Universidade de Aveiro
2006

Departamento de Comunicação e Arte

Pedro Miguel Barata
de Sousa Ramalhete

Design e selecção de materiais: novos contributos digitais para uma escolha fundamentada

Universidade de Aveiro
2006

Departamento de Comunicação e Arte

Pedro Miguel Barata
de Sousa Ramalhete

Design e selecção de materiais: novos contributos digitais para uma escolha fundamentada

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Design, Materiais e Gestão do Produto realizada sob a Orientação Científica da Professora Drª Ana Maria Oliveira e Rocha Senos, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro e Co-Orientada pelo Mestre Carlos Alberto Ferreira Aguiar Pinto, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Trabalho financiado através de uma bolsa de mestrado da Fundação para a Ciência e a Tecnologia e Fundo Social Europeu, no âmbito do III Quadro Comunitário de Apoio.

Financiamento do Fundo Social Europeu e de fundos Nacionais do MCTES

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo apoio incondicional de sempre e por me terem proporcionado desde pequeno o contacto com diferentes materiais, na oficina que ainda hoje existe no quintal das traseiras.
À minha mulher e filho pela motivação, apesar de todas as limitações que um trabalho deste tipo implica na vida de uma família.

O Júri

Presidente

Professor Dr. Vasco Afonso da Silva Branco
Professor Associado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Professor Dr. Raúl José Ribeiro de Matos Cunca
Professor Auxiliar da Faculdade de Belas-Artes da Universidade de Lisboa.

Professora Drª Ana Maria Oliveira e Rocha Senos
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro da Universidade de Aveiro.

Mestre Carlos Alberto Ferreira Aguiar Pinto
Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro.

Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que ajudaram a realização desta investigação em especial:

-Aos meus Orientadores, à Professora Dr.ª Ana Maria Rocha Senos e ao Professor Carlos Alberto Aguiar Pinto por todo o apoio, motivação, sugestões e paciência para as minhas dúvidas.

-Ao Professor Dr. Vasco Afonso Branco pelas sugestões e incentivo iniciais.

-À *designer* Ana Carina pela motivação e troca de artigos científicos.

-À Isabel Carvalho de Melo da Biblioteca de Materiais e Tecnologias de Produção do INETI pelos artigos científicos facultados.

-Ao *designer* Arnold van Bezooyen pelo vídeo de demonstração do *software* Material Explorer e por todos os esclarecimentos.

-À Empresa ASM International, em especial ao Tory Luca pelo acesso gratuito temporário à base de dados Alloy Center.

-À Empresa Rapra Technology Limited por ter facultado uma versão do software PLASCAMS com acesso por 30 dias e, aos esclarecimentos da Rosie KirkWood.

-À Empresa Holandesa PRé Consultants por ter fornecido versões de demonstração do *software* SimaPro, ECO-it, ECO-edit, Umberto e todos os indicadores ecológicos. Também aos esclarecimentos de Michael Ocle.

-À C.A.B. International pelo acesso gratuito ao *software* e base de dados *Forestry Compendium*

-Aos esclarecimentos de Martina Prox sobre o software Umberto do *Institute for Environmental Informatics Hamburg LTD*.

-Ao Apoio Técnico da base de dados TPSX da NASA pelo acesso livre concedido.

-Ao Arquitecto Blaine Brownell pelos esclarecimentos sobre o projecto TRANSMATERIAL e pela newsletter semanal.

-Ao *Design* Council do Reino Unido pelo material de apoio oferecido.

-À Cristina Xavier Paleta da Embaixada da Suécia em Protugal, pelos esclarecimentos prestados sobre a Cidade de Kiruna.

-À Editora Elsevier pelo material facultado, mais concretamente a revista Materials Today.

-Ao Daniel Coen da Pe Consulting Group pelo software de demonstração Gabi4.

Agradecimentos

Também agradeço a todas as empresas e Instituições que através de correio electrónico forneceram a informação solicitada sobre as bases de dados e *software*:

-Base de dados Matweb.

-Base de dados Material Explorer da Materia.

-Polybase.com, TDS Herrlich.

-Materials Monthly.

-Efunda Engineering Fundamentals, Efunda Inc.

-Stylepark Team, Stylepark A.G.

-Cholez Sandrine da base de dados Innovathèque, CTBA.

-Nigel Ordish do projecto Rematerialise.

-Cameron Chai da Azom.com.

-Adam Labowitch da Techstreet, Thomson Scientific.

-Elodie Ternaux da base de dados Matério, SAS Materio.

-Matthew Beaton da Granta Design Ltd.

Palavras-chave

Materiais, *design*, selecção de materiais, bases de dados e software para selecção, ferramentas digitais de inspiração, selecção de materiais para o *design* de produto, propriedades dos materiais, aplicações de materiais.

Resumo

O número de materiais disponível para selecção é cada vez maior e só os aspectos relacionados com a normalização têm abrandado o ritmo de introdução de novos materiais.
Neste contexto, os *designers*, arquitectos e engenheiros têm que actualizar o seu conhecimento sobre a disponibilidade dos materiais.
O presente estudo visa investigar as ferramentas digitais para a selecção de materiais, tentando responder a algumas questões importantes, como por exemplo:
Que ferramentas existem? Como funcionam? Que propriedades determinam a selecção? Quais os resultados obtidos? Quais os percursos de selecção mais adequados para casos específicos?

Foi encontrada uma quantidade e diversidade significativa de bases de dados e *software* para selecção de materiais, todas de origem estrangeira. Países como o Reino Unido, Estados Unidos, França e Holanda, apesar do tempo e recursos investidos, continuam ainda a trabalhar na construção de ferramentas de selecção mais completas, i.e. métodos que permitam conjugar facilmente a selecção através de propriedades mecânicas, físicas e de conformação com as propriedades estéticas e de superfície.

Para concretizar esta investigação sobre as ferramentas digitais para a selecção de materiais, foi realizada uma análise bibliográfica sobre métodos, modelos, estratégias, bases de dados e *software* para a selecção de materiais. Foram recolhidas cerca de trezentas referências de bases de dados, *software* e portais, dos quais, depois de devidamente analisados, foram considerados com interesse para a investigação cerca de uma centena. Os critérios para esta seriação foram: -o carácter alargado da ferramenta (não foram consideradas bases de dados ou *software* muito específicos); -possibilidade de seleccionar materiais (foram excluídos os casos que só permitiam selecção de processos de fabrico); -número mínimo e significativo de materiais (não foram consideradas bases de dados com número igual ou inferior a 12 materiais); -utilidade para a resolução de problemas da actividade projectual (do *designer*, engenheiro ou arquitecto).

Desta amostra, todas as ferramentas foram devidamente analisadas, excepto aquelas a que, apesar de solicitado, não foi concedido o acesso gratuito. Se, no final deste processo de análise, ainda restassem dúvidas sobre a sua utilização voltava a contactar os representantes do *software* para lhes colocar mais questões (este procedimento foi aplicado a todas as ferramentas).

Todas as informações relevantes das ferramentas foram registadas em folhas

Resumo

de cálculo, em formato *Microsoft Office Excel*, contendo os seguintes tópicos: nome, endereço electrónico, modalidade de utilização, número total de materiais, "família ou classe de materiais disponíveis", métodos para selecção, propriedades de selecção, tipo de informação resultante da pesquisa e texto introdutório e descritivo.
No capítulo II, realizei uma análise detalhada de 15 ferramentas digitais mais representativas das bases de dados gerais, bases de dados de fabricantes e *software* para a selecção de materiais.
Depois de analisadas as diferentes razões que podem levar a seleccionar materiais, foram escolhidos quatro projectos que representam situações passíveis da selecção de materiais:
1-Criação ou desenvolvimento de um novo objecto.
2-*Redesign* para melhoria do desempenho de um objecto já existente.
3-Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos, alterando normas relativas ao impacto ambiental.
4-Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação do mesmo para um mercado com clima substancialmente diferente.
Estes quatro estudos de casos, apresentados no capítulo III ilustram, de uma forma mais aplicada, o modo de utilização das ferramentas digitais.
Apesar das limitações nos acessos disponíveis, foram encontradas soluções credíveis para cada um dos estudos de casos, tudo a partir de um computador ligado à Internet.

Depois deste longo processo de investigação foi possível tirar conclusões acerca dos meios digitais disponíveis para a selecção de materiais, nomeadamente nos seguintes aspectos: universalidade da informação; organização do seu conteúdo; qualidade da interface usada e interactividade com o processo de *design*. As informações e a análise feita são de grande utilidade para qualquer profissional (ou aprendiz da profissão) que necessite de fazer selecção de materiais, mostrando o universo actual das bases de dados digitais existentes, as suas potencialidades específicas e lacunas de informação ou dificuldades de utilização e abordando os percursos mais adequados em casos específicos de selecção. Foi ainda possível, como resultado desta investigação, identificar os pontos a implementar nas bases de dados actuais e que se podem traduzir numa mais valia quer para o utilizador, quer para o produtor de materiais.

Keywords

Materials, design, material selection, database and software for material selection, insperation digital tools, material selection in product design, material properties and material applications.

Abstract

The number of materials available for selection is getting bigger, only the aspects related to normalization have softened the rhythm of new ones.
In this context, designers, architects and engineers have to bring up to date their knowledge of the materials availability.
The aim of the present study is the analysis of the material selection with digital tools, trying to answer to few important questions such as:
What kind of digital tools exist? How do they work? What properties determine the selection? What kind of information results from the selection?

It was found significant amount and diversity of databases and software for material selection, but all of them are foreign works. Countries as the United Kingdom, the United States, France and Holland, which despite the time and invested resources, continue to work for the construction of more complete selection tools, methods that allow conjugating the selection throughout mechanical, physical and process properties, with the aesthetic and surface properties.

To materialize this investigation, a bibliographical analysis was carried on methods, models, strategies, databases and software for material selection. About three hundreds software, databases and websites references were collected and about a hundred were considered interesting for this study, after analysis.
The criteria for this final choice were: -databases with a significant content (specific databases or software were not considered); -possibility of material selection (digital tools that only allowed process selection were excluded); -it were only considered databases with a significant number of materials (more than 12 materials); -capability of solving problems in the design activity.
All The tools were tested, except paid ones that, even after the formal request for a free trial access, were not granted. If in the end of the analysis, still remained doubts, a new contact were made to get more information (this procedure was applied to all digital tools).

All the relevant information about digital tools were organize in Microsoft Office Excel sheet's, including the name, e-mail, use condition, number of materials, "materials family or class", selection methods, research information and a descriptive text.
In Chapter II, detailed analysis of 15 representative digital tools for material selection was made.

Abstract

After studying the different reasons that lead to material selection, 4 projects had been chosen to represent usual material selection circumstances:
1-Development of new object.
2-Redesign to improve a object performance.
3-Material replace by the change of legislative requirements (norms of ecological impact).
4-Substitution of materials in order to export the product to another market with a different climate.
The four case studies in chapter III illustrate the way to use the digital tools. Initially I considered all of materials universe and, despite the limitations in the available accesses, good solutions were found in all case studies. Everything was made from one computer with Internet.

After this long research process, it was possible to conclude about the available digital tools for material selection, described in the following aspects: universality of information; organization of its content; quality of the interface and interaction with the design process. The research and resulting information have a great utility for any professional (or apprentice of the profession) that needs to do material selection, showing the current universe of the existing digital databases, its potentialities and gaps of information or difficulties of use and approaching the better selection process in specific cases. As result of this research, it was also possible to identify the points to improve in the existing digital tools, wich can be an advantage for users and for materials producers.

ÍNDICE

RESUMO | ABSTRACT viii

CAPÍTULO I - CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROJECTO 2

Breve história da selecção de materiais e referências teóricas importantes 3

Considerações sobre a oportunidade do trabalho de investigação 24

CAPÍTULO II - FERRAMENTAS DE SELECÇÃO DE MATERIAIS 28

Ferramentas de selecção de materiais 29

Metodologia de investigação 29

Análise das bases de dados gerais para a selecção de materiais (fichas individuais descritivas dos portais) 32

Análise do *software* para a selecção de materiais (fichas individuais descritivas do software) 50

Análise das bases de dados de fabricantes para a selecção de materiais (fichas individuais descritivas dos portais) 65

CAPÍTULO III - CONTRIBUTO DAS BASES DE DADOS E SOFTWARE PARA A SELECÇÃO DE MATERIAIS 80

Contributo dos portais e software para a selecção de materiais 81

Funcionamento das bases de dados e software para a selecção de materiais 83

Percursos da selecção em quatro situações distintas: estudos de casos 86

-Primeiro estudo de casos – Criação ou desenvolvimento de um objecto: Estaca para tenda de campismo/montanhismo 87

-Segundo estudo de casos - Redesign para melhoria do desempenho de um objecto já existente: Suspensão dianteira para bicicleta “freeride” 97

-Terceiro estudo de casos - Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos: Alteração de normas relativas ao impacto ambiental. Copos descartáveis 108

-Quarto estudo de casos - Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação para um mercado com clima substancialmente diferente: Exportação de candeeiros de rua para a Suécia 119

Reflexões sobre as ferramentas de selecção de materiais 127

CONCLUSÕES 130

Recomendações para trabalho futuro 135

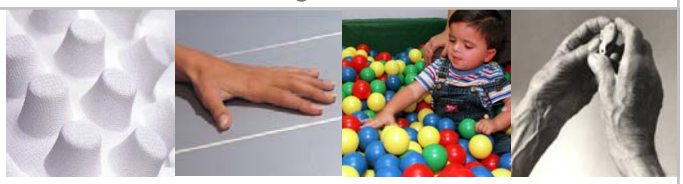
BIBLIOGRAFIA 136

WEBGRAFIA 144

ANEXOS 162

“Um bom projecto é: O material certo no sítio certo, o que nem sempre é fácil de alcançar num produto” **[1] (p.383)**

CAP. I



Breve história da selecção de materiais e referências teóricas importantes

Considerações sobre a oportunidade do trabalho de investigação

Breve história da selecção de materiais e referências teóricas importantes

O número de materiais disponíveis é vasto e segundo Michael Ashby e colaboradores **[2]** estão estimados entre 40.000 e 80.000.

No entanto, outros autores defendem que o número já está acima dos 100.000. J.A. Charles, F. A. Crane e J. A. Furness referem: ***"foi estimado que existem mais de 100.000 materiais disponíveis à escolha do designer, correspondendo a um número de informação sobre propriedades ainda maior".*** **[3] (p. 3)**

Continuam a surgir novos materiais, só as exigências e as normas de qualidade e de estandardização controlam o crescimento.

Em tempos passados, a escolha era com certeza mais fácil, viviam-se épocas dominadas pela utilização de um material, idade da pedra, idade do bronze e a idade do ferro.

Durante os primeiros tempos da humanidade os materiais mais utilizados para produzir utensílios e objectos foram a madeira, pedra, osso, chifre e pele. Com a "revolução neolítica" começaram a construir-se objectos com recurso a outros materiais, como as fibras vegetais, lã e argila. Posteriormente, foram utilizados os primeiros metais e durante um extenso período da nossa História foram estes os materiais utilizados pela Humanidade.

