/10/11		
4	Andre Melo	andre.melo@magnetimarelli.com	MMCoFap	Estagiário	21/10/11	28/10/11		
5	Antonio Carlos Garutti	antonio.garutti@magnetimarelli.com	MM CoFap	Coordenador JVs	21/10/11			
6	Antonio Fabre	antonio.fabre@magnetimarelli.com	MMCoFap	Coordenador CQ	21/10/11			
7	Antonio Sergio Colla	antonio.colla@magnetimarelli.com	MMCoFap	Consultor	21/10/11	26/10/11		
8	Beniamino M. Pelegrini	beniamino.pelegrini@magnetimarelli.com	MMCoFap	Diretor Engenharia	21/10/11	24/10/11		

Fonte: O autor, 2012

Uma vez concluída a primeira rodada do Delphi, procedeu-se à revisão do questionário para a segunda rodada. As questões em que não houve uma unanimidade nas respostas da parte dos painelistas foram revistas e submetidas somente àqueles profissionais que haviam respondido a primeira fase. Para a submissão das questões foi utilizado o *software Surveymonkey*, objetivando agilizar e facilitar aos painelistas responderem o questionário. Realizaram-se dois *follow ups* em um período de três semanas, após o qual a pesquisa foi dada por encerrada. Obteve-se na segunda rodada 64% de retorno, considerado satisfatório segundo os critérios de Wright e Giovinazzo (2000), que situam uma faixa aceitável de abstenção de 20% a 30% na segunda fase da pesquisa.

Para simplificação das análises, considerou-se o mesmo peso para as respostas de todos os painelistas, independente do grau de conhecimento daqueles sobre o assunto objeto da pesquisa. Este é um fator facilitador e ao mesmo limitante, dado que uma resposta com melhor conteúdo técnico tem o mesmo peso de uma resposta mais simplificada. O relatório da primeira e da segunda fases da pesquisa Delphi (perguntas e respostas) está no Apêndice B deste trabalho.

Examinando-se a distribuição de frequências estatísticas das respostas para cada uma das questões da primeira fase do Delphi, elaborou-se um quadro sumário com as principais tendências dos painelistas. Os resultados desta análise crítica estão expostos no quadro resumo 4, a seguir.

Quadro 4 - Resumo dos resultados da primeira fase do método Delphi

Questão	Tópico de interesse	Comentário
01	Importância do teor de redução de peso	Cerca de 87% dos especialistas consideram importante ou muito importante a redução de peso no amortecedor estrutural. Os clientes estão solicitando isso devido a melhorias de desempenho, redução de consumo de combustível e emissão de CO ₂ .
02	Principal benefício da redução de peso	O maior foco é a redução na emissão de CO ₂ e poluentes (41% dos respondentes), com respectiva melhora no desempenho. Melhoria no desempenho do veículo vem em segundo lugar com 26%. Redução de custo com 15% e preço comercial com 8%. Outros 10%.
03	Maior desafio técnico na redução de peso	Há vários desafios em um projeto de redução de peso, principalmente em atingir os requisitos dos materiais utilizados atualmente (31% dos respondentes) e a escolha do tipo de material (23% dos respondentes). Processo de fabricação vem em seguida com 18%. Porém o custo influenciará bastante no desenvolvimento.
04	Potencial de redução de peso nos amortecedores	Entre 10% e 20% é o potencial de redução de peso mais plausível diante da expertise e materiais atuais (59% dos respondentes). Acima deste potencial, a relação custo x benefício pode ser comprometida. 26% dos respondentes até 10%. 15% entre 20 e 30%.
05	Disposição do cliente OEM a pagar pela redução	77% dos respondentes acham que o cliente OEM estaria disposto a pagar 5% a 10% de incremento de preço por redução de peso. Dependerá muito de quanto o veículo ganhará em redução de consumo de combustível. 20% dos respondentes acham que o cliente não estaria disposto a pagar nada. 3% mais de 20%.
06	Disposição do cliente final a pagar pela redução de peso	49% dos respondentes não estariam dispostos a pagar nada. 36% estariam dispostos a pagar entre 5 e 10% a mais. 10% estariam dispostos a pagar 10 a 20% a mais. Na Europa e EUA, o consumidor está mais disposto, porém no Brasil não é uma ideia difundida.
07	Competitividade técnica e econômica dos materiais leves	Tecnicamente é viável (85% dos respondentes responderam SIM e 15% NÃO), porém economicamente só a longo prazo (10 anos ou mais).
08	Tempo que os materiais leves estarão disponíveis com preço competitivo	10% dos respondentes acham que até 02 anos. 38% de 02 a 05 anos. 31% de 05 a 10 anos. 21% mais de 10 anos.
09	Componente com maior potencial de redução	49% dos entrevistados, consideram a haste como o componente que apresenta o maior potencial de redução, pois além de ser o componente mais pesado, este componente já está consolidado como produto. 31% tubo reservatório. 15% assento da mola.
10	Material que apresenta maior potencial de redução, atendendo as especificações	O aço de alta resistência (33% dos respondentes) e o alumínio (31% dos respondentes) são os materiais que mais atendem as especificações dos clientes, devido às experiências passadas. Plásticos 21%. Os compósitos (polímeros reforçados com fibras) também apresentam potencial.
11	Configuração de material e processo mais viável ao tubo reservatório	O tubo reservatório em aço de alta liga com redução de espessura (44% dos respondentes) é a configuração de material e processo mais viável, devido às experiências passadas e o pouco impacto nos processos atuais. Aço com espessura variável: 26%. Polímeros 8% dos respondentes.
12	Configuração de material e processo mais viável ao assento de mola	O assento de mola feito de plástico injetado é a configuração de material e processo mais viável (38% dos respondentes). Alumínio injetado com 23%, alumínio estampado e aço alta liga ambos com 18% vem em seguida.
13	Configuração de material e processo mais viável ao conjunto da fixação inferior	Aço estampado com espessura variável e alumínio injetado (ambos com 23% dos respondentes). Aço estampado em peça única com 21%. Alumínio extrudado com 13%. Plástico injetado com 10%.
14	Configuração de material e processo mais viável à haste	A haste em aço tubular é a configuração de material e processo mais viável, segundo 72% dos especialistas, pois já existe, é viável economicamente e atende os requisitos mecânicos. Seguida por alumínio usinado com 18% e aço alta liga usinado com 5%.
15	Configuração de material e processo mais viável ao tubo de pressão	46% dos entrevistados consideram o aço de alta liga usinado como material e processo mais viável para o tubo de pressão. Alumínio extrudado com 23%. Plástico injetado com 10%. Restante outros.
16	Configuração de conjunto que apresenta maior redução de peso	O conjunto em alumínio injetado é o que apresenta maior redução de peso, devido a região de fixação ser estrutural e atender os requisitos de alta rigidez do sistema (64% dos respondentes). Mesma configuração em plástico (28%) vem em seguida. Restante outros.
17	Solução mais factível tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso	A solução mais factível tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso, seria o conjunto montado em alumínio (36% dos respondentes). Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) em alumínio com 21%. Mesma configuração em plástico com 15%. Peça única em fibra de carbono (tubo/assento da mola/fixação inferior) com 10%.
18	Solução de menor custo para o projeto do amortecedor visando redução de peso	36% dos respondentes apontaram o conjunto montado em alumínio. 21% dos respondentes peça única injetada em plástico. 13% peça única injetada em alumínio. Conjunto montado em plástico com 10%. Restante outros.
19	Configuração de produto mais viável tecnicamente	54% dos especialistas acreditam que o conjunto montado é a configuração mais viável tecnicamente, por ser a técnica mais confiável e simples. 31% acham que peça única injetada (tubo reservatório/assento da mola/fixação inferior).
20	Configuração de produto mais viável economicamente	Cerca de 51% dos especialistas acreditam que o conjunto montado é a configuração mais viável economicamente, pois hoje é a técnica de menor custo. 31% acham que é a peça única injetada.

Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2012, s/p.

Apresenta-se, abaixo, uma síntese do quadro resumo dos resultados da primeira fase da pesquisa Delphi, evidenciando os pontos de maior relevância:

- ✓ A grande maioria dos painelistas considera a redução de peso um tema importante para o futuro da tecnologia de amortecedores;
- ✓ O grande benefício considerado é a melhoria no desempenho do veículo e redução na emissão de CO₂/poluentes;
- ✓ Principal desafio técnico: Escolha do tipo de material;
- ✓ Potencial de redução de peso no produto avaliado entre 10 e 20%;
- ✓ Fabricantes de automóveis dispostos a pagar entre 5 a 10% de acréscimo no preço de venda do componente pela redução de peso;
- ✓ Cliente final não está disposto a pagar mais pela redução de peso;
- ✓ A redução de peso será competitiva em termos de custo em um intervalo de 2 a 5 anos;
- ✓ Haste e tubo reservatório são os componentes cuja redução de peso proporciona maiores benefícios;
- ✓ Alumínio e Aço de Alta resistência são os materiais com maior potencial de uso para redução de peso em amortecedores.

A análise técnica dos resultados da primeira rodada Delphi possibilitou ao grupo realizar um refinamento do questionário para a segunda rodada e para a elaboração do questionário de pesquisa objetivando a realização das entrevistas com as interfaces externas (clientes, fornecedores, consultores externos e, quando aplicável, institutos de pesquisa e universidades).

Para a elaboração do questionário da fase 2 da pesquisa Delphi o grupo de trabalho avaliou, questão a questão, as tendências dos painelistas, e nos pontos em que o grupo considerou que não houve consenso (entendendo-se como consenso uma distribuição estatística de frequências com predominância de uma alternativa sobre as outras), decidiu-se repetir a questão reformulando-a e em casos específicos procurando estabelecer condições de contorno mais claras para permitir uma análise mais apurada dos painelistas.

O critério utilizado para reformulação das questões foi:

- 1) As questões nas quais a análise de frequências mostrou uma tendência próxima de 50% foram consideradas dispensadas de uma segunda rodada na pesquisa Delphi;

- 2) Existência de “empate” entre alternativas considerando análise comparativas de frequências;
- 3) As condições de contorno da pergunta não estão claras para o painalista.

O questionário da segunda fase da pesquisa Delphi foi enviado somente aos painelistas que responderam à primeira rodada, como já apontado. Utilizou-se o *software SurveyMonkey* para a veiculação do questionário aos respondentes, com o objetivo de facilitar o preenchimento do questionário, bem como a formatação gráfica das respostas, que na primeira fase foi feita utilizando-se Excel. Realizaram-se três *follow ups* no período de um mês, após o qual a pesquisa foi dada por encerrada.

Com o objetivo de exemplificar a mecânica de análise comparativa entre os resultados da primeira e da segunda fase da pesquisa Delphi, são apresentadas as questões abaixo:

- Questão 06 da primeira fase da pesquisa Delphi (vide Apêndice B deste estudo), que investiga quanto o cliente final estaria disposto a pagar como incremento de custo no produto por uma redução média de peso de 15% no amortecedor estrutural utilizando-se materiais leves. Quase a metade (49%) dos painelistas respondeu que o usuário final não estaria disposto a pagar NADA por esta melhoria, 36% responderam que o usuário final estaria disposto a pagar entre 5% a 10% de incremento de custo no produto final por esta melhoria e 10% responderam que o usuário final estaria disposto a pagar entre 10% e 20% pela melhoria.

Analisando a formulação da pergunta para a segunda fase da pesquisa Delphi, o grupo de trabalho resolveu restringir a questão especificando quanto o usuário final estaria disposto a pagar a mais *no mercado de reposição* e não no preço final do veículo, uma vez que um aumento de custo “X” em um componente isolado do veículo não impactaria o mesmo aumento de custo no produto final. As respostas da segunda fase da pesquisa (vide Apêndice B, Questão 02, deste estudo) apontaram que 58,3% dos respondentes afirmaram entender que o usuário final não estaria disposto a pagar NADA como incremento de custo por uma redução de peso média de 15% no amortecedor estrutural utilizando materiais leves alternativos, confirmando a respostada primeira fase da pesquisa Delphi, enquanto que 20,8% responderam entender que o usuário final estaria disposto a pagar 5% como incremento de

custo por esta melhoria e 12,5% responderam entender que o usuário final estaria disposto a pagar entre 5% e 10% como incremento de custo por esta melhoria.

- Questão 03 da primeira fase do Delphi (vide Apêndice B deste estudo), que investiga qual o maior desafio técnico em um projeto de redução de peso em amortecedores. As alternativas que obtiveram maior frequência estatística foram, respectivamente, atingir os requisitos de desempenho obtidos utilizando os materiais atuais (31% dos respondentes) e a escolha do tipo de material (23% dos respondentes). Custo das matérias primas, custo de desenvolvimento e a falta de prioridade para este tipo de desenvolvimento em função de uma premissa de que o produto final não agregaria valor correspondente ao esforço e gastos envolvidos foram pontos que chamaram a atenção dos analistas desta pesquisa.

A reformulação da questão considerou a premissa de que a empresa daria prioridade e empenharia recursos materiais e humanos para este tipo de desenvolvimento, procurando suprimir o viés dos painelistas de que não haveria interesse da alta administração da empresa neste tipo de iniciativa.

Submetida a questão à segunda rodada da pesquisa Delphi (vide Apêndice B, Questão 01, deste estudo), o resultado da análise de frequências mostrou em primeiro lugar o item “Atingir os requisitos de desempenho obtidos utilizando os materiais atuais” (41,7% contra 31% de frequência na primeira rodada), seguido de “Escolha do Material” (25% contra 23% na primeira rodada).

- Questão 11 da primeira fase da pesquisa Delphi (vide Apêndice B deste estudo), que trata de configurações de material e processo para a manufatura de tubos reservatórios em amortecedores estruturais. As duas alternativas melhor votadas foram: Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura (44%) e tubo de aço com espessura variável (26%). Para a segunda rodada selecionaram-se apenas estas duas alternativas, agregando à pesquisa os parâmetros de análise estratégica do negócio: custo da matéria prima, despesas de desenvolvimento e investimentos potenciais em produto e processo. O resultado da análise de frequências (vide Apêndice B, Questão 05, deste estudo) foi 62,5% para o tubo de aço alta liga com posterior redução de espessura e 37,5% tubo de aço com espessura variável. Neste caso específico, as tendências de resposta da primeira e da segunda rodadas foram concordantes.

Um mês depois de realizada a segunda fase da pesquisa Delphi, o relatório final do trabalho foi divulgado a todos os painelistas, mesmo àqueles que não haviam respondido a primeira fase, bem como à alta administração da empresa. A exemplo do que foi realizado na primeira fase da pesquisa Delphi, elaborou-se um quadro resumo das respostas da segunda fase do questionário (vide Quadro 5 a seguir).

Quadro 5 - Resumo dos resultados da segunda fase do Método Delphi

Questão	Tópico de interesse	Comentário
01	Havendo prioridade e viabilidade econômica, qual o maior desafio para a redução de peso?	Atinuí os requisitos de desempenho obtidos utilizando os materiais atuais (41,7% dos respondentes) e a escolha do tipo de material (25% dos respondentes) foram apontados como os maiores desafios técnicos. 16,7% tempo de desenvolvimento, 8,3% processo de fabricação, 8,3% outros desafios técnicos.
02	Com uma redução média de 15% no peso do amortecedor, quanto o consumidor estaria disposto a pagar no mercado de reposição?	58,3% dos entrevistados não estariam dispostos a pagar nada a mais por uma amortecedor mais leve no mercado de reposição. 20,8% estariam dispostos a pagar até 5% a mais. 12,5% estariam dispostos a pagar entre 5 e 10%. 8,3% entre 10 e 15%.
03	Tempo que os materiais leves estarão disponíveis com preço competitivo	8,3% dos respondentes acreditam que em menos de 02 anos os materiais leves estarão disponíveis com preço competitivo. 37,5% acreditam que de 2 a 5 anos e outros 37,5% acreditam que de 5 a 10 anos. 16,7% mais de 10 anos.
04	Material que apresenta maior potencial de redução atendendo as especificações	Em uma enquete entre plástico, alumínio e aço de alta resistência, o plástico foi classificado como de maior potencial para redução de peso (50% das respostas), em segundo e terceiro lugares o alumínio e o aço de alta resistência (46% das respostas, respectivamente).
05	Opção mais viável de tubo reservatório considerando custo de matéria prima, despesas e investimentos	O tubo reservatório em aço de alta liga com redução de espessura é a configuração de material e processo mais viável, contando com 62,5% de aprovação. Em segundo lugar vem o tubo de aço alta liga com posterior redução de espessura (37,5% de aprovação).
06	Opção mais viável de assento de mola, considerando custo de matéria prima, despesas e investimentos	Aço em alta liga e plástico injetado contam com 37,5% e 33,3% dos respondentes, respectivamente, como as opções mais viáveis. 16,7% alumínio injetado e 12,5% alumínio estampado.
07	Configuração com o menor lead time de implantação para o conjunto da fixação inferior	58,3% dos especialistas acreditam que o aço estampado em peça única é a configuração com menor lead time de implantação seguido de aço estampado com espessura variável (29,2% dos especialistas). 12,5% outros materiais.
08	Configuração de material e processo mais viável ao conjunto da fixação inferior	Segundo 50% dos respondentes a opção mais viável é o aço estampado em peça única, seguido do aço em alta liga com redução de espessura, que teve percentual de 25%. 25% outras configurações.
09	Configuração de conjunto de fixação inferior mais viável economicamente	70,8% dos respondentes acreditam que o aço estampado em peça única é a solução mais viável economicamente para o conjunto da fixação inferior. 16,7% elegeram o aço alta liga com redução de espessura. 12,5% outras configurações.
10	Configuração mais factível tecnicamente para a redução de peso no projeto do amortecedor.	50% dos entrevistados responderam que o conjunto montado (tubo reservatório/assento de mola/conjunto fixação inferior) em alumínio é a opção mais factível. Em segundo lugar vem a peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio com 33,3%. 16,7% elegeram a peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
11	Configuração para a redução de peso no projeto do amortecedor com menor custo de desenvolvimento	O conjunto montado em alumínio foi o mais votado (41,7% dos respondentes) seguido da peça única injetada em plástico e a peça única injetada em alumínio (ambas com 25%). 8,3% escolheram outras configurações.

Fonte: O autor, 2012

Uma vez concluída a Pesquisa Delphi, o grupo de trabalho reuniu-se para sessões de análise crítica, nas quais foi detectado que, devido ao perfil essencialmente técnico dos painelistas, variáveis estratégicas do negócio, que poderiam ter influência nas decisões sobre as linhas de desenvolvimento de novos materiais alternativos visando à redução de peso em amortecedores estruturais, não estavam sendo abordadas.

A pesquisa Delphi mostrou-se valiosa no sentido de revelar a tendência e a visão do grupo técnico interno da Magneti Marelli Cofap Divisão de Amortecedores quanto às alternativas de materiais e processos visando à redução de peso em amortecedores estruturais. Esta visão forneceu elementos de análise para traçar um mapa tecnológico elencando as ações estratégicas a serem adotadas pela empresa no curto, médio e longo prazo no que tange a este quesito tecnológico.

4.4 – Matriz de decisão elaborada por especialistas envolvendo variáveis estratégicas para a Empresa

Com o propósito de refinar as análises, bem como auxiliar na elaboração de um questionário para as interfaces externas à empresa (clientes, fornecedores, especialistas), o grupo de trabalho responsável pela pesquisa elaborou, seguindo as recomendações de Mac Namee e Celona (2008), uma matriz de decisão onde se procurou elencar, além das variáveis técnicas envolvidas na factibilidade do produto, outras variáveis econômicas e estratégicas para a empresa.

Os seguintes aspectos foram considerados pelo grupo: a) Os pesos das variáveis estão atribuídos de acordo com uma avaliação da importância estratégica de cada variável para o negócio; b) As notas para avaliação variam de um a cinco, à medida que a variável evolui de “baixo peso” para “alto peso”; c) Os itens que envolveram uma análise financeira foram avaliados em baixo, médio ou alto grau, de acordo com o critério acima. Esta análise objetivou agregar ao estudo variáveis de influência na performance do produto, como também na factibilidade do mesmo e nos aspectos mercadológicos, pois para que a invenção se

converta em inovação deverá ser sustentável e competitiva. Estas variáveis são apresentadas abaixo:

- 1) Estado da técnica: Grau de disponibilidade da tecnologia para aplicação comercial no mercado;
- 2) *Lead Time* de Implantação (anos): Tempo necessário para que a empresa lance a inovação comercialmente no mercado;
- 3) Custo da Matéria Prima;
- 4) Despesas de desenvolvimento: Aporte financeiro necessário para que a empresa desenvolva o produto (projeto e validação do produto e do processo de fabricação, ainda que em caráter piloto);
- 5) Investimentos em ferramental do produto: Análise dos ferramentais definitivos para fabricação dos componentes em escala de produção;
- 6) Investimentos no Processo Produtivo: Equipamentos e ferramentas necessários para produção dos componentes e sistemas;
- 7) Confiabilidade do Produto Projetado: Esta variável mede em que grau o produto lançado no mercado terá uma vida em serviço atendendo os requisitos de qualidade especificados sem falhas. Quanto mais radical a inovação, maior a incerteza em relação ao desempenho do produto quanto à confiabilidade;
- 8) Potencial de Redução de Peso: Avaliação do nível em que a introdução do novo material/processo impactará na redução de peso do componente/sistema;
- 9) Sustentabilidade: Em que nível a tecnologia introduzida será compatível com os requisitos e normas ambientais, grau de reciclagem do produto e robustez do processo produtivo para a segurança do trabalho;
- 10) Imagem da empresa: Nível em que a introdução da nova tecnologia impactará na imagem da empresa como inovadora e preocupada com o meio ambiente e com os *stakeholders* da sociedade;

No caso específico do exemplo ilustrado no quadro 6, em que foi feita uma análise específica de materiais e processos alternativos visando a redução de peso em tubos reservatórios de amortecedores estruturais, a análise dos especialistas que elaboraram a matriz e o questionário Delphi apontaram como alternativa mais viável para redução de peso a utilização de aços de alta liga com redução de espessura. Este processo de análise foi utilizado para os demais subconjuntos empregados na fabricação de amortecedores estruturais (vide o Apêndice C deste estudo).

Quadro 6 - Exemplo de matriz de decisão envolvendo as variáveis técnicas e comerciais estratégicas para o negócio – componente analisado: Tubo reservatório

		Materiais																		
Peso	Tubo Reservatório	Aço alta liga redução de espessura				Alumínio extrudado				Plástico Injetado				Espessura variável				Compósito		
			Nota	Total		disponível	Nota	Total		disponível	Nota	Total		disponível	Nota	Total		disponível	Nota	Total
4	Estado da técnica	disponível	5	20	disponível	3	5	5	12	disponível	2	8	disponível	4	16	Indisponível	1	4		
1	Lead time implantação (anos)	3	5	5	3	5	5	10	3	3	3	3	3	5	5	30	1	1		
2	Custo MP	\$\$\$	4	8	\$\$\$	2	4	\$\$\$	2	4	2	4	\$\$\$	3	6	\$\$\$	1	2		
1	Despesa desenv.	\$	5	5	\$\$\$	3	3	\$\$\$	2	2	2	2	\$	4	4	\$\$\$	1	1		
3	Invest. Produto (H.T.)	\$	5	15	\$\$\$	3	9	\$\$\$	2	6	2	6	\$	4	12	\$\$\$	1	3		
3	Invest. Processo	\$	4	12	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	2	6	\$	3	9	\$\$\$	1	3		
5	Confiabilidade	Alta	5	25	Alta	4	20	Média	3	15	3	15	Alta	5	25	Média	3	15		
4	Pot. Red. Pes.	10 a 15%	2	8	20%	4	16	20%	4	16	4	16	10 a 15%	2	8	> 20%	5	20		
2	Sustentabilidade	Alta	4	8	Média	3	6	Baixa	2	4	2	4	Alta	4	8	Baixa	2	4		
3	Imagem	+	2	6	++	4	12	++	4	12	4	12	+	3	9	+++	5	15		
		Total = 112				Total = 93				Total = 76				Total = 102				Total = 68		
\$	baixo	redução de custo (maior que 10%)																Até US\$ 100k		
\$	médio	custo atual																De US\$ 100 a 500k		
\$\$\$	alto	mais caro que o atual (mais que 10%)																Acima de 500k		
Peso	Nota	Estado da técnica, confiabilidade, redução de peso, sustentabilidade, imagem: quanto mais facil e rápido para o desenvolvimento, maior deve ser a nota																		
1	1																			
2	2																			
3	3																			
4	4																			
5	5																			
Lead time, custo, despesa, investimentos em produto e processo: quanto menores os custos e o tempo maior a nota]																				

Fonte: O autor, 2012)

Uma limitação técnica da matriz de decisão é que o peso das variáveis estratégicas foi atribuído pelo grupo de trabalho, não tendo sido validada pela alta administração da empresa. Para futuros estudos, sugere-se que esta submissão seja realizada para que haja mais robustez nos critérios de avaliação.