Com a Revolução Industrial, o número de materiais disponíveis aumentou consideravelmente, mais tarde em 1851 durante a Grande Exposição Internacional de Arte e Indústria de Londres, já se utilizavam em larga escala materiais como o vidro, ferro fundido e forjado em estruturas de edifícios, estações de caminhos-de-ferro, estufas e mobiliário urbano. **[4]**

Em 1870 foi possível comercializar o primeiro material polimérico, a celulóide e na primeira década do século XX a baquelite foi o primeiro polímero a ser produzido industrialmente. A introdução de alguns polímeros durante a Segunda Grande Guerra Mundial, possibilitou inovações tecnológicas importantes; no entanto, só após os anos 50 generalizou-se o consumo de materiais plásticos, que vieram substituir progressivamente os metais, principalmente em aplicações domésticas.

Hoje em dia, as atenções estão centradas nos nanomateriais, ligas, cerâmicos e compósitos de alto desempenho. **[5]**

A utilização de novos materiais reflecte-se directamente na forma das construções. Por exemplo no caso das pontes, a evolução do desenho da estrutura está directamente ligada à natureza do material utilizado nas estruturas e às forças que suportam em termos de tensão, compressão e flexão.

Desde as pontes em pedra, passando pelas construídas em madeira, ferro fundido, ferro forjado, aço e betão, as alterações em termos formais foram permitindo a delicadeza, leveza, elegância e fluidez das estruturas que as primeiras pontes construídas em pedra não permitiam. A pedra é resistente em termos de compressão mas frágil em termos de tensão e eram necessários muitos pilares, pouco espaçados entre si, resultando em formas estruturais pesadas.

Nunca se viveu uma era em que o conhecimento das propriedades e a diversidade dos materiais fosse tão elevada. Os *designers* e outros criadores correm o risco dos seus conhecimentos sobre materiais se desactualizarem facilmente. Como consequência desta situação podemos ter um número cada vez maior de projectistas afastados da real potencialidade que a diversidade de materiais oferece.

Existem várias formas de inovar e uma delas é através dos materiais. O *designer* não deve negligenciar esta forma de inovação e é por esta razão que no início do processo de *design* se deve considerar o número mais alargado possível de materiais. Posteriormente, e à medida que o conceito evolui, as opções sobre o funcionamento e forma vão sendo tomadas, diminuindo o número possível de materiais. Na fase final as possibilidades são reduzidas a 1 ou 2 materiais e a informação necessária, à medida que o processo evolui, é cada vez mais detalhada.

Para tornar a selecção o mais racional e profissional possível há que ponderar todas as hipóteses. O caminho muitas vezes seguido pelos *designers* é outro, privilegiam o material tradicional em detrimento de outros de modo a simplificar todo o processo, no entanto este caminho não é potenciador de inovação.

As fontes principais de informação para a selecção de materiais utilizadas pelos *designers*, segundo entrevistas realizadas por Arnold van Bezooyen para o seu Relatório Final do Projecto “Material Explorer” **[6]**, são as seguintes:

(i)Conhecimento e experiência pessoal que ganhou durante a sua formação e experiência profissional.

(ii) Livros com informação sobre materiais, comparando as suas propriedades técnicas.
(iii) Informação das empresas produtoras e representantes, através de pesquisas na Internet, utilizando bases de dados, motores de busca e recebendo "*newsletters*".
(iv) Seminários, *workshops* e reuniões promovidas pelas empresas produtoras, no sentido de apresentar e discutir novos materiais, processos e produtos.
(v) Amostras de materiais, ou pedaços de materiais, que vão sendo coleccionados pelo *designer*.
O uso das fontes de informação depende do tipo de processo, no sentido que o processo de *design* não começa apenas por um contracto de trabalho, mas pode também iniciar-se por livre iniciativa do *designer*. O processo de escolha pode ser invertido se o *designer* tomar conhecimento de um material que tem propriedades interessantes e decidir projectar um determinado objecto com a utilização deste material.
A primeira fonte para a selecção (i) é a mais consistente porque deriva de uma experiência directa com os materiais. No entanto, pode ser limitativa em termos de um conhecimento mais global e da possibilidade de inovação. Por maior número de trabalhos que façamos, o nosso conhecimento está sempre circunscrito a determinado contexto local, sectores da indústria ou a uma determinada especialização que tenhamos realizado. Por esta razão é importante ter acesso a uma fonte de informação regularmente actualizada, tendo as bases de dados na Internet vindo a desempenhar um papel central neste objectivo.
Durante o trabalho de investigação realizado constatou-se que novas iniciativas de bases de dados de materiais, sob forma de *software*, se têm multiplicado, nomeadamente nos Estados Unidos da América e em países europeus como França, Inglaterra e Holanda, iniciativas não só de instituições públicas mas também de empresas privadas.
Esta terceira fonte de selecção (iii) tem um número de utilizadores crescente, porque o acesso e utilização são simples e cómodos e as bases de dados são actualizadas frequentemente.

Segundo Michael Ashby todas as fontes de informação para selecção de materiais podem ser úteis, ***"depende do nível que o design está a ser trabalhado, ou seja em que patamar ou fase se encontra o projecto"*** **[7] (p.1)**

Devido às características dos portais para selecção de materiais e às potencialidades das suas bases de dados, têm sido desenvolvidos portais com a possibilidade de adaptar o

tipo de informação à fase do processo de *design*. É com base neste conceito que os projectos "Material Connexion", "Innovathèque", "Matério", "Dizeneo" e o "Material Explorer" se desenvolveram. As potencialidades de selecção destas bases de dados mais recentes caracterizam-se pela flexibilidade e ajustada à prática dos projectistas.

Tendo em conta esta realidade foi considerado como principal objectivo do presente trabalho a investigação das ferramentas de selecção de materiais, com especial atenção para o levantamento e análise de bases de dados na Internet e *software* para selecção de materiais. A decisão foi tomada não só devido às potencialidades, flexibilidade e contemporaneidade destas bases de dados de materiais, mas também pelo facto da inexistência de um estudo aprofundado para estas ferramentas no nosso país.
Outra razão de peso foi o facto de considerar que estas ferramentas, a curto prazo, poderão ser a primeira fonte de selecção de materiais para a generalidade dos projectistas.

É difícil realizar uma retrospectiva histórica sobre teorias e ferramentas de selecção de materiais pois não existe qualquer trabalho de pesquisa sobre a temática. Contribui para esta situação o facto da maioria do *software* e bases de dados terem sido criados há pouco tempo e, devido a estratégias de marketing das empresas, o acesso a algumas informações, tal como a data de criação destas ferramentas, ser muitas vezes limitado.

Nos anos oitenta vários autores estudaram a selecção de materiais, entre eles J. Charles, F. Crane e J. Furness, que em 1984, no livro *"Selection and use of engineering materials",* defendem que a selecção de materiais deve ser realizada como parte integrante do processo de *design*. Na fase de selecção, os materiais devem ser hierarquizados de acordo com os valores das suas propriedades. Consideram também importante perceber qual a disponibilidade dos materiais, que processos de conformação são adequados a cada material e, por último, o custo associado aos materiais, suas propriedades e processos adequados. **[3]**
Com algumas semelhanças ao método proposto por Charles, Crane e Furness, Rolf Sandstrom desenvolveu um procedimento de selecção, cujo princípio consiste em duas fases: discriminação e optimização de modo a minimizar o número de decisões qualitativas. Na fase da discriminação, os materiais que passam através de um critério, são colocados num índice de mérito para decidir que material é o mais indicado para determinada aplicação. **[8]**

Michael Ashby, no final da década de oitenta, construiu gráficos com o objectivo de seleccionar materiais a partir das suas propriedades. Estes gráficos foram realizados para um grande número de propriedades mecânicas, térmicas, ópticas, eléctricas, de corrosão e pelo custo aproximado. O objectivo principal é seleccionar o material óptimo para uma aplicação particular de engenharia. **[9]**

Segundo Michael Ashby, devido ao facto do número de materiais disponíveis para a engenharia ser muito vasto, não devemos apenas apoiar a selecção na nossa experiência, mas utilizar um procedimento sistemático para realizar uma escolha racional.

Michael Ashby faz um paralelismo entre o processo de *design* e a selecção de materiais e a natureza da informação e escolha do método de selecção depende da fase em que o processo de *design* se encontra.

"No início, o design é fluído e as opções são muitas, todos os materiais podem ser considerados. À medida que o design está numa fase em que a forma é definida, o critério de selecção deve ser mais apertado e sobra uma pequena lista de materiais que podem satisfazer os requisitos. A partir desta fase é necessária informação mais detalhada para os poucos materiais que ficaram. Na fase final do design, a natureza da informação tem que ser precisa e detalhada, para poucos materiais, provavelmente apenas para um". **[9] (p.1)**

Segundo o autor, se não considerarmos como prováveis candidatos todo o universo de materiais, arriscamos a não conseguir inovar.

Na fase do conceito, o *designer* necessita de valores aproximados e noções gerais sobre as propriedades dos materiais, de um grupo muito abrangente de materiais e a informação é genérica. É nesta fase inicial que Michael Ashby propõe os gráficos para a selecção de materiais. Parte do princípio de que, na maior parte das situações para a escolha de um material, o que interessa é a associação de várias propriedades ou características. Por exemplo a relação força/peso, ou a relação dureza/peso e, para isso, a ferramenta de selecção ideal é o gráfico. Perante um conjunto de propriedades que condicionam a escolha dos materiais de um projecto, é possível através destes gráficos identificar o membro, a subclasse e a classe a que pertencem os materiais que mais se adequam ao referido conceito.

Estes gráficos são baseados no método de escala multi-dimensional, que consiste numa forma de revelar semelhanças e diferenças entre membros do mesmo grupo, usando

informação de muitos atributos. Este método aplicado a materiais funciona do seguinte modo: calcula-se a distância entre cada material e todos os outros do seu grupo, através de pares. A distância é medida através das diferenças: se todos os atributos dos dois materiais são idênticos, então a distância entre eles é igual a 0. Se todos os valores das propriedades são idênticos, menos determinado atributo, que difere dez unidades, então a distância entre eles será de 10. **[10]**

Na fase de *design* em que se define a forma é necessária a informação de um número menor de materiais, mas com um nível superior de precisão e detalhe. Estas informações podem ser obtidas em livros, manuais e *software* sobre determinada "família" ou "classe" de materiais, como por exemplo os polímeros, na medida em que é impossível compilar informação pormenorizada de todas as famílias de materiais numa só publicação.
Na fase final de *design* são necessárias informações pormenorizadas sobre os materiais que só são passíveis de encontrar em fichas técnicas dos fabricantes.

O processo de selecção de materiais proposto por Michael Ashby e outros autores, é evolutivo e acompanha o desenvolvimento do processo de *design*; o que difere do proposto por Gui Bonsiepe **[11]** e Bruno Munari **[12]**, que consideram a selecção de materiais numa única etapa do processo projectual.
Michael Ashby tem continuado como investigador da selecção de materiais, sendo um dos mais experientes e, decerto, o mais prestigiado. As suas teorias e processos de selecção de materiais foram desenvolvidas e aplicadas a vários programas de selecção de materiais, como por exemplo os programas C.E.S. 4 Selector, LAB, Constructor, Web, Edupack, Eco Selector e o mais recente Granta MI (que utilizam bases de dados CES Material Universe, CES Polymer Universe, CES MIL-Handbook, CES CAMPUS Plastics, CES IDES Plastics).
Vários autores, como Ronald Giachetti **[13]**, Lennart Ljungberg **[14]** e Kevin Edwards **[15]**, criticam o processo de selecção proposto por Michael Ashby, referindo que se trata de um sistema bom para o ensino mas que falha na indústria, na aplicação a casos reais. Nomeadamente, Ronald Giachetti considera que o sistema desenvolvido por Michael Ashby limita a selecção de materiais e processos a um máximo de três critérios em simultâneo o que impõe ao utilizador ter as propriedades e critérios de selecção bem definidos.
A equipa de investigação de Grenoble, formada por professores, em colaboração com a equipa de Cambridge, investigou **[16]** a aplicabilidade dos métodos de Ashby à indústria,

na situação de critérios múltiplos e em problemas específicos e complexos. De facto, foram identificadas falhas para diferentes situações: **(i)** quando um componente ou objecto envolve vários requisitos de *design*; **(ii)** quando um objecto tem objectivos múltiplos de *design* (por exemplo, minimizar peso e custo); **(iii)** quando um componente envolve a optimização simultânea de vários elementos (selecção simultânea e interdependente da forma, material e processo); **(iv)** quando o *design* do componente se torna muito complexo ou quando o conjunto de requisitos é longo. Defendem que as ferramentas propostas por Ashby necessitam de maior compatibilidade com outros sistemas de *design*, em particular com os que realizam o dimensionamento de componentes. A equipa de investigação de Grenoble acredita que o método de Ashby e os sistemas associados como o *software* CES podem ser mais especializados, implicando uma maior adaptação às situações reais da indústria.

Em 1992, R. J. Bamkin e B. J. Piearcey realizam o estudo, “Knowledge-Based Material Selection for Minimum Weight Fatigue”. Consideraram um determinado componente como uma parte de um conjunto de materiais. Argumentam que o material deve ser escolhido não só pelas suas propriedades intrínsecas, mas também pela sua compatibilidade com os materiais associados, porque as restrições ao uso de determinado material não se limitam ao seu comportamento em particular. Por exemplo, a escolha de um elemento com uma excelente resistência à corrosão pode causar corrosão galvânica nas peças adjacentes. O sistema de selecção de materiais só está completo quando o processo de *design* estiver. Foram posteriormente realizados estudos sobre a possibilidade de desenvolver *software* com base neste projecto. Este sistema tem como objectivo a selecção de materiais nas fases preliminares, permitindo a pesquisa de materiais para os vários componentes do objecto, todos compatíveis, onde cada escolha de materiais pode ser justificada.
O sistema informático, baseado no conhecimento das propriedades dos materiais (*Knowledge-based material selection*) permite dispor de informação importante de várias disciplinas de modo a apoiar a selecção. **[17]**

Mhod Sapuan propõe também um sistema informático baseado no conhecimento das propriedades dos materiais para apoiar a tomada de decisões na selecção, no artigo *“A Knowledge-based system for material selection in mechanical engineering design”* publicado em 2001. O sistema KBS (Knowledge-Based System) que propõe é constituído

por conhecimento especializado capaz de ajudar o utilizador, através de questionário, a resolver de forma interactiva vários problemas. É um sistema informático que tenta aproximar-se do conhecimento humano especializado, de modo a possibilitar ao utilizador um conhecimento rápido, fácil e acessível. Dr. Mohd Sapuan e o Professor Hassan Abdalla desenvolveram um protótipo baseado num sistema KBS para a selecção de materiais compósitos de base polimérica, utilizando um raciocínio baseado em regras para a selecção de materiais de componentes automóveis.

M. Sapuan valoriza a importância dos sistemas informáticos para armazenar os dados referentes às propriedades dos materiais, permitindo aos *designers* aceder de uma forma rápida a uma quantidade de informação considerável.

A importância destes sistemas é notória nas grandes empresas fornecedoras de materiais, assim como no *software* para a selecção de materiais poliméricos e compósitos. É o caso, por exemplo, do sistema de selecção de materiais Plascams da empresa Rapra Technology, que utiliza duas rotinas de procura e possibilita aos utilizadores pesquisar milhares de materiais através das suas propriedades. **[18]**

O sítio na Internet “MatWeb” possibilita também várias formas de pesquisa para milhares de materiais e suas propriedades. É, actualmente, a base de dados reportada a que oferece mais informação e um maior número de materiais, ao todo 56.000. A informação é de natureza técnica, tem um conjunto de propriedades físicas, mecânicas, térmicas, ópticas e eléctricas, entre outras, que caracterizam de forma muito exaustiva os materiais.

Mais tarde surgiram portais para a selecção de materiais, ligados a vários sectores da indústria e a fabricantes como a General Electric Polymerland, Boedeker, Good Fellow, BASF, BAYER, Sandvick, Dupont, entre outros. As ferramentas de selecção de materiais são vistas como uma mais valia não só para os projectistas, mas também para os fabricantes e comerciantes de materiais.

K. L. Edwards, investigador da selecção de materiais, referencia positivamente os sistemas informáticos baseados no conhecimento que apoiam a tomada de decisões na selecção de materiais, recorrendo a dados anteriormente arquivados. Nomeadamente os desenvolvidos por Mohd Sapuan e o sistema “Knowledge based” para Gestão de materiais desenvolvido por K. Trethewey, R. Wood, Y. Puget, P. Roberge, em 1998. No entanto, considera que estes sistemas não são facilmente aplicáveis a pequenas empresas, porque os *designers* trabalham com limitações de tempo e recursos.

Normalmente estes profissionais recorrem a experiências bem sucedidas no passado ou à intuição. São opções válidas, que podem resultar, assim como podem levar a soluções desajustadas que apesar de não correrem o risco da inovação, podem tornar-se vulneráveis.
Segundo o autor, a precisão da selecção do melhor material, é exponencialmente maior quando a experiência é combinada com registos de dados sobre materiais e estudos de casos sobre a selecção de materiais. Para os *designers* em início de carreira e com menos experiência existe a necessidade de arquivar informação sobre materiais de modo a que se possa aceder aos dados de forma rápida e fazer uma escolha racional. É importante ter o registo dos materiais não seleccionados assim como as selecções de materiais mal sucedidas.

Edwards propõe a selecção de materiais através de um questionário **(Ver questionário para a selecção de materiais no anexo nº1)**. As questões são essenciais para motivar a reflexão sobre a solução, o conceito de *design* e a selecção de materiais. **[15]**

Ronald E. Giachetti, em 1998, **[13]** defende que o processo de selecção de materiais e de processos de fabrico deve ser realizado no início do processo de *design*, para que possa ter um impacto mais generalizado. No entanto, da pesquisa que realizou a outros sistemas, verificou que só funcionam num domínio em que os dados a introduzir para dimensões e tolerâncias têm valores precisos. A informação disponível no início do processo de *design* é normalmente qualitativa e pouco precisa o que dificulta a selecção de materiais e processos. A solução para uma selecção de materiais e processos adequada, deve conciliar uma base de dados com informação actualizada e abrangente e um bom *software* e interface de apoio à selecção de materiais e processos.
O autor propõe um protótipo para a selecção de materiais e processos de fabrico. Desenvolveu um procedimento para selecção de materiais integrada com a escolha do processo de fabrico. A interface é capaz de suportar questões imprecisas acedendo a uma base de dados. A designação de MAMPS integra um sistema formal de tomada de decisões, por combinação de vários atributos, com uma base de dados relacional. Este sistema integrado de tomada de decisão através da combinação de várias propriedades, tem como principal objectivo realizar a selecção simultânea de materiais e processos de fabrico. O sistema cria uma lista classificada de compatibilidade entre os requisitos e o perfil do produto e os materiais e processos de fabrico. A análise da compatibilidade resulta num vector com várias classificações que são depois unidas numa única tabela.

O sistema MAMPS (MAMPS são as iniciais para “Material and Manufacturing Process Selection”) foi desenvolvido para apoiar os projectistas durante as fases iniciais de concepção e engenharia. A arquitectura do sistema MAMPS funciona através de 3 módulos que trabalham conjuntamente para apoiar uma tomada de decisão. Os módulos são: -selecção de materiais; -selecção de processos e de agregação.

Os módulos de selecção de materiais e de selecção de processos de fabrico são completamente autónomos e avaliam de forma autónoma a compatibilidade entre cada alternativa e os requisitos necessários para o produto. Outra característica importante deste sistema é que permite a introdução de alguns dados qualitativos e imprecisos, que se adaptam perfeitamente ao nível de conhecimento e necessidades do projectista nas primeiras fases do processo de *design*.

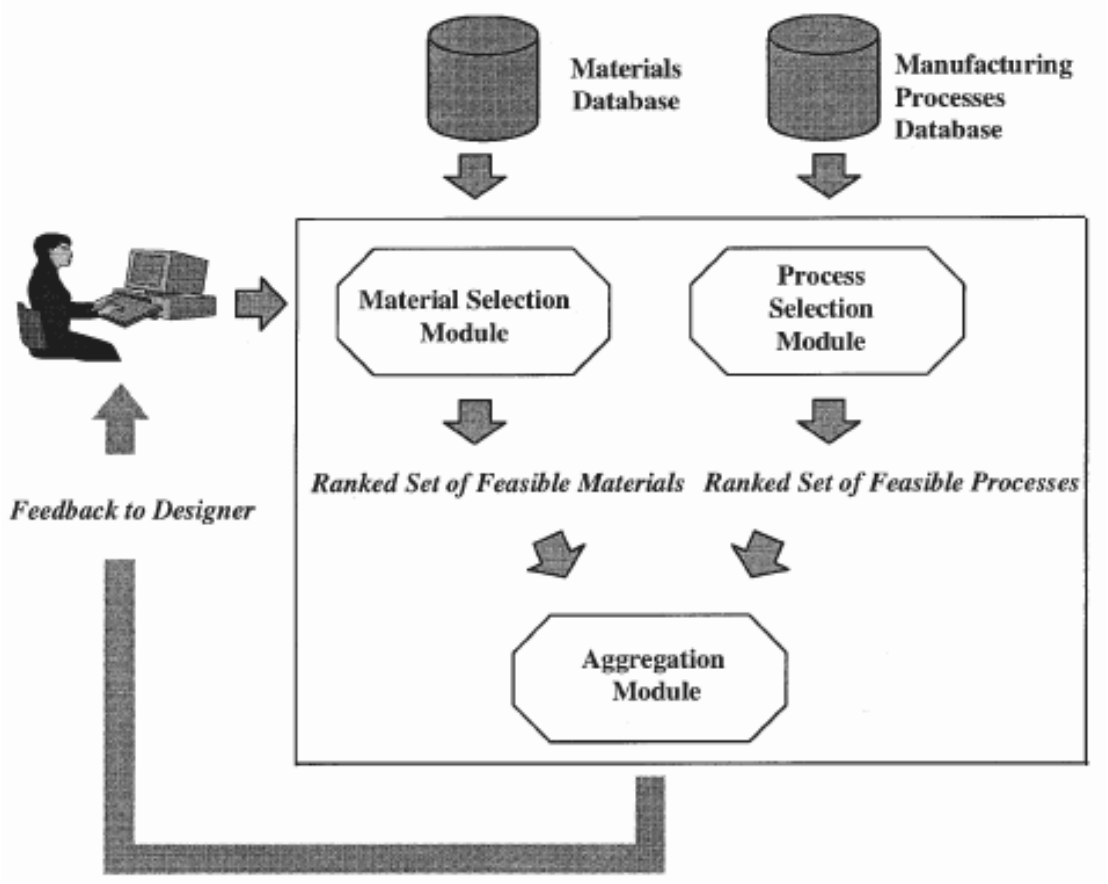


Fig.1. **Arquitectura MAMPS de Ronald E. Giachetti [13] (p.268)**

Como resultado surge uma lista ordenada de alternativas compatíveis, uma para materiais e outra para processos de fabrico. Por último, o módulo de agregação junta a informação das duas listas, usando uma matriz que relaciona os materiais com os processos de fabrico compatíveis. Por fim, é apresentada ao projectista uma lista que classifica as várias alternativas de materiais associados aos processos de fabrico. **[13]**

No ano de 1997, inicia-se em Nova Iorque o projecto Material Connexion, uma base de dados na Internet em formato diferente onde a selecção dos materiais é realizada por etapas e com recurso a imagens. Permite uma selecção com base em dados qualitativos e imprecisos que, tal como defende Ronald Giachetti, adapta de forma mais adequada às necessidades do projectista nas primeiras fases do processo de *design*.
Esta base de dados insere-se naquilo a que Arnold van Bezooyen classificou de ferramenta para selecção de materiais através de um processo de inspiração.
Surgem iniciativas idênticas, como a Innovathèque, em França, pertencente ao Organismo Technical Center for Wood and Furniture, C.T.B.A.. Na Innovathèque procuram-se materiais inovadores e tecnologias associadas que possam ser aplicados à indústria do mobiliário. Este sítio na Internet, tal como o Material Connexion, tem um acesso pago.
Seguiu-se em 2001 dentro mesmo conceito, a primeira biblioteca privada de materiais na Europa, a “Matério” em Paris. Esta biblioteca tem características muito singulares, os materiais são seleccionados pelas suas características, potencialidades e probabilidades em inovar. Esta base de dados, assim como as anteriores, é paga e também permite o acesso a uma biblioteca de amostras de materiais sedeada em Paris. Está muito bem concebida em termos de *design* de interacção, tornando a experiência de utilização muito interessante. A somar a estas características, tem uma linguagem e interface muito acessível, mesmo para pessoas com pouca formação em termos de engenharia ou de *design*.

O portal *Design* Insite foi criado em 1996 e é “O guia dos *designers* para a produção”. Este portal dinamarquês nasce através da iniciativa do Professor Universitário Torben Lenau. A pesquisa é bastante simples e pode ser realizada por materiais, processos, ou produtos, no entanto em números restritos de 120, 100 e 190, respectivamente.
É um portal totalmente gratuito com características mais pedagógicas do que profissionais. Contempla também os factores ambientais e o impacto das escolhas que fazemos, nomeadamente de substâncias indesejáveis para o ambiente. **[19]**

Arnold van Bezooyen depois de avaliar ferramentas para selecção de materiais entre as quais o portal *Design* Insite, CES, IDEMAT, Alusurf, G.E., Material Connexion, Exploring Materials e Matweb, tira partido deste conhecimento para propor algo inovador em termos de *software* para a selecção de materiais - O "Material Explorer".

O conceito do Material Explorer é bastante interessante porque propõe uma abordagem inovadora para a selecção de materiais, partindo do princípio de que a selecção de materiais não é apenas baseada numa pesquisa objectiva, mas também através da experimentação e inspiração.

A interacção entre a visualização (receber e interpretar a informação visual) imaginação (actuar internamente) e o desenho formam um ciclo, que são o cerne das actividades da percepção visual. Estes ciclos descrevem um processo interactivo utilizado no "Material Explorer".

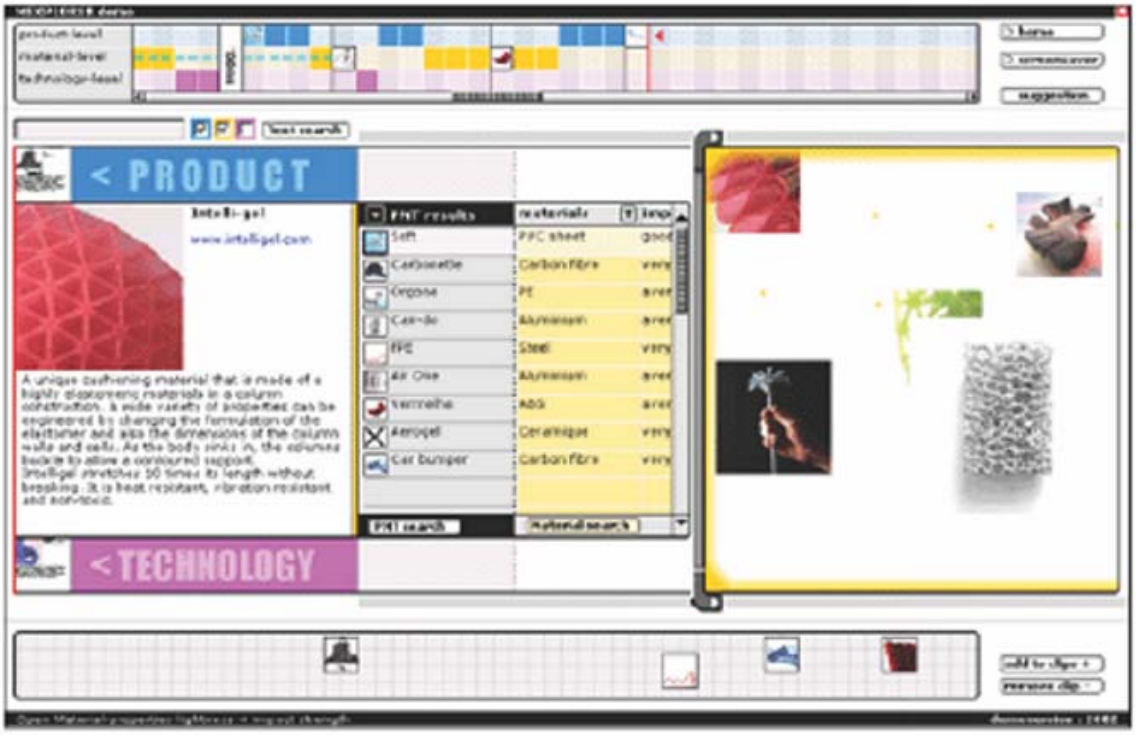


Fig.2. A interface do Material Explorer. Em cima, o historial de pesquisa. Do lado direito e esquerdo o espaço de análise de imagens e resultados, respectivamente. No centro, a zona de escolhas e de visualização de informação sobre as propriedades e materiais. Em baixo, o "clipboard" onde se guardam os resultados.

Segundo Arnold van Bezooyen, a selecção de materiais não é realizada apenas com base em propriedades dos materiais mas, também, através de uma interacção entre função, material, processo e forma e esta relação é o modelo lógico para perceber os aspectos da selecção de materiais.

Com esta visão da selecção de materiais temos a imagem de um conjunto de materiais e tecnologias disponíveis, onde a selecção é dominada pela função, possibilitando sempre a selecção com base na interacção entre a informação sobre os materiais, tecnologias de produção e exemplos de produtos já realizados.

É uma das ferramentas mais completas para a selecção de materiais e proporciona as seguintes potencialidades:

-Os materiais podem ser ordenados pelas suas propriedades funcionais e estéticas, através das quais o *designer* pode procurar soluções.

-Os materiais podem ser apresentados visualmente no seu contexto de aplicação, permitindo avaliar pelo seu valor funcional, estético e o modo como foram integrados.

-O processo de exploração de alternativas é suportado por navegação visual.

-A apresentação é integrada pelos aspectos relacionados com os materiais, tecnologias associadas e produtos já fabricados.

-A informação é centralizada e actualizada e está disponível a partir da Internet.

É um *software* que tenta aproveitar o melhor das ferramentas de informação e de inspiração, permitindo aos *designers* várias formas de selecção, a pesquisa, a ajuda e a inspiração.

O processo de exploração de alternativas é muito interessante e é suportado por navegação visual, com uma apresentação para selecção integrada de materiais, tecnologia e produtos, o que permite relacionar os três factores durante a selecção.