A comparação dos resultados da matriz de análise permitiu ao grupo aferir, para cada componente/subconjunto do amortecedor, os resultados da pesquisa Delphi que refletem a visão estritamente técnica dos painelistas contra uma visão mais estratégica e holística com variáveis como sustentabilidade, imagem, despesas de desenvolvimento, investimentos etc. Outra reflexão que eventualmente poderia enriquecer os resultados da pesquisa Delphi seria realizar a análise da Matriz de Decisão antes da elaboração do questionário Delphi. Esta análise prévia permitiria introduzir na pesquisa Delphi as variáveis estratégicas para o Mercado e para a empresa, em complemento ao conteúdo excessivamente técnico das respostas que foi obtido na pesquisa Delphi realizada neste estudo.

Um questionamento que poderia ser feito por um observador externo que estivesse analisando este estudo é: por que utilizar a Pesquisa Delphi, uma vez que uma análise de tendências poderia ser facilmente elaborada por especialistas utilizando uma matriz de decisão, com menor tempo dispendido, menor custo de horas/homem envolvidas?

Wright e Giovinazzo (2000, P.63), apontam como a primeira vantagem da aplicação do método Delphi “realizar previsões em situações de carência de dados históricos”. Uma vez que o assunto ‘redução de peso’ é de certa forma recente em se tratando de amortecedores, a ausência de dados históricos favorece a aplicação da técnica supra-mencionada.

Outro fator importante da aplicação do método e também apontado como vantagem pelos mesmos Wright e Giovinazzo (2000, p.64) foi que “o uso de questionários e respostas escritas conduz a uma maior reflexão e cuidado nas respostas, e facilita seu registro, em comparação a uma discussão em grupo”. Esta vantagem foi constatada pelo rico acervo de comentários obtido na pesquisa Delphi, que dificilmente seria reproduzido em qualquer *brainstorming*, seja pela limitação de tempo, seja pelo número de respondentes e sua qualificação, uma vez que seria muito mais difícil envolver quase 60 pessoas em uma discussão de grupo. Pode-se considerar que em nenhum momento dos quase 60 anos de história da Divisão de Amortecedores da Magneti Marelli Cofap foi feito um levantamento tão preciso e minucioso

sobre o tema ‘redução de peso em amortecedores estruturais’ como o que foi realizado nesta pesquisa.

Wright e Giovinazzo (2000, p. 64) apontam como principais desvantagens da aplicação do Método Delphi a seleção de amostra dos respondentes e tratamento dos resultados estatisticamente não aceitáveis” e “a excessiva dependência dos resultados em relação à escolha dos especialistas, com a possibilidade de introdução de viés pela escolha dos respondentes. Os mesmo autores contra-argumentam que

em relação a estas restrições, é necessário ressaltar que não se pretende que o Delphi seja um levantamento estatisticamente representativo da opinião de um determinado grupo amostrado. É essencialmente uma consulta a um grupo limitado e seletivo de especialistas, que através da sua capacidade de raciocínio lógico, da sua experiência e da troca objetiva de informações procura chegar a opiniões conjuntas sobre as questões propostas. Nesta situação, as questões de validade estatística da amostra e dos resultados não se aplicam. (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000, p.64)

Baseado nessa premissa, o autor deste estudo e o grupo de trabalho preocuparam-se muito mais em extrair dos resultados da pesquisa inferências técnicas que permitissem o estabelecimento de alternativas de materiais e processos visando à redução de peso em amortecedores estruturais que a consolidação estatística dos dados obtidos. Priorizaram-se as respostas em função da análise de frequências, apontando como as mais viáveis aquelas que obtiveram uma maior frequência de resposta. Uma oportunidade que poderia ser explorada e que não o foi por fugir do escopo deste trabalho e também devido ao escasso tempo envolvido para a consecução da pesquisa é a realização de análises combinatórias para utilização de materiais e processos alternativos, para atingir o objetivo proposto.

4.5 – Entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas

Com relação à fase subsequente da pesquisa, qual seja, as entrevistas com especialistas e clientes e fornecedores externos, deve-se levar em conta as considerações de Martins e Theóphilo (2009), que classificam as entrevistas em estruturada, semiestruturada e não estruturada. Este método é mais custoso que a aplicação de um questionário via *web*, porém permite ao entrevistador a coleta de informações com maior profundidade e analisando os vieses do entrevistado. A entrevista estruturada é orientada por um roteiro previamente definido e aplicado para todos os entrevistados. Por outro lado, na entrevista não estruturada o

entrevistador busca a obtenção de informações por meio de uma conversação livre. Na entrevista semiestruturada é utilizado um roteiro, porém com a liberdade de serem acrescentadas novas questões pelo entrevistador. Foi adotado para este estudo o método da entrevista semiestruturada.

Como universo amostral para a realização das entrevistas selecionou-se quatro clientes OEM (*Original Equipment Manufacturers*), ou seja, montadoras de veículos estabelecidas no Brasil. Ainda com o objetivo de dar um cunho multidisciplinar ao trabalho, conhecendo a opinião dos fornecedores, selecionou-se da base de fornecedores da Empresa três fabricantes de matérias primas (alumínio, aço e polímeros), também foram convidados a participar das entrevistas dois professores universitários com larga experiência em materiais. A maioria das entrevistas foi feita em *conference call*, devido à maior facilidade principalmente para os clientes e redução de custos de viagem, para clientes localizados fora do estado de São Paulo. O tempo médio de duração das entrevistas foi de uma hora.

O quadro 7 abaixo mostra os perfis profissionais dos entrevistados, bem como sua área de atuação. Em alguns casos, os participantes eram exclusivamente das áreas técnicas da Empresa, porém objetivou-se ter como entrevistados membros seja da área técnica, seja da área comercial, para se obter uma visão multidisciplinar nas respostas.

Quadro 7 - Perfil dos entrevistados

EMPRESA	PERFIL DO ENTREVISTADO	ÁREA
Cliente “A”	Supervisor de Engenharia	Engenharia de Chassi
	Comprador	Compras
Cliente “B”	Engenheiro de Produto	Engenharia de Produto
	Compradora	Compras
Cliente “C”	Engenheiro de Produto	Engenharia de Produto
	Engenheiro de Testes veiculares	Engenharia Experimental
Cliente “D”	Gerente de Engenharia	Engenharia de Produto
Fornecedor “A”	Gerente Técnico/Comercial	Assistência Técnica
Fornecedor “B”	Engenheiro de Assist. Técnica	Assistência Técnica
Fornecedor “C”	Gerente de Marketing	Marketing Automotivo
Consultor “A”	Eng. Metalurgista, PhD, Prof. Universitário	Consultoria/Universidade
Consultor “B”	Eng. Mecânico, MSc, Prof. Universitário	Consultoria/Universidade

Fonte: O autor, 2013

A alta receptividade dos clientes em responder às entrevistas mostrou que existe um grande interesse por parte deles em ações de redução de peso objetivando redução de emissões, o que o autor deste trabalho atribuiu em parte às recentes demandas do programa governamental

INOVAR AUTO. Da mesma forma, comportaram-se os fornecedores e especialistas, interessados em introduzir novas soluções de materiais e técnicas de processamento de materiais alternativos no mercado.

O quadro 8 abaixo mostra um resumo das entrevistas realizadas com clientes, fornecedores e especialistas de universidade. O resultado completo das entrevistas (perguntas e respostas/comentários) pode ser visto no Apêndice C.

Quadro 8 - Resumo da fase de entrevistas

Questão	Tópico de interesse	Comentário
01	Qual o principal benefício da redução de peso em amortecedores?	Redução de emissões é o principal benefício. Foco na integração de sistemas com melhoria de performance. Custo é fator determinante.
02	Qual o potencial de redução de custo para amortecedores estruturais?	Entre 10 e 20% é o potencial de redução mais evidente diante da expertise e materiais atuais. Tarefa complexa uma vez que o amortecedor está bastante otimizado em relação a peso.
03	Predisposição do cliente OEM em pagar mais pelo amortecedor com 15% em média de redução de peso utilizando materiais alternativos leves.	56% dos respondentes não estão dispostos a pagar nada. 44% estão dispostos a pagar entre 10% e 20%.
04	Predisposição do cliente final em pagar mais pelo amortecedor com 15% em média de redução de peso utilizando materiais alternativos leves.	Segundo os entrevistados 45% dos consumidores não estão dispostos a pagar nada. 44% estão dispostos a pagar entre 5% e 20%. Ganho de peso não é argumento para o cliente final, mas sim redução de consumo.
05	Grau de importância do desenvolvimento de materiais leves, sustentáveis e competitivos técnica e economicamente em relação aos atualmente utilizados.	85% responderam alta importância.
06	Em quanto tempo materiais leves sustentáveis estariam disponíveis no mercado com preços competitivos em relação aos atualmente utilizados?	67% acreditam que de 05 a 10 anos. Uso do alumínio tende a crescer.
07	Qual material tem maior potencial de redução de peso no amortecedor atendendo as especificações dos clientes?	Aços de alta resistência, plástico e alumínio na ordem foram os mais votados.
08	Qual material apresenta maior potencial de redução de peso para injeção do conjunto (tubo/assento da mola/fixação inferior)?	Alumínio e magnésio. Plástico em terceiro lugar. Conjunto híbrido poderia ser uma opção. Magnésio inviável nos próximos 20 anos para esta aplicação.
09	Qual a solução mais factível tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso?	78% responderam: conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) em alumínio.
10	Qual configuração de produto é a mais viável tecnicamente?	45% responderam: conjunto montado.
11	Qual o material mais confiável para aplicação em amortecedores estruturais?	67% aço alta resistência . 22% titânio. 11% plástico.
12	Qual material apresenta melhor imagem para aplicação em amortecedores estruturais?	Alumínio (34%) e Titânio (33%) foram os mais votados.
13	Qual o material mais sustentável para aplicação em amortecedores estruturais?	Alumínio (34%) e Plástico (25%) foram os mais votados.

Fonte: O autor, 2013

O quadro 9 abaixo mostra, no entendimento dos entrevistados/especialistas, o estado da arte dos materiais estudados, bem como algumas barreiras técnicas e horizonte temporal para sua aplicação em bases competitivas aos materiais atualmente utilizados em amortecedores estruturais:

Quadro 9 - Análise crítica do estado da arte dos materiais alternativos visando redução de peso em amortecedores estruturais na visão dos entrevistados

Material	Principal vantagem técnica	Limitações técnicas	Disponibilidade a custos competitivos (estimada/anos)	Confiabilidade	Sustentabilidade
Alumínio	Redução de peso, disponibilidade, reciclabilidade, altas taxas de dissipação de calor.	Custo ainda maior que o aço, potencial de melhorar vida em fadiga.	05 anos	Alta (fácil processar, mantém propriedades, repetibilidade)	Alta reciclabilidade, perdas no processo produtivo
Aço alta resistência	Propriedades mecânicas estáveis/ótima relação resistência/densidade	Fácil reduzir entre 10 e 20% do peso. Desafio: mais de 30% mantendo ppd. mec.	Imediato	Alta (fácil processar, alta flexibilidade, repetibilidade nas propriedades)	Reutilizável 100%, possibilidade de fontes renováveis
Plástico	Baixa densidade. Boa absorção de impacto, embora inferior aos materiais metálicos.	Crítico para aplicações onde se exige alta resistência estrutural.	Mais de 05 anos (potencial de utilizar conjuntos híbridos plástico/metal)	Média (propriedades variáveis)	Mais reutilizável que nanomateriais
Magnésio	Baixíssima densidade/ novos processos de produção em estudo	Alta inflamabilidade, baixa tenacidade,	Sem horizonte. Liga AlMg pode ser alternativa	Baixa (baixa tenacidade e resistência estrutural)	Difícil reprocessar.
Titânio	Melhor relação resistência/densidade	Altíssimo custo, raro	Sem horizonte	Alta	Difícil reprocessar. Oxida muito
Nanomateriais	Possível tenacificar materiais de alta resistência com nanotecnologia	Difícil aplicação em escala industrial/ custo alto	Associado a outros materiais, mais de 05 anos	Alta	Em estudo (escala de laboratório)
Cerâmicos	Associar com nanotecnologia (cermets)	Intrinsecamente mais frágil/Alto custo	Mais de 05 anos	Baixa	Reciclável
Outros	Fibra de carbono	Baixa tenacidade	03 anos	Media	Baixa reciclabilidade.

Fonte: O autor, 2013

Comparando-se os resultados das análises Delphi e entrevistas, pode-se enumerar os seguintes pontos de convergência:

- ✓ É consenso entre a comunidade técnica interna da MM Cofap e as interfaces externas que o tema redução de peso é relevante para o futuro da tecnologia de amortecedores.
- ✓ É ponto comum que o grande benefício obtido com a redução de peso é a diminuição da emissão de CO₂ e poluentes. Melhoria no desempenho é um ponto de atenção neste aspecto.
- ✓ O potencial de redução de peso factível mantendo os requisitos de performance está na faixa de 10 a 20%.
- ✓ Enquanto a comunidade interna da MM considerou que fabricantes de automóveis estariam dispostos a pagar entre 5 a 10% de acréscimo no preço de venda pela redução de peso, mais da metade dos clientes montadoras afirmaram que não estariam dispostos a pagar NADA por este benefício.
- ✓ Comunidade interna da MM Cofap e montadoras concordam que o cliente final não está disposto a pagar mais por redução de peso. O benefício sentido é redução no consumo de combustível.
- ✓ 67% das interfaces externas acreditam que materiais leves com preços competitivos em relação aos atualmente utilizados estarão disponíveis em um prazo de cinco a dez anos. 31% da comunidade interna acredita que estas soluções estarão disponíveis no mesmo prazo.
- ✓ Enquanto as interfaces externas acreditam que aço de alta resistência, plástico e alumínio, na ordem, são os materiais que têm maior potencial de redução de peso atendendo as especificações atuais dos clientes, na opinião da comunidade interna aço, alumínio e plástico aparecem nesta ordem, respectivamente, como os materiais com o maior potencial.
- ✓ No caso de se trabalhar com um processo inovador de injeção do conjunto tubo/assento da mola e fixação inferior, alumínio aparece em primeiro lugar, seguido

de magnésio e plástico, porém os respondentes consideraram inviável o processamento de magnésio por motivos técnicos. A comunidade interna da MM considera a injeção de alumínio e plástico com pesos iguais.

- ✓ 78% dos respondentes externos apontaram que o conjunto montado (tubo; assento da mola e fixação inferior) em alumínio é a solução mais viável como redução de peso em amortecedores estruturais. Esta opinião é compatível com a comunidade interna, em que mais da metade dos respondentes consideraram a mesma solução como a mais viável.
- ✓ Quanto ao material que seria mais confiável para aplicação em amortecedores estruturais, 67% dos respondentes externos apontaram o aço de alta resistência. As respostas da comunidade interna da MM Cofap corroboram estas respostas.
- ✓ No quesito imagem, alumínio e titânio foram os produtos mais votados pela comunidade externa, quesito não analisado pela comunidade interna.
- ✓ Quanto à sustentabilidade, alumínio e plástico foram os mais votados.

As divergências entre os resultados da análise Delphi e entrevistas serão analisadas na Seção 4.6.1 deste estudo.

A análise dos resultados das entrevistas realizadas com os clientes, fornecedores e especialistas/consultores tem como objetivo principal ser um meio de calibração das conclusões obtidas pela análise Delphi e da matriz de decisão. Um dos pontos falhos comumente observados na tomada de decisão em um planejamento estratégico de tecnologia é desconsiderar o foco do mercado e, com esta iniciativa, pretende-se minimizar esta deficiência.

Com base nas análises realizadas anteriormente construiu-se a Matriz de Decisão do quadro 10 a seguir:

Quadro 10 - Análise dos resultados das entrevistas comparando os fatores de competitividade para cada componente/subconjunto do amortecedor estrutural

Componente	Material	Prioridade para implantação	Fator de competitividade					Imagem	Prazo para ter disponibilidade a custos competitivos
			Características técnicas		Sustentabilidade	Confiabilidade			
			Vantagens técnicas	Barreiras técnicas					
Tubo reservatório	Aço com espessura variável	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Aço alta liga com posterior redução de espessura	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Plástico injetado	3	Média	Alta	Média	Alta	Baixa	Baixa	> 05 anos
	Alumínio extrudado	2	Média	Média	Alta	Alta	Baixa	Alta	05 anos
	Compósito	4	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	> 10 anos
Assento da mola	Alumínio estampado	2	Alta	Média	Alta	Alta	Alta	Alta	05 anos
	Plástico injetado	4	Média	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	> 05 anos
	Alumínio injetado	3	Alta	Média	Média	Média	Alta	Alta	05 anos
	Aço alta liga	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Magnésio injetado	5	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	sem horizonte
Conjunto da fixação inferior	Aço estampado (peça única)	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Plástico injetado	4	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	> 05 anos
	Alumínio extrudado	3	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	05 anos
	Magnésio injetado	5	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	sem horizonte
	Estampada em aço com espessura variável	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
Haste	Aço tubular	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Alumínio	3	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	05 anos
	Aço Alta liga usinado	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata
	Titânio	2	Alta	Baixa	Alta	Alta	Baixa	Baixa	sem horizonte
	Plástico injetado	4	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	> 05 anos
Tubo de pressão	Plástico injetado	3	Baixa	Alta	Baixa	Baixa	Alta	Baixa	> 05 anos
	Alumínio extrudado	2	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	05 anos
	Aço alta liga treliado	1	Alta	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Imediata

Fonte: O autor, 2013

Para a construção da matriz de decisão procurou-se correlacionar, para cada material alternativo com aplicação potencial para os componentes e subconjunto do amortecedor, os fatores de competitividade que foram objeto das entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas em materiais, quais sejam: as vantagens técnicas de cada material e barreiras técnicas para implementação, bem como o fator sustentabilidade à luz dos entrevistados e o impacto de imagem resultante da implantação do material alternativo no produto. Estas variáveis foram classificadas em alta, média e baixa.

Ainda classificou-se o horizonte temporal para a disponibilização do material alternativo a preços competitivos, conforme a visão dos entrevistados. Uma vez que no escopo desta pesquisa o aumento de custo no produto foi avaliado de maneira global, não foi ponderado o aumento de custo individual provocado pelo emprego de cada material leve alternativo.

Com base nesta ponderação, foram priorizados os materiais para implantação de ações estratégicas no *Roadmap*.

4.6 - ELABORAÇÃO DO MAPA TECNOLÓGICO (ROADMAP)

4.6.1 – Análise dos Resultados da Pesquisa Delphi x Matriz de Decisão

A Figura 32, apresentada a seguir, ilustra esquematicamente os passos para a construção do *Roadmap* Tecnológico utilizando os dados obtidos da pesquisa Delphi, matriz de decisão e entrevistas.

Figura 32 - Diagrama esquemático da construção do Roadmap utilizando as ferramentas de pesquisa
Fonte: O Autor, 2013

Adotou-se como premissa para a realização deste *Roadmap* a arquitetura ‘conjunto montado’, isto é, aquela em que os componentes do amortecedor são montados e unidos por processos de união como soldagem, rosqueamento ou rolagem (deformação do material). Esta tomada de decisão ocorreu fundamentada no fato de que na análise Delphi este tipo de arquitetura obteve 50% de frequência de resposta dos painelistas, e nas entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas a frequência foi 78%. As demais arquiteturas alternativas levantadas no trabalho poderão ser objeto de estudos futuros.

Seguindo as recomendações de Mitchell (1982), no sentido de utilizar a Metodologia Delphi associada a outras técnicas de prospecção em casos nos quais há alta complexidade técnica dos assuntos estudados, procedeu-se a uma triangulação dos resultados da pesquisa Delphi, que reflete a visão técnica da comunidade interna da Divisão de Amortecedores da Magneti Marelli Cofap contra aqueles obtidos pela análise da matriz de decisão, considerando o peso das variáveis estratégicas do negócio na visão da alta administração. Finalmente foi feita uma análise comparativa contra as entrevistas, que refletem a visão técnica e de mercado de clientes, fornecedores e especialistas em materiais.

Analisando-se os resultados da pesquisa Delphi consolidados após a conclusão da segunda fase, com o emprego de análise de frequências estatísticas, plotou-se na matriz morfológica mostrada na figura 33, a seguir, três alternativas tecnológicas, em que a sequência plotada na cor vermelha com traço descontínuo representa, para cada componente, os materiais com a maior frequência estatística obtida na pesquisa.

A sequência plotada na cor verde com traço descontínuo foi aquela que representou os materiais com a segunda maior frequência estatística e aquela plotada na cor azul descontínua a terceira maior frequência estatística. Um sem número de análises e combinações de alternativas poderia ser feito, mas demandaria recursos matemáticos e computacionais que fugiriam do escopo deste trabalho.

PESQUISA DELPHI - TODOS OS RESPONDENTES

Componente/Conjunto	Tubo Reservatório	Assento da Mola	Conjunto da Fixação Inferior	Haste	Tubo de Pressão
Função no amortecedor	Reservatório para compensar o volume da haste no movimento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento
Soluções Tecnológicas para Redução de Peso	ALTERNATIVA 02 Tubo de aço com espessura variável	Assento da mola em alumínio estampado	Fixação em aço estampado (peça única)	Haste de aço tubular	Tubo plástico injetado.
	Tubo plástico injetado.	Assento da Mola plástico injetado.	Fixação em plástico injetado	Haste em alumínio usinado	Tubo extrudado em Alumínio.
	ALTERNATIVA 03 Tubo injetado em Alumínio extrudado.	Assento da Mola em Alumínio injetado	Fixação em alumínio extrudado	Haste em aço alta liga usinado	Tubo em aço alta liga trefilado
	ALTERNATIVA 01 Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura.	Assento da Mola em aço alta liga.	Fixação em alumínio injetado	Haste em titânio	
	Tubo em material compósito.	Assento de mola em magnésio injetado	Fixação em magnésio injetado	Haste em plástico injetado	
			Fixação estampada em aço com espessura variável		

Figura 33 – Matriz de decisão mostrando alternativas tecnológicas elaboradas com base na pesquisa Delphi

Fonte: O autor, 2013.

Realizou-se o mesmo tipo de análise para a Matriz de Decisão, utilizando como critério para plotagem das sequências as alternativas melhor pontuadas. Os resultados desta análise estão mostrados na figura 34, abaixo.

MATRIZ DE DECISÃO - COM ESPECIALISTAS

Componente/Conjunto	Tubo Reservatório	Assento da Mola	Conjunto da Fixação inferior	Haste	Tubo de Pressão
Função no amortecedor	Reservatório para compensar o volume da haste no movimento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento
Soluções Tecnológicas para Redução de Peso	ALTERNATIVA 02 Tubo de aço com espessura variável 102	Assento da mola em alumínio estampado 103	Fixação em aço estampado (peça única) 94	Haste de aço tubular 111	Tubo plástico injetado. 76
	ALTERNATIVA 04 Tubo plástico injetado. 76	Assento da Mola em plástico injetado. 84	Fixação em plástico injetado 73	Haste em alumínio 86	Tubo extrudado em alumínio. 95
	ALTERNATIVA 03 Tubo injetado em Alumínio extrudado. 93	Assento da Mola em Alumínio injetado. 84	Fixação em alumínio extrudado 90	Haste em aço alta liga usinado 105	Tubo em aço alta liga trefilado 104
	ALTERNATIVA 01 Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura. 112	Assento da Mola em aço alta liga. 112	Fixação em alumínio injetado 78	Haste em titânio 89	
	Tubo em material compósito. 68	Assento de mola em magnésio injetado 60	Fixação em magnésio injetado 57	Haste em plástico injetado 76	
			Fixação estampada em aço com espessura variável 84		

Figura 34 - Matriz de decisão mostrando alternativas tecnológicas elaboradas com base em especialistas

Fonte: O autor, 2013

OBS: O quadro 6 correlaciona variáveis estratégicas para o negócio, analisadas por grupo de trabalho de especialistas.

Assim a alternativa 01 (plotada na cor vermelho com tracejado contínuo) foi aquela em que a ponderação das variáveis estratégicas do negócio apontou, em valores numéricos para cada componente do amortecedor estrutural, os materiais alternativos que seriam os mais competitivos para implementação no curto prazo em um *roadmap* tecnológico.

A alternativa 02 (plotada na cor verde com tracejado contínuo) constitui-se das soluções que obtiveram a segunda maior pontuação em na análise da matriz de decisão e a alternativa 03 (plotada na cor azul com tracejado contínuo) aponta as soluções que ficaram melhores

ponderadas em terceiro lugar. Finalmente a alternativa 04 (plotada na cor roxa com tracejado contínuo) aponta as soluções que obtiveram a menor pontuação na análise.