Arnold trabalhou durante algum tempo para a empresa Materia, tendo cedido o nome do seu projecto para a interface da base de dados da empresa. No entanto, esta base de dados é uma ferramenta menos completa. É informativa mas permite menos exploração (tem mais de pesquisa e menos inspiração). Devido à interface, a informação que oferece é mais em termos de aplicação dos materiais, imagens e fornecedores. Esta versão da empresa Materia é gratuita só necessita de uma subscrição, existe desde o final de Fevereiro de 2005. **[6]**

Outros autores e investigadores, com formação em Ciências e Tecnologias também são sensíveis a dimensões que não apenas as técnicas e funcionais como no caso de Lennart Ljungeerg e Kevin Edwards **[14]**. Defendem que existem muitas teorias que propõem a selecção de materiais para determinado produto. No entanto, apenas consideram as questões técnicas e funcionais dos produtos, que não são suficientes para o sucesso comercial. Segundo os estudos indicados, 90% dos produtos bem concebidos tecnicamente não são bem sucedidos comercialmente. Podemos ter um objecto bem desenvolvido tecnicamente em termos de funcionalidade e selecção de materiais, mas que por várias razões falha no mercado.

Segundo os autores existem duas áreas que contribuem para o desenvolvimento do produto: são os factores físicos e os factores metafísicos. Classificam o valor físico relacionado com o modo tradicional de desenvolver os produtos, mais materialista e com objectivos funcionais bem definidos. Para os autores o valor metafísico relaciona-se com os nossos sentidos, incluindo a imaginação, conhecimento, as ideias preconcebidas e os sentimentos que criamos em relação a determinado produto. São valores que baseados no prestígio, no custo, na estética (mais do que no *design*), a reputação associada, ou seja na interpretação que fazemos do produto.

Consideram ainda outros factores, como os culturais: ***"por exemplo, as vivendas construídas em madeira na Escandinávia são muito populares, mas na Europa Central são vistas com algum cepticismo"***. **[14] (p.524)**

O modelo que propõem passa por várias fases e é necessário começar por definir o grupo alvo para o desenvolvimento de um produto logo no início do processo. Se analisarmos as várias marcas no mercado podemos verificar que os materiais associados às marcas de prestígio são semelhantes. O mesmo acontece com os materiais das marcas de preço moderado e com os das marcas mais baratas.

Esta constatação levou à criação de grupos de produtos/marcas existentes no mercado e sua associação aos materiais utilizados:

a) – Produtos de prestígio (**p**);

b) – Produtos de preço moderado (**m**);

c) – Produtos baratos e funcionais (**f**).

Se analisarmos cada um dos grupos e as marcas existentes no mercado, podemos verificar que o mesmo tipo de materiais é utilizado dentro de cada grupo. Por exemplo:

-Os materiais típicos para os produtos de prestígio (**p**), associados a marcas como a Bang & Olufsen, Ferrari, Leica e Rolex, são similares. Temos materiais naturais como madeira, pedras, metais raros e caros e ligas ou polímeros de alto desempenho.
-Os materiais típicos para o grupo (**f**), produtos baratos e funcionais, associados a marcas como a Timex, Fiat, Bic e Kodak são usualmente, polímeros comuns e baratos, materiais naturais mas de qualidade inferior, metais com tratamentos superficiais de qualidade um pouco superior ao metal base e os "materiais a fingir" (serigrafados, envernizados, lacados ou banhados com um metal);
-Materiais típicos do grupo (**m**), produtos de preços moderados, associados a marcas como a Citizen, Peugeot e Canon, são similares aos materiais empregues no grupo (**p),** de prestígio, mas com características de qualidade, e acabamento menos rigorosas e, consequentemente, com preços moderados.
Com base nestas observações, os autores criaram um modelo integrado para a selecção de materiais a que chamam I.P.M.S. (Integrated Product Materials Selection).
O modelo é um conjunto de regras que o *designer* deve seguir. O processo começa com uma ideia para o produto, do passo 1 até ao passo 10. O conceito é influenciado por cada um dos passos e, se no final de cada etapa o produto ainda for interessante, então passa-se para a etapa seguinte. **(Ver tabela do modelo I.P.M.S. no anexo nº2)**
Este modelo tem como principais objectivos aumentar a probabilidade de sucesso comercial no desenvolvimento de um produto, escolha de materiais, selecção do processo de fabrico e *design*. Existe um projecto para criar um programa de computador baseado no modelo I.P.M.S. **[14]**

A empresa Dezineo também considerou importante para o desenvolvimento de um novo produto e inovação, uma abordagem transversal que envolvesse o *design*, marketing e tecnologia.
Este projecto tenta promover a investigação e o desenvolvimento da inovação. É uma abordagem diferente, de prospecção, que procura determinar quais serão os estilos de vida e padrões de vida futuros. Produz relatórios anuais como "Obsessão pela segurança", "*Design* hipersensorial" e "Arquitectura efémera".
Estes relatórios podem ser adquiridos, ou pode realizar-se uma subscrição que permite a aquisição de *cd-rom* com estudos sobre materiais, assim como a adesão que permite o acesso a uma base de dados na internet. **[20]**

A partir de meados da década de 90, várias instituições, empresas e investigadores tentam criar sistemas que relacionem a selecção de materiais com o impacto ambiental e com a avaliação do ciclo de vida dos produtos.

A actividade da empresa holandesa "*PRé Consultants"* teve um peso muito importante no desenvolvimento e implementação de processos e práticas ambientalmente correctas, que melhoram a performance ambiental dos produtos. A finalidade principal foi desenvolver diversas medidas através do *software* para a avaliação e gestão do ciclo de vida, que visam minorar o impacto da utilização de materiais e produtos no meio ambiente.

As ferramentas mais conhecidas são o SimaPro (um dos programas de avaliação e gestão do ciclo de vida de produtos mais usados em todo o Mundo), ECO-it (*software* de *eco-design*) e Umberto. Todas aplicam os fundamentos dos indicatores ecológicos de 95 e 99 (métodos *Eco-indicator'*95 e 99), como metodologias de avaliação do impacto ambiental.

A empresa oferece vários serviços de consultadoria dentro da Avaliação e Gestão do ciclo de vida e impacto ambiental dos produtos, permite o *download* de vários relatórios de indicadores ecológicos e permite a utilização de *software* de demonstração. **[21]**

O sítio na Internet IDEMAT **[22]** para a selecção de materiais, adicionalmente aos dados sobre propriedades mecânicas, físicas e térmicas, também tem informação útil em termos do impacto ambiental dos materiais desde a extracção da matéria-prima até ao material pronto a ser comercializado (com base nos métodos *Eco-indicator'*95, E.P.S. e "Exercy"). A informação está organizada de forma muito simples e a "interface" é bastante fácil de utilizar. A pesquisa é realizada através de um "tronco" comum que é representativo das várias famílias de materiais, que posteriormente se ramifica por classe, membro até atingir a informação técnica. Pertence à Faculdade de *Design* Industrial e Engenharia da Universidade Técnica de Delft na Holanda.

Em 1994, inicia-se um projecto de pesquisa *Rematerialize*, Eco Smart Materials por Jakki Dehn **[23]**, Professora no Departamento de *Design* Industrial e de Mobiliário na Universidade de Kingston no Reino Unido. A pesquisa começou pelos materiais reutilizados e realizados a partir de desperdícios. Foram feitas várias exposições itinerantes em Universidades e Escolas de Arte e *Design* do Reino Unido. O objectivo principal foi o de compilar e manter uma colecção versátil de materiais ecológicos. Podem

ser pesquisados por família de materiais, nome, processo e qualidades, motivando a utilização destes materiais.
A informação do sítio da Internet é pouco extensa, no entanto, tem uma vertente de informação através de fotografias e pequenos filmes bastante interessante.
Os materiais que foram seleccionados para este sítio na internet são aqueles cuja utilização implica um impacto ambiental menor. A maior parte dos materiais na base de dados já é reciclado e 25% dos materiais são fabricados a partir das fibras de plantas, como a juta, fibras biodegradáveis com reduzidos gastos energéticos.

Os investigadores M. Sun, Carl Rydh e Hartmut Keabernick no artigo "Material Grouping for Simplified Product Life Cycle Assessment" **[24]**, propuseram um método simples de avaliação do impacto ambiental dos materiais. O objectivo principal é desenvolver um método para calcular o impacto ambiental dos materiais nas fases iniciais do processo de *design*, apoiando a selecção. O processo baseia-se na informação obtida através das propriedades físicas, mecânicas e ambientais sendo, posteriormente, os materiais classificados e divididos por grupos, de acordo com características de desempenho ambiental. O impacto de cada material no ambiente (representado por Dm) é definido por grupo, reunindo os materiais em função do seu índice Dm.
O impacto ambiental de um determinado conceito de *design*, através da análise dos materiais utilizados, pode ser avaliado com base nos grupos e índice Dm. É uma prática simples, rápida e de rigor aceitável, permitindo também aceder a um resumo sobre o ciclo de vida para cada grupo de materiais.
Os autores analisaram o ciclo de vida de um conjunto de 594 materiais através do *software* SimaPRO, agrupando-os em seis categorias (Cerâmicos e Vidro, Metais Ferrosos, Metais Não-Ferrosos, Papel e Cartão, Polímeros e Madeiras).
As propriedades físicas dos materiais foram analisadas através das bases de dados IDEMAT. O estudo ainda contemplou o impacto ambiental dos materiais ao longo de todo o ciclo de vida, assim como os danos de cada material no ambiente, utilizando o método *Eco-indicator'*99.

Outros estudos foram realizados, relacionando as questões da selecção de materiais com as questões ambientais, sendo de considerar o método da autoria de F. Giudice, G. La Rosa e A. Risitano **[25]**. Estudaram um método sistemático que introduz considerações ambientais na selecção de materiais utilizados em componentes, conjugando os

requisitos funcionais e de performance e minimizando o impacto associado a todo o ciclo de vida do produto.

Segundo os autores, o impacto ambiental dos produtos é directamente influenciado pelas propriedades ambientais dos materiais utilizados, tais como custos de energia, emissões durante as fases de produção e reciclagem. O método de selecção proposto pelos autores é baseado em modelos de cálculo, por um processo que contempla várias fases:

(i) na primeira fase define-se um conjunto de parâmetros e requisitos de *design* (desempenho, funcionalidade, geometria, forma e utilização).

O conjunto de requisitos de *design* constitui os dados de entrada para a selecção de potenciais soluções;

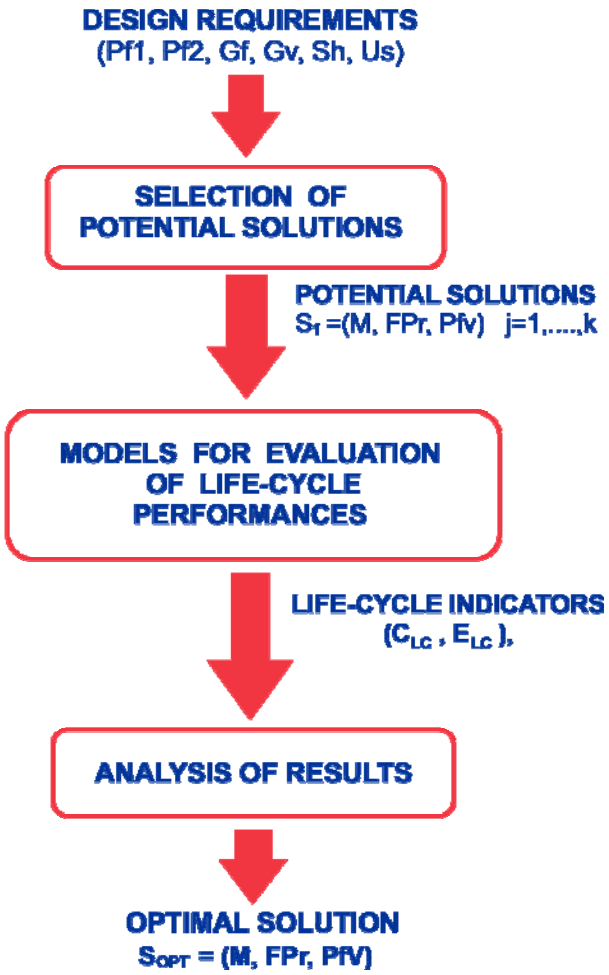


Fig.3. **Resumo do método de F. Giudice, G. La Rosa e A. Risitano. [23] (p.11)**

(ii) na segunda fase, os modelos de cálculo são aplicados a cada uma das potenciais soluções no sentido de avaliar os indicadores de impacto e do custo durante todo o ciclo de vida.
(iii) na fase final do método são analisados os resultados e identificada a escolha considerada ideal.

Outro projecto muito interessante de apoio à selecção de materiais é o Transstudio. Surge nos E.U.A. por iniciativa do Transstudio, liderado pelo Arquitecto Blaine Brownell **[26].** O Transmaterial é nada mais do que um catálogo de materiais, produtos e processos que o autor considera estarem a redefinir a nossa envolvente física e o Universo de materiais disponíveis. Blaine Brownell está convicto que na arquitectura e *design* ainda se privilegiam, os materiais convencionais relativamente a outros mais inovadores e é por esta razão que propõe um catálogo com materiais recentes e potenciadores de inovação.
O catálogo está dividido em: -Materiais de "alta performance"; -materiais "multidimensionais"; -materiais "repropostos" (que permitem a substituição de outros materiais mais dispendiosos e raros); -materiais "combinados" (materiais que são constituídos pela união de dois ou mais materiais); -materiais "inteligentes" (concebidos para melhorar o envolvimento e cuja inspiração é realizada em sistemas naturais);
-materiais "transformáveis" (materiais que alteram a cor, transparência ou outras propriedades através de estímulos exteriores); -materiais de "interface" (materiais que facilitam a interacção entre o mundo físico e o mundo virtual). É possível realizar o *download* do catálogo e a actualização do mesmo é efectuada todas as sextas-feiras através de uma *newsletter*.

Em 2005 foi publicado um artigo "A web-based advisory system for process and material selection in concurrent product *design* for manufacturing environment", da autoria do Dr. William Xuan Zha **[27]**. O artigo faz uma retrospectiva dos sistemas existentes e da tendência e vantagens que podem advir da utilização de serviços de apoio à selecção de materiais, baseados em servidores na Internet. Segundo William Zha, os serviços de apoio à selecção de materiais baseados em servidores na Internet têm muitas vantagens:
-permitem a utilização e comunicação simultânea de muitos utilizadores;
-os utilizadores não necessitam de hardware ou *software* específico para terem acesso aos serviços.

-oferece sistemas especializados de apoio à selecção de materiais e permite aos utilizadores com menos experiência desempenharem tarefas mais complexas.
-conseguem oferecer um número superior de informação quando comparado com manuais ou suportes digitais, sendo a informação actualizada frequentemente.
William Xuan Zha desenvolveu um sistema de consultadoria na Internet para a selecção de materiais e processos de fabrico adequados. Este sistema tem como principais objectivos:
-explorar novas metodologias de conhecimento específico para avaliar e seleccionar materiais e processos de fabrico;
-desenvolver um servidor cuja arquitectura possibilite ao utilizador ter acesso a um conjunto de informação e regras para a decisão da selecção.
O sistema foi especialmente desenvolvido para gerar aconselhamento na selecção de materiais e processos de fabrico durante as etapas iniciais do processo projectual.
O sistema proposto por William Xuan Zha funciona de um modo similar a outros sistemas de *software*, composto por uma base de dados, módulo de *software* de apoio a selecção e um sistema de avaliação, comparação e selecção entre alternativas. O sistema proposto denomina-se WebMCSS (Web based manufacturing consulting service system).
Através da introdução de vários parâmetros, o *software* determina quais os processos de fabrico e materiais adequados. No entanto, o sistema também pode partir de um determinado processo de fabrico disponível para a produção e indicar as características do *design* que satisfazem os requisitos desse processo. O sistema WebMCSS pode ser utilizado como biblioteca de processos de fabrico. Este sistema pode ser utilizado através de suporte digital no computador ou através de um portal de Internet. **[27]**

Os métodos para a selecção de materiais em suporte digital ou através de base de dados na internet são cada vez melhores. Desde os primeiros portais aos actuais *"Material Connexion"*, *"Material Explorer", "Materio"* as diferenças são consideráveis, não só em termos de qualidade de informação, como de usabilidade da interface e *design* de interacção. O futuro e as tendências são imprevisíveis mas o caminho de rigor e qualidade traçado por estas ferramentas é entusiasmante. No entanto, nada nos pode impedir de sonhar com ferramentas de selecção de materiais de qualidade equivalente aos portais atrás referidos, mas com a possibilidade de integração em Sistemas de Desenho Assistido por Computador.

"A disciplina de selecção de materiais e processos é relativamente recente e tem testemunhado um desenvolvimento muito rápido, particularmente para finalidades pedagógicas. Novas abordagens e estudos de casos aplicados ao design industrial demonstram que a investigação neste campo confronta-se com muitos e novos desafios"
[16] (p.408)

Considerações sobre a oportunidade do trabalho de investigação

A influência directa dos produtos que utilizamos na nossa qualidade de vida é notória e ninguém é indiferente à qualidade dos materiais do escritório, comboio, autocarro ou do automóvel que utilizamos.
A selecção de materiais tem um peso cada vez maior sobre todo o ciclo de vida dos produtos desde o processo de fabrico, tempo de produção, desempenho funcional, custo final e até na possibilidade de reciclagem.
Por outro lado, a selecção era habitualmente associada à criação de novos produtos que se mantinham no mercado durante muito tempo. A realidade actual é porém diferente e o tempo de validade de um produto no mercado reduziu-se bastante, devido a uma concorrência cada vez mais agressiva e à necessidade de inovação. A selecção de materiais é uma tarefa frequente, não só para a criação de produtos totalmente novos, mas também para: -melhoria ou inovação num produto existente; -diferenciação de um determinado produto já comercializado; -problemas no fornecimento de determinados materiais; -alterações de moda, tendência e *design* e surgimento de novos processos de fabrico. **[28]**

Quando há dezanove anos Ezio Manzini escreveu “La matéria dell invenzione”, previa uma nova relação entre o *design* e os materiais. Essa nova relação passa pela atenção dos projectistas à inovação da ciência dos materiais, ficando o futuro do *design* relacionado com o uso de novos materiais.
“A diferença reside na velocidade, no ritmo cada vez mais frenético a que o novo é introduzido. Esta aceleração verificou-se sobretudo com a introdução dos plásticos. Os materiais entraram numa área em que a inovação não precisa já dos períodos de tempo relativamente extensos dedicados à investigação empírica; há agora uma significativa integração da ciência na tecnologia”. **[5] (p.42)**

Esta nova ligação entre os *designers* e a Ciência e Engenharia dos Materiais passa pela formação e informação actualizada sobre novos materiais e processos de fabrico.
Os ensinamentos das disciplinas de materiais que tivemos na nossa formação como *designers*, os manuais de referência e a experiência profissional são muito importantes.

Mas assim como actualizamos as nossas competências em termos do desenho assistido por computador, processos de fabrico e de prototipagem, também o devemos fazer em relação aos materiais.

"um designer bem sucedido escapou da mentalidade associada à geração antiga de materiais e explorou as propriedades especiais, liberdade e design dos novos materiais"
[7] (p.361)

Ao longo da História, o conhecimento de novos materiais e tecnologias foi a motivação para o Homem iniciar a criação de um novo objecto. A história do *design* mostra que existe uma relação entre novos movimentos artísticos e correntes estéticas e a utilização de novos materiais e tecnologias. Por exemplo, a Arte Nova com a utilização do bronze fundido e ferro forjado; O Styling está associado à utilização do aço, do alumínio e da fundição, o movimento Pop com a utilização de materiais poliméricos.
Mais recentemente a descoberta de novos materiais pode implicar o fabrico de novos objectos. Tal foi o caso do silicone de elevado grau de pureza que proporcionou a construção de transístores, o vidro de elevado grau de pureza que possibilitou a criação da fibra óptica; os magnetos de elevada força coerciva que possibilitaram a construção dos telefones móveis.

Neste contexto, é importante para o *designer* manter-se actualizado, a par dos principais avanços na ciência dos materiais e respectivos processos. Na tentativa de responder a esta necessidade de conhecimento e de armazenar informação, têm surgido várias iniciativas de criação de bases de dados e *software* que permitem aceder "on-line" às informações sobre um vasto leque de materiais e processos que pode ser muito útil para o *designer*.
Existem bases de dados muito completas que permitem a consulta e pesquisa de materiais por critérios que estão relacionados com as propriedades intrínsecas mecânicas (módulo de ruptura, resistência à flexão, tenacidade à fractura, dureza, resistência à fadiga, tensão de cedência e fluência entre outras) e propriedades intrínsecas não-mecânicas (térmicas, ópticas, magnéticas, eléctricas).

No entanto, é importante saber se a informação está acessível, qual a facilidade de utilização, se contemplam informações necessárias ao processo de *design* e se os dados estão normalizados, compatibilizando a sua utilização com outras bases de dados.

"As rápidas alterações nos preços assim como na preservação do ambiente conduzem a mudanças drásticas na utilização dos materiais. Um bom profissional de design deve estar consciente destas alterações e procurar novas soluções onde diferentes materiais serão usados como substitutos em combinação com alterações no design." **[1] (p.389)**

Durante o trabalho de pesquisa, verifiquei que a generalidade das bases de dados têm a informação dispersa e que o tipo de organização, conteúdo e linguagem é muito diferente de uma base de dados para outra.
Na maior parte dos portais a informação é muito técnica e difícil de ser utilizada em fases iniciais do processo de *design*.

"Existe aqui um desequilíbrio aparente entre o acesso à informação dos designers industriais e dos engenheiros. Os engenheiros têm acesso fácil à informação do tipo que necessitam: -manuais; -software de selecção; -serviços de aconselhamento dos fornecedores de materiais (…) Os designers industriais, normalmente expressam a sua frustração porque não têm apoio equivalente. O mesmo acontece no ensino superior em que as cadeiras de materiais nos cursos técnicos estão muito desenvolvidas com acesso a estudos, software, jornais e conferências, mas não existe similar abundância e apoio para os disciplinas de materiais no ensino dos cursos de design industrial" **[10] (p.2)**

Nos últimos anos surgiram algumas bases de dados que tentam colmatar esta falta de informação para os *designers* como é o caso das já referidas, Material Connexion, Innovathéque, Matério, Transmaterial e o mais recente Material Explorer.
O mesmo esforço tem acontecido com a publicação dos livros: "Materials and *design*, The Art and Science of Material Selection in Product *Design*" de Michael Ashby & Kara Johnson **[10]**, "Materials for inspirational *design"* de Chris Lefteri **[28]**, "Industrial *design*: materials and manufacturing" de Jim Lesko **[29]**, entre outros.

No entanto, as ferramentas mais eficazes do presente e que dão origem a novas ferramentas no futuro são sem dúvida as bases de dados e *software* de apoio à selecção de materiais.

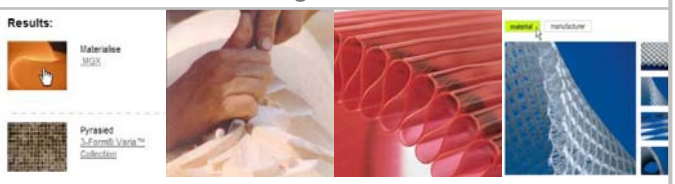
Neste trabalho de investigação propõe-se fazer o levantamento do *software* e bases de dados existentes e experimentar a selecção de materiais, simulando projectos distintos, analisando e estudando os percursos realizados durante as várias etapas da selecção. É relevante saber a relação existente entre o *input* e o *output* da informação:
“Para que situações determinada base de dados é a mais adequada?” “Que informação tem disponível?” “Como está organizada a interface?” “Que utilidade têm para a actividade projectual?”. Estas são algumas das questões a que se pretende responder neste trabalho de análise.

A pesquisa bibliográfica sobre as bases de dados para a selecção de materiais, a recolha de informação sobre as técnicas disponíveis para a selecção e a análise e a experimentação das bases de dados realizadas neste trabalho serão, por isso, um contributo importante para os profissionais e estudantes de *design*.

Em Portugal ainda não existem estudos sobre *software* e bases de dados para selecção de materiais. A informação disponível é habitualmente originária dos Estados Unidos da América, Reino Unido, França e Holanda.
A investigação e o trabalho desenvolvido nestes países tem sido compensador, no sentido que resultou na criação de dinamismos que levaram à realização de ferramentas muito úteis e ao desenvolvimento desta área de investigação. Os resultados positivos levaram à criação de bases de dados na Internet por parte de empresas privadas europeias e à constituição de empresas dedicadas exclusivamente a oferecer este tipo de serviços.

Por outro lado, as alterações em termos de recursos e energia e com a instabilidade dos preços dos combustíveis tornam a relação entre materiais e energia mais estreita e a importância da selecção de materiais e processos cada vez maior. O peso dos erros na selecção de materiais paga-se caro em termos monetários e ambientais.

CAP. II



Ferramentas de selecção de materiais

Metodologia de investigação

Análise das bases de dados para selecção de materiais (fichas individuais descritivas dos portais)

Análise do software para selecção de materiais (fichas individuais descritivas do software)

Análise das bases de dados de fabricantes para selecção de materiais (fichas individuais descritivas dos portais)

Ferramentas de selecção de materiais

Neste capítulo são descritas algumas das mais importantes e representativas ferramentas para selecção de materiais, bases de dados e *software*.
Todas as informações relevantes das ferramentas foram registadas através de folhas de cálculo em formato *Microsoft Excel*, incluindo o nome, endereço electrónico, modalidade de utilização, número total de materiais, número de processos, "família ou classe de materiais disponíveis", métodos para selecção, propriedades para selecção, tipo de informação resultante da pesquisa, observações, sendo também incluído um texto introdutório e descritivo para cada ferramenta. As tabelas de análise encontram-se nos **anexos 3 a 14**, mas como a forma impressa não possibilita o acesso a toda a informação, é disponibilizado um *cd-rom* com o ficheiro em formato *Microsoft Excel*.
Será descrita a metodologia e critérios adoptados para a concretização da investigação.

Metodologia de Investigação

A metodologia de investigação utilizada começou pela análise bibliográfica relacionada com a selecção de materiais através de livros e revistas científicas.
A pesquisa bibliográfica foi realizada com o acesso às seguintes bibliotecas:
-Biblioteca da Universidade de Aveiro, Aveiro.
-Biblioteca do I.N.E.T.I., Lisboa.
-Biblioteca da F.C.T. da Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica.
-Biblioteca do Centro Português de *Design*, Lisboa.
-Biblioteca Central da Universidade do Algarve, Gambelas, Faro.
-Biblioteca da E.S.E. da Universidade do Algarve, Faro.

Através da internet foram pesquisadas as seguintes bases de dados:
-Biblioteca Nacional.
-Biblioteca do Instituto Superior Técnico da U.T.L.
-Biblioteca do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
-Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra.
-Portbase, Catálogo Colectivo em linha, das Bibliotecas Portuguesas.

-COLCAT, portal para catálogo colectivo de Bibliotecas Nacionais e Estrangeiras.
-B-ON, Biblioteca do conhecimento on-line.
-Portal de periódicos do Ministério de Educação Brasileiro.
-Editora Springer/Kluwer.
-Editora Pro-Quest 5000.
-Editora Elsevier.
-Editora Interscience.
-Editora Wiley.
-Editora Science Direct.
-Editora ISI Web of Knowdledge.
-Editora Butterworth-Heinemann.
-Editora McGraw-Hill.
-Sítio na Internet da Amazon.
-Sítio na Internet da FNAC.
-Motor de busca Google.
-Motor de busca Sapo.

Durante a pesquisa bibliográfica e na internet foram retirados apontamentos dos resultados significativos sobre selecção de materiais e em alguns casos foram realizados textos de resumo.
Foi a partir da bibliografia, artigos científicos, portais e motores de busca que foram encontradas as referências para as ferramentas de selecção de materiais e a contextualização teórica do presente trabalho.
Depois de referenciadas cerca de três centenas de ferramentas (listadas na webgrafia), foram todas analisadas, tendo sido consideradas relevantes para investigação, cerca de uma centena.
Os critérios para a escolha das bases de dados e *software* relevantes para o trabalho de investigação foram os seguintes:
-Carácter alargado da ferramenta (não foram consideradas bases de dados ou *software* muito específicos, por exemplo: a selecção de materiais para próteses dentárias ou ligas metálicas para soldadura).
-Possibilidade de seleccionar materiais (foram excluídos os casos que só permitiam selecção de processos de fabrico).
-Número mínimo e significativo de materiais (não foram consideradas bases de dados com número igual ou inferior a 12 materiais).

-A utilidade para a resolução de problemas da actividade projectual (do *designer*, engenheiro ou arquitecto) e possível importância para a selecção de materiais durante o processo de *design.*

O estudo destas ferramentas passou por registar, por escrito, as funcionalidades e características, experimentar a versão de demonstração do *software* ou do acesso temporário autorizado às bases de dados. Caso o sítio na Internet do representante da ferramenta de selecção não possibilitasse a versão de demonstração, era realizado o contacto a solicitar a mesma. Se, no final deste processo, ainda restassem dúvidas voltava a contactar os representantes do *software* para lhes colocar mais questões.
Este procedimento foi aplicado a todas as ferramentas mas, ainda assim, persistem incertezas em relação a algumas destas ferramentas, quando o acesso temporário às bases de dados e versões de demonstração foi negado; pelo facto do acesso e da versão de demonstração permitir apenas funcionalidades parciais ou ainda pelo facto dos representantes não responderem às questões colocadas. Alguns editores não souberam esclarecer dúvidas em relação ao número total de materiais disponíveis e à informação resultante da pesquisa.
Todas as ferramentas seleccionadas estão descritas nas tabelas de análise em anexo e nas respectivas folhas de cálculo no *cd-rom*.