Com o objetivo de realizar uma análise comparativa entre os resultados obtidos na análise Delphi contra aqueles da matriz de decisão, foram superpostas as curvas plotadas na figura 33 contra aqueles da figura 34 e consolidaram-se as curvas na figura 35, abaixo:

Figura 35 - Análise comparativa das alternativas tecnológicas utilizando o método Delphi (traço descontínuo) e especialistas conforme figura 35 (traço contínuo)

MATRIZ DE DECISÃO - TÉCNICAS DELPHI E COM ESPECIALISTAS

Componente/Conjunto	Tubo Reservatório	Assento da Mola	Conjunto da Fixação Inferior	Haste	Tubo de Pressão
Função no amortecedor	Reservatório para compensar o volume da haste no movimento de compressão do amortecedor	Suporta a mola helicoidal	Une o amortecedor ao conjunto da roda	Fixa o amortecedor ao chassi do carro permitindo o movimento longitudinal do mesmo.	Permite o fluxo de óleo interno ao amortecedor no sentido de tração e compressão gerando assim a força de amortecimento
Soluções Tecnológicas para Redução de Peso	ALTERNATIVA 02 Tubo de aço com espessura variável 102	Assento da mola em alumínio estampado 103	Fixação em aço estampado (peça única) 94	Haste de aço tubular 111	Tubo plástico injetado. 76
	ALTERNATIVA 04 Tubo plástico injetado. 76	Assento da Mola plástico injetado. 84	Fixação em plástico injetado 73	Haste em alumínio 86	Tubo extrudado em Alumínio 95
	ALTERNATIVA 03 Tubo injetado em Alumínio extrudado. 93	Assento da Mola em Alumínio injetado. 84	Fixação em alumínio extrudado 90	Haste em aço alta liga usinado 105	Tubo em aço alta liga trefilado 104
	ALTERNATIVA 01 Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura 112	Assento da Mola em aço usinado. 111	Fixação em alumínio injetado 78	Haste em titânio 89	
	Tubo em material compósito. 68	Assento de mola em magnésio injetado 60	Fixação em magnésio injetado 53	Haste em plástico injetado 76	
			Fixação estampada em aço com espessura variável 84		

Fonte: O autor, 2013

A análise comparativa dos resultados da pesquisa Delphi e da Matriz de Decisão mostra que existe divergência entre as visões de priorização. Por exemplo, no caso da haste do amortecedor, tanto a análise da pesquisa Delphi como a da Matriz de Decisão apontaram como opção mais viável a substituição da haste sólida pela haste de aço tubular. Em segundo lugar, existe divergência entre a haste em alumínio (Delphi) e em aço alta liga usinado (Matriz de Decisão). Em terceiro lugar também há divergência entre aço alta liga usinado (Delphi) e titânio (matriz de decisão). Como o estudo de análise de frequências na pesquisa

Delphi somente apontou três alternativas, a análise de matriz de decisão aponta o alumínio em quarto lugar.

Na análise comparativa entre os resultados da pesquisa Delphi e Matriz de decisão utilizou-se o seguinte critério para a priorização das ações estratégicas a curto, médio e longo prazo no sentido de implantar materiais alternativos para a redução de peso em amortecedores estruturais:

- Onde houvesse divergência entre a priorização da análise Delphi e da matriz de decisão, foi considerado que o resultado da matriz de decisão é obtido a partir da ponderação de variáveis estratégicas para o negócio (vide Apêndice C deste estudo), portanto, mais adequado para uma seleção de material voltada aos propósitos deste estudo;
- A priorização obtida na análise dos resultados da Figura 35 permite aferir os resultados e estabelecer as ações estratégicas no curto, médio e longo prazos, que serão consolidadas no *Roadmap*.

Com base neste mecanismo de análise, construiu-se o quadro 11, a seguir apresentado:

Quadro 11 - Síntese das matrizes de decisão da pesquisa Delphi, com especialistas e entrevistas
priorizando as alternativas tecnológicas

COMPONENTE	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA NO ROAD MAP	1º LUGAR	2º LUGAR	3º LUGAR	4º LUGAR	5º LUGAR
Tubo res.	DELPHI Matriz de decisão/pontos Entrevistas	Aço alta liga c/ red. Esp. Aço alta liga c/ red. Esp. (112) Aço alta liga c/ red. Esp. Aço alta liga c/ esp. Variável	Aço com esp. Variável Aço com esp. Variável (102) Aço alta liga c/ red. Esp. Aço alta liga c/ esp. Variável	Alumínio extrudado Alumínio extrudado (93) Alumínio extrudado	N/A Plástico injetado (76) Plástico injetado	N/A Composito (68) Composito
Assento mola	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA DELPHI Matriz de decisão/pontos Entrevistas	Aço alta liga c/ red. Esp. Aço alta liga Aço alta liga (111) Aço alta liga	Aço com esp. Variável Plástico injetado Alumínio estampado (103) Alumínio estampado	Alumínio extrudado Alumínio injetado Alumínio injetado (84) e plástico injetado (84) Alumínio injetado	Plástico injetado N/A Magnésio injetado (60) Plástico injetado	Composito N/A Magnésio injetado
Fixação inf.	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA DELPHI Matriz de decisão/pontos Entrevistas	Aço alta liga Aço estampado (peça única) Aço estampado p.u. (94) Aço estampado p.u. Aço estampado com esp. Variável	Alumínio estampado Aço estampado com esp. Variável Alumínio extrudado (90) Aço estampado p.u. Aço estampado com esp. Variável	Alumínio injetado Alumínio injetado Aço estampado com espessura variável (84) Alumínio extrudado	Plástico injetado N/A Plástico injetado (73) Plástico injetado	Magnésio injetado N/A Magnésio injetado (57) Magnésio injetado
Haste	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA DELPHI Matriz de decisão/pontos Entrevistas	Aço estampado em peça única Aço tubular Aço tubular (111) Aço tubular Aço Alta Liga usinado	Aço estampado com esp. Variável Alumínio usinado Aço alta liga usinado (105) Titânio	Alumínio extrudado Aço alta liga usinado Titânio (89) Alumínio	Plástico injetado N/A Alumínio (86) Plástico injetado	Magnésio injetado N/A Alumínio injetado Plástico injetado
Tubo pressão	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA DELPHI Matriz de decisão/pontos Entrevistas	Aço tubular Aço alta liga trefilado Aço alta liga tref. (104) Aço alta liga tref.	Aço alta liga usinado Alumínio extrudado Alumínio extrudado (95) Alumínio extrudado	Titânio Plástico injetado Plástico injetado (76) Plástico injetado	Alumínio Plástico injetado	Plástico injetado
	PRIORIZAÇÃO ESTRATÉGICA	Aço alta liga trefilado	Alumínio extrudado	Plástico injetado		

Fonte: O autor, 2013

4.6.2 – Elaboração do Mapa Tecnológico (Roadmap)

Utilizou-se como base para a elaboração do Mapa Tecnológico para redução de peso em amortecedores estruturais o modelo introduzido pela Motorola. Como documentos de análise complementar para a elaboração do *Roadmap* foram utilizados o Quadro 9 (que mostra o estado da arte dos materiais alternativos para redução de peso com base nas entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas em materiais), a figura 35 (superposição das alternativas tecnológicas para redução de peso em componentes de um amortecedor estrutural utilizando-se a análise Delphi e matriz de decisão com especialistas) e o Quadro 11 (priorização de ações estratégicas no *Roadmap* em função da triangulação entre resultados da análise Delphi, Matriz de Decisão e Entrevistas).

Estas análises visam responder à questão de pesquisa deste estudo, a partir de uma visão holística do negócio, conforme apresentado por Phaal e Probert (2007). Procurou-se atentar para as boas práticas sugeridas pelos autores para o sucesso de um processo de *Roadmapping* na organização, principalmente o alinhamento do estudo com o planejamento estratégico da Empresa, o espírito de abertura para a realização dos trabalhos, o estabelecimento de um ‘senso de urgência’ para mobilizar os participantes e ter uma visão clara da missão e dos objetivos do trabalho.

Na construção do *Roadmap* foram elencados os componentes/subconjuntos do amortecedor estrutural, bem como sua função no veículo e cada material alternativo foi plotado em ordem segundo a análise de priorização estratégica do Quadro 11. Adotou-se também uma classificação em termos de barreira técnica para implantação do material. Os materiais classificados na cor cinza apresentam nenhuma ou baixa barreira técnica, segundo os critérios estabelecidos na análise mostrada no Quadro 10. Aqueles classificados na cor verde apresentam barreira técnica média, sendo que os classificados na cor rosa apresentam alta barreira técnica para sua implantação em escala industrial com custos competitivos em relação aos materiais atualmente utilizados em produção.

No último bloco são mostradas as características do conjunto do amortecedor, bem como o percentual de redução de peso potencial a ser obtido com a adoção das soluções tecnológicas (materiais alternativos). Ainda uma vez que o modelo de *Roadmap* escolhido foi aquele

aplicado a produto segundo o modelo de Phaal, Farrukh e Probert (2004), elencou-se na parte inferior do *Roadmap* as tecnologias necessárias que os materiais alternativos pudessem ser aplicados ao produto. Essas inferências foram feitas com base nas análises de triangulação e consulta a especialistas em materiais.

O horizonte temporal de análise para elaboração do *Roadmap* foi pressuposto em 15 anos, intervalo considerado adequado para uma avaliação com base nos resultados das pesquisas/entrevistas realizadas.

Com o objetivo de explicitar a mecânica de análise para elaboração do *Roadmap* será utilizado o Tubo Reservatório do Amortecedor Estrutural.

Utilizando os resultados da triangulação sintetizados no Quadro 11, observa-se que tanto na análise Delphi como na análise dos especialistas a solução de aço alta liga com redução de espessura é a mais viável em termos de implementação no curto prazo, pois possui baixa barreira técnica. Na análise das entrevistas, a solução de aço alta liga foi a que apresentou a melhor classificação, assim tanto a solução com redução de espessura como a solução com espessura variável foram colocadas no mesmo patamar de decisão.

A decisão por priorizar em primeiro lugar o aço alta liga com redução de espessura ocorreu em função da pontuação obtida na análise dos especialistas (112 pontos) contra aquela obtida pelo aço com espessura variável (102 pontos). No *Road Map*, ambas as soluções foram enquadradas como as mais adequadas no curto prazo. Em terceiro lugar aparece a solução em alumínio extrudado, por unanimidade, em todos os métodos de pesquisa utilizados. Em quarto lugar fica o plástico injetado e, em último lugar, a solução em material compósito.

Elencou-se também no último bloco a evolução necessária da tecnologia para viabilizar a implementação da alternativa tecnológica no horizonte temporal previsto, por exemplo, no caso de compósitos a tecnologia somente estará disponível quando o estado da arte da tecnologia viabilizar materiais com propriedades mecânicas compatíveis com os dos materiais atualmente utilizados, com horizonte de longo prazo.

ROAD MAP - REDUÇÃO DE PESO EM AMORTECEDORES ESTRUTURAIS - DETALHE DO TUBO RESERVATÓRIO

Figura 36 - Roadmap – Tubos Reservatórios

Fonte: O autor, 2013

Utilizando-se a mesma mecânica de análise para os demais componentes do amortecedor, construiu-se o *Road Map* da Figura 37, a seguir exibida.

No último bloco do *Road Map* são apresentadas as alternativas potenciais para o conjunto amortecedor, assim como a redução de peso prevista com a implantação destas alternativas. Note-se, por exemplo, que no caso de o material implementado ser o aço de alta resistência, a redução de peso média prevista é 10 a 15%.

O escalonamento das alternativas tecnológicas no *Roadmap* permite ao Gestor de Tecnologia tomar as devidas ações estratégicas no sentido de implementar uma ou outra solução no curto (um ou dois anos), médio (cinco anos) ou longo (mais de cinco anos) prazos. E também escolher, por exemplo, se a solução será um desenvolvimento para produção, desenvolvimento de conceito prototipal, parcerias com Universidades e ICT's (Institutos de Ciência e Tecnologia) ou mesmo um simples monitoramento tecnológico da solução em estudo. Várias destas ações estão sendo tomadas, mas não serão mostradas nesta pesquisa, uma vez que são objeto de confidencialidade no escopo do Plano Estratégico da Magneti Marelli Cofap.

Figura 37 - Roadmap Tecnológico mostrando as tendências de materiais alternativos

Fonte: O autor, 2013

5. CONCLUSÕES

Este capítulo apresenta as conclusões finais desta pesquisa. Objetiva-se sumarizar os resultados mais significativos desta investigação no que concerne ao atendimento dos objetivos propostos inicialmente e às contribuições principais da pesquisa. Uma vez que o foco desta pesquisa é demonstrar o uso das técnicas de previsão utilizando um caso prático, procurar-se-á, dentro do possível, esquivar-se de considerações técnicas relacionadas ao produto, e quando for necessário recorrer a tais considerações, o objetivo será sempre de evidenciar uma postura metodológica gerencial ou estratégica que foi adotada para solucionar o problema estudado.

Este capítulo tem início com uma apresentação das conclusões referentes ao uso de cada uma das ferramentas utilizadas para a construção do Mapa Tecnológico (*Roadmap*). Em seguida, são apresentados os pontos mais relevantes do estudo, aqueles não abordados ou não conclusivos, as limitações da metodologia, aplicabilidade da mesma no escopo estratégico das empresas e sugestões para futuros estudos.

5.1 – Conclusões sobre o uso da técnica de Análise Morfológica

O processo de análise morfológica proposto por Zwicky (1966) mostrou-se eficaz no sentido de fornecer ao pesquisador elementos para decompor um sistema complexo em subsistemas agrupados que foram analisados em uma matriz na qual as diversas alternativas de materiais leves para substituir os atualmente utilizados foram propostas e cruzadas. A primeira etapa proposta pelo autor, a formulação do problema, foi de importância vital para que não se perdesse o foco na elaboração da matriz.

A decomposição dos componentes do amortecedor e seu agrupamento em subconjuntos, recomendada por Zwicky (1966) e Godet (2000), sempre priorizando os itens que apresentaram maior potencial para redução de peso, foi essencial para a obtenção de uma matriz morfológica sintetizada e objetiva. Importante foi também explicitar, para cada

componente/subconjunto, a função esperada, bem como a identificação e análise de todos os parâmetros que poderiam ser de importância para a solução do problema em questão. Neste quesito, a formação de um grupo para os trabalhos de *brainstorming* constituído de pessoas de alta capacidade técnica e experiência no produto foi muito importante. Ressalte-se que este grupo foi formado basicamente por profissionais da área de engenharia; assim, uma sugestão para futuros estudos seria agregar pessoas das demais áreas da empresa, principalmente comercial, com níveis diferenciados, para que os parâmetros de mercado e estratégicos possam ser considerados na análise.

Embora nas recomendações de Zwicky (1966) o último passo proposto, seleção das soluções otimizadas, possa requerer um estudo morfológico adicional, que foi exatamente o que ocorreu nesta pesquisa com a análise da matriz de decisão considerando variáveis estratégicas para a Empresa e elaborada por especialistas, uma sugestão de experimento para futuros estudos seria realizar a análise morfológica técnica juntamente com a análise da matriz de decisão. Supõe-se que a adoção dessa iniciativa poderia melhorar a qualidade da análise e também reduzir o tempo de execução das pesquisas.

Fundamental também se mostrou a realização prévia de estudos de *benchmarking* de produtos de concorrentes, conforme a concepção de Carpinetti e Melo (2002), que permitiu ao grupo de trabalho traçar uma análise de posicionamento competitivo do produto e a proposição de soluções criativas visando atingir os objetivos desta pesquisa. Certamente que as soluções aventadas devem ser criteriosamente verificadas no que concerne à contrafação de direitos de propriedade intelectual.

5.2 – Conclusões sobre o uso da técnica de pesquisa Delphi

Guardadas as diferenças e complexidades entre as empresas e as tecnologias estudadas, encontrou-se similaridade entre o ambiente técnico analisado no estudo de Wright, JOHNSON e Guimarães (2000) sobre prospecção em águas profundas e aquele da Magneti Marelli Cofap, em que grandes equipes estão dedicadas a projetos específicos, com consequente perda da visão geral e da sinergia entre as partes. A prospecção realizada serviu

como um balizamento para a obtenção de uma tendência comum do meio técnico da empresa no que concerne ao assunto estudado.

Para a consecução deste estudo procurou-se seguir os fundamentos teóricos propostos por Wright e Giovinazzo (2000), já descritos no capítulo sobre Metodologia. A elaboração do questionário fundamentou-se em reflexões sobre a análise morfológica e o contexto deste voltou-se para alternativas de materiais leves e arquiteturas potenciais de amortecedor estrutural utilizando este tipo de materiais . Algumas questões foram voltadas para aspectos econômicos, como incremento de preço no produto para o cliente montadora (OEM) e para o cliente final.

As taxas de resposta da primeira e segunda fases foram consideradas satisfatórias e foi recolhido um material muito rico em comentários e sugestões. Os relatórios da primeira e segunda fase da pesquisa foram divulgados para os painelistas, mesmo àqueles que não responderam à pesquisa. O tempo total de realização da pesquisa foi de 04 (quatro) meses, incluindo a emissão do relatório final. Este prazo está de acordo com as recomendações de Wright e Giovinazzo (2000), que mencionam o prazo usual para uma aplicação completa de quatro meses a um ano.

Uma vez que esta foi uma experiência pioneira no escopo da empresa estudada, considera-se que a aprendizagem auferida com a aplicação do método foi muito valiosa para enriquecer o processo de Gestão da Inovação.

O questionário foi elaborado por um grupo de trabalho constituído de engenheiros especialistas em materiais e produto. As doze (12) variáveis de estudo que foram a base para a elaboração das questões focaram essencialmente aspectos técnicos de material e processos de fabricação. Aspectos estratégicos, gerenciais e de mercado foram complementados com a elaboração da Matriz de Decisão e realização das entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas.

A utilização de software específico *SurveyMonkey* para a realização da segunda fase da pesquisa Delphi mostrou-se útil, no sentido de facilitar aos respondentes o preenchimento das respostas do questionário e seu envio aos pesquisadores, como já observado neste trabalho; desta forma, recomenda-se a utilização de tais recursos em pesquisas futuras.

Uma limitação do método foi considerar o mesmo peso para as respostas de todos os painelistas, independente do grau de conhecimento deles sobre o assunto objeto da pesquisa. Deve-se, contudo, recordar uma das principais vantagens da aplicação da metodologia Delphi enumeradas por Wright e Giovinazzo (2000, p. 64), de que “a consulta a especialistas traz à análise do problema pelo menos o nível de informação do membro melhor informado”.

Com relação ao processo de análise dos dados, a elaboração de quadros resumo das respostas das primeira e segunda fase da pesquisa Delphi permitiu ao pesquisador vislumbrar os pontos principais de análise para triangulação com os resultados das demais fases da pesquisa, objetivando a construção do *Roadmap*.

A análise de frequências aplicada para identificar as alternativas de materiais e a plotagem dos dados na matriz morfológica permitiram ao pesquisador identificar possíveis combinações de materiais alternativos por componente que facilitaram a triangulação dos resultados contra aqueles obtidos da Matriz de Decisão e das entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas, corroborando as assertivas de Mitchell (1982), que recomenda a utilização do Método Delphi associado a outras técnicas de prospecção, principalmente em casos onde existe uma alta complexidade técnica dos assuntos estudados.

Uma limitação do método foi não explorar as combinações possíveis entre as diversas alternativas de material, o que requereria a aplicação de métodos estatísticos que fogem do escopo deste trabalho. Essa, entretanto, é uma possibilidade para estudos futuros.

5.3 – Conclusões sobre o uso da técnica de matriz de decisão

O principal fator que motivou a construção de uma Matriz de Decisão foi constatar, após a realização e análise dos resultados da pesquisa Delphi, que o escopo desta, apesar de muito completa e rico em detalhes, estava essencialmente técnico. Conforme sugerido por Phaal e Probert (2007), na elaboração do *Roadmap* deve-se levar em conta as variáveis estratégicas do mercado e do negócio. A adoção de outros métodos de pesquisa associados ao Método Delphi visando à consecução do objetivo proposto corrobora as sugestões de Mitchell (1982), que

recomenda a utilização da Metodologia Delphi associada a outras técnicas de prospecção tecnológica.

Formou-se um grupo de trabalho segundo as recomendações de MacNamee e Celona (2008), grupo este que a partir de várias sessões de *brainstorming* elegeu dez (10) variáveis estratégicas que objetivavam abarcar aspectos importantes para o mercado e para o negócio, tais como estado da arte da tecnologia (considera a factibilidade técnica e econômica da alternativa estudada), bem como variáveis de interface com o mercado, o cliente e os demais *stakeholders* da empresa.

Uma limitação já apontada na ponderação das variáveis estratégicas foi ter sido a Matriz de Decisão elaborada por um grupo de trabalho restrito à engenharia. Sugere-se para estudos futuros a constituição de um grupo com caráter mais multidisciplinar, inclusive com níveis hierárquicos diversos, permitindo uma visão mais holística dos aspectos envolvidos. Submeter a Matriz de Decisão à validação da alta administração também enriqueceria o conteúdo da referida matriz.

A sugestão já apresentada por Mitchell (1982) de utilizar a pesquisa Delphi em conjunto com outras técnicas de prospecção e empregada no sentido de elaborar a Matriz de Decisão em conjunto com o questionário da Pesquisa Delphi mostrou-se uma solução interessante para estudos futuros, pois neste caso as variáveis estratégicas do negócio já estariam sendo consideradas em sua elaboração.

Cuidados devem ser tomados, contudo, com o viés de respostas dos painelistas. Nesse sentido, a seleção de um grupo de painelistas heterogêneo considerando-se competências técnicas e níveis hierárquicos seria recomendável. Outro ponto de reflexão com relação à Matriz de Decisão é que, consideradas as limitações da aplicação de tal metodologia, esta se constitui em um método rápido e objetivo, envolvendo menos tempo e utilização de recursos, podendo ser aplicada independentemente dos demais métodos utilizados nesta pesquisa.

5.4 – Conclusões sobre a fase de entrevistas

Conforme descrito no tópico sobre Metodologia, adotou-se a técnica de entrevista semi estruturada, seguindo as recomendações de Martins e Theóphilo (2009). Neste tipo de entrevista utiliza-se um roteiro previamente definido, pré-testado e aplicado para todos os entrevistados. Na elaboração do roteiro, tomou-se o cuidado de não se ater a detalhes essencialmente técnicos do projeto e construção de amortecedores, que foram abordados na pesquisa Delphi, focando a atenção em aspectos mercadológicos e genéricos sobre o estado da arte de materiais alternativos.

A seleção de entrevistados entre um grupo de clientes, fornecedores e especialistas teve como objetivo coletar informações baseadas na visão daquelas interfaces. Selecionaram-se quatro (04) clientes, três (03) fornecedores chave da base da MM Cofap, cada um especialista e líder de mercado na fabricação de um tipo específico de matéria prima (aço, alumínio e plástico) e dois professores universitários especialistas em materiais, como previamente comentado. O pré-teste da entrevista foi realizado com um dos professores escolhidos em reunião presencial. Um ponto favorável deste pré-teste foi o grande conhecimento do referido professor sobre tecnologia de amortecedores, dado o fato de este ser um parceiro de muitos anos da MM Cofap. A entrevista foi realizada com uma dinâmica muito favorável e a análise do questionário foi considerada adequada.

As entrevistas com os clientes foram realizadas, em sua maioria, por conferência telefônica, com duração média de uma (01) hora, uma vez que dada a dinâmica do mundo automotivo, é bastante difícil conseguir agenda para a realização de trabalhos deste tipo. Notou-se, contudo, um grande interesse dos entrevistados e até certa surpresa em verificar este tipo de iniciativa de um fornecedor de autopeças.

A elaboração de um quadro resumo dos resultados das entrevistas, método adotado também em fases anteriores da pesquisa, permitiu a inferência de dados importantes, principalmente nos aspectos de tendências tecnológicas, horizontes potenciais de disponibilidade dos materiais alternativos a preços competitivos com os atualmente utilizados na produção de amortecedores estruturais, barreiras técnicas para tal implementação e, por fim, uma visão

mercadológica sobre a propensão do cliente e usuário final em pagar mais para receber este tipo de tecnologia.

Uma vez que esta pesquisa não foi realizada diretamente com o usuário final comprador do veículo, vale um comentário sobre o viés dos clientes OEM que entendem, em sua grande maioria, que o cliente final não estaria disposto a pagar NADA a mais no preço do produto por redução de peso. Esta tendência está alinhada com os resultados obtidos na pesquisa Delphi, tanto na primeira como na segunda fases, em que cerca de metade dos respondentes afirmaram que o cliente final não estaria disposto a pagar NADA por melhorias na performance do produto e redução de emissões no veículo devido a ações de redução de peso nos componentes.