Durante a pesquisa das ferramentas de selecção, adoptei um critério de agrupar as mesmas de acordo com as seguintes características:
-Bases de dados gerais.
-Bases de dados de fabricantes.
-*Software*.
O grupo das “bases de dados gerais” implica a existência de uma ferramenta com informação relativa a uma ou várias “famílias de materiais”, suas propriedades e pode ter referência a vários fabricantes de materiais.
As “bases de dados de fabricantes” são mais restritas e contêm informação sobre uma classe ou várias subclasses de materiais fabricadas por uma determinada empresa que é também a proprietária da base de dados.
O *software* é um aplicativo que trabalha a informação de uma ou várias bases de dados e o tipo de informação depende da base de dados utilizada.
Em muitos casos é difícil de diferenciar entre as bases de dados e *software*, na medida em que as bases de dados têm uma interface que funciona através de um aplicativo e o

software tem sempre alguma informação proveniente de uma base de dados. Nestes casos respeitei a opção da empresa em termos de denominação.

Análise das bases de dados para a selecção de materiais

As 100 bases de dados e respectivos *software's* foram todas analisadas de acordo com os seguintes itens:
-Nome da Base de dados
-Instituição ou empresa associada
-Texto caracterizador
-Endereço do portal
-Número total de materiais / (número total de processos)
-Modalidade de utilização
-Materiais disponíveis
-Métodos de selecção
-Propriedades para selecção
-Tipo de resultado / Informação
-Observações (em alguns casos)
Os itens de caracterização são os idênticos aos das folhas de cálculo.

Estes elementos estão compilados num *cd-rom* complementar deste trabalho. As folhas de cálculo são também apresentadas nos anexos 3 a 14 mas é de referir que alguma da informação disponível nas folhas de cálculo só é acessível através de janelas de comentário, que surgem com o movimento do cursor e, por essa razão, aconselhamos a consulta através do ficheiro.
Destas 100 bases de dados far-se-á nesta secção a apresentação da análise de 5 bases de dados gerais mais representativas (serão também analisadas cinco bases de dados de fabricantes e cinco exemplos de software). As cinco bases de dados escolhidas assim como o *software* foram seleccionadas de acordo com a sua importância perante as restantes, segundo os critérios atrás definidos e a representatividade dentro de determinado modelo conceptual.

A secção de análise das bases de dados e *software* não pretende substituir ou transcrever a informação contida nas folhas de cálculo. Seria duplicar trabalho e tornaria a leitura da presente dissertação demasiado cansativa.

I. Análise da base de dados MatWeb

Nome da base de dados:

-MatWeb (Material Property Data)

Instituição ou empresa associada:

Portal pertencente à empresa Automation Creations, Inc.
2020 Kraft Drive, Suite 3000, Blacksburg, VA 24060.
Tel: 540-552-7670 | Fax 540-552-1657
E-mail: questions@aciwebs.com, sítio na internet: www.aciwebs.com

Texto caracterizador:

A base de dados MatWeb é uma base de dados com muita informação sobre propriedades de materiais e tem um número considerável de fichas técnicas.
Foi um dos primeiros portais de materiais, é bastante popular entre engenheiros e projectistas de todo o Mundo e em muitos aspectos é o mais completo e com mais "famílias" de materiais e hipóteses de pesquisas diferenciadas. Inclui muita informação sobre polímeros termoplásticos, resinas termoendurecíveis, ligas metálicas, metais, cerâmicos, semicondutores, fibras e outros materiais de engenharia.
A base de dados “MatWeb” possibilita a pesquisa de milhares de materiais e suas propriedades. É provavelmente a base de dados que oferece mais informação sobre um número elevado de materiais, acima de 56 mil. A informação é de natureza técnica, tem um conjunto de propriedades físicas, mecânicas, térmicas, ópticas e eléctricas entre outras, que caracterizam de forma muito exaustiva os materiais.
É uma base de dados para selecção de materiais que foca a selecção sobre propriedades e aspectos objectivos e funcionais. A interface é tradicional e pouco flexível, não permite muita liberdade ao utilizador. Foi concebida tendo como principal público-alvo os engenheiros e não contempla propriedades de superfície e estéticas ou qualquer

imagem com o objectivo de inspiração. Permite vários tipos de procura, no entanto quando se realiza a pesquisa avançada ou por propriedades é necessário ter alguns conhecimentos principalmente, em relação aos valores das propriedades. **[30]**

Fig.4. **Imagem da interface da base de dados MatWeb durante uma pesquisa avançada.**

Endereço do portal:

www.matweb.com (última consulta a 8 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

Fichas técnicas de mais de 56.000 materiais.

Modalidade de utilização:

O acesso à base de dados é gratuito. No entanto, para aceder a informação avançada ou a mais funcionalidades, como o serviço "Premium", é necessário pagar uma assinatura anual de US$74,95.

Materiais disponíveis:

Metais, polímeros, cerâmicos, compósitos e vidros

Métodos de selecção:

-Nome.

-"Família do material".

-Designação comercial.

-Composição.

-Fabricante.

-Número UNS (Sistema de numeração unificada para metais e ligas).

-Palavra ou frase "chave".

-Pesquisa avançada.

-Através de propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, eléctricas, ópticas e de produção ou fabrico).

Tipo de resultado | Informação

Obtém-se uma lista de materiais possíveis, cada designação é uma hiperligação que leva à folha de cálculo do material. No caso da pesquisa avançada, é possível realizar uma selecção mais aprofundada que vai eliminando através de outros critérios de escolha.

Depois de escolher o material, ao accionar a hiperligação, surge uma ficha técnica em formato de folha de cálculo, com as seguintes informações:

-Designação técnica.

-Composição.

-Palavra-chave.

-Observações sobre o material e origem da informação contida na ficha técnica.

-Propriedades físicas.

-Propriedades mecânicas.

-Fornecedor(es).

-Processos associados.

Permite, ainda, para utilizadores registados as seguintes funções:

-Modo de comparação de propriedades.

-Pastas para arquivar dados dos materiais.

-Exportação de dados nos seguintes formatos (CSV, TXT, excel, folhas de cálculo para o SolidWorks, CosmosWorks Library, Algor Library, NeiWorks library, ANSYS Format).
-Possibilidade de converter as unidades.
-Calculadora do momento de inércia e peso.
-Índice remissivo.
-Colocar e receber respostas a dúvidas e questões de engenharia e procura por palavras e frases específicas no caso de utilizadores que pagaram o serviço “Premium”.

Nos **anexos 3, 4, 5 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

II. Análise da base de dados Matériothèque da Matério

Nome da base de dados:

Matériothèque, também designada por Matério.

Instituição ou empresa associada:

Sítio na Internet pertencente à empresa SAS Matério.
15, square de Vergennes 75015 Paris.
Tel: 33(0)156232000 | Fax: 33(0)156232014
E-mail: info@materio.com | sítio na internet: www.materio.com

Texto caracterizador:

Fundado em 2001, é a primeira base de dados de carácter generalista e privada na Europa.
O objectivo principal desta ferramenta, chamada de Matériothèque, é disponibilizar materiais diferentes, considerados "inovadores". Assim, os materiais seleccionados para a base de dados são aqueles cujas características têm mais potencialidades de catalisar inovação na concepção de novos produtos. Os materiais estão agrupados em 10 grupos diferentes e a selecção é tão simples que se torna quase intuitiva. Tem biblioteca física de materiais e amostras em Paris e promove exposições relacionadas com os materiais e *design*.

O acesso a esta base de dados na Internet é pago e é necessário subscrever uma anuidade ou uma visita por marcação, que também permite o acesso à biblioteca de amostras de materiais, sedeada em Paris.

O sítio na Internet e base de dados estão muito bem concebidos em termos de *design* de interacção, tornando a experiência de utilização muito interessante. É uma base de dados com qualidade em termos de **"usabilidade"** e de interacções entre o utilizador e a interface. Tem eficácia de uso, fácil de aprender, proporciona uma experiência agradável e motivadora.

É uma ferramenta de inspiração, tem uma visão dos materiais não só funcional como também do seu valor estético. **[31]**

Fig.5.a **Aspecto da interface no menu de pesquisa.**

***usabilidade:** fácil de aprender, com um uso efectivo e que proporcione uma experiência agradável. **[32]**

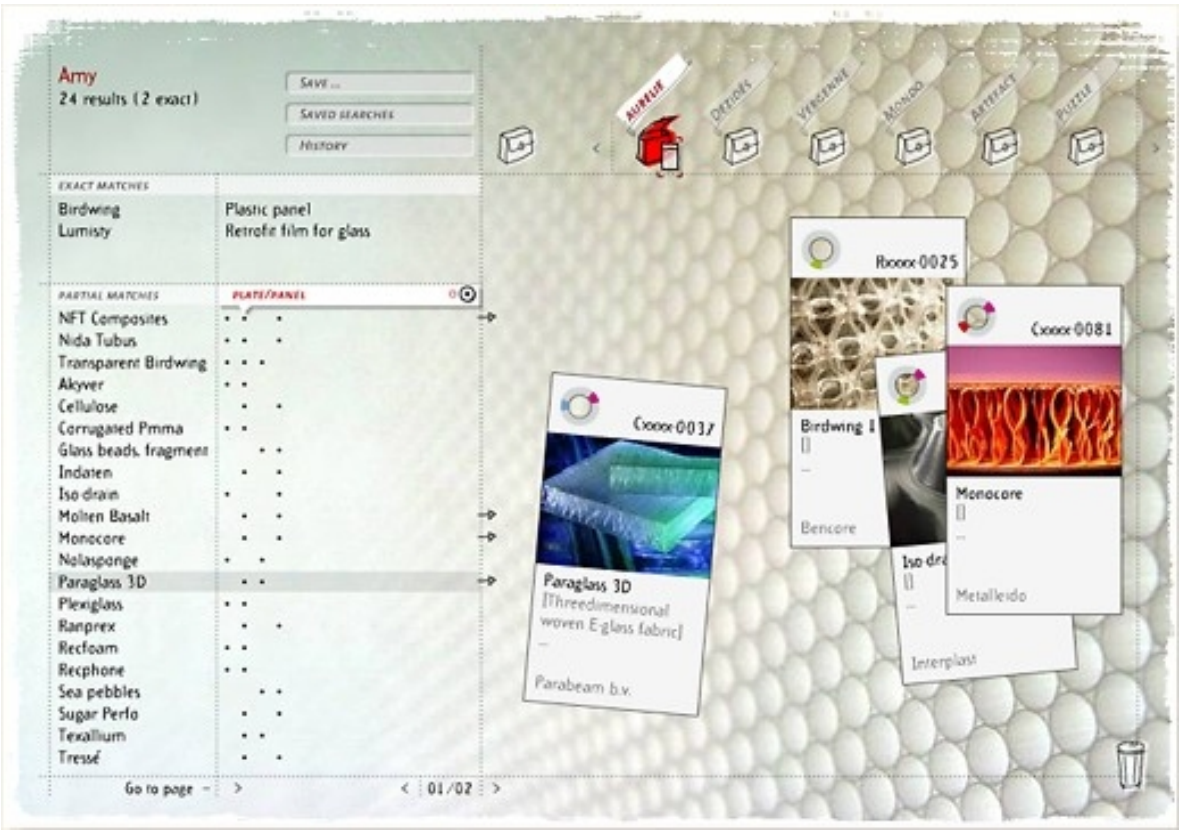


Fig.5.b **Aspecto da interface de nos primeiros resultados, com 4 materiais que corresponderam aos critérios de selecção.**

Endereço do portal:

www.materio.com (última consulta a 9 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

Depois de ter solicitado a informação, o editor do sítio na Internet informou que são mais de 2500 materiais.

Modalidade de utilização:

A base de dados é paga, conforme o serviço pretendido:

-O acesso ilimitado à base de dados, através da Internet, durante um ano: 299€.

-acessos ilimitados à base de dados através da internet e à biblioteca de materiais (*showroom* em Paris), durante um ano: 765€.

-acesso por marcação, apenas durante um dia, à base de dados na internet e visita acompanhada ao showroom (por marcação): 119,6€.

Materiais disponíveis:

Os materiais estão agrupados da seguinte forma:

Madeiras, cerâmica, compósitos, metais, papel/cartão, pedra/betão, plástico/borracha, têxteis, vidro e outros.

Métodos de selecção:

-Nome.

-"Família do material".

-Designação comercial.

-Palavra/frase.

-Factores ecológicos.

-Através de propriedades (físicas, estéticas e de superfície).

Tipo de resultado | Informação

Obtém-se uma lista de materiais possíveis, de acordo com as propriedades e critérios pedidos. Assinala, através de um pequeno gráfico, as soluções que preenchem totalmente ou parcialmente os requisitos.

Disponibiliza as fichas técnicas e imagens dos materiais e é possível guardar os dados que achamos mais interessantes. As fichas técnicas podem ser guardadas em formato PDF e indica os contactos dos fornecedores, moradas, e-mail, telefone e eventualmente o sítio na internet.

Cria um ambiente personalizado para cada um dos utilizadores com o historial das pesquisas realizadas, informações e imagens guardadas.

Nos **anexos 3, 4, 5 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

III. Análise da base de dados Aluselect

Nome da base de dados:

-Aluselect.

Instituição ou empresa associada:

O Portal foi desenvolvido pela Associação Europeia de Alumínio, Universidade de Liverpool e o Projecto MATTER (Consórcio com o Departamento de Ciência dos Materiais da Universidade de Liverpool, da Grã-Bretanha).

MATTER, Department of Engineering, The University of Liverpool.

Liverpool L69 3GH, U.K.

Tel: +44 (0)151 794 5006 | Fax: +44 (0)151 794 4466

E-mail: matter@liv.ac.uk | Sítio na internet: www.matter.org.uk/

Texto caracterizador:

Aluselect é uma base de dados para consulta através da internet com informação técnica de um conjunto abrangente das ligas de alumínio mais utilizadas. Este sítio na Internet, de acesso gratuito, permite ao utilizador obter informação acerca das propriedades mecânicas, físicas e químicas das ligas de alumínio.

Foi concebida tendo como principal objectivo cumprir o papel de ferramenta de informação essencialmente técnica, não contempla propriedades de superfície e estéticas ou qualquer imagem com o objectivo de inspiração. Apesar disso, tem uma interface sóbria e de usabilidade satisfatória, proporciona uma experiência simples e eficaz. É uma ferramenta muito similar a outras bases de dados que contém informação de uma só classe de material.

Permite muitas alternativas de pesquisa, tem glossário e correspondência entre as várias designações possíveis para a mesma liga e o acesso à base de dados é gratuita.

O sítio na Internet Aluselect foi concebido como fonte de informação. Para mais especificações e requisitos de engenharia o utilizador deve recorrer à informação do fornecedor.