De fato, o entendimento do cliente final é o impacto das ações de redução de peso na redução de emissões, mas segundo avaliado nesta pesquisa este impacto não é suficiente para fazê-lo aceitar um incremento no preço final do componente. De qualquer modo, como essa assertiva trata-se de uma inferência, uma oportunidade para estudos futuros seria realizar consultas diretamente com os usuários finais, utilizando informações coletadas pela Unidade de Negócios de Mercado de Reposição do Grupo MM.

A visão dos clientes, fornecedores e especialistas de que a solução mais viável em termos de arquitetura de produto para a utilização de materiais alternativos objetivando a redução de peso em amortecedores estruturais é o emprego de conjuntos montados (tubo/assento da mola e fixação) em alumínio, que se coaduna com aquela da comunidade interna da empresa, é um ponto interessante para a tomada de decisões estratégicas com base no *Roadmap* Tecnológico.

5.5 – Conclusões sobre a Elaboração do Mapa Tecnológico (*Roadmap*)

Utilizou-se como referência para a elaboração do Mapa Tecnológico (*Roadmap*) deste estudo aquele proposto pela Mototola – Wylliard & McClees (1987) apud Phaal (2007) - voltado para tecnologias emergentes. Embora não tenha sido usada uma metodologia como a proposta por Phaal et al (2003), o chamado 'Plano T', em que são realizados diversas reuniões de

trabalho com grupos multidisciplinares (*workshops*) voltados para mercado, produto, tecnologia e o processo do *Roadmapping* propriamente dito, em que os recursos de tecnologia são conectados a futuras oportunidades de mercado e as barreiras são identificadas, utilizou-se um método de triangulação entre três pesquisas diferentes, quais sejam: Pesquisa Delphi, Análise da Matriz de Decisão e Entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas. Os resultados destas pesquisas, complementares entre si, permitiram ao pesquisador compor cenários tecnológicos para a elaboração do *Roadmap*.

A utilização de métodos gráficos de análise, tais como a plotagem dos resultados da análise de frequências empregada na Pesquisa Delphi contra a pontuação das alternativas da Matriz de Decisão com especialistas (vide Figura 35 deste estudo), permitiu ao pesquisador vislumbrar pontos de vista concorrentes e discordantes quanto às soluções tecnológicas a serem adotadas para redução de peso em amortecedores estruturais.

Um quadro resumo da análise descrita no parágrafo acima, associado à análise das barreiras técnicas para implementação de uma dada alternativa tecnológica e à avaliação do horizonte em que a tecnologia estaria disponível a custos competitivos em comparação às atualmente utilizadas na produção dos componentes estudados, levantadas nas entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas, e que é mostrado no Quadro 11 deste estudo, permitiu priorizar estrategicamente as alternativas tecnológicas de materiais leves a serem utilizados substituindo os atualmente existentes e empregados na fabricação dos amortecedores estruturais. Não foi observada, na literatura referenciada, a utilização de tal estratégia de análise.

Note-se que uma condição de contorno estabelecida para a construção deste Mapa Tecnológico (*Roadmap*) foi utilizar a arquitetura ‘conjunto montado’ para o amortecedor estrutural, uma vez que este tipo de arquitetura foi o que obteve maior pontuação na análise de frequências. Esta premissa foi adotada para simplificação deste trabalho, uma vez que o escopo de maior interesse é a metodologia empregada na construção do *Roadmap* e não as conclusões técnicas e ações estratégicas tomadas pela empresa, que inclusive são de cunho confidencial, não podendo ser reveladas neste estudo.

A apresentação gráfica do Mapa Tecnológico (*Roadmap*) mostra, em um horizonte temporal de 15 anos, as tendências tecnológicas de diversos tipos de material a serem utilizados para

cada subconjunto de componentes do amortecedor, conforme foi definido na Análise Morfológica. Um ponto de interesse foi a classificação das barreiras técnicas para implementação de um determinado tipo de material alternativo em termos de factibilidade e custos competitivos em relação aos materiais atualmente utilizados (baixa, média e alta).

Sugere-se ainda, para estudos futuros, a adoção de um parâmetro para avaliação do nível de certeza/incerteza da alternativa tecnológica a ser adotada.

A composição dos subconjuntos permite classificar a arquitetura dos componentes em três grandes grupos, a saber, materiais metálicos ferrosos (aço), materiais metálicos não ferrosos (alumínio em seus diversos processos de manufatura) e outros materiais alternativos (ex. titânio, cerâmicos, polímeros etc.). Com base neste cenário, pode o Gestor de Tecnologia adotar as ações estratégicas no curto, médio e longo prazo, que para fins deste estudo foram classificadas no horizonte temporal de um a dois anos (curto prazo), cinco anos (médio prazo) e mais de cinco anos (longo prazo).

Conforme exposto anteriormente, dependendo do tipo de tecnologia e do prazo para implementação, podem ser adotadas pelo Gestor de Tecnologia ações como um rápido desenvolvimento com um fornecedor parceiro, produção de protótipos até o nível de pré-série, pesquisas aplicadas em parceria com Institutos de Ciência e Tecnologia (ICT's) e Universidades, pesquisas básicas no interno da Empresa ou com os órgãos citados anteriormente ou mesmo um monitoramento tecnológico para acompanhar o estado da arte da tecnologia e sua utilização por concorrentes e clientes.

Uma recomendação para estudos futuros seria utilizar a técnica de *Value Roadmapping* proposta por Dissel et al (2009), comparando os resultados obtidos do *Technology Roadmapping* com técnicas de valoração como NPV (*Net Present Value*). Esta iniciativa se mostra especialmente interessante para valorar uma tecnologia proposta e compará-la com custos de produção correntes, a fim de avaliar se a solução atingiu níveis de competitividade compatíveis com as necessidades dos clientes e do mercado.

5.6 – Conclusões Finais

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) Identificar e aplicar uma metodologia de análise e prospecção tecnológica utilizando um conjunto de ferramentas tais como Análise Morfológica, Método Delphi, Matrizes de Decisão e *Technological Roadmapping* que permitam a elaboração de um Mapa Tecnológico (*roadmap*) aplicado a um escopo tecnológico específico e que também sirvam como um roteiro de trabalho para outros ramos da tecnologia.
- b) Apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos e erros) no processo de pesquisa, bem como recomendações para o uso dessas técnicas e sugestões para estudos futuros.

Examinando-se os resultados deste estudo, podemos depreender que os objetivos foram alcançados, uma vez que:

- ✓ Foram identificadas e aplicadas as seguintes técnicas de previsão tecnológica: Análise Morfológica, Método Delphi, Matriz de Decisão utilizando especialistas internos da Empresa e entrevistas com clientes, fornecedores e especialistas externos em materiais;
- ✓ A aplicação destas técnicas objetivou entender as principais tendências e visões tecnológicas dos profissionais envolvidos no sentido de propor soluções visando reduzir o peso dos componentes que constituem a família dos amortecedores estruturais;
- ✓ Martins e Theóphilo (2009) recomendam a utilização de combinações de técnicas de coleta de dados para melhorar a qualidade e a precisão das respostas às questões levantadas pelo pesquisador. Utilizando esta recomendação e por meio das análises comparativas entre as diversas soluções propostas, foi possível elaborar um Mapa Tecnológico elencando as possíveis soluções para redução de peso dos componentes que constituem um amortecedor estrutural.

- ✓ A adoção de linhas estratégicas para cada uma das alternativas estudadas é escopo de confidencialidade da Empresa, contudo podemos afirmar que o Mapa Tecnológico (*Roadmap*) elaborado está sendo de grande utilidade nessas tomadas de decisão.

No que se refere ao segundo objetivo desta pesquisa, qual seja, apresentar ao leitor as lições aprendidas (acertos, erros e sugestões de melhoria) no processo de pesquisa, o quadro 12 abaixo apresenta um elenco dos acertos obtidos ao longo deste trabalho e no quadro 13 consta um elenco dos erros e sugestões de melhoria para trabalhos futuros.

Quadro 12 - Acertos no processo da pesquisa

Método	Acertos
1. Análise Morfológica	Explicar de forma clara o amortecedor estrutural, esclarecendo o princípio de funcionamento do mesmo e seus principais componentes.
	Exemplificação da análise de benchmarking de amortecedores utilizando materiais leves alternativos de alguns competidores.
	Análise de Pareto dos componentes em um amortecedor estrutural que são os mais críticos para redução de peso.
	Escolha de um grupo de trabalho com alta capacidade técnica em termos de conhecimento sobre técnicas de projeto e fabricação de amortecedores veiculares.
	Realização de sessões de <i>brainstorming</i> para a construção da Matriz Morfológica.
	Elaboração de um rol de variáveis de estudo que serviram de base para a elaboração do questionário Delphi.
2. Pesquisa Delphi	Critério para seleção dos painelistas – especialistas internos em produto/processo, área comercial e professores de engenharia de materiais de institutos parceiros.
	Acompanhamento/cobrança individual de cada painalista através de uma planilha de controle de respostas.
	Reformulação do questionário para a segunda fase foi baseado na análise crítica do grupo de trabalho utilizando análise estatística das respostas.
	Utilização de <i>software</i> específico <i>SurveyMonkey</i> para realização da 2ª fase da pesquisa.
	A pesquisa Delphi permitiu aferir o viés tecnológico da comunidade interna da Empresa.
	Quadro resumo das respostas facilitou a triangulação com os resultados obtidos na Análise da Matriz de Decisão e Entrevistas.
	Solicitar aos painelistas justificar as respostas e colocar comentários adicionais.
3. Análise de Especialistas	Sensibilizar a Alta Administração da empresa para a pesquisa.
	Elencar as variáveis econômicas e estratégicas envolvidas na factibilidade do produto, além das variáveis técnicas já levantadas.
	Atribuição de pesos para as variáveis permitiu maior precisão dos resultados.
	Elaboração de um rol de variáveis de estudo que serviram de base para a elaboração do questionário Delphi.
	Quadro resumo das respostas facilitou a triangulação com os resultados obtidos na pesquisa Delphi e entrevistas.
4. Entrevistas	Rapidez na elaboração da matriz e ponderação dos resultados em comparação com a pesquisa Delphi.
	Escolha de um fornecedor líder para cada família de materiais leves alternativos (plástico, metal ferroso e metal não ferroso).
	Entrevistas realizadas em <i>conference call</i> reduziram os custos e agilizaram o processo.
	Interesse dos clientes, fornecedores e especialistas pelo assunto (atribuído ao advento do programa governamental INOVAR AUTO).

5. Elaboração do roadmap	Elaboração de quadro resumo de respostas auxiliou na triangulação dos resultados com aqueles obtidos na pesquisa Delphi e na matriz de decisão.
	Aplicação de pré-teste com especialistas em materiais alternativos (professores universitários parceiros da empresa e já conhecedores da técnica do amortecedor).
	O resultado das entrevistas possibilitou antever o estado da arte dos materiais analisados, auxiliando na elaboração do <i>roadmap</i> .
	Adoção de uma arquitetura específica ('conjunto montado') para a elaboração do roadmap simplificou o trabalho, dado o cunho metodológico da pesquisa.
	Triangulação entre os resultados da matriz de decisão da pesquisa Delphi, análise de variáveis estratégicas do negócio e entrevistas.
	Análise comparativa gráfica dos resultados das matrizes de decisão da pesquisa Delphi, análise das variáveis estratégicas do negócio e entrevistas facilitou a priorização das alternativas no roadmap.
	Classificação das barreiras técnicas para uso de um determinado tipo de material alternativo em termos de factibilidade e custos competitivos em relação aos materiais atualmente utilizados.
	Utilização de um modelo de <i>roadmap</i> 'Produto' e 'Tecnologia,' conforme Phaal, Farrukh e Probert (2004) facilitou o foco da pesquisa.
	Elaboração de um quadro de Síntese dos resultados de análise das matrizes de decisão da pesquisa Delphi, variáveis estratégicas do negócio e entrevistas.

Fonte: O autor, 2013

A utilização de Análise Morfológica procurou atender as recomendações de Zwicky (1966) vistas na revisão bibliográfica, quais sejam:

- 1) Formulação do problema: Estabelecendo o campo de estudo (redução de peso em amortecedores estruturais) e o escopo da análise (identificar os materiais alternativos possíveis, barreiras técnicas para implementação e estado da arte da tecnologia).
- 2) Identificação e análise dos parâmetros de análise: Elaborando as variáveis de estudo de importância para o problema em questão. A análise de Pareto, que identificou os componentes mais críticos para o estudo, foi fundamental para o sucesso deste ponto.
- 3) Construção da matriz morfológica: Para tanto, foi fundamental a capacidade técnica dos membros do grupo e as sessões de *brainstorming*.
- 4) Avaliação de todas as soluções contidas na matriz morfológica contra os objetivos estabelecidos para a resolução do problema: neste ponto a Análise dos Especialistas foi fundamental para o estabelecimento das Matrizes de Decisão.
- 5) Seleção das soluções otimizadas, considerando a factibilidade e os recursos necessários para o seu atingimento: Somente a construção da matriz morfológica não fornece os subsídios

necessários para a seleção das soluções tecnológicas mais adequadas para a elaboração do *Roadmap*. Identificou-se, no transcurso deste trabalho, que a utilização de Métodos de Triangulação entre os resultados de pesquisas utilizando diversas ferramentas mostrou-se eficaz para a qualidade do trabalho.

No que se refere à pesquisa Delphi, foi extremamente desafiadora e gratificante sua aplicação, no sentido em que tal tipo de trabalho nunca havia sido realizado na empresa. Notou-se que a comunidade técnica ficou muito motivada com esta pesquisa. Procurou-se seguir as recomendações de Wright e Giovinazzo (2000) na execução deste trabalho, selecionando adequadamente os painelistas, seja em número seja em termos de capacidade técnica, realizando acompanhamento das respostas e realizando um segundo ciclo de análise, já com o questionário reformulado. A sensibilização da alta administração para este estudo foi, na época, um fator determinante para o sucesso do empreendimento científico. A elaboração de quadro gráfico de resumo da frequência das respostas foi muito importante para o trabalho de triangulação, visando identificar as alternativas tecnológicas e a posterior elaboração do *Roadmap*.

Confirmaram-se, ainda, as assertivas de Wright e Giovinazzo (2000) sobre o uso de questionários e respostas escritas que conduzem a maior cuidado e reflexão nas respostas e facilitam seu registro. Rico acervo de resultados foi obtido, principalmente devido ao fato de o pesquisador ter solicitado justificativas para cada uma das alternativas escolhidas.

Dada a diversidade no perfil dos painelistas, seja em termos de nível hierárquico, seja em termos de conhecimento técnico, a utilização do método Delphi mostrou-se adequada, pois garantiu o anonimato nas respostas e evitou vieses devido a conflitos de hierarquia, além de garantir o nível de informação do membro melhor informado.

Após a análise dos resultados da pesquisa Delphi, verificou-se a necessidade de utilização de outro tipo de ferramenta de pesquisa, a formação de um grupo de especialistas para análise das variáveis estratégicas do negócio, com a montagem de matriz de decisão que está mostrada no Quadro 6 e nos apêndices. Este tipo de análise vem ao encontro à etapa 05 sugerida por Zwicky (1966) para seleção das soluções otimizadas, considerando a factibilidade e os recursos necessários para seu atingimento. Assevera Zwicky que esta análise pode exigir um estudo morfológico adicional, que foi exatamente o que aconteceu.

O critério de ponderação das variáveis estratégicas com pontuação dos resultados permitiu maior precisão nos resultados e auxiliou o pesquisador na escolha e priorização das alternativas de materiais para a elaboração do *Roadmap*. Não foi encontrada na literatura em referência nenhuma solução similar à adotada, o que evidencia o seu caráter inovador.

Um ponto interessante a ser evidenciado é a rapidez na execução de tal processo, em comparação com a pesquisa Delphi, o que permite uma flexibilidade de escolha em pesquisas futuras, condicionado ao tempo disponível para realização dessas investigações.

A realização das entrevistas foi adequada no sentido de ser uma forma rápida e eficaz de abordagem das interfaces externas à empresa (clientes, fornecedores e especialistas). Utilizou-se a técnica de entrevista semiestruturada, selecionando criteriosamente as empresas e os profissionais a serem entrevistados, seguindo as recomendações de Martins e Théóphilo (2009) para uma boa condução das entrevistas. A escolha de clientes de porte, fornecedores líderes e especialistas com grande conhecimento em materiais enriqueceu sobremaneira os resultados do trabalho, permitindo a ponderação e a escolha das alternativas tecnológicas para alocação estratégica no *Roadmap*. O grande interesse manifestado principalmente pelos clientes foi atribuído às iniciativas do programa governamental INOVAR AUTO, já mencionado no transcurso desta pesquisa.

A aplicação do pré-teste para o questionário nos moldes recomendados por Martins e Théóphilo (2009) mostrou-se eficaz e, a exemplo do que já foi mencionado, a elaboração do quadro resumo mostrado no Quadro 8 auxiliou no mecanismo de triangulação. Um ponto de destaque foi a elaboração do Quadro 9, evidenciando o estado da arte da tecnologia dos materiais alternativos estudados, contribuição dada essencialmente pelos profissionais consultados, especialistas em material.

No que concerne à elaboração do Mapa Tecnológico, a escolha do *Roadmap* ‘Produto’ e ‘Tecnologia’ conforme sugerido por Phaal, Farrukh e Probert (2004) e que permite correlacionar o estado da arte das tecnologias e sua aplicação aos produtos, mostrou-se acertada. Procurou-se no bloco ‘produto’ do *Roadmap* configurar os materiais potenciais a serem empregados no curto, médio e longo prazos no amortecedor, com o objetivo de possibilitar ao Gestor de Tecnologia a adoção de linhas estratégicas de ação de desenvolvimento.

A utilização de recursos gráficos para comparação dos resultados das pesquisas Delphi, análise de especialistas e entrevistas facilitou a priorização das alternativas no *Roadmap*. Outro ponto interessante e de destaque é a classificação das barreiras técnicas para uso de um determinado tipo de material alternativo, o que facilita a priorização estratégica do gestor de tecnologia no sentido de escolha das soluções a serem adotadas no curto, médio e longo prazos. O quadro de síntese mostrado no Quadro 11 relacionou os resultados obtidos nas diversas pesquisas e pode ser entendido como um resultado gráfico do processo de triangulação. Este tipo de análise não foi encontrado na literatura estudada, podendo ser explorado em estudos futuros.

Os erros e sugestões de melhoria na consecução da pesquisa estão sumarizados no Quadro 13 abaixo. Para os erros nos quais a descrição é autoexplicativa e em que a sugestão de melhoria está implícita não foram feitos comentários adicionais.

Quadro 13 - Erros e sugestões de melhoria no processo de pesquisa

Método	Erros/Sugestões
1. Análise Morfológica	A elaboração da matriz morfológica refletiu o viés da cultura técnica do grupo de trabalho, constituído de engenheiros da MM Cofap. Procurou-se compensar este ponto com as entrevistas realizadas com clientes, fornecedores e especialistas em materiais.
	Falta de profissionais da Área Comercial no Grupo de Trabalho, constituído somente de profissionais da Engenharia.
	Falta de especialistas em materiais alternativos leves (fornecedores, professores universitários) no grupo de trabalho.
	A construção da Matriz Morfológica não foi realizada simultaneamente com a escolha das variáveis estratégicas do negócio.
2. Pesquisa Delphi	Longo intervalo entre a submissão dos questionários das fases da pesquisa Delphi (duas fases - três meses). Embora a empresa tenha dado todo apoio ao estudo houve inúmeras interrupções para atender a outras prioridades.
	Utilização de planilha excel para submissão e preenchimento do questionário (1ª fase). Na segunda fase foi utilizado o software “SurveyMonkey”.
	Uso de variáveis essencialmente técnicas na elaboração do questionário: respostas com baixo teor metodológico e estratégico. Sugestão para próximos estudos: identificar e utilizar as variáveis estratégicas para o negócio.
	O software utilizado não permite um controle das frequências de respostas dos painelistas. Sugestão: realizar controle manual.
	Resultados das primeira e segunda fases não foi apresentado em reunião com os painelistas, mas através de correio eletrônico.
	Grupo de trabalho constituído somente de profissionais da Engenharia de Produto.
	Utilizou-se o mesmo peso para as respostas de todos os painelistas, independente do grau de conhecimento técnico dos mesmos sobre o tema estudado. Sugestão: atribuir pesos para os painelistas em função de conhecimento/formação acadêmica/experiência.
	Falta de utilização de métodos estatísticos de análise combinatória para amplificar a opção de alternativas tecnológicas. Sugestão: em futuros estudos utilizar métodos de pesquisa quantitativa.
3. Matriz de Decisão – Análise de Especialistas	Necessidade de maior envolvimento de membros da Alta Administração com visão holística do negócio no Grupo de Trabalho.
	Falta de profissionais da Área Comercial no Grupo de Trabalho, constituído somente de profissionais da Engenharia.

	Falta de especialistas em materiais alternativos leves (fornecedores, professores universitários) no grupo de trabalho.
	A Matriz de Decisão deveria ter sido elaborada antes do questionário Delphi, para enriquecer o mesmo.
	Menor riqueza de análises e dados (considerando o escopo do questionário) do que a pesquisa Delphi.
4. Entrevistas	Número restrito de clientes, fornecedores e especialistas (total de 08) devido à logística das entrevistas e tempo disponível.
	Realização das entrevistas em <i>conference call</i> pode limitar o nível de detalhe das respostas.
	Nem todas as entrevistas foram realizadas simultaneamente com membros da área comercial e engenharia conforme objetivado.
	Qualidade das respostas não homogênea em função do conhecimento dos respondentes.
	Viés da montadora na interpretação da tendência do usuário final do amortecedor no veículo. Sugestão: realizar entrevistas com usuários.
4. Elaboração do Roadmap	A elaboração do roadmap foi feita somente por engenheiros de produto. Faltou a participação das demais áreas, devido à falta de disponibilidade de tempo e envolvimento no processo.
	Falta de senso de urgência dos participantes em função da dinâmica da rotina da Empresa.
	Falta de adoção de um parâmetro para avaliação do nível de incerteza da alternativa tecnológica utilizada. Sugestão para próximos estudos: buscar referências na literatura e aplicar.
	Utilizar técnicas de análise de valor para quantificar financeiramente as alternativas tecnológicas.
	Utilizar o método “Plano T” conforme sugerido por Phaal, Farrukh e Probert (2004) e comparar com o método utilizado nesta pesquisa.

Fonte: O autor, 2013

Um ponto de atenção a ser observado na construção da Matriz Morfológica é a abordagem das variáveis estratégicas do negócio. Por ser constituído de elementos essencialmente técnicos, o grupo de trabalho considerou superficialmente estas importantes variáveis. Comprovou-se a assertiva de Zwicky (1966) que, dentre suas recomendações, estabelece que pode ser necessário um estudo morfológico adicional para selecionar as soluções otimizadas, considerando a factibilidade e os recursos necessários para o atingimento dessas soluções. Para estudos futuros, sugere-se ter um grupo o mais multidisciplinar possível, inclusive com elementos externos à empresa, como comentado anteriormente.

No caso da pesquisa Delphi, o estudo foi realizado em três meses, prazo considerado normal, conforme indicação da literatura. Wright e Giovinazzo (2000) indicam o prazo usual para uma pesquisa Delphi de quatro meses a um ano. Ainda conforme explicitado neste estudo, devido ao viés do grupo de trabalho constituído por engenheiros de produto, o questionário Delphi foi elaborado com um teor essencialmente técnico, desconsiderando variáveis estratégicas do negócio, tais como sustentabilidade, imagem da empresa, investimentos, despesas de desenvolvimento. Essas variáveis foram analisadas pelos especialistas na elaboração de uma matriz de decisão complementar.

Um ponto operacional, mas que indica uma limitação do *software* utilizado *SurveyMonkey* foi que este não fornece um indicador estatístico da frequência de respostas, importante para quantificar os resultados e compará-los com a literatura. Como sugestões para estudos futuros, recomenda-se a divulgação dos resultados da pesquisa Delphi em um encontro presencial com os painelistas, se possível, pois é um fator motivador para novas pesquisas.

A elaboração de uma matriz de decisão e sua análise por especialistas considerando variáveis estratégicas para o negócio mostrou-se importante na elaboração do *Roadmap*, pois os dados obtidos auxiliaram, no trabalho de triangulação, para a tomada de decisão estratégica quanto à classificação das alternativas tecnológicas em termos de factibilidade no *Roadmap*. Como sugestão, recomenda-se que tal estudo seja iniciado em paralelo com a elaboração do questionário Delphi, caso o pesquisador opte por este método de pesquisa. Um grupo multidisciplinar constituído de diversos níveis hierárquicos, inclusive alta administração, bem como especialistas externos à empresa (e por que não, também, com clientes?), enriqueceria a qualidade do trabalho.