O Portal foi desenvolvido pela Associação Europeia de Alumínio, Universidade de Liverpool e o Projecto MATTER (Consórcio do Departamento de Ciência dos Materiais da Universidade de Liverpool, Grã-Bretanha). **[33]**

Endereço do portal:

http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/default.asp

(última consulta a 9 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

No presente tem 35 ligas de alumínio forjado e 12 ligas de alumínio fundido

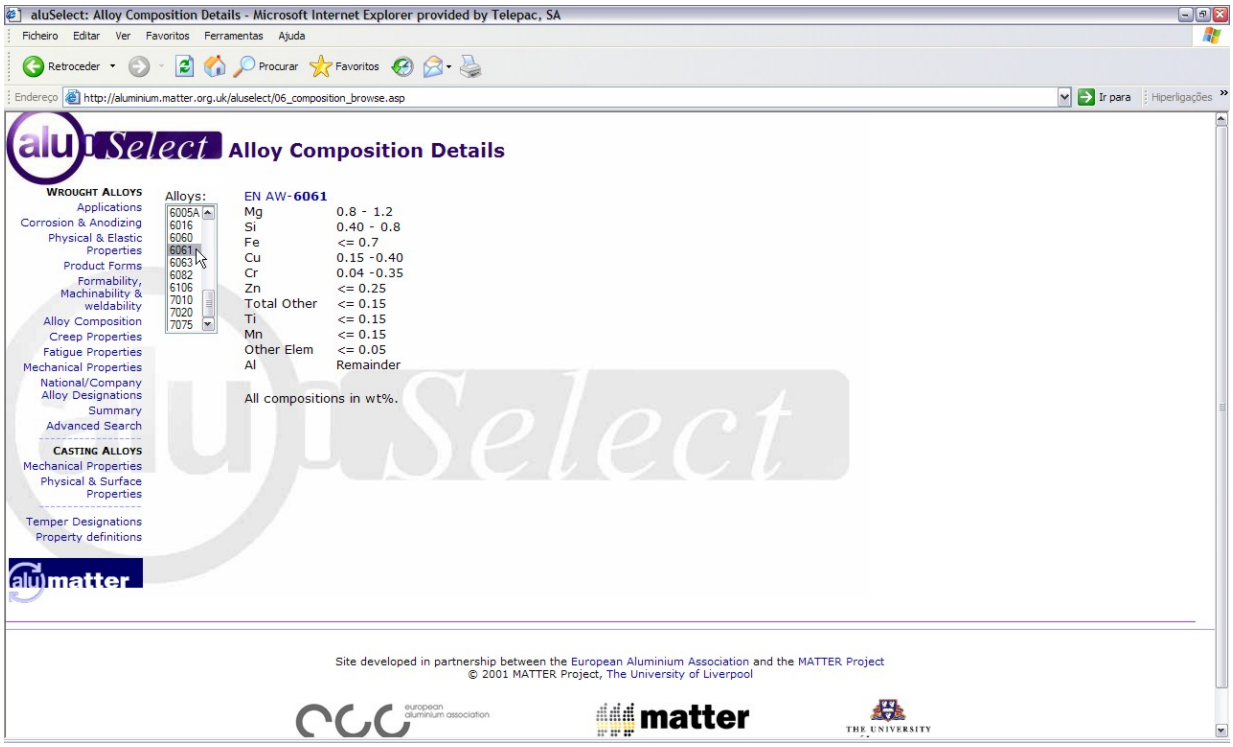


Fig.6. Consulta dos detalhes da composição da liga de alumínio 6061.

Modalidade de utilização:

A base de dados é totalmente gratuita.

Materiais disponíveis:

Ligas de alumínio forjado e ligas de alumínio fundido.

Métodos de selecção:

-Nome;

-Composição;

-Palavra ou frase;

-Futura aplicação;
-Pesquisa avançada;
-Através de propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, produção ou fabrico e de superfície);
-Corrosão e anodização;

Tipo de resultado | Informação

Conforme a pesquisa realizada obtém-se um ou mais materiais possíveis e são disponibilizadas várias fichas técnicas para cada material.
A ficha técnica contém as seguintes informações:
-Designação técnica;
-Composição;
-Aplicação possíveis;
-Propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, produção ou fabrico e de superfície);
-Processos associados;

Nos **anexos 3, 4, 5 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

IV. Idemat

Nome da Base de dados:

-IDEMAT.

Instituição ou empresa associada:

Universidade Técnica de Delft, Faculdade de *Design* Industrial e Engenharia, Holanda.
Programa de *Design* para a Sustentabilidade.
Subfaculty of Industrial *Design* Engineering, Landbergstraat 15, 2628 CE Delft.
The Netherlands
Tel: +31.15.2782738/3034 | Fax: +31.15.2782956
E-mail**:** dfs@io.tudelft.nl | Sítio na Internet: www.io.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=916ae417-a27c-4141-bb3d-317fd763eaf3&lang=en

Texto caracterizador:

O IDEMAT é uma base de dados pertencente ao Programa *design* para a Sustentabilidade da Faculdade de *Design* Industrial, Engenharia e Produção da Universidade Técnica de Delft, Holanda. A interface é de uma simplicidade e eficácia admiráveis, com informações sobre algumas propriedades dos materiais e impacto ambiental dos mesmos. O portal IDEMAT, a somar aos dados sobre propriedades mecânicas, físicas e térmicas, também tem informação útil do impacto ambiental dos materiais desde a extracção da matéria-prima até ao material pronto a ser comercializado (com base no *Eco-indicator'*95, E.P.S. e "Exercy"). A informação está organizada de forma muito simples e a "interface" é bastante fácil de utilizar. A pesquisa é realizada através de um "tronco" comum que é representativo das várias famílias de materiais e que posteriormente se ramifica por classe e membro até atingir a informação técnica.

Esta ferramenta é paga e é vendida em *cd-rom*, numa versão profissional e outra educacional.

A sua base de dados pode ser compatível com o programa de avaliação do impacto ambiental dos produtos, o Eco Scan.

A base de dados tem uma concepção em termos de *design* de interacção simples e sóbria. Tem eficácia de uso excepcional, fácil acesso à informação, é possível copiar dados e imagens para utilizar noutros programas e pode ser criada uma base de dados própria com o idemat editor. **[22]**

Endereço do portal:

www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/Onl_db/od_frame.htm
(última consulta a 9 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais /(número total de processos):

Na versão *"on-line"* tem cerca de 400 materiais.

Modalidade de utilização:

A base de dados é vendida em formato de *cd-rom*, mas possibilita o *download* de um ficheiro de demonstração e é possível aceder de forma gratuita à base de dados na internet (embora a quantidade de informação seja reduzida).

O *cd-rom* da versão profissional para 1 a 5 utilizadores custa 761,6€ e o *cd-rom* da versão educacional, até 60 utilizadores, custa 416,5€.

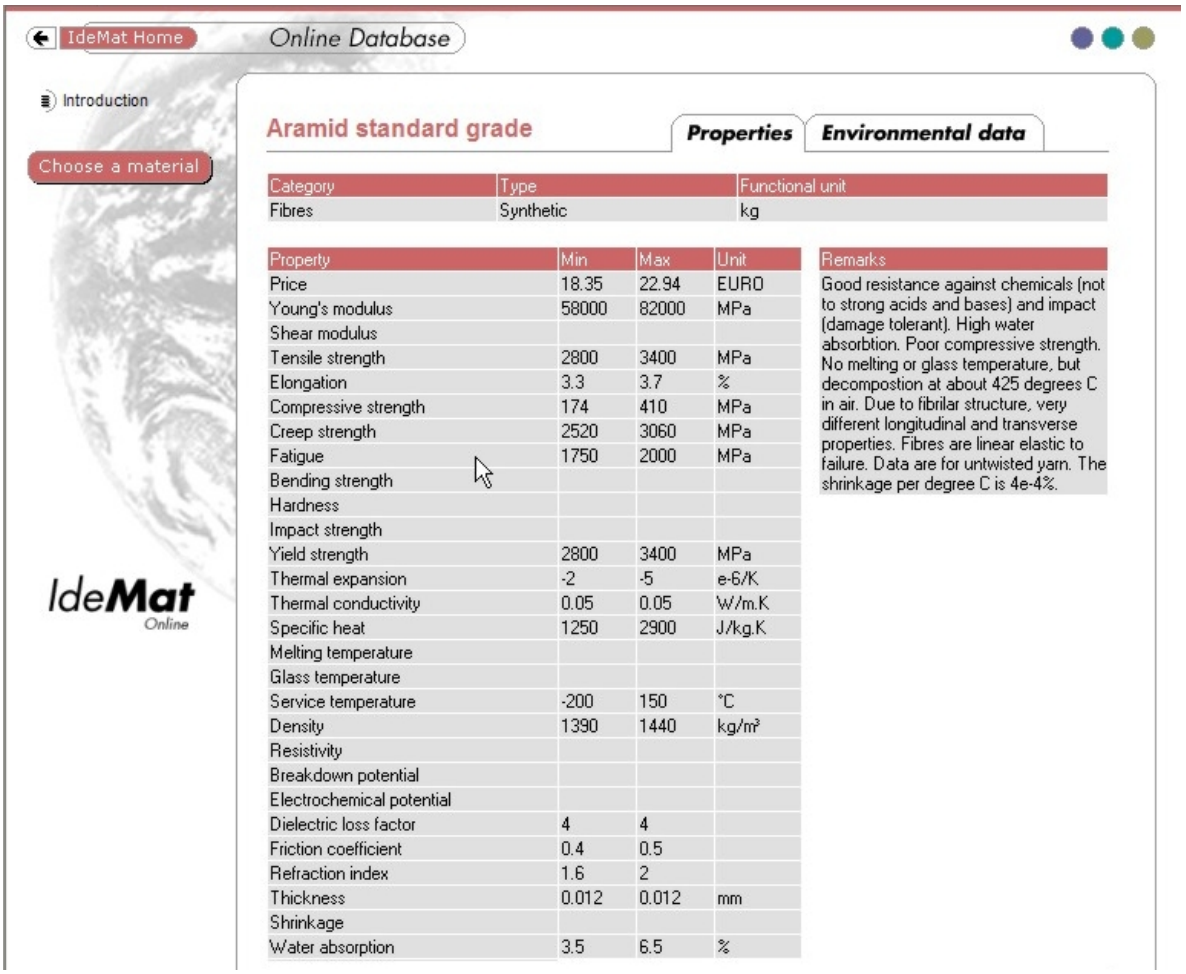


Fig.7. **Imagens da consulta da ficha técnica de um material.**

Materiais disponíveis:

Metais, polímeros, cerâmicos, compósitos, vidros, naturais, fibras, couro e laminados.

Métodos de selecção:

-Nome;

-“Família” do material;

-Processo de fabrico;

-Futura Aplicação;

-Factores Ecológicos.

Tipo de resultado|Informação

A informação é disponibilizada em formato de ficha técnica.

A ficha técnica contém as seguintes informações:

-Designação técnica;

-Composição;

-Preço médio;

-Propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, eléctricas e ópticas, de produção ou fabrico e de superfície);

-Imagens dos materiais;

A base de dados tem informação sobre o impacto ambiental dos materiais desde a extracção da matéria-prima até ao material pronto a ser comercializado (com base no Indicador-ecológico 95, E.P.S. e “Exercy”). A informação ambiental é disponibilizada através de gráfico.

Nos **anexos 3, 4, 5 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

V. Análise da base de dados Material Explorer da Agência Materia

Nome da Base de dados:

-Material Explorer (da Agência Independente Materia)

Instituição ou empresa associada:

A base de dados pertencente à Agência Independente Materia.

Contacto:

Materia Statenweg 63c, 3039 HD Rotterdam, P.O. Box 28131, The Netherlands

Tel: +31(0)10 2132333 | Fax: +31(0)10 4667925.

E-mail: info@materia.nl | sítio na internet: http://www.materialexplorer.com/

Texto caracterizador:

No ano de 2002, o *designer* holandês Arnold van Bezooyen no âmbito do trabalho de Dissertação do Mestrado na Faculdade de *Design* Industrial e Engenharia da Universidade Técnica de Delft, Holanda cria uma interface para aplicar a uma base de dados de materiais. O projecto é interessante porque é a fusão de três áreas, engenharia dos materiais, *design* industrial e *design* de interacção. Segundo Arnold van Bezooyen, a selecção de materiais não é realizada apenas com base em propriedades dos materiais, mas também através de uma interacção entre função, material, processo e forma e esta relação é o modelo lógico para perceber os aspectos da selecção de materiais.

O projecto tem como objectivo ser uma ferramenta de inspiração que suporta a exploração e a descoberta.

Os protótipos das interfaces foram avaliados por estudantes do curso de *design*, *designers* profissionais e especialistas em engenharia dos materiais. O desenvolvimento da interface teve lugar no laboratório ID-Studio, na Faculdade de *Design* Industrial e Engenharia da Universidade Técnica de Delft, Holanda. A metodologia de selecção de materiais e inspiração foram desenvolvidas com a colaboração de Michael Ashby e Kara Johnson (do Centro de *Design* e Engenharia de Cambridge).

Tem uma interface personalizável e ajustável, permite guardar informação e sugere alternativas. Bezooyen considera a interface pro-activa, ou seja, a informação através de uma real interacção vai ao encontro das necessidades do utilizador. Segundo o video de

demonstração, cedido pelo autor, a ferramenta permite uma experiência de utilização muito interessante, com eficácia de uso e é fácil de aprender.

Esta versão original do Material Explorer não foi ainda disponibilizada, mas projecta-se o seu lançamento durante o ano de 2006.

A Agência Independente Materia inspirada por este projecto de investigação solicitou a Bezooyen a sua colaboração na criação de uma base de dados para selecção de materiais, pediu também ao designer para utilizar o nome de Material Explorer. O portal da Materia lançou a sua base de dados no dia 21 de Fevereiro de 2005.

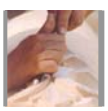
A principal semelhança entre o projecto original e a base de dados da Materia é que ambas permitem a pesquisa de materiais, não só pelas suas propriedades e aplicações funcionais como também pelos aspectos estéticos. No entanto, existem diferenças entre a iniciativa da Agência Materia e a proposta de interface de Bezooyen. A base de dados proposta pela Materia é uma ferramenta principalmente informativa e permite pesquisas, tendo consciência do que é necessário em termos de materiais. É uma aplicação que faz a ponte entre a informação sobre materiais, fabricantes e projectos e a sua interface é relativamente passiva sendo necessário procurar sem qualquer sugestão.

Apesar das diferenças, o Material Explorer é uma boa base de dados, talvez a melhor dentro das bases de dados de acesso gratuito e o seu modelo conceptual permite encontrar boas soluções.

A Agência Independente de Consultadoria Materia tem experiência na selecção de materiais e tecnologias para aplicar à arquitectura e *design.* Têm uma biblioteca com amostras de mais de mil materiais considerados potenciadores de inovação. Fazem a recolha destes materiais nos produtores e em Feiras da especialidade em todo o Mundo. A Agência também organiza exposições que são instaladas em Escolas de Arquitectura e *Design*, Museus, Bienais e Feiras de Materiais. Foram exemplos dessas exposições "Future of materials for arquitecture & *design*" em 2002 e "Material Skills, evolution of materials" que decorreu em 2005. Proporciona ainda um serviço de consultadoria a *designers*, arquitectos e industriais, tentando fazer a ponte entre estes agentes, informando a indústria das necessidades dos projectistas e descrevendo as tendências do mercado. **[34]**

Endereço do portal:

www.materialexplorer.com (última consulta a 9 de Janeiro de 2006)



Número total de materiais / (número total de processos):

420 materiais, no entanto todos os meses são adicionados novos materiais.