As entrevistas foram realizadas com um número limitado de clientes, fornecedores e especialistas, embora a qualidade do material tenha sido satisfatória. Para estudos futuros, recomenda-se aumentar o tamanho da amostra. Ainda devido a restrições operacionais, a maioria das entrevistas foi realizada em *conference call*, sendo que em alguns casos os participantes foram somente da área de engenharia, quando o ideal seria ter também membros da área comercial.

Observou-se também uma heterogeneidade no nível de conhecimento dos respondentes sobre materiais alternativos, bem como vieses dos clientes na interpretação da tendência dos usuários dos veículos finais em aceitar incrementos de preço no veículo com a introdução de materiais leves alternativos (“o usuário não está disposto a pagar NADA por este tipo de melhoria no produto”). Recomenda-se, em estudos futuros, abordar o usuário final para amplificar o escopo da pesquisa.

O grande benefício do processo de *Roadmapping* é envolver e agregar os diversos *stakeholders* do negócio e, por meio de reflexões conjuntas, estabelecer diretrizes setoriais e políticas tecnológicas visando aumentar a competitividade do setor. Phall et al (2003) recomendam que os participantes dos workshops devem incluir funções técnicas e comerciais

(tais como Pesquisa e Desenvolvimento, manufatura, marketing, finanças e recursos humanos).

O chamado 'Plano T' proposto por Phall et al (2003) propõe a realização de diversos workshops abordando aspectos de mercado, produto e tecnologia, e um *workshop* final para a consolidação dos resultados. Devido a fatores operacionais, não foi possível no caso desta pesquisa seguir a metodologia proposta por Phaal, embora a qualidade dos resultados obtidos tenha sido considerada satisfatória. Uma recomendação para estudos futuros seria comparar a metodologia desenvolvida nesta pesquisa com uma pesquisa realizada utilizando-se o 'Plano T'.

Outro ponto de sugestão seria utilizar a abordagem sugerida por Dissel et al (2009), que propõe a valoração de novas tecnologias na empresa, processo denominado '*Value Roadmapping*'. Utilizando as técnicas estabelecidas no *Technology Roadmapping* com técnicas padrão de valoração, tais como NPV (*Net Present Value*) é possível avaliar a tecnologia e valorizá-la (explorar, comunicar, calcular, maximizar e administrar valor).

A utilização de técnicas de prospecção e análise tecnológica é ainda um campo inexplorado na maioria das empresas, constituindo-se, no entanto, em uma poderosa ferramenta de análise para a adoção de ações estratégicas no curto, médio e longo prazos. Neste ponto, vale mencionar mais uma vez a reflexão feita por Coates et al (2001, p. 10), de que ocorreu "mudança de ênfase quanto ao objetivo primordial nas atividades de Previsão Tecnológica: avaliar oportunidades e ameaças relacionadas às inovações bem como suas implicações sobre o desempenho econômico das organizações". Os autores apontam como formas emergentes de Previsão e Avaliação Tecnológica o *Roadmapping* Tecnológico e a Inteligência Tecnológica Competitiva.

A utilização de diferentes métodos de Análise e Prospecção Tecnológica, associados segundo as recomendações de Mitchell (1982), a saber, Análise Morfológica e Matriz de Decisão, Método Delphi e entrevistas mostrou-se interessante, uma vez que a triangulação dos resultados da pesquisa possibilitou ao pesquisador ter uma visão holística do entendimento das diversas interfaces técnicas internas e externas à empresa no que se refere ao tema estudado.

Ainda em sendo uma pesquisa ação, na qual o pesquisador tem um propósito de atuação planejada sobre os problemas detectados, as pesquisas realizadas possibilitaram a coleta de um rico acervo de dados, que foram extensivamente analisados e tratados com o objetivo de construir um Mapa Tecnológico (*Roadmap*) para uma das arquiteturas possíveis do amortecedor estrutural, a saber, o conjunto montado constituído de diversos componentes integrados entre si, componentes estes fabricados a partir de matérias primas alternativas às atualmente utilizadas na sua fabricação.

Este Mapa Tecnológico permite ao Gestor de Tecnologia a priorização e adoção de ações estratégicas no curto, médio e longo prazos, no sentido de gerar soluções de produto que sejam competitivas e inovadoras para os clientes e usuários finais. Mais do que a aplicação a um escopo específico, o método de análise e as ferramentas utilizadas podem ser empregados em estudos aplicados a outros aspectos tecnológicos no campo do amortecimento veicular e, por que não, a outros ramos da tecnologia, o que atesta a utilidade desta pesquisa para o campo acadêmico na área de Gestão da Inovação.

Albright e Kappel (2003) sugerem a utilização de *Roadmaps* em empresas com diversas unidades de negócio, porque estes possibilitam a criação de bases de dados em que as tecnologias comuns podem ser utilizadas em produtos diferentes, integram o diálogo com clientes e fornecedores e ajudam a focar os processos de planejamento de negócios e de portfólio de produtos da companhia. Esta recomendação é perfeitamente aplicada à empresa estudada, a Magneti Marelli, dado o fato de a mesma ser multidivisional em que uma larga gama de produtos com as mais diversas complexidades é fabricada.

A aplicação de métodos sugeridos para o *Roadmapping*, tais como o 'Plano T' sugerido por Phaal et al (2003), em que os vínculos chave entre os recursos tecnológicos e os *drivers* do negócio são estabelecidos e a partir daí iniciativas estratégicas tecnológicas e de planejamento da empresa são estabelecidas, constituem-se em oportunidades para estudos futuros. Os quatro *workshops* propostos pelos autores: Mercado, Produto, Tecnologia e Mapeamento permitem ao Gestor de Tecnologia identificar e adotar ações efetivas para alavancar a competitividade da Empresa. Mas, para tanto, o gestor deve estar atento às recomendações de Phaal e Probert (2007), que indicam ser fundamental para o sucesso do empreendimento que haja um compromisso da alta administração da empresa com o processo.

6. REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, R.E. ; KAPELL, T. Roadmapping in the corporation. **Research Technology Management**; 46, 2; ABI-INFORM Global, p. 31. Mar/Apr. 2003

ANAND, G. e KODALI, R. Benchmarking the benchmarking models. In **Benchmarking: An International Journal**. Emerald Group Publishing Ltd. V. 15, nº 3, 2008. p. 257-291

AUTODATA, BOLETIM nº 03 107 ano13 . Disponível em: << www.autodata.com.br>>. Acesso em 20 mai. 2013.

AUTOMOTIVE BUSINESS, BOLETIM. Disponível em: << www.automotivebusiness.com.br>> . Acesso em 14 abr. 2013.

BLAKEMAN, J. **Benchmarking Definitions and Overview**. University of Wisconsin-Milwaukee, Center for Urban Transportation Studies (CUTS). June, 2002. Disponível em: << <http://www4.uwm.edu/cuts/bench/bm-desc.htm>>>. Acesso em 15 mai.2013.

BOWER, J.L. and CHRISTENSEN, C.L. Disruptive Technologies: Catching the wave. **Harvard Business Review**. p. 43-53. 1995.

BOXWELL, R. Benchmarking para Competir con Ventaja. **Universidad Don Bosco. Facultad di Ingeniería**. San Salvador. p. 1-4. 2008

CARPINETTI, L.C.R. e MELO, A.M. What to benchmark? A systematic approach and cases. *In* **Benchmarking: An International Journal**, Vol.9,nº 3, p.244-255. 2002

CLARK & WHEELWRIGHT, Cap.02 – The concept of a development strategy, in **Managing New Products and Process Development: text and cases**. p.81-112. 1992.

COATES, V. et al. On the Future of Technological Forecasting. **Technological Forecasting and Social Change** 67, 1-17, 2001 Elsevier Science Inc.

COOPER, R.; EDGETT, S.J.; KLEINSCHMIDT, E.J. **Portfolio management for new products**, 2nd edition. New York: Basic Books, 2001.

DISSEL, M.C. et al. Value Roadmapping. **Research-Technology Management**. p 45-53, 2009.

DREJER, A. Situations for innovation management: Towards a contingency model. **European Journal of Innovation Management**. v.5, n.1, p. 4-17, 2002.

FARRUKH C. et al. Developing an Integrated Technology Management Process. **Research Technology Management**: 47,4; ABI/INFORM Global p. 39. July-Aug.2004.

GALVIN, B. Science Roadmaps. **Science**, 280 (5365). p.803, 1998.

GODET, M. A “Caixa de Ferramentas” da Prospectiva Estratégica. **CEPES – Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégia**. Lisboa. 2000. p. 76-79.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1999.

GREEN, K.C.; ARMSTRONG, J. S. e GRAEFE, A. Methods to Elicit Forecasts from Groups: Delphi and Prediction Markets Compared. *In* **Foresight: The International Journal of Applied Forecasting**. p.1-5. 2007.

GRUPO TENNECO/ZF SACHS. **Figuras para soluções de redução de peso**. Disponível em: <<www.tenneco.com>>; <<www.zf.com>>. Acesso em 15 mai.2013.

HOWELLS, J.; JAMES, A.; KHALEEL, M. The sourcing of technological knowledge: distributed innovation processes and dynamic change. **R&D Management**, v 33. P 395- 409. 2003.

IEZZO, R. **Desenvolvimento de um Sistema de Suspensão com Amortecimento Semi-ativo “Slow-active” com Custo Competitivo**. Dissertação de Mestrado Profissional apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em

Engenharia Mecânica Automobilística. p. 51 a 62. 2010.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. **Suspensão Ativa Eletromagnética torna o carro 60% mais confortável.** 2011. Disponível em: <<: <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=suspensao-ativa-eletromagnetica>>>. Acesso em 15 mai.2013.

JOHNSON, B. B., MARKOVITCH, J. Uses and Applications of Technology Futures in National Development: The Brazilian Experience. **Technological forecasting and Social Change** . 45, 1-30, 1994

JOHNSTON, R. Experiências Nacionais de Estudos Prospectivos: Reflexões da Austrália. **Seminário Internacional sobre Estudos Prospectivos em Ciência e Tecnologia.** Brasília. Brasil. 27-28 setembro de 2000.

JUST-AUTO (Automotive information, insight & intelligence). **Shock absorbers intelligence service.** p. 1-46, April, 2013.

KOSOSKI, P.R. **Visão Prospectiva da Demanda de Aços no Brasil.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Centro de Formação Acadêmica e Pesquisa da Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro. 2010. p. 16 - 144

KRUGLIANSKAS, I.. Planejamento do centro de tecnologia empresarial cativo. In: VASCONCELLOS, E. (Coord.). **Gerenciamento da tecnologia: um instrumento para a competitividade empresarial.** 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1992, páginas: 39 a 95.

LUZ, L.M. da; DE FRANCISCO, A.C.; SANTOS JUNIOR, G. Produção Científica Brasileira em Gestão da Inovação: Análise das Publicações do ENEGEP entre 2005 e 2009. **XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** São Carlos, SP, Brasil. p. 1-13. 12 a 15 de outubro de 2010.

MARTINS, G.; THEÓPHILO, C.. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas.** São Paulo: Atlas. 2009. p. 72-74.

MARCOVITCH, J. Estratégia tecnológica na empresa brasileira. In: VASCONCELLOS, E. (Coord.). **Gerenciamento da tecnologia: um instrumento para a competitividade empresarial**. 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1992, p. 1 a 19.

MC MILLAN, A. Technology Roadmapping: Roadmapping – agent of change. **Research Technology Management**; Mar/Apr 2003; 46, 2. ABI/INFORM Global. p-40. Mar/Apr. 2003.

MC NAMEE, P. e CELONA, J. **Decision Analysis for the Professional**. Electronic Edition. Smart-Org. Inc. Oct. 2008. p. 145 a 147.

MITCHELL, V.W. Using Delphi to Forecast in New Technology Industries. **Marketing Intelligence and Planning**. Vol.10. nº2.MCB University Press. p.4-9. 1992

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Brasília. 2003. p. 108.

NEVES, F. e CARVALHO, F. Matérias Primas: À procura da perfeição. **Carro do futuro 2010-2030. Antecipando 20 anos de história**. AUTODATA Editora. São Paulo. Brasil. Junho 2010. p.102-110.

OLIVEIRA, M. G. DE; FREITAS, J. S.F.; FLEURY, A.L.; ROZENFELD, H.; PHAAL, R.;PROBERT, D.; CHENG, L.C. Roadmapping – Uma abordagem estratégica para o gerenciamento da inovação em produtos, serviços e tecnologias.. Rio de Janeiro: Elsevier. 2012

PHAAL, R. et al. . Technology Roadmapping: Starting up roadmapping fast. **Research Technology Management**; Mar/April 2003; 46, 2; ABI/INFORM Global. p.52.

PHAAL, R. ; PALMER, P.J. Technology Management – Structuring the Strategic Dialogue. **Engineering Management Journal**. V.22. nº1. p-64-74. March 2010.

PHAAL, R. e PROBERT, D. Technology Roadmapping: facilitating collaborative research strategy. **University of Cambridge**, 2007. p. 1-6.

PHAAL, R.; FARRUKH, C.J.P. e PROBERT, D. Technology Roadmapping – A planning framework for evolution and revolution. **Technological Forecasting and Social Change** 71. 2004. p.5-26.

PORTER, A. et.al. Cap 01 – Management, Technology, and the Future. In: **Forecasting and Management of Technology**. 1st Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, 1991. p. 3-15.

PORTER, A. et al. Cap.04 – Exploring. In **Forecasting and Management of Technology**. 2nd Edition, Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons. 2011. p. 65-95.

PROBERT, D.; RADNOR; M. Technology Roadmapping: Frontier Experiences from Industry-Academia Consortia. **Research Technology Management**; Mar/Apr 2003; 46 – 2; ABI/INFORM Global. p 27.

RIATO, G. e FRANCO, C. Materiais. **Revista Automotive Business**. Ano 05. Número 21. Junho 2013. p.70-74.

ROBERTS, E.B. Managing Invention and Innovation. **Research-Technology Management**, Jan-Feb 2007, p. 35-54.

SINDIPEÇAS/ABIPEÇAS. Relatório da Balança Comercial. São Paulo. 2013. p.1-9.

SOARES, F.B.R. e QUADROS, R. Avaliação do Portfolio de Projetos de P&D: Caso CEMIG. **Seminário ALTEC**. 2007.

SKULMOLSKI, G.J.; HARTMAN, F.T. e KRAHN, J. The Delphi Method for Graduate Research. **Journal of Information Technology Education**. V.6., p. 1-21; 2007.

THE ALUMINIUM AUTOMOTIVE MANUAL. Applications – Chassis&Suspension – Suspension Parts. European Aluminium Association. Version 2011. p.4.

THIOLLENT, M.; **Metodologia da Pesquisa-Ação**. Cortez Editora. São Paulo. p.16. 2005.

UTTERBACK, J.M. Mastering the Dynamics of Innovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change. Cap.1. p. 1-22. **Harward College**. 1994.

VASCONCELLOS, E.. Como avaliar projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico. **Revista de Administração da USP**, São Paulo, vol. 24, n.3, p. 31-38, julho/setembro, 1989.

VASCONCELLOS, E.; TARSO, P. Gestão Tecnológica e Competitividade – O Caso da COSIPA. **XX Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica**. 17 a 20 de novembro de 1998. São Paulo, SP – Brasil – p.1463-1473.

WEBLER, T. et al. A Novel Approach to reduce uncertainty: The Group Delphi. **Technological Forecasting and Social Change** 39, p. 253 – 263. 1991

WRIGHT, J.T.C. e GIOVINAZZO, R.G. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, Vol.01, nº12. p. 54-65. 2000

WRIGHT, J.T.C. e SPERS, R.G. O país no futuro: aspectos metodológicos e cenários. **Estudos avançados** 20 (56). p. 13-28. 2006.

_____. Construção de Cenários. **Profuturo**. 2011. Apresentação de *slides*. Notas de aula.

WRIGHT, J.T.C. ; JOHNSON,B.B. e GUIMARÃES, P.P.D. Prognósticos Tecnológicos como Atividade Complementar do Planejamento: A Experiência do CENPES em Águas Profundas. In **XII Simpósio Nacional de Pesquisa em Administração e Tecnologia**, 19-21 out. 1987. São Paulo. Anais. São Paulo: PACTo/IA/FEA/USP, 850 p., p. 70-76.

ZWICKY, F.. **Discovery, Invention, Research through the morphological approach**. The Macmillan Company. Ontario, Canada. 1966. p. 107 e 108.

7. ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO A - Dados sobre a Empresa Magneti Marelli Cofap

O Grupo Magneti Marelli

A Magneti Marelli foi fundada em 1919 na Itália, com metade do capital integralizado pela FIAT e a outra metade pela Ercole Marelli & Co. Em 1967, a FIAT adquiriu as ações da Ercole Marelli e assumiu o controle integral da Empresa. A sede da Magneti Marelli fica em Corbetta, na região metropolitana de Milão, na Itália.

A empresa é constituída de oito unidades de negócio, a saber: Iluminação Automotiva, Componentes de Motor, Eletrônica, Sistemas de Suspensão, Exaustão, Componentes Plásticos e Módulos, Reposição (*Aftermarket*) e *Motorsport*. A figura abaixo ilustra os principais produtos fabricados em cada Divisão da MM.

O Grupo Magneti Marelli e suas Unidades de Negócio (Fonte: Magneti Marelli)

A Magneti Marelli tem presença em todos os continentes, sendo um das maiores *players*

mundiais no segmento de autopeças. A imagem do grupo está consolidada como inovadora, preocupada com a sustentabilidade ambiental e com a melhoria contínua de seus produtos e processos.

A Missão da MM como fornecedora global e componentes automotivos é tornar suas tecnologias essenciais disponíveis para seus clientes finais a um preço aceitável, combinando alta qualidade, tecnologia, e flexibilidade em uma oferta competitiva. Por meio de um processo contínuo de inovação e sustentabilidade ambiental, a MM incorpora o seu *know how* e *expertise* abrangente em eletrônica, ao desenvolvimento de sistemas inteligentes, para segurança ativa e passiva de veículos, conforto embarcado e tecnologias para sistemas de motorização (MARELLI, 2012).

A Figura abaixo mostra os dados principais da empresa (ano base 2011).

Magneti Marelli Worldwide presence

Sales 2011	5.9 billion €	Production units	83
R&D Centers	12	Application Centers	26
R&D (of sales)	5.3%	Investments (of sales)	5.4%
Employees worldwide	~ 34,800		

O Grupo Magneti Marelli no mundo (Fonte: Magneti Marelli)

O Grupo MM obteve € 5,9 bilhões de faturamento em 2011, com crescimento de 8,5% em

relação a 2010. Opera em 18 países: Itália, França, Alemanha, Espanha, Polônia, República Checa, Rússia, Eslováquia, Turquia, Estados Unidos, México, Brasil, Argentina, China, Japão, Índia, Malásia e África do Sul. De acordo com o último relatório anual da FIAT (2012,p.76, 114) o lucro comercial da MM em 2011 foi de € 181 milhões, quase o dobro dos € 98 milhões obtidos no ano anterior, aumento que foi obtido devido ao aumento no volume de vendas e na eficiência de manufatura, que compensaram as pressões de custo dos altos preços de materiais. Entretanto, devido a custos de reestruturação e outros não usuais, o seu lucro operacional caiu de € 73 milhões em 2010 para € 27 milhões em 2011.

O Brasil é o único país além da Itália que tem presentes todas as linhas de negócio da Magneti Marelli, com instalações em sete cidades de dois estados, na região sudeste do país: Mauá, Santo André, Hortolândia e Amparo (SP), além de Contagem, Itaúna e Lavras (MG), empregando cerca de oito mil funcionários, distribuídos em 13 unidades produtivas de nove plantas industriais. Dentre as atividades de P&D da MM no Brasil, destaca-se o mais avançado centro de pesquisa da América do Sul na área de motores e aplicações veiculares da Unidade Powertrain, na qual foi desenvolvida a pioneira tecnologia para motores bicom bustíveis Flex Fuel. A Figura a seguir ilustra a atuação das unidades de negócio da MM, naqueles que são considerados pela empresa como “os países de melhores custos”.

Unidades de Negócio da MM nos “países de melhores custos” (Fonte: MM, 2011)

Esta pesquisa ação desenvolve-se na Unidade de Negócios Amortecedores da Magneti Marelli Cofap, criada no ano de 1997 a partir da aquisição da divisão de amortecedores da Cofap Companhia Fabricadora de Peças, empresa brasileira transnacional que já atuava nesse segmento. Para facilitar a compreensão do escopo deste trabalho, apresentamo-se a seguir algumas informações sobre a referida Divisão, que doravante será chamada de Magneti Marelli Cofap.

A MAGNETI MARELLI COFAP

Histórico da MM Cofap

A então Companhia Fabricadora de Peças foi fundada em 1951 por Abraham Kasinsky, empreendedor pioneiro da indústria brasileira, nascido em 1917 e falecido em 2012.²

A trajetória da empresa acompanha o crescimento da indústria automobilística brasileira, sendo que no final da década de 1980 a Cofap era a maior produtora de autopeças da América Latina e a 62^a empresa industrial privada do país, com capital totalmente nacional. Nessa ocasião empregavam-se em torno de 17 mil pessoas em suas operações, com uma receita operacional bruta de US\$ 704 milhões e lucro líquido de US\$ 63,1 milhões e com aproximadamente 2% do faturamento investidos em P&D. No decorrer daquela década o total de países atendidos por suas exportações foi ampliado de 80 para 92.

A Cofap sempre foi reconhecida no mercado como uma empresa inovadora. No final da década de 1970 inaugurou dois Centros de Pesquisa (CTPs) para componentes de motor e para amortecedores. No que concerne ao produto amortecedor, a tecnologia foi adquirida inicialmente através de contratos de licenciamento com fabricantes internacionais (Tenneco e Boge – atualmente ZF Sachs). No final da década de 1990 os contratos foram terminados e desde então a empresa desenvolve tecnologia com recursos próprios.

² Compilados por Costa (2012), a partir da biografia de Kasinski por Maria Lucia Doretto (2006). COSTA, R.M. **Papel da subsidiária brasileira na estratégia de internacionalização dos negócios de empresas multinacionais do setor automotivo**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ciências. p. 243 – 250. 2012. DORETTO, Maria Lúcia. **Kasinsky: um gênio movido a paixão: a história do fundador da Cofap**. São Paulo. Geração Editorial. 2006. 613p.

Com a implantação do plano econômico Brasil Novo a partir de 1990 e com a abertura de mercado para veículos e peças importadas, o Grupo Cofap viu-se obrigado a implantar diversos processos de reestruturação e flexibilização de suas fábricas. O número de empregados do grupo que tinha atingido o pico de 22 mil passou a 13,6 mil em 1990 e caiu para 9,3 mil em 1994.

No ano de 1997, devido a crises familiares e sucessórias, o Grupo Cofap foi vendido e desmembrado em três partes. A Divisão de Amortecedores, Sinterizados bem como de Exaustão do Grupo foram adquiridas pela Magneti Marelli. O fator motivador para essa aquisição foi a ausência de tecnologia e conhecimento de mercado para fabricação de amortecedores pela MM.

Em 1998, a Magneti Marelli adquiriu do grupo Arvin uma fábrica de amortecedores em Melfi (sul da Itália), transferindo tecnologia própria para fabricação de uma nova linha de produtos. No mesmo ano, foi inaugurada uma fábrica nos EUA (Kingsport, Tennessee) com o objetivo de suprir os clientes OEM locais (Chrysler e GM). Esta fábrica foi fechada em 2004, devido à crise norte americana e à paridade real/dólar que tornou mais competitiva a produção e exportação a partir do Brasil.

No ano de 2006 foi inaugurada uma fábrica na Polônia (Bielsko Biala), com o objetivo de suprir o mercado europeu com amortecedores estruturais.

Os anos de 2009 a 2012 assistiram um forte processo de migração local e internacionalização da Divisão de Amortecedores, com o retorno da empresa aos EUA e início de operações na Índia e China.

As figuras abaixo mostram a evolução da Empresa desde os seus primórdios até o momento atual.

Evolução da Cofap – Cia Fabricadora de Peças (Fonte: Magneti Marelli Cofap, 2012)

Evolução da Magneti Marelli Cofap desde sua aquisição pela MM até os tempos atuais (Fonte: MM Cofap, 2012)

Evolução da Magneti Marelli Cofap desde sua aquisição pela MM até os tempos atuais
(Fonte: MM Cofap, 2012)

Principais dados sobre a Empresa

A Magneti Marelli Cofap tem unidades produtivas no Brasil (Mauá e Lavras), Estados Unidos (Pulaski – TN), Polônia (Bielsko Biala) e *Joint Ventures* com empresas locais na Índia (Pune) e China (Hangzhou). Possui Centros de Desenvolvimento no Brasil (Mauá) e Itália (Turim) e de aplicação em Auburn Hills, nas vizinhanças de Detroit. De suas unidades produtivas saíram aproximadamente 30 milhões de amortecedores no ano de 2011.

Cofap Shock Absorbers - Worldwide Presence

Presença da Magneti Marelli Cofap no mundo e principais dados sobre a Empresa.

A empresa é líder no mercado nacional, com aproximadamente 70% do mercado OEM e é o sexto fabricante mundial. Os principais clientes da MM Cofap estão ilustrados na figura abaixo.

Shock Absorbers & Controlled Systems: Customers

A Magneti Marelli Cofap e seus clientes (fonte: MM Cofap, 2011)

As principais linhas de produto fabricados pela empresa estão ilustrados na Figura abaixo e são, a saber:

- Amortecedores estruturais
- Amortecedores monotubulares e bitubulares convencionais
- Módulos de suspensão (*Semi Corners*)
- Molas a gás
- Amortecedores eletrônicos e sistemas de controle eletrônicos de amortecimento
- Sistemas niveladores de altura para veículos

Cofap Shock Absorbers – Products & Technologies

- Struts
- Shocks Monotube and Twintube
- Semi corner module
- Gas springs

- Electronic Shock Absorbers
- Damping Control Systems

- Lifting Systems

O portfólio de produtos da Magneti Marelli Cofap (Fonte: MM Cofap, 2011).

Os Centros Técnicos de Amortecedores da Empresa têm todos os recursos necessários para desenvolvimento e testes dos produtos, tais como sistemas de projeto por computador, equipamentos de teste de performance, durabilidade, ruído e vibração e unidades móveis que são verdadeiros laboratórios volantes e cujo propósito é montar e testar amostras em veículos nos campos de prova dos clientes.

A Diretoria de Engenharia de Amortecedores está sediada no Brasil e tem total autonomia para atividades de P&ID, mas a estratégia e os recursos financeiros necessitam ser aprovados pela matriz na Itália.

A estrutura organizacional dos Centros Técnicos de Amortecedores emprega cerca de 200 pessoas, das quais 80% estão no Brasil e a gestão fica a cargo do Diretor de Engenharia.

Os CTs exercem as seguintes atividades: desenvolvimento e projeto de produto, testes e

análises de performance, durabilidade, ruído e vibração e rodagem, gestão do conhecimento e inovação. Esta última área foi criada em 1998 e é responsável pelo desenvolvimento de novas tecnologias não disponíveis na Empresa. O autor deste estudo é o Gerente responsável pela Engenharia de Inovação e é no escopo da mesma que este trabalho foi desenvolvido, uma vez que uma das linhas do Planejamento Estratégico da Empresa é o desenvolvimento de soluções de engenharia visando a redução de peso em amortecedores.

APÊNDICE A – A pesquisa Delphi (primeira e segunda fases – perguntas e respostas)**Metodologia Delphi - Tendências Tecnológicas**

Ações para redução de peso em componentes automotivos têm sido uma demanda constante por parte dos fabricantes de veículos automotores. O objetivo desta pesquisa é identificar tendências, oportunidades e barreiras tecnológicas para o desenvolvimento de novos materiais e projeto de componentes visando redução de peso em amortecedores estruturais. O resultado desta análise será um estudo piloto para a implantação de uma Metodologia de Análise de Tendências Tecnológicas abordando outros temas como sustentabilidade, novos sistemas de amortecimento e regeneração de energia, entre outros.

Para tanto, utilizar-se-á a Metodologia Delphi. Segundo Wright (2000), este método consulta um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros através de um questionário, que é repassado continuadas vezes até que seja obtida uma convergência nas respostas, um consenso, que representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo.

As principais características deste método são: o anonimato dos respondentes, a representação estatística da distribuição dos resultados e o “feedback” de respostas do grupo para reavaliação nas rodadas subsequentes. Para este trabalho estão previstas duas rodadas de análise.

Você foi selecionado como especialista em sistemas de amortecimento e sua resposta é fundamental para o sucesso desta pesquisa.

Para tanto, solicitamos que responda ao questionário abaixo, assinalando apenas uma alternativa como sua melhor opção.

O tempo estimado de duração deste trabalho é de 30 minutos.

Informações do relatório

Título do relatório	Resumo da pesquisa utilizando Metodologia Delphi sobre redução de peso em amortecedores estruturais McPherson
Número do relatório	-
Data da publicação	25/maio/2012
Número da revisão	-
Data da revisão	-
Preparado por	André Melo tel: 55 11 2144-1310
Aprovado por	Luiz Bloem Jr. tel: 55 11 2144-1283
Divisão	Amortecedores/Engenharia de Inovação
Programa	Technology Trends
Veículo	-
Localização do relatório na rede	Z:\inovacao\servidor\Arquivos\Technology Trends\DELPHI_INTERNO_RED_PESO_NO V2011
Pasta arquivo número	-
Resumo	O objetivo deste relatório é avaliar os resultados da pesquisa que utiliza a ferramenta Delphi para a definição de uma rota tecnológica visando a redução de peso em amortecedores estruturais do tipo McPherson.

1. Introdução:

Este relatório consiste em uma síntese dos resultados da pesquisa sobre redução de peso em amortecedores estruturais McPherson, utilizando a Metodologia Delphi para análise dos resultados, visando definir uma rota tecnológica para redução de peso neste tipo de amortecedor em um cenário que simula novas tecnologias automobilísticas.

Dois questionários foram respondidos por especialistas no âmbito interno da Empresa, em diversas áreas, como: Engenharia, Processos, Comercial, entre outras.

Após o estudo citado acima foi feito um resumo dividido por questão.

Abaixo seguem os resultados das questões com os respectivos comentários dos especialistas.

2. Resultados:

1ª Rodada

1) Avalie, quanto à importância, o desenvolvimento de tecnologias que auxiliam na redução de peso do amortecedor:

(1 - Pouco Importante / 5 - Muito Importante)

Obs.: Em torno de 87% dos especialistas consideram importante ou muito importante a redução de peso no amortecedor estrutural.

Comentários nesta questão:

- Verificação de aplicação de materiais mais resistentes para possível redução de espessura e peso.
- A tendência mundial é o desenvolvimento de carros cada vez mais leves.
- É de grande importância, pois além dos benefícios de desempenho e consumo, valoriza o produto
- As montadoras não estão dispostas a pagar por isso.
- É uma tendência mundial
- Custo e desempenho final do veículo
- Pela tendência de crescimento de veículos pequenos e microcarros e sustentabilidade
- Redução de peso hoje é o que toda montadora busca, visando a redução do consumo e hipoteticamente custo também
- A busca de sistemas mais eficientes e otimizados, particularmente no quesito peso impacta significativamente no aproveitamento eficiente de energia e consequentemente na redução de consumo de combustível.
- Pela tendência de crescimento de veículos pequenos e microcarros e sustentabilidade
- Ações sobre a parcela de massa do amortecedor que participam da massa não suspensa reduzem esforços nos vínculos com a carroceria permitindo redução em outros componentes, p.ex, *body*
- Essa redução de peso vai auxiliar na redução do consumo de combustível e emissões, e diminuindo a massa não-suspensa, vai melhorar as características de funcionamento da suspensão também.
- Para reduzir o consumo de combustíveis fósseis reduzindo a emissão de CO₂ para evitar o Efeito Estufa
- As montadoras estão cada vez mais solicitando redução de peso
- Crescente interesse dos mercados pelo consumo de tecnologias que reduzam o consumo de combustíveis fósseis
- Clientes já tem solicitado *targets* restritos de pesos em RFQ's recebidos recentemente
- A melhor relação peso x potência em que ser explorada ao máximo objetivando ganhos diversos.
- Considero importante, tendo em vista os diversos benefícios que essa redução pode oferecer.
- Redução de consumo de combustível e consequentemente de poluentes emitidos

2) Em sua opinião, qual o principal benefício da redução de peso nos amortecedores:

1. Melhoria no desempenho do veículo.

2. Redução na emissão de CO₂ e poluentes.
3. Redução de custo.
4. Conferir à empresa uma imagem inovadora.
5. Outro

Obs.: O maior foco é a redução na emissão de CO₂ e poluentes, com respectiva melhora no desempenho.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- Desempenho, de uma forma geral, como relação peso/potência, menor massa não suspensa

Alternativa 2:

- Com a redução de CO₂ e poluentes, também reduzimos o consumo de combustível.
- Menor peso do veículo proporciona menor consumo de combustível.
- No momento atual e futuro redução de peso para reduzir consumo de combustível e consequentemente emissão de CO₂ e poluentes é fator preponderante em desenvolvimento de tecnologias pela Indústria. Os efeitos de ganho de desempenho pela relação peso/potência ficam neste caso em um efeito mais colateral.
- Peso menor reduz diretamente o consumo de combustível e as emissões de CO₂, influenciando positivamente, de forma indireta, a resistência à rodagem.

- Como a maior parte da frota de veículos utiliza combustível fóssil o maior benefício é a redução da emissão de CO₂
- Veículos mais leves exigem menos potencia e poluem menos. Além de melhorar o desempenho, tem uma série de vantagens para as montadoras e meio ambiente
- Na Europa a redução de CO₂ é muito solicitada pelos fornecedores
- A preocupação maior tem que ser com a sustentabilidade / futuro.
- Melhorando o desempenho do veículo além de reduzir as emissões, também haveria a redução de consumo de recursos naturais não renováveis

Alternativa 3:

- Via de regra, esta é o approach mais significativo dentro do escopo comercial
- Hoje o custo do amortecedor já está ligado ao peso (aço)
- Esta é uma visão Comercial. O atendimento a uma Demanda Global , que considera todos os aspectos acima, deve ser preponderante.

Alternativa 4:

- A questão ecológica hoje é certamente a mais importante de todas
- Melhoria de desempenho e redução de custos podem ser obtidas de outras formas, enquanto a redução de emissão já tem o efeito de conferir à empresa uma imagem inovadora

Alternativa 5:

- Nem sempre a redução de peso traz redução de custos. O resultado final deve ser avaliado.
- O impacto, em %, de cada quilo ganho será maior na massa não suspensa do que na massa total do veículo.

3) Em sua opinião, qual o maior desafio técnico em um projeto redução de peso nos amortecedores:

1. Escolha do tipo de material.
2. Processo de fabricação.
3. Atingir os requisitos de desempenho obtidos utilizando os materiais atuais.
4. Tempo de desenvolvimento.

5. Outros.

Obs.: Há vários desafios em um projeto de redução de peso, principalmente em atingir os requisitos dos materiais utilizados atualmente e a escolha do tipo de material.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- Muitas vezes não encontramos um material com propriedades equivalente e viável economicamente.
- Por envolver provavelmente a montagem de peças com materiais diferentes Alumínio x aço; Plástico x aço

Alternativa 2:

- Talvez seja necessário mudar radicalmente o processo atual, introduzir novos conceitos e dar início a uma nova learning curve.

Alternativa 3:

- Um desafio é saber os impactos dos novos componentes no comportamento dinâmico do veículo.
- Sem atender os requisitos atuais acho que seria difícil
- O amortecedor estrutural tem que garantir a integridade de funcionamento da suspensão, está sujeito a enormes esforços e solicitações elevadas.
- Optar por materiais que atendam à todos requisitos mecânicos, com menor peso e custo aceitável.

- Substituir os materiais hoje utilizados por materiais mais leves, com mesmo desempenho e custo praticável é uma tarefa difícil em minha opinião

Alternativa 4:

- O tempo de desenvolvimento, custo de investimento e escolha do material

Alternativa 5:

- A partir da aplicação de materiais mais resistentes, o custo pode se elevar e com isso, inviabilizar o projeto
- Há muitas alternativas e requer um estudo completo para definir o custo/benefício.
- Materiais que sejam viáveis economicamente.
- Todos os itens são parte do desafio de desenvolvimento de um projeto com este quesito, mas num mercado competitivo e global como vivemos hoje, tempo de maturação de um projeto desta complexidade é chave e o maior desafio. Por exemplo, haste em Alumínio, problema de aplicação de torque na montagem no top-mounting. Outro exemplo, questão de soldagem com parametrização específica para preservar propriedades mecânicas nas áreas de ligação (p.ex, amortecedor traseiro, interface olhal / tubos)
- A redução de peso também deve refletir redução de custo materiais x processos
- Não há prioridade para este tipo de desenvolvimento, pois o produto final pode não agregar o valor correspondente ao esforço e gastos envolvidos.
- Hoje temos os materiais standard com preços compatíveis ao produto , novos materiais tendem a aumentar demasiadamente o custo final;
- Demanda muito trabalho e investimentos.

4) Em sua opinião, qual o potencial de redução de peso para amortecedores estruturais:

1. Até 10%.
2. Entre 10% e 20%.
3. Entre 20% e 30%.
4. Mais de 30%.

Obs.: Entre 10% e 20% é o potencial de redução mais evidente diante da expertise e materiais atuais.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- É uma estimativa conservadora e que pode ser alcançada sem muitas dificuldades
- Materiais mais leves exigirão um volume maior no componente
- Mesmo com o uso de haste oca, a redução é limitada por exigências estruturais.
- Considerando apenas ligas metálicas
- Pois esta peça além de requisitos de resistência mecânica tem requisitos de rigidez a flexão que limitam o uso puro e simples de materiais com mais resistência em troca de menor
- O produto já está muito otimizado.
- Acredito que uma redução de 20% já exigiria um grande esforço na busca de novas soluções.

Alternativa 2:

- Face ao peso atual do estrutural e experiências passadas.

- O potencial para redução de peso é grande, mas incompatível com redução de custo
- Acho difícil ser mais do que isso
- Maiores reduções talvez necessitassem de materiais cuja resistência seria comprometida custo x benefício de materiais mais nobres em termos de resistência e leveza
- Considerando haste em material de menor densidade com conexões distintas e tubos com aço de maior propriedade mecânica
- Acima desse patamar creio só ser possível com uso de materiais e técnicas muito dispendiosos - fibra de carbono, por exemplo.
- Processo de homologação junto aos clientes pode limitar as opções a solução mais conservadoras para facilitar a implementação
- Trabalhando em haste (ex. oca) e materiais especiais para os tubos que podem se tornar standards de nossa produção
- Temos que partir da premissa que é possível alterarmos os principais componentes.

Alternativa 3:

- Existem componentes que podem ser desenvolvidos com materiais inovadores e baixo peso
- Acredito que existem várias oportunidades de redução de peso em um amortecedor tais como redução de tamanho e espessura de algumas peças, substituição de alguns materiais, modificações na geometria, etc..

5) Considerando uma redução média de peso de 15% no amortecedor estrutural com a implantação de materiais leves, em sua opinião quanto o cliente OEM estaria disposto a pagar como incremento de custo em relação ao preço atual ?

1. 0%.
2. Entre 5% e 10%.
3. Entre 10% e 20%.
4. Mais de 20%.

Obs.: Segundo os especialistas, entre 5% e 10% é o percentual que o cliente OEM estaria disposto a pagar de incremento, quanto a redução de peso.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- As montadoras não podem aumentar o preço dos veículos. O consumidor não leva isso em consideração.
- Hoje ele só quer redução e não acréscimo.
- O mercado nacional de maneira geral não costuma valorizar inovações incrementais.

Alternativa 2:

- Se trouxer uma boa redução de peso para o veículo.
- Via de regra, o cliente OEM "commoditiza" o produto e tenta realizar a relação peso x custo
- Depende muito de quanto o cliente OEM está disposto a pagar e ao custo benefício no veículo.
- À médio prazo. À curto prazo, 0%

- As montadoras não pagarão muito mais que os custos de materiais.
 - Acredito algo em torno de 2 a 3%
 - Apenas em aplicações diferenciais ou veículos de maior valor agregado.
- obs.: 5% no máximo
- O desafio é comunicar à OEM o impacto da redução de massa na performance do veículo.

Alternativa 3:

- Alguns índices já estão estabelecidos e poderão suportar esta negociação como, por exemplo, redução de emissão de CO₂ por redução de massa de 1 g).
- No nosso mercado, o driver custo tem voz preponderante na aceitação da proposta.
- A tendência atual é a indústria perseguir reduções de custo em toda cadeia de suprimentos. Mesmo com melhoria de performance, não deve haver muito espaço para aumentos.
- As Montadoras tem políticas muito agressivas de preço e a concorrência entre os fornecedores tem permitido que elas na maior parte dos casos não remunerem adequadamente inovações que tragam redução de peso.
- Isto é apenas uma percepção, não tenho informações dos clientes.
- O cliente atrela a redução de peso a custo
- Depende muito do custo do produto
- Faixa de mercado da maioria dos veículos no Brasil não comportaria aumento maior
- A redução de custo ainda continua como uma tendência maior que a redução de peso
- No mercado específico que atuamos, não há muito espaço para maiores preços.
- Considerando o mercado brasileiro, onde custo geralmente é o fator prioritário.
- A melhora na eficiência energética causada pela redução do peso exclusivamente do amortecedor não agregaria um valor muito alto no produto final

6) Considerando uma redução média de peso de 15% no amortecedor estrutural com a implantação de materiais leves, em sua opinião quanto o cliente final estaria disposto a pagar como incremento de custo em relação ao preço atual ?

1. 0%.

2. Entre 5% e 10%.
3. Entre 10% e 20%.
4. Mais de 20%.

Obs.: A faixa percentual que o cliente final (consumidor) aceitaria pagar a mais, estaria em torno de 0% a 10%.

Comentários nesta questão:

- Acredito que o cliente final sempre vai querer pagar menos e não mais.
- Via de regra, o cliente OEM "commoditiza" o produto e tenta realizar a realação peso x custo
- Vemos essa tendência nos EUA e na Europa.
- O cliente final analisa comparativamente somente o preço do veículo – não é um apelo de vendas;
- O cliente final não terá a noção exata destes custos pois é muito diluído no valor do carro.
- O cliente final não consegue discernir está diferença.
- O mercado nacional de maneira geral não costuma valorizar inovações incrementais.
- Acredito algo em torno de 2 a 3%
- Obs.: 5% no máximo
- Vale a comunicação do aspecto ambiental quando na aquisição de uma tecnologia mais leve.
- Cliente final que faz a opção pela inovação, reconhece o seu valor e é capaz de pagar mais por ele.

- A tendência atual é a indústria perseguir reduções de custo em toda cadeia de suprimentos. Mesmo com melhoria de performance, não deve haver muito espaço para aumentos.
- Em minha opinião, o cliente final não enxerga este ganho.
- Não acredito que haja uma conscientização na maioria dos consumidores que leve a pagar mais por este tipo de benefício.
- A principal meta das montadoras é fazer um veículo leve com baixo custo
- O nosso mercado está muito competitivo, só se fala em redução de custo
- É possível justificar o aumento com trabalho de marketing focado em performance e meio ambiente
- A grande maioria dos clientes finais não avalia esta situação
- Com eficaz ação de marketing da montadora sim
- Não é fácil vender a ideia ao consumidor final (este ponto precisa ser muito trabalhado)
- A melhoria na eficiência energética causada pela redução do peso exclusivamente do amortecedor também não agregaria um valor muito alto no produto final

7) Em sua opinião o desenvolvimento de materiais leves sustentáveis será competitivo técnica e economicamente em relação aos atualmente utilizados?

1. Sim
2. Não

Comentários nesta questão:

- Acredito nisso, porém se faz necessário um nivelamento de conceito com o cliente
- A tendência é desenvolver materiais mais leves a custo competitivo.
- Economicamente não é viável.
- No longo prazo.
- A longo prazo e com volumes significativos para redução de custos.
- Tudo é passível de mudança
- Um dia no futuro o será.
- Com o ganho de escala sim
- Não economicamente neste momento se tais materiais forem obtidos a partir de fontes renováveis, o que implicariam em processos de fabricação mais complexos e questões relacionadas com disponibilidade.
- Tecnicamente sim, economicamente não.
- Caminho sem volta...o amadurecimento do cliente nas questões ambientais, desde a utilização do veículo até o momento do scrap motiva esta demanda. Há ainda a questão da logística reversa, onde, um produto mais "packageable" torna este processo mais barato.
- É uma questão de tempo de desenvolvimento e de valorização dessa tecnologia pelo mercado
- A médio prazo haverá inclusive pressões normativas governamentais que viabilizarão

economicamente os materiais leves com menor incremento de custos.

- No curto prazo não, mas será competitivo após as reduções de custo dos novos materiais.

- É a tendência do mercado automobilístico e com isso novos materiais tendem a ter menor custo

- Devemos partir p/o mais rápido possível ,para depois obter o retorno.

- Não em curto prazo.

- Tecnicamente sim , economicamente mesmo com volumes maiores eles tem um delta

Importante em relação aos standards.

- É uma necessidade que tem que ser objetivada sempre.

- Com aumento de produção será natural uma redução no custo, tornando-os mais competitivos.

- Sim porém num prazo muito longo. Materiais consagrados como aço serão de muito difícil substituição

8) Admitindo que a resposta da questão anterior é positiva , em quanto tempo você acredita que materiais leves sustentáveis estariam disponíveis no mercado com preços competitivos em relação aos atualmente utilizados?

1. Até 2 anos.
2. De 2 a 5 anos.
3. De 5 a 10 anos.
4. Mais de 10 anos.

Obs.: A maioria dos especialistas acreditam que de 2 a 10 anos teremos materiais leves sustentáveis a preço competitivo.

Comentários nesta questão:

- É uma estimativa face a evolução que vem ocorrendo no mundo.
- Ainda estão no começo, a médio/longo prazo deve ter produtos a preços competitivos.
- Há um trabalho de desenvolvimento muito grande a ser feito ainda.
- Tempo de maturação e dos testes exigidos.
- Por não ser um trabalho fácil.
- 2 anos a partir do SOP.
- Independentemente de minha resposta ter sido negativa, no caso de materiais sustentáveis entendo como alternativa futura das tecnologias de material para amortecedor como sendo fibras e plásticos derivados de vegetais, portanto acredito que alguém vai começar a desenvolver. Se estou no setor quero ser o pioneiro.
- Em torno de 10 anos.
- Muitas ações de alta resistência e ultraelevada resistência já estão no mercado e algumas usinas já os estão trazendo para o país.

- Esta é uma visão conservadora. Este prazo pode ser diminuído se houver um significativo ganho de escala, via aumento de demanda por esses materiais.
- Entre 5 e 10 anos é tempo suficiente para a tecnologia estar acessível com custo mais acessível.
- Não vejo a curto prazo um material que substituiria o aço a um preço competitivo.

9) Qual dos componentes a seguir você considera ter maior potencial para redução de peso:

1. Tubo Reservatório.
2. Assento da Mola.
3. Haste.
4. Fixações.
5. Outro.

Obs.: Quase metade dos entrevistados, considera a haste como o componente que apresenta o maior potencial de redução.

Comentários nesta questão:

- Em função do seu peso é o componente mais significativo do estrutural.
- A haste pois já existe trabalhos neste sentido
- É o componente de maior massa do amortecedor (haste).
- Dá para fazê-la também na versão oca.
- Me parece ser o mais fácil pelo formato (assento de mola).
- Já existem hoje as hastes ocas.
- Acho que em algumas engenharias no exterior existiria um certo "preconceito" em componentes estruturais de muita responsabilidade como o assento.
- No componente mais pesado do conjunto
- Em segundo lugar assento da mola e haste. O desafio do Tubo Reservatório é manter a tenacidade e escoamento em nível compatível com o processo de extrusão / laminação.
- Haste Oca já é uma realidade no mercado.
- Por que a solução de haste tubular já é viável tecnicamente e será cada vez mais utilizada

apesar de mais cara.

- Já existe praticamente quase todo o amortecedor completo na Europa
- Utilização de materiais mais nobres podem reduzir a espessura significativamente do tubo reservatório
- A haste em minha opinião é o maior componente de maior densidade dentro do amortecedor

10) Na sua opinião, qual material pode apresentar maior redução de peso no amortecedor atendendo às especificações atuais dos clientes?

1. Alumínio	5. Titânio.
2. Plásticos	6. Materiais Cerâmicos.
3. Aços de Alta Resistência.	7. Nanomateriais.
4. Magnésio.	8. Outros

Obs.: O aço de alta resistência e o alumínio são os materiais que mais atendem as especificações dos clientes, segundo os especialistas.

Comentários nesta questão:

- Clientes, segundo os especialistas.
- Em função da sua densidade e das experiências feitas no passado.
- Trabalhos em curso no cliente
- Estão cada vez mais resistentes e suportando maiores temperaturas de trabalho.
- Os demais viáveis tecnicamente são mais caros.
- Porque há uma infinidade de tipos.
- Plásticos com reforços (fibras de vidro, carbono, etc), na verdade são compósitos
- Aços de alta resistência para os tubos e hastes e após, alumínio, para hastes alterando o projeto da região roscada para garantir a interface.
- Foco imediato no aço. Porém, a longo prazo, creio que o Al será o mais importante.
- Poderia mais facilmente atender as elevadas solicitações envolvidas e modificaria menos o processo produtivo atual. Seria um processo similar ao seguido nos painéis estruturais de chassis.
- Considerei o alumínio porque já existe , mas isto não impede que seja outro

- Acredito que embora a redução de peso seja menor que os outros materiais, o custo é mais razoável (aço alta resistência)
- Existem plásticos de engenharia no mercado com elevada resistência mecânica e custo compatível
- Pela disponibilidade deste material e pelo potencial que ele apresenta – plástico.
- Existem hoje ligas de alumínio que substituem perfeitamente o aço com menor densidade

11) Seleccione uma das configurações de material e processo exibidas a seguir, como a mais viável para manufatura de tubos reservatórios em amortecedores estruturais:

1. Tubo de aço com espessura variável.
2. Tubo em aço alta liga com posterior redução de espessura.
3. Tubo em plástico injetado.
4. Tubo em alumínio injetado.
5. Tubo em material compósito.
6. Outro.

Obs.: O tubo reservatório em aço de alta liga com redução de espessura é a configuração de material e processo mais viável, segundo a maioria do entrevistados.

Comentários nesta questão:

- Feeling baseado em experiências do passado.
- É uma alternativa que já está sendo aplicada.
- Pode apresentar menor custo.
- É o que mais se aproximaria dos conhecimentos atuais e talvez causaria pouco impacto no processo
- Menor impacto em processos atuais de conformação e linha de produção. plásticos com reforços (fibras de vidro, carbono, etc), na verdade são compósitos
- Poderia mais facilmente atender as elevadas solicitações envolvidas e modificaria menos o processo produtivo atual. Seria um processo similar ao seguido nos painéis estruturais de chassis.
- A variação da espessura ajuda em manter espessuras maiores somente em regiões necessárias.

- Do ponto de vista do processo, acredito que a injeção de plástico seja o mais viável.
- Visando redução de peso acredito que esta técnica (tubo de alumínio extrudado) seria mais econômica que por exemplo um tubo de alumínio injetado

12) Selecione uma das configurações de material e processo exibidas a seguir, como a mais viável para manufatura de assentos da mola em amortecedores estruturais:

1. Alumínio estampado.
2. Plástico injetado.
3. Alumínio injetado.
4. Aço alta liga.
5. Magnésio injetado.

Obs.: O assento de mola feito de plástico injetado é a configuração de material e processo mais viável.

Comentários nesta questão:

- Feeling baseado em experiências do passado.
- Utilizado para altos volumes e com potencial de redução de custo
- Em termos técnicos e de custo é a mais viável.
- Já existe material e processo disponível que viabiliza esta opção.
- É o que mais se aproximaria dos conhecimentos atuais e talvez causaria pouco impacto no processo
- Acredito que plástico tenha melhor custo benefício
- Processo simples, material mais leve que atual e elevada resistência mecânica por encruamento no processo de estampagem. Liga deve ser bem definida. Talvez o menor custo entre todos
- Grande flexibilidade de design e grande variedade de plásticos de engenharia já disponíveis no mercado
- Baixo custo alta produtividade
- Do ponto de vista do processo, acredito que a injeção de plástico seja o mais viável.

- Para conferir resistência acredito que esta peça poderia ter nervuras que seriam difíceis no material estampado

13) Selecione uma das configurações de material e processo exibidas a seguir, como a mais viável para manufatura de conjuntos da fixação inferior em amortecedores estruturais:

1. Aço estampado em peça única.
2. Aço estampado com espessura variável.
3. Plástico injetado.
4. Alumínio extrudado.
5. Alumínio injetado.
6. Magnésio injetado.
7. Outro.

Obs.: No conjunto da fixação inferior, o aço estampado e o plástico injetado são as configurações mais viáveis de material e processo.

Comentários nesta questão:

- Propriedades e peso do Alumínio.
- Utilizado para altos volumes e com potencial de redução de custo
- Dentre as alternativas é a mais viável com maior redução de peso.
- Dá maior redução de peso e custo.
- É o que mais se aproximaria dos conhecimentos atuais e talvez causaria pouco impacto no processo
- Espessura variável pode ter resistência com relativo baixo custo
- Otimização de peso por diferenças de solicitação mecânica, sem grandes modificações no processo atual.
- Sem fixação inferior, no modelo utilizado pela Ford, com alojamento no knuckle
- Alta resistência e flexibilidade. Os conjuntos de fixação inferiores são peças extremamente solicitadas
- Manter espessura maior somente onde necessita

14) Selecione uma das configurações de material e processo exibidas a seguir, como a mais viável para manufatura de hastes em amortecedores estruturais:

1. Aço alta liga usinado.
2. Aço tubular.
3. Plástico injetado
4. Alumínio usinado.
5. Titânio usinado
6. Outro

Obs.: A haste em aço tubular é a configuração de material e processo mais viável, segundo os especialistas.

Comentários nesta questão:

- Tecnologia já em uso.
- É a configuração que representa maior redução de peso atendendo os requisitos mecânicos.
- Já é um processo definido e viável economicamente.
- Já existe material e processo no mercado para esta opção.
- Já existe, e me parece com custo acessível
- acredito que a haste deva ser de aço em função de sua
- Desafio nas regiões com roscas, potencial alteração de attachment com top-mounting, ex: circlip concept
- Permite redução de peso na parte menos solicitada da haste, mantendo as características de usinabilidade da parte externa.
- Para a haste, acredito que o alumínio usinado seja a melhor solução.

15) Selecione uma das configurações de material e processo exibidas a seguir, como a mais viável para manufatura de tubos de pressão em amortecedores estruturais:

1. Aço alta liga usinado.
2. Plástico injetado.
3. Alumínio extrudado.
4. Outro

Obs.: Quase metade dos entrevistados, consideram o aço de alta liga usinado é o material e processo mais viável para o tubo de pressão.

Comentários nesta questão:

- Como o tubo de pressão não sofre esforços estruturais, é uma boa solução.
- Acho que as demais opções não são viáveis tecnicamente.
- Se atender as exigências
- O tubo precisa resistir a altas pressões , principalmente nas regiões da guia e do corpo de válvulas. Se temos que diminuir sua espessura è recomendável um material de alta liga.
- Material convencional com espessura reduzida
- Facilidade no processo de extrusão.
- A espessura deste componente em geral já é muito pequena e sua substituição não agregaria muito na redução do peso geral do amortecedor

16) Em sua opinião o que pode apresentar maior redução de peso:

1. Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
2. Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
3. Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
4. Outro

Obs.: O conjunto em alumínio é o que apresenta maior redução de peso.

Comentários nesta questão:

- Baseado em experiências do passado.
- Devido a fixação inferior ser extremamente estrutural, o alumínio é a melhor solução.
- Acredito que seja o que realmente dá maior redução de peso.
- Se tiver a mesma resistência do conjunto atual creio que seria a maior redução de peso.
- Considerando esforços atuantes e requisitos de rigidez do sistema.
- O plástico injetado permite grande flexibilidade de desenho e pode ser reforçado com fibras de vários materiais.
- Tem um peso específico de aprox. 1740 kg/m^3 , que é menor que o alumínio ou plástico (magnésio).
- Como conjunto, entendo que o alumínio tem melhor potencial.
- Plásticos podem apresentar o menos peso específico em relação aos demais materiais citados.
- Alumínio de alta resistência poderia ser injetado com espessuras menores comparadas ao plástico e magnésio

17) Em sua opinião qual solução seria a mais factível tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso:

1. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
2. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
3. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
4. Peça única (tubo/assento da mola/fixação inferior) em fibra de carbono.
5. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
6. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
7. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
8. Outro.

Obs.: As soluções mais factíveis tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso seriam o conjunto montado ou a peça única, ambos em alumínio.

Comentários nesta questão:

- Baseado em experiências do passado.
- Tecnicamente o conjunto montado em alumínio é a solução mais factível.
- Parece ser o processo mais factível e econômico.
- Material extremamente resistente utilizado em aviação e F1.
- Aço de elevada resistência para os tubos e alumínio para a haste
- Permitiria obter o máximo em redução de peso. Algumas aplicação similares já existem em veículos de competição
- Tecnologia semelhante a atual, apenas com mudança para material mais leve
- Assento da mola em plástico montado com fixação única e tubo de pressão com espessura reduzida

- O conjunto montado seria mais factível do que injeção de peça única.
- Alumínio é um produto consagrado no mercado com várias utilizações em veículos

18) Em sua opinião qual solução para o projeto do amortecedor visando redução de peso apresentaria o menor custo de desenvolvimento:

1. Peça única injetada (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de plástico.
2. Peça única injetada (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
3. Peça única injetada (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
4. Peça única (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) em fibra de carbono.
5. Conjunto montado (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de plástico.
6. Conjunto montado (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
7. Conjunto montado (tubo reservatório /assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
8. Outro.

Obs.: As soluções para o projeto do amortecedor visando redução de peso que apresentariam o menor custo de desenvolvimento seriam o conjunto montado em alumínio e a peça única em plástico.

Comentários nesta questão:

- Em termos de custo, o plástico continua sendo a melhor solução.
- Já é processo mais adiantado no momento e o material não é dos mais caros.
- Tecnologia já disponível e difundida
- Talvez o Al tenha uma gama mais ampla de ligas no mercado
- Aço de elevada resistência para os tubos e alumínio para a haste
- Seria mais fácil desenhar cada componente em separado e posteriormente juntar usando

adesivos estruturais

- Tecnologia semelhante a atual, apenas com mudança para material mais leve
- Assento da mola em plástico montado com fixação única e tubo de pressão com espessura reduzida
- Apenas uma ferramenta a ser desenvolvida e elementos finitos em um componente único de alumínio.
- O custo de desenvolvimento de uma peça injetada é maior que a montagem de peças fabricadas por outros processos como extrusão, por exemplo.

19) Em sua opinião qual das configurações de produto expostas abaixo é a mais viável tecnicamente?

1. Peça única injetada (tubo reservatório/assento da mola/fixação inferior).
2. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior).
3. Peça única injetada (tubo reservatório/tubo de pressão) e demais componentes montados.
4. Peça única extrudada (tubo reservatório/tubo de pressão) e demais componentes montados.
5. Outro.

Obs.: Mais da metade dos especialistas acreditam que o conjunto montado é a configuração mais viável tecnicamente.

Comentários nesta questão:

- O conjunto montado é mais viável devido as dificuldades da peça injetada ou extrudada.
- Tem um processo mais simples e confiável.
- Conceito de plataforma, por exemplo, tubo de dimensões únicas para elevar volume e fixações específicas em função das interfaces / package
- É similar ao processo atual.
- Por falta de conhecimento em processos de injeção, acredito ser mais mais fácil montar o conjunto
- Assento da mola em plástico montado com fixação única e tubo de pressão com espessura reduzida
- Por se tratar de uma tecnologia já consolidada. – conjunto montado

20) Em sua opinião qual das configurações de produto expostas abaixo é a mais viável economicamente?

1. Peça única injetada (tubo reservatório/assento da mola/fixação inferior).
2. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior).
3. Peça única injetada (tubo reservatório/tubo de pressão) e demais componentes montados.
4. Peça única extrudada (tubo reservatório/tubo de pressão) e demais componentes montados.
5. Outro.

Obs.: Em torno de 51% dos especialistas acreditam que o conjunto montado é a configuração mais viável economicamente.

Comentários nesta questão:

- É a opção de menor custo comparando com as demais.
- Tem um processo mais barato.
- Superadas as dificuldades técnicas, eliminaria um grande número de operações na linha, e simplificaria - Muito a logística de componentes intermediários.
- Assento da mola em plástico montado com fixação única e tubo de pressão com espessura reduzida
- Custo do equipamento para injetar uma peça completa seria muito elevado

2ª Rodada

1)

Comentários desta questão:

- Substituir os materiais hoje utilizados por materiais mais leves e com custo aplicável é o maior desafio.
- Considerando o nível de otimização obtido com os materiais e processos atuais, qualquer mudança mais drástica de material vai certamente implicar em alguma fragilização que terá que ser revertida com desenvolvimento e custos adicionais.
- Requer um longo tempo de desenvolvimento devido a complexidade e falta de mão de obra
- Considerando um dispositivo já esgotado em termos de dimensionamento mecânico, o maior desafio na busca de redução de peso está no desenvolvimento de novos materiais e os novos critérios de dimensionamento mecânico que deverão ser aplicados, este é no meu entender a base e o início de um projeto deste tipo
- Ainda não temos materiais alternativos a preços competitivos.
- O produto em si apresenta-se muito maduro em termos de inovação tecnológica ("commodity"), já tendo sido bem "explorado" ao longo dos anos.
- O melhor material a um preço competitivo
- A rigidez dos novos materiais ainda são menores que a do aço.
- Quebra de paradigmas quanto a resistência e durabilidade

- Unificar a escolha de material (custo x Benefício) as expectativas de meio ambiente e seu processo produtivo
- Este é o desafio. Existem várias opções de materiais mas, encontrar um material que satisfaz os requisitos de desempenho é mais complexo.
- A mudança dos processos de fabricação implica em elevados investimentos, portanto deve ser criteriosamente avaliada.

2)

Comentários desta questão:

- A redução de peso apenas pela substituição do amortecedor implicaria muito pouco em redução de consumo ou emissões e no Brasil não temos ainda difundida uma cultura ambiental que permitiria o consumidor pagar mais caro apenas pelo ganho global.
- Não acredito que o cliente vá aceitar pagar totalmente o incremento de custo.
- Na reposição o usuário procura pagar o menor preço para o produto
- Produtos diferenciados devem ser bem posicionados e seus benefícios bem divulgados a fim de que o consumidor possa perceber o valor e pagar mais por isso. Neste caso para o mercado de reposição entendo que a redução de peso está no efeito de redução de consumo de combustível e desempenho do veículo e o consumidor estaria propenso a pagar no produto estes benefícios.

- Apesar do menor peso, no balcão o preço é determinante considerado principalmente o preço da concorrência. Para pagar um valor maior a venda deve ser muito bem feita focando no produto e não no preço.
- A melhoria na performance (nesse caso, consumo de combustível), a meu entender, não justificaria o consumidor pagar por um "overprice".
- O usuário final teria dificuldade de quantificar o ganho em seu veículo com a redução de algumas gramas no amortecedor.
- Tem que ser elaboradas ações de marketing, para que o consumidor entenda os benefícios (principalmente economia de combustível).
- O cliente final está querendo o melhor custo, a melhor qualidade e o melhor desempenho do veículo.
- No mercado de reposição o apelo no geral é por preço

3)

Comentários desta questão:

- Não será fácil desenvolver produtos que substituam o aço a custo competitivo.
- Falando de materiais mais convencionais - aço de alta resistência, alumínio, etc. - creio que vai depender muito da escala de produção de amortecedores com essa tecnologia. Dessa forma 2 a 5 anos creio ser um tempo razoável. Materiais mais exóticos - fibra de carbono, etc, vão demorar muito mais tempo a atingir patamares de preço competitivos.

- Devido a complexidade e o estágio de desenvolvimento atual.
- Hoje em dia os prazo de maturação no mercado de novos produtos e materiais acontecem em prazos mais curtos e temos visto conceitos entrarem em linha de produção e se tornarem competitivos em preço em prazos inferiores a 3 anos.
- Na minha opinião, seria o tempo médio de aceitação / maturação da inovação tecnológica ser largamente aplicada e devidamente introduzida em larga escala.
- Para ter um preço competitivo nesse material, precisamos de certo volume de produção.
- Mais próximo de 10 anos.
- Acredito que já podemos encontrar esses materiais a preços competitivos.
- Com a economia de escala e o avanço tecnológico a tendência é de essas tecnologias atingirem a maturidade e consequentemente um custo competitivo no mercado.

4) Considerando que na primeira fase da pesquisa, os três materiais abaixo foram os mais cotados, na sua opinião, relacione de 1 a 3 na coluna da direita os materiais que tem maior potencial para redução de peso em amortecedores estruturais (sendo: 1- menor potencial, 3 - maior potencial):

Answer Options	1	2	3
Alumínio	5	11	8
Plásticos	8	4	12
Aços de Alta Resistência.	11	7	6

5)

Comentários desta questão:

- Produzir um tubo com espessura variável acredito que seja mais difícil do que produzir um tubo de alta resistência e reduzir a espessura.
- Creio que permite juntar os benefícios de um material mais nobre com a otimização da espessura, tirando vantagem desses dois recursos para redução de peso.
- É o mais próximo do processo atual, requerendo menor investimento
- Ainda deve ser a mais econômica em função da possibilidade de manutenção de processos de fabricação e a matéria prima ainda ser a mais competitiva. Resultados de curto prazo.
- Aço em alta liga só seria viável economicamente se aplicado em larga escala (além de "transferirmos" a viabilidade ao fornecedor de aço na cadeia); enquanto espessura variável poderia ser trabalhado mais "dentro de casa", com ajustamentos no processo.
- Imagino que o custo de um tubo com espessura variável seja mais barato do que um tubo em aço de alta liga.
- No meu entendimento a alternativa 01 representa maior custo/benefício para o desenvolvimento.

6)

Comentários desta questão:

- Desenvolver e produzir um assento da mola em aço alta liga pode ser mais viável economicamente que as opções em alumínio. A opção de plástico injetado me parece a mais dispendiosa de todas
- É o processo mais similar ao atual (aço alta liga). Os demais, acredito, demandariam maior tempo de desenvolvimento e custos de engenharia.
- Acho que é o processo mais conhecido atualmente e pela leveza do alumínio
- Utilização de um compósito, como a poliamida com fibra de vidro.
- Baixo custo de implantação, material com propriedades mecânicas conhecidas, reciclável, processo de fabricação relativamente simples sem grandes investimentos. (aço alta liga)
- Não sou o profissional mais indicado para responder esta pergunta, mas já se houve trabalhos científicos nesse sentido (e tenho a impressão de que o plástico atualmente pode estar mais disponível em termos de abrangência de aplicação).
- Baixo custo do material e do processo.
- As alternativas em plásticos de engenharia já são viáveis tecnicamente e trazem benefícios para redução de peso e aumento do conteúdo tecnológico do produto.

7)

Comentários desta questão:

- Aço estampado em peça única seria a solução mais rápida.
- É o mesmo caso da questão anterior - menor diferença com o processo atual.
- É o que se tem atualmente mais conhecimento.
- Material otimizado e processo de fabricação já implantado (aço estampado em peça única).
- Tecnologia já disponível.
- Mudaria pouco o nosso processo de fabricação do amortecedor (aço estampado em peça única).
- É o tempo da confecção de um molde. (Alumínio injetado).
- Os processos de estampagem já são de domínio do estado da técnica e com custos de produção reduzidos.

8)

Comentários desta questão:

- É a mais simples de ser executada (aço estampado em peça única).
- Acredito que seja um bom compromisso entre integridade estrutural, redução de peso e viabilidade técnica, empregando processos e equipamentos similares aos atuais (aço estampado em peça única).
- É o que se tem atualmente maior conhecimento.
- Material otimizado e processo de fabricação já implantado.
- Tecnologia já disponível.
- Mudaria pouco o nosso processo de fabricação do amortecedor (aço estampado em peça única).
- Já vimos exemplo dessa configuração na concorrência.
- Os processos de estampagem já são de domínio do estado da técnica e com custos de produção reduzidos.

9)

Comentários desta questão:

- É a mais simples de ser executada e com melhor custo de matéria prima.
- Creio que seria a mais barata e mais fácil de implementar. Mas não acredito que as vantagens em peso seriam muito grandes. (aço estampado em peça única).
- É o que se tem atualmente maior conhecimento.
- Material otimizado e processo de fabricação já implantado.
- Tecnologia já disponível.
- Mudaria pouco o nosso processo de fabricação do amortecedor.
- Parece-me a mais econômica atualmente, mas não tenho feeling para as 2 primeiras sugestões.
- Os processos de estampagem já são de domínio do estado da técnica e com custos de produção reduzidos.

10)

Comentários desta questão:

- Acredito que seria mais fácil do que produzir peças individuais e montá-las posteriormente. A opção em plástico que atenda todas as especificações técnicas me parece hoje inviável.
- "É uma tecnologia mais próxima do processo atual, que demandaria menos investimento em maquinário e ferramental. (conjunto montado).
- Como potencial para reduções de peso maiores, creio que a opção de peça única de plástico seria melhor, mas demandaria maiores gastos em desenvolvimento, validação e custos de equipamentos."
- é o processo mais conhecido e de menor investimento (conjunto montado).
- Utilização de um compósito, como a poliamida com fibra de vidro.
- Peça única injetada me parece ser processo mais rápido, com menos etapas e de alumínio por ser material com melhores propriedades termodinâmicas.
- Temos muitos amortecedores semelhantes que muda o comprimento do tubo reservatório e altura do assento da mola.
- Considero ser mais viável essa solução (conjunto montado).
- Processo já consagrado e de domínio do estado da técnica. Relação custo benefício melhor. (conjunto montado).

11)

Comentários desta questão:

- Acredito que seria mais fácil do que produzir peças individuais e montá-las posteriormente. A opção em plástico que atenda todas as especificações técnicas me parece hoje inviável.
- As soluções com aço de alta resistência provavelmente teriam menor custo de desenvolvimento, pois seriam mais próximas da tecnologia atual. A segunda alternativa, do ponto de vista de custo, seria o conjunto montado de peças de alumínio, que entretanto teria maior potencial de redução de peso.
- É o processo mais simples e de menor investimento (conjunto montado).
- Utilização de um compósito, como a poliamida com fibra de vidro.
- Peça única injetada me parece ser processo mais rápido, com menos etapas.
- O desenvolvimento de uma fixação serviria para vários amortecedores.
- Conjunto montado: tubo reservatório de aço em alta liga, assento de mola plástica e fixação inferior em aço estampado.
- Baseado nos exemplos da concorrência e na experiência atual com solução de configuração similar (exceto o material)..
- As outras alternativas possuem altos custos dos ferramentais envolvidos. (conjunto montado).

1. Conclusão:

Após a realização da pesquisa, a Metodologia Delphi mostrou-se uma ferramenta viável para a definição de uma rota tecnológica visando à redução de peso em amortecedores estruturais do tipo McPherson. Puderam ser notadas algumas tendências de mercado e de tecnologia, baseadas em experiências passadas, contato com clientes e visão atual do mercado automobilístico.

Uma rota será traçada, a fim de conhecer em quais componentes, tipos de materiais, processos, custos e demanda, a Empresa deverá seguir.

APÊNDICE B – Matriz de Decisão utilizando variáveis estratégicas para a empresa

Peso		Tubo Reservatório		Materiais												Composito		
		Aço alta liga redução de espessura		Alumínio extrudado			Plástico Injetado			Espessura variável								
		Nota		Total		Nota		Total		Nota		Total		Nota		Total		
4	Estado da técnica	disponível	5	20	disponível	3	12	disponível	2	8	disponível	4	16	indisponível	1	4		
1	Lead time implantação (anos)	3	5	5	3	5	5	10	3	3	3	5	5	30	1	1		
2	Custo MP	\$	4	8	\$	4	4	\$	2	4	\$	3	6	\$	1	2		
1	Despesa desenv.	\$	5	5	\$	3	3	\$	2	2	\$	4	4	\$	1	1		
3	Invest. Produto (H.T.)	\$	5	15	\$	3	9	\$	2	6	\$	4	12	\$	1	3		
3	Invest. Processo	\$	4	12	\$	2	6	\$	2	6	\$	3	9	\$	1	3		
5	Confiabilidade	Alta	5	25	Alta	4	20	Média	3	15	Alta	5	25	Média	3	15		
4	Pot. Red. Pes.	10 a 15%	2	8	20%	4	16	20%	4	16	10 a 15%	2	8	>20%	5	20		
2	Sustentabilidade	Alta	4	8	Média	3	6	Baixa	2	4	Alta	4	8	Baixa	2	4		
3	Imagem	+	2	6	++	4	12	++	4	12	+	3	9	+++	5	15		
		Total = 112		Total = 93		Total = 76		Total = 102		Total = 68								
\$	baixo	redução de custo (maior que 10%)																
\$	médio	custo atual																
\$	alto	mais caro que o atual (mais que 10%)																
		Até US\$ 100k																
		De US\$ 100 a 500k																
		Acima de 500k																
Peso	Nota	Estado da técnica, confiabilidade, redução de peso, sustentabilidade, imagem: quanto mais facil e rápido para o desenvolvimento, maior deve ser a nota																
1	1																	
2	2																	
3	3																	
4	4																	
5	5																	
		Lead time, custo, despesa, investimentos em produto e processo: quanto menores os custos e o tempo maior a nota]																

Matriz de Decisão – Tubo reservatório

Peso		Assento de mola		Materiais														
				Aço alta liga			Alumínio injetado			Alumínio estampado			Plástico Injetado			Magnésio estrutural		
				Nota	Total	disponível	3	12	disponível	4	16	disponível	3	12	disponível	1	4	
4	Estado da técnica																	
1	Lead Time implantação (anos)			3	5	5	3	4	4	3	4	4	3	4	4	30	1	
2	Custo MP			\$	5	10	\$	3	6	\$	3	6	\$	2	4	\$	2	
1	Despesa de desenv.			\$	5	5	\$	2	2	\$	3	3	\$	2	2	\$	1	
3	Invest. Produto (H.T.)			\$	4	12	\$	2	6	\$	5	15	\$	2	6	\$	3	
3	Invest. Processo			\$	4	12	\$	3	9	\$	3	9	\$	3	9	\$	1	
5	Confiabilidade			Alta	5	25	Média	3	15	Média	4	20	Média	3	15	Baixa	2	
4	Pot. Red. Pes.			10 a 15%	2	8	15%	3	12	15%	3	12	20%	4	16	20 a 25%	5	
2	Sustentabilidade			Alta	4	8	Média	3	6	Média	3	6	Baixa	2	4	Baixa	2	
3	Imagem			+	2	6	++	4	12	++	4	12	++	4	12	++	4	
				Total = 111			Total = 84			Total = 103			Total = 84			Total = 60		
\$	baixo	Até US\$ 100k																
\$	médio	De US\$ 100 a 500k																
\$	alto	Acima de 500k																

Matriz de Decisão – Assento da mola

Peso	Haste	Materiais														
		Aço tubular			Alumínio			Aço alta liga usinado			Titânio			Plas. Injetado		
		Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total
4	Estado da técnica	disponível	5	20	disponível	3	12	disponível	5	20	disponível	2	8	indisponível	1	4
1	Lead Time implantação (anos)	1	5	5	5	3	3	3	4	4	5	3	3	10	2	2
2	Custo MP	\$\$\$	3	6	\$\$\$	2	4	\$\$\$	4	8	\$\$\$	1	2	\$\$\$	1	2
1	Despesa de desenv.	\$	5	5	\$	3	3	\$	4	4	\$\$\$	2	2	\$\$\$	1	1
3	Invest. Produto (H.T.)	\$	5	15	\$\$\$	3	9	\$	5	15	\$\$\$	3	9	\$\$\$	1	3
3	Invest. Processo	-	5	15	-	5	15	\$	4	12	-	5	15	-	5	15
5	Confiabilidade	Alta	4	20	Baixa	2	10	Alta	4	20	Média	3	15	Baixa	2	10
4	Pot. Red. Pes.	10%	2	8	30%	3	12	<10%	2	8	40%	4	16	50%	5	20
2	Sustentabilidade	Alta	4	8	Média	3	6	Alta	4	8	Baixa	2	4	Baixa	2	4
3	Imagem	+	3	9	+++	4	12	+	2	6	+++	5	15	+++	5	15
		Total = 111			Total = 86			Total = 105			Total = 89			Total = 76		
\$	baixo	redução de custo (maior que 10%)														
\$\$	médio	custo atual														
\$\$\$	alto	mais caro que o atual (mais que 10%)														
		Até US\$ 100k														
		De US\$ 100 a 500k														
		Acima de 500k														

Matriz de decisão – Haste

Peso	Tubo de pressão	Plas. Injetado				Aluminio extrudado				Aço alta liga trefilado					
		Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total		
4	Estado da técnica	indisponível	1	4	disponível	4	16	disponível	5	20					
1	Lead Time implantação (anos)	10	2	2	5	4	4	1	5	5					
2	Custo MP	\$\$\$	2	4	\$\$\$	3	6	\$\$\$	4	8					
1	Despesa de desenv.	\$\$\$	2	2	\$\$	3	3	\$\$	3	3					
3	Invest. Produto (H.T.)	\$\$\$	2	6	\$	4	12	\$	3	9					
3	Invest. Processo	\$	4	12	\$	4	12	\$	4	12					
5	Confiabilidade	Baixa	2	10	Média	3	15	Alta	5	25					
4	Pot. Red. Pes.	50%	5	20	20%	3	12	10%	2	8					
2	Sustentabilidade	Baixa	2	4	Média	3	6	Alta	4	8					
3	Imagem	+++	4	12	++	3	9	+	2	6					
				Total = 76		Total = 95		Total = 104							
\$	baixo	redução de custo (maior que 10%)													
\$\$	médio	custo atual													
\$\$\$	alto	mais caro que o atual (mais que 10%)													
				Até US\$ 100k											
				De US\$ 100 a 500k											
				Acima de 500k											

Matriz de decisão – Tubo de pressão

		Materiais																	
Peso	Conjunto Fixação Inferior	Aço estampado pç única			Plas. Inj			Al extrudado			Al injetado			Magnesio Inj			Aço estampado espessura variavel		
		Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total	Nota		Total
4	Estado da técnica	disponível	5	20	indisponível	2	8	disponível	4	16	disponível	3	12	indisponível	1	4	disponível	3	12
1	Lead Time implantação (anos)	1	5	5	20	2	2	3	4	4	10	3	3	20	2	2	3	4	4
2	Custo MP	\$	3	6	\$	2	4	\$	2	4	\$	3	6	\$	1	2	\$	3	6
1	Despesa de desenv.	\$	3	3	\$	2	2	\$	3	3	\$	2	2	\$	1	1	\$	2	2
3	Invest. Produto (H.T.)	\$	3	9	\$	2	6	\$	3	9	\$	2	6	\$	1	3	\$	3	9
3	Invest. Processo	\$	3	9	\$	2	6	\$	3	9	\$	3	9	\$	1	3	\$	2	6
5	Confiabilidade	Alta	4	20	Baixa	2	10	Média	3	15	Baixa	2	10	Baixa	1	5	Alta	4	20
4	Pot. Red. Pes.	5%	2	8	20%	4	16	10%	3	12	10%	3	12	15 a 20%	4	16	5 a 10%	2	8
2	Sustentabilidade	Alta	4	8	Baixa	2	4	Média	3	6	Média	3	6	Média	3	6	Alta	4	8
3	Imagem	+	2	6	+++	5	15	++	4	12	++	4	12	+++	5	15	++	3	9
		Total = 94			Total = 73			Total = 90			Total = 78			Total = 57			Total = 84		
\$	baixo	redução de custo (maior que 10%)																	
\$	médio	custo atual																	
\$	alto	mais caro que o atual (mais que 10%)																	
		Até US\$ 100k			De US\$ 100 a 500k			Acima de 500k											

Peso	Caracpa	Materiais																							
		Tubo plástico injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior			Tubo em alumínio injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior			Tubo em magnésio injetado em uma única peça junto ao assento de mola e fixação inferior			Tubo de pressão e reservatório de alumínio extrudados em uma única peça			Tubo de pressão e reservatório de alumínio injetados em uma única peça			Tubo de pressão e reservatório de plástico injetados em uma única peça			Tubo, fixação e assento de mola em uma única peça de fibra de carbono					
		Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	Disponível	Nota	Total	
4	Estado da técnica		2	8		2	8		2	8		2	8		2	8		2	8		2	8		2	8
1	Lead Time implantação (anos)	15	2	2	10	3	3	20	1	1	5	4	10	3	3	15	2	2	15	2	2	15	2	2	2
2	Custo IVP	\$\$\$	2	4	\$\$\$	2	4	\$\$\$	1	2	\$\$\$	3	6	3	6	\$\$\$	2	4	\$\$\$	1	2	4	1	2	2
1	Despesa de desenv.	\$\$\$	2	2	\$\$\$	2	2	\$\$\$	1	1	\$\$\$	3	3	2	2	\$\$\$	2	2	\$\$\$	1	1	2	1	1	1
3	Invest. Produto (H.T.)	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	\$\$\$	3	9	2	6	\$\$\$	2	6	\$\$\$	1	3	6	1	3	3
3	Invest. Processo	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	3	9	\$\$\$	2	6	\$\$\$	2	6	3	2	6	3
5	Confiabilidade	Baixa	2	10	Média	3	15	Baixa	1	5	Média	4	20	2	10	Baixa	2	10	Média	3	15	3	15	3	15
4	Pot. Red. Pes.	20%	4	16	15%	3	12	20%	4	16	10%	2	8	10%	2	8	10%	2	8	20 a 30%	5	20	5	20	5
2	Sustentabilidade	Baixa	2	4	Média	3	6	Média	3	6	Média	3	6	Média	3	6	Baixa	2	4	Baixa	1	2	1	2	1
3	Imagem	+++	4	12	+++	5	15	+++	5	15	+++	4	12	+++	4	12	+++	4	12	+++	5	15	5	15	5
		Total = 70			Total = 77			Total = 62			Total = 83			Total = 64			Total = 62			Total = 71					
\$	baixo	Até US\$ 100k																							
\$	médio	De US\$ 100 a 500k																							
\$	alto	Acima de 500k																							
		redução de custo (maior que 10%)																							
		custo atual																							
		mais caro que o atual (mais que 10%)																							

Matriz de decisão - Carcaça

APÊNDICE C – ENTREVISTAS COM CLIENTES, FORNECEDORES E ESPECIALISTAS

Tendências Tecnológicas - Redução de Peso em Amortecedores Estruturais

Empresa:

Nome do entrevistado:

Função:

Setor:

Email:

Telefone:

Ações para redução de peso em componentes automotivos tem sido uma demanda constante por parte dos fabricantes de veículos automotores. O objetivo desta entrevista é identificar tendências, oportunidades e barreiras tecnológicas para o desenvolvimento de novos materiais e projeto de componentes visando redução de peso em amortecedores estruturais. O resultado desta análise será um estudo piloto para a implantação de uma Metodologia de Análise de Tendências Tecnológicas abordando outros temas como sustentabilidade, novos sistemas de amortecimento e regeneração de energia, entre outros.

Você caro cliente foi selecionado e sua resposta é fundamental para o sucesso desta pesquisa.

Para tanto, solicitamos que responda ao questionário abaixo, ranqueando as questões onde aplicável, sendo que quanto maior o número atribuído, maior a importância.

O tempo estimado de duração deste trabalho é de 20 minutos.

Informações do relatório

Título do relatório	Resumo da pesquisa utilizando entrevistas sobre redução de peso em amortecedores estruturais McPherson
Número do relatório	-
Data da publicação	15/maio/2013
Número da revisão	-
Data da revisão	-
Preparado por	Luiz Bloem Jr. tel: 55 11 2144-1283
Aprovado por	Luiz Bloem Jr. tel: 55 11 2144-1283
Divisão	Amortecedores/Engenharia de Inovação
Programa	Technology Trends
Veículo	-
Localização do relatório na rede	Z:\inovacao\servidor\Arquivos\Technology Trends\ENTREVISTAS_MAIO2013
Pasta arquivo número	-
Resumo	O objetivo deste relatório é avaliar os resultados da pesquisa que utiliza entrevistas para a definição de um mapa tecnológico visando a redução de peso em amortecedores estruturais do tipo McPherson.

Introdução

Este relatório consiste em uma síntese dos resultados das entrevistas realizadas com clientes, fornecedores e especialistas em materiais sobre redução de peso em amortecedores estruturais McPherson, visando definir um mapa tecnológico para redução de peso neste tipo de amortecedor em um cenário que simula novas tecnologias automobilísticas.

Um questionário com 13 perguntas foi respondido por especialistas em 05 clientes que denominaremos, por motivos de confidencialidade, A,B,C,D e E. Além disso foram feitas entrevistas com três fornecedores, F,G e H e com dois especialistas em materiais, I e J.

Após o estudo citado acima foi feito um resumo dividido por questão.

Abaixo seguem os resultados das questões com os respectivos comentários dos especialistas.

Resultados:

1) Em sua opinião, qual o principal benefício da redução de peso nos amortecedores:

1. Melhoria no desempenho do veículo.
2. Redução na emissão de CO₂ e poluentes.
3. Redução de custo.
4. Conferir à empresa uma imagem inovadora.
5. Outro

Obs.: O maior foco é a redução na emissão de CO₂ e poluentes, com respectiva melhora no desempenho.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- Desempenho, de uma forma geral, como relação peso/potência, menor massa não suspensa. Melhora a performance da dinâmica veicular.
- Em pesquisas realizadas constatou-se que os veículos nacionais são muito pesados.

Alternativa 2:

- Redução de consumo é fundamental para o usuário. Sustentabilidade.
- Foco nos programas de redução de emissões dos países desenvolvidos.
- Redução de emissões deve andar junto com redução de custo.

Alternativa 3:

- Redução de custo entra no contexto interno da empresa, não deve ser repassada..

Alternativa 4:

- Redução de peso não tem uma interface direta com o cliente.
- Dependendo da utilização do material o custo pode aumentar. A imagem vem em primeiro lugar.

Alternativa 5:

- Reciclagem/Serviceability
- Integração de sistemas: Utilização de 2 ou 3 componentes integrados com otimização de processos.

2) Em sua opinião, qual o potencial de redução de peso para amortecedores estruturais:

1. Até 10%.
2. Entre 10% e 20%.
3. Entre 20% e 30%.
4. Mais de 30%.

Obs.: Entre 10% e 20% é o potencial de redução mais evidente diante da expertise e materiais atuais.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- Pelos materiais atualmente utilizados (custo/benefício);

Alternativa 2:

- Citada a redução de peso em hastes de amortecedores.
- Redução de peso reduz a capacidade de carga do veículo.
- Utilização de novos materiais (aços com propriedades mecânicas específicas) reduz facilmente o peso nesta faixa
- O amortecedor já está bastante otimizado em termos de material. Substituição de materiais usuais por alternativos sem comprometer custo é tarefa complexa.

Alternativa 3:

- Nesta faixa de redução de peso o custo é elemento limitante.
- Pode-se utilizar como materiais alternativos o aço tubular, alumínio, redução dimensional. Difícil passar de 30% de redução. 20% mais fácil.

Alternativa 4:

- Componentes metálicos podem ser substituídos como conjuntos integrados por materiais plásticos com grande redução de peso.

3) Considerando uma redução média de peso de 15% no amortecedor estrutural com a implantação de materiais leves, em sua opinião quanto o cliente OEM estaria disposto a pagar como incremento de custo em relação ao preço atual ?

1. 0%.
2. Entre 5% e 10%.
3. Entre 10% e 20%.
4. Mais de 20%.

Obs.: Mais da metade do entrevistados não aceita incremento de custo por redução de peso.

Comentários nesta questão:

Alternativa 1:

- O cliente OEM no Brasil está focado em custos. Não está disposto a pagar mais por redução de peso.

Alternativa 3:

- No exterior para cada kg reduzido no veículo recebe bônus de US\$ 2,00. Recupera US\$ 1,80 nos benefícios secundários (relação peso/potência, downsizing, freios, etc.).No projeto recupera US\$ 0,20/kg (projeto, não ciclo de vida).

- A tendência é o fabricante de veículos aceitar incremento de custo por redução de peso. Ao se utilizar materiais leves há economia de escala.

- A redução de custo é feita mediante demanda. Com economia de escala a tendência é o custo ser reduzido.

4) Considerando uma redução média de peso de 15% no amortecedor estrutural com a implantação de materiais leves, em sua opinião quanto o cliente final estaria disposto a pagar como incremento de custo em relação ao preço atual ?

1. 0%.
2. Entre 5% e 10%.
3. Entre 10% e 20%.
4. Mais de 20%.

Obs.: A faixa percentual que o cliente final (consumidor) aceitaria pagar a mais, estaria em torno de 0% a 10%.

Comentários nesta questão:

- Cliente não vai pagar nada, dependendo do tipo de carro.
- Ganho de peso não é argumento de venda para o cliente porém um consumo baixo sim. É difícil estimar quanto o cliente está disposto a pagar pelo consumo.
- Cliente final não está disposto a pagar mais por tecnologia.
- Mercado Brasil: Percepção do cliente final diminui. Produto com massa não suspensa menor. Carro com melhor performance.
- Cliente final é diretamente atingido por iniciativas visando redução de consumo.

5) Em sua opinião, qual o grau de importância do desenvolvimento de materiais leves, sustentáveis e competitivos técnica e economicamente em relação aos atualmente utilizados?

1) Sim

2) Não

Comentários nesta questão:

- A tendência hoje é o INOVARAUTO – melhorar desempenho. Cada montadora vai ter um incentivo. Se em 2017 não atingir a meta de redução a montadora será taxada.
- Certificação do INMETRO vai aumentar a importância da redução de peso associada a consumo.
- Este tema dará muitas chances de criar novos projetos.
- É uma tendência no mercado global. Opinião pública deve ser atenta à sustentabilidade. Alto apelo ao consumidor.
- Na área tecnológica tudo passa pelo desenvolvimento de material.
- Temos que ter peças competitivas, inovadoras e sustentáveis.
- Atualmente uma cadeia de trabalho para substituir metal por polímero necessita trabalhar em projeto e engenharia.

6) Em quanto tempo você acredita que materiais leves sustentáveis estariam disponíveis no mercado com preços competitivos em relação aos atualmente utilizados?

1. Até 2 anos.
2. De 2 a 5 anos.
3. De 5 a 10 anos.
4. Mais de 10 anos.

Obs.: A maioria dos especialistas acreditam que de 2 a 10 anos teremos materiais leves sustentáveis a preço competitivo.

Comentários nesta questão:

- A complexidade do trabalho depende do material. Existem no caso de plásticos cadeias muito diferentes.
- Estamos iniciando porém a pressão é muito grande.
- Cerca de 20 anos pois todos os materiais atualmente disponíveis são mais caros (ex. plásticos, fibra de carbono).
- No Brasil há falta de investimento em tecnologia.
- Atualmente se consegue fazer materiais leves em escala laboratorial, mas para produção competitiva demanda tempo/projetos/investimentos.
- Existem vários materiais leves disponíveis no mercado. Os lead times de desenvolvimento de veículos variam em 02 anos. A inovação em material de amortecedores teria de entrar em um novo modelo ou atualização (02 a 05 anos).
- O mercado brasileiro deve evoluir para aceitar materiais mais competitivos neste período.
- Alumínio: aplicação em motores, ar condicionado, para choques, braço da suspensão. Material competitivo incluindo melhoria de performance. Para Alumínio se prevê utilização grande nos próximos anos na indústria automotiva. O alumínio compete com o aço nos carros elétricos, mas ainda há muito campo de pesquisa nos clientes.

7) Na sua opinião, qual material pode apresentar maior redução de peso no amortecedor atendendo às especificações atuais dos clientes?

1. Alumínio	5. Titânio.
2. Plásticos	6. Materiais Cerâmicos.
3. Aços de Alta Resistência.	7. Nanomateriais.
4. Magnésio.	8. Outros

Obs.: O aço de alta resistência, alumínio e plásticos são os materiais que mais atendem as especificações dos clientes, segundo os especialistas.

Comentários nesta questão:

- Outros materiais: plásticos com fibra e fibra de carbono.
- Outros: alteração geométrica visando redução de peso.
- Alumínio: muito disponível/reciclável. Plásticos: baixa densidade, pode ser interessante em algumas aplicações.
- Aços de alta resistência: não foi exaurida nessas aplicações. Ótima relação resistência/densidade.

Magnésio: Baixíssima densidade, novos processos de produção. Titânio: É a melhor relação resistência/densidade – custo alto, raro. Materiais cerâmicos: deve associar com nanotecnologia. Muito frágil. Alto custo. Nanotecnologia: pode tenacificar material de alta resistência com nanotecnologia.

8) Em sua opinião o que pode apresentar maior redução de peso:

- 1) Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior de plástico)
- 2) Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
- 3) Conjunto injetado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio
- 4) Outro

Comentários:

- Solução 02: naturalmente tenaz. Solução 01 inviabiliza o dimensional. Solução 03: menor peso, menor resistência, pouco dútil e pouco tenaz.
- Solução 03 inviável em 20 anos. Solução 01; viável em 10 anos. Solução 02: Já viável.
- Outro: Conjunto injetado híbrido plástico/metal. Há dúvidas técnicas. A implantação poderia ser gradativa.
- Solução 03: Devido à menor densidade do magnésio.

9) Em sua opinião qual solução seria a mais factível tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso:

1. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
2. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
3. Peça única injetada (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
4. Peça única (tubo/assento da mola/fixação inferior) em fibra de carbono.
5. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de plástico.
6. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de alumínio.
7. Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior) de magnésio.
8. Outro.

Obs.: As soluções mais factíveis tecnicamente para o projeto do amortecedor visando redução de peso seriam o conjunto montado ou a peça única, ambos em alumínio.

Comentários nesta questão:

- É possível e já foi feito em alumínio.
- Alumínio é o material mais adequado para o processo.
- Tempo de implementação 2,5 anos no total.
- Outros: Conjunto montado híbrido plástico+ metal.
- Injeção ganha em velocidade e controle de processo (- etapas). Não consegue compreender se o processo de injeção é factível. O mais fácil é o conjunto montado em alumínio. Usinagem de magnésio é perigoso. Montado não!

10) Em sua opinião qual das configurações de produto expostas abaixo é a mais viável tecnicamente:

- 1) Peça única injetada (tubo reservatório/assento da mola/fixação inferior)
- 2) Conjunto montado (tubo/assento da mola/fixação inferior)
- 3) Peça única extrudada (tubo reservatório/tubo de pressão e demais componentes montados)
- 4) Outro

Comentários nesta questão:

- Peça única extrudada: 02 a 03 anos para desenvolver. Em alumínio. Encruado. Demais componentes monta.
- Injeção de alumínio é mais fácil.
- Economicamente o que se pratica hoje é muito melhor.
- Desenvolvimento de conjunto montado: 01 ano.

11) Na sua opinião qual seria o material mais confiável para aplicação em amortecedores estruturais? (1- menos confiável/ 8- mais confiável)

- 1) Alumínio
- 2) Plásticos
- 3) Aços de alta resistência
- 4) Magnésio
- 5) Titânio
- 6) Materiais cerâmicos
- 7) Nanomateriais
- 8) Outros

Comentários nesta questão:

- Alta experiência em aço utilizado para fabricação de amortecedores
- Alumínio também é bastante utilizado.
- Outros: Plástico com fibra de carbono
- Titânio tem alta confiabilidade.
- Tempo de desenvolvimento: aço de alta resistência (01 ano), alumínio, plástico (03 anos), Titânio, cerâmicos (03 a 05 anos), Fibra de Carbono (01 a 03 anos), Magnésio (mais de 05 anos).

12) Na sua opinião, qual seria o material que apresentaria melhor imagem para aplicação em amortecedores estruturais?

- 1) Alumínio
- 2) Plásticos
- 3) Aços de alta resistência
- 4) Magnésio
- 5) Titânio
- 6) Materiais cerâmicos
- 7) Nanomateriais
- 8) Outros

Comentários nesta questão:

- Outros: Fibra de carbono
- Imagem do consumidor é totalmente subjetiva.
- Plástico com e sem fibra de C.
- Plástico tem imagem ruim (baixa performance)
- Titânio e alumínio: ligados à aeronáutica. Imagem mais positiva.

13) Na sua opinião, qual seria o material mais sustentável para aplicação em amortecedores estruturais?

(1 – Menos sustentável/ 8 – Mais sustentável).

- 1) Alumínio
- 2) Plásticos
- 3) Aços de alta resistência
- 4) Magnésio
- 5) Titânio
- 6) Materiais cerâmicos
- 7) Nanomateriais
- 8) Outros

Comentários nesta questão:

- Nanomateriais: compósitos
- Outros: Plásticos com fibra de Carbono
- Alumínio tem alta reciclabilidade.
- Hoje há plásticos de fontes renováveis.
- Alumínio tem alta reciclabilidade e perdas no processo produtivo.
- Aços: reciclabilidade 100%.
- Magnésio: idem Titânio – inflamável
- Titânio: difícil reprocessar. Oxida muito.
- Cerâmicos: reciclável.

Comentários

As entrevistas foram realizadas com cinco (05) clientes OEM da Magneti Marelli Cofap, procurando envolver as áreas técnica e comercial dos clientes. Além disso entrevistamos 03 clientes especialistas e fabricantes respectivamente de matérias primas em aço, alumínio e materiais elastoméricos. Como complemento, foram feitas duas entrevistas com professores/consultores especialistas em materiais.

A maioria das entrevistas foi feita em *conference call*, devido à maior facilidade principalmente para os clientes e redução de custos de viagem, para clientes localizados fora o Estado de São Paulo.

O tempo médio de duração das entrevistas foi de uma hora.

A triangulação dos resultados da Pesquisa Delphi realizada no ambiente interno da empresa juntamente com a matriz de decisão elaborada pelo grupo de trabalho e o resultado das entrevistas possibilitará traçar um mapa tecnológico com linhas de desenvolvimento no curto, médio e longo prazo visando reduzir o peso em amortecedores estruturais sem perda das características de performance e sem custos adicionais para o cliente.