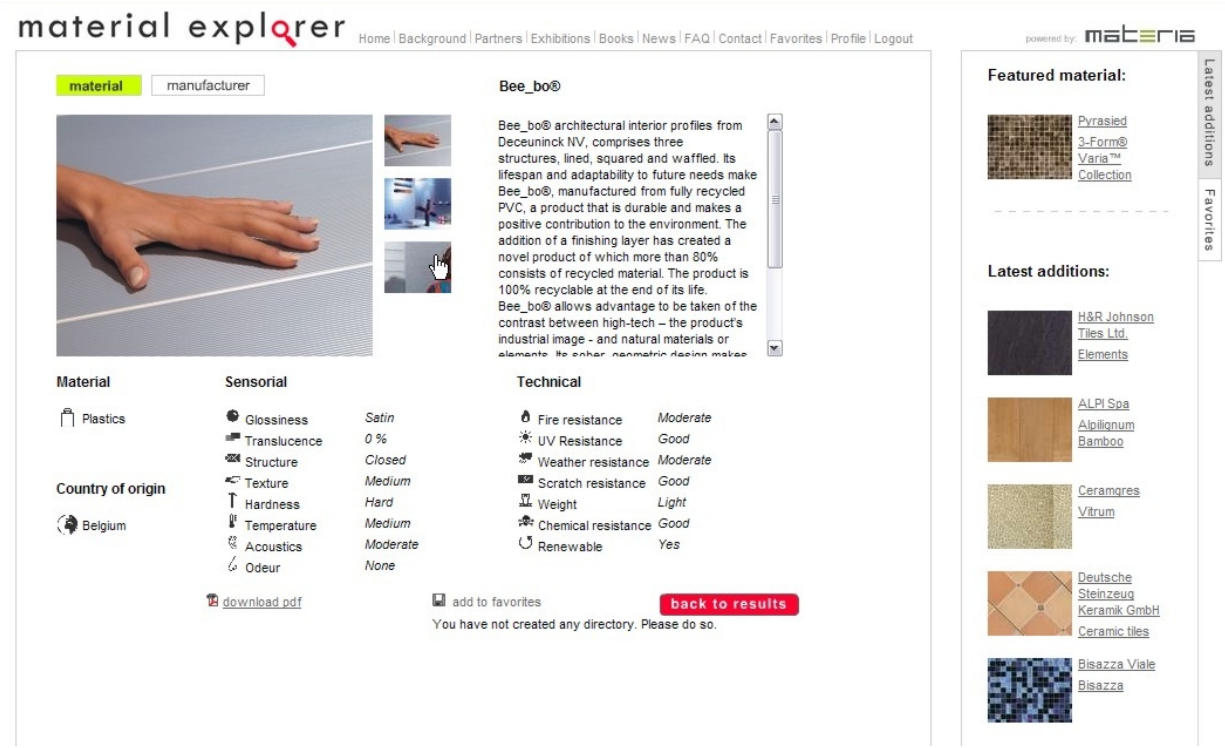


Fig.8. A interface do Material Esplorer pela Matéria.

Modalidade de utilização:

A base de dados é totalmente gratuita, só necessita de registo prévio.

Materiais disponíveis:

Os materiais estão agrupados pelos seguintes grupos:

Madeiras, pedras naturais, vidro, metais, polímeros, materiais de revestimento, cerâmicas, betão e outros naturais.

Métodos de selecção:

Os materiais podem ser pesquisados pelo seu grupo (madeiras, pedras naturais, vidro, metais, polímeros, materiais de revestimento, cerâmicas, betão e outros naturais). Outras hipóteses de pesquisa são os critérios sensoriais (brilho, transparência, estrutura, textura, dureza, temperatura/tacto, acústica, odor).

É possível realizar a pesquisa através de critérios a que chamam técnicos (resistência ao fogo, resistência aos raios UV, resistência à intempérie, resistência aos riscos, resistência aos ataques químicos e possibilidade de reciclagem).

Os materiais podem ser pesquisados através de palavras-chave (da designação comercial do produto, por ex: Technogel, Prada ou Transparent concrete). É possível também pesquisar por país de origem e conjugar os vários critérios de selecção acima indicados.

Tipo de resultado | Informação

Obtêm-se uma lista de materiais possíveis de acordo com as propriedades e critérios pedidos. Dessa lista consta a designação do material, uma pequena fotografia, um texto explicativo e o grupo a que pertence o material. A fotografia e nome do material têm hiperligação para a ficha técnica.

Da ficha técnica consta:

-Texto mais detalhado sobre o material;

-Várias fotografias dos materiais e suas variantes;

-Discrição de propriedades sensoriais como o brilho, transparência, estrutura, textura, dureza, temperatura/tacto, acústica, odor.

-Descrição de outras propriedades como resistência ao fogo, resistência aos raios UV, resistência à intempérie, dureza (resistência aos riscos), resistência aos ataques químicos e possibilidade de reciclagem.

-Informação do fabricante, morada, contacto telefónico, e-mail, sítio na internet. Nesta secção é possível saber se o fabricante tem outros materiais no Material Explorer, e se isso acontecer, é possível visualizar a imagem e um pequeno texto sobre os materiais.

Algumas fichas técnicas de materiais disponibilizam informação sobre projectos de *design* e arquitectura em que foram empregues os materiais.

É possível criar várias pastas de favoritos, assim como realizar o *download* das fichas em formato PDF.

Nos **anexos 3, 4, 5 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

Análise do software para a selecção de materiais

Como na secção anterior de "Análise das bases de dados para a selecção de materiais", a caracterização do *software* far-se-á através do mesmo tipo de elemento.
Os critérios para a escolha dos 5 *software's* foram a sua importância perante os restantes (com critérios idênticos aos enunciados para as bases de dados, página 30 e 31) e a sua representatividade dentro um determinado modelo conceptual.
Em alguns casos foi difícil definir o que é uma base de dados e o que é *software*, na medida em que muitas ferramentas são compostas pelos dois módulos, o aplicativo ou *software* e a base de dados. Nestas situações opta-se pela classificação da empresa ou Instituição (que normalmente recai sobre a base de dados). É considerado um *software* independente quando o aplicativo trabalha de forma isolada ou serve de ferramenta para os produtores organizarem a sua informação sobre os materiais que fabricam. É o que acontece com o *software* da Granta *Design* e os vários módulos para bases de dados.

I. Análise do software CES Selector

Nome do software:

-CES Selector

Instituição ou empresa associada:

Granta *Design* Limited,
Rustat House, 62 Clifton Road, Cambridge CB1 7EG.
United Kingdom.
Tel:01223 518895
E-mail: info@granta*design*.com | Sítio na Internet: www.granta*design*.com/index.htm

Texto caracterizador:

Assim como todos os aplicativos da Granta *Design* o CES Selector é baseado nos métodos desenvolvidos por Michael Ashby e pelos seus colegas da Universidade de Cambridge. Defendem que para a selecção de materiais é mais prático a utilização de gráficos, na medida em que a performance para uma aplicação específica é raramente ditada por propriedades individuais, mas pela combinação de duas ou mais propriedades.

Granta *Design* é uma empresa que trabalha em tecnologia de informação associada aos materiais. O objectivo principal é ajudar os clientes a usufruir do potencial da informação sobre materiais. O *software* permite que os engenheiros ligados ao projecto possam obter a informação necessária sobre materiais e processos de fabrico.

O sistema de informação sobre materiais ajuda os fabricantes a reduzir custos, melhorar a performance, a qualidade e a diminuir o tempo de chegada do produto ao mercado.

Têm vários módulos de *software*, sendo o CES Selector o principal (vai na 5ª versão). Disponibilizam outros aplicativos como The Optimal Polymer Selector (em parceria com empresa Rapra Technology), CES Constructor, CES LAB e CES WEB e o mais recente GRANTA MI (Material Inteligence). Esta gama de *software* trabalha com os módulos de informação Material Universe, Process Universe e Polymer Universe, assim como muitas bases de dados profissionais e de empresas produtoras (estas bases de dados constam da folha de cálculo, junto dos módulos de *software*, para melhor compreensão).

O CES Selector combinado com a base de dados "Material Universe" permite as seguintes funções principais:

-Procura de informação através das propriedades dos materiais, métodos e processos de fabrico, fornecedores etc.

-Uma abordagem sistemática de análise de materiais e informações sobre o processo para uma escolha acertada.

-Possibilidade de tratar propriedades complexas como fadiga, deformação e custo de produção.

A finalidade principal do software é atingir uma solução que reduza custos, aumente a performance, melhore o *design*, qualidade e inovação. **[35]**

Endereço do portal:

www.grantadesign.com/products/ces/components/selector.htm
(última consulta a 10 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

Depende da bases de dados utilizada, mas pode atingir um número superior a 3.700 materiais.

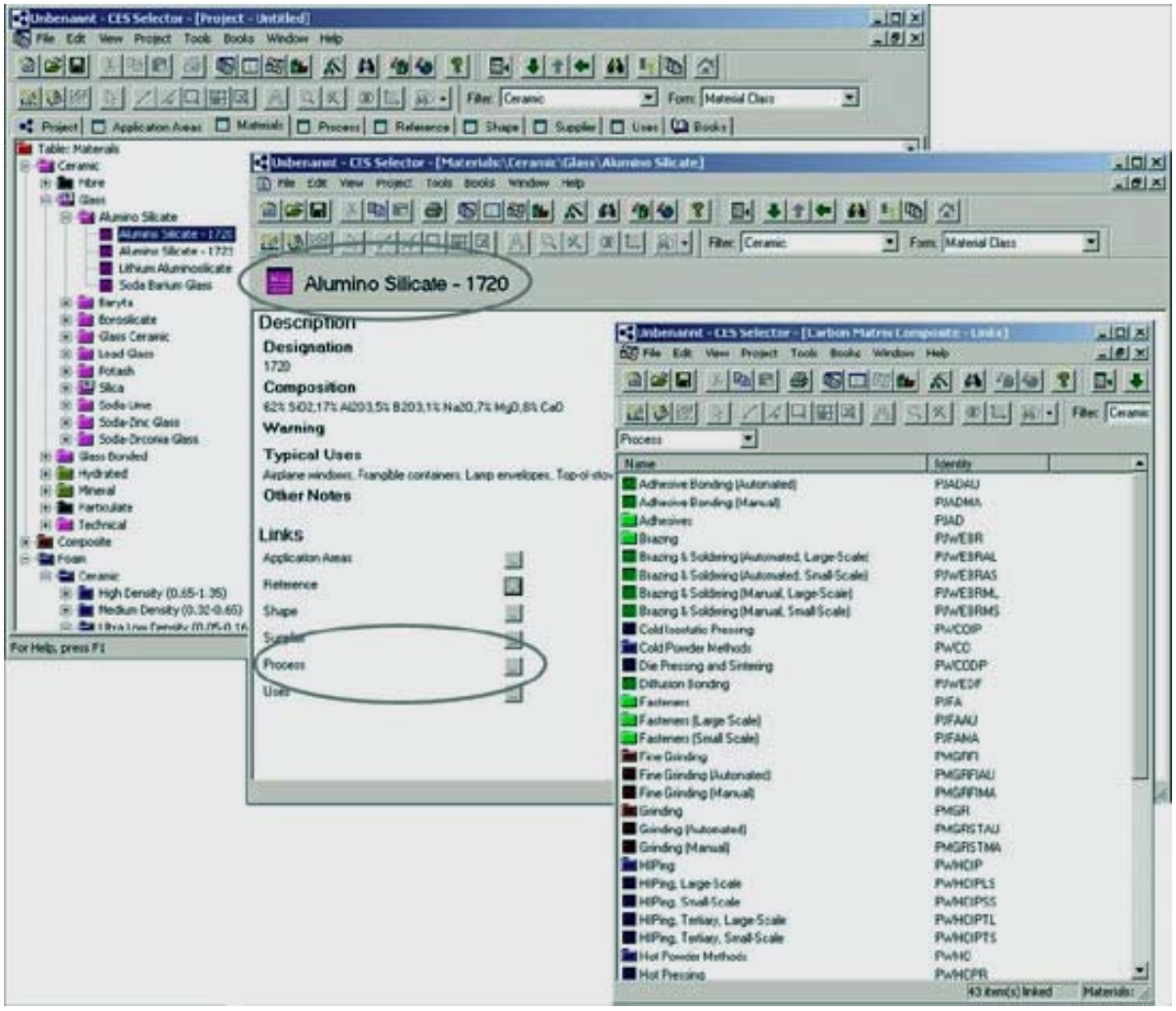


Fig.9. **Exemplo da segunda fase de selecção de materiais no CES Selector**

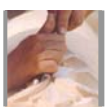
Modalidade de utilização:

O *software* custa £770 para uma licença anual e £2200 para a licença definitiva.

No caso de ser necessário o acesso até 5 utilizadores, o preço varia entre £2695 a £7700.

Materiais disponíveis:

Depende da base de dados utilizada. Com a base de dados Material Universe, a mais generalista da Granta *Design* é possível aceder à informação sobre Metais, polímeros, cerâmicos, compósitos materiais magnéticos e esponjas.



Métodos de selecção:

-“Família do material”;

-Pesquisa avançada;

-Através de propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, eléctricas, ópticas, de produção ou fabrico, de superfície e económicas);

Tipo de resultado | Informação

Obtêm-se um conjunto ou “família” de materiais indicada para determinada aplicação, e à medida que se vai avançando na selecção obtém-se uma ficha técnica com a designação do material, fornecedores e principais propriedades (mecânicas, físicas, eléctricas entre outras).

Caracterização realizada com base no *software* CES Selector conjuntamente coma base de dados Material Universe.

Nos **anexos 6, 7, 8 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise deste *software*.

II. Análise do software RMA (Resinate Material Advisor)

Nome do software:

-RMA (Resinate Material Advisor)

Instituição ou empresa associada:

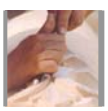
Empresa Deltek e Resinate

No entanto quem representa o *software* na Europa é a Elite Consulting Limited, Collingwood Business Centre, Lower Harding St., NORTHAMPTON, England NN1 2JL

Contact - Ray Ellender Tel: +44 (0) 1604 621221 | Fax: +44 (0) 1604 621241

Texto caracterizador:

RMA é um produto da Resinate, Fundação de Resina, que funciona integrado em sistemas líderes no Desenho Assistido por Computador, como o SolidWorks e Pro/engineer. Fornece ao utilizador as ferramentas necessárias para realizar uma escolha ideal e directa de materiais, tendo em conta os requisitos do *design*. O programa



contém uma base de dados compreensiva e permite ao projectista a informação que necessita sobre os materiais necessários para o seu projecto.

Contém informação importante sobre a performance, especificações, preço aproximado, disponibilidade, regulamentos e normas de mercado. O objectivo é tomar as decisões acertadas nas fases iniciais do processo de *design*, através do RMA.

O programa RMA é vendido no círculo de fabricantes de polímeros e também distribuído no mercado de programas de CAD. A base de dados é actualizada com frequência e é possível fazer essa actualização através de *download* do portal da Resinate.

O programa Resinate Material Advisor é uma ferramenta especializada e integrada no ambiente de trabalho de alguns programas CAD e automatiza as tarefas de selecção de materiais sem ser necessário abandonar o programa. Informa o projectista sobre a performance, preço aproximado, disponibilidade, regulamentos e normas relacionados com as resinas.

A Elite Consulting Limited é a empresa Inglesa que representa o *software* RMA na Europa. No entanto, segundo informações do sítio na internet, a empresa Elite Consulting tem tido problemas de contacto com a Resinate. **[36]**

Fig.10.a **Peça modelada em sistema CAD/CAM à qual foi aplicado um material através do programa RMA.**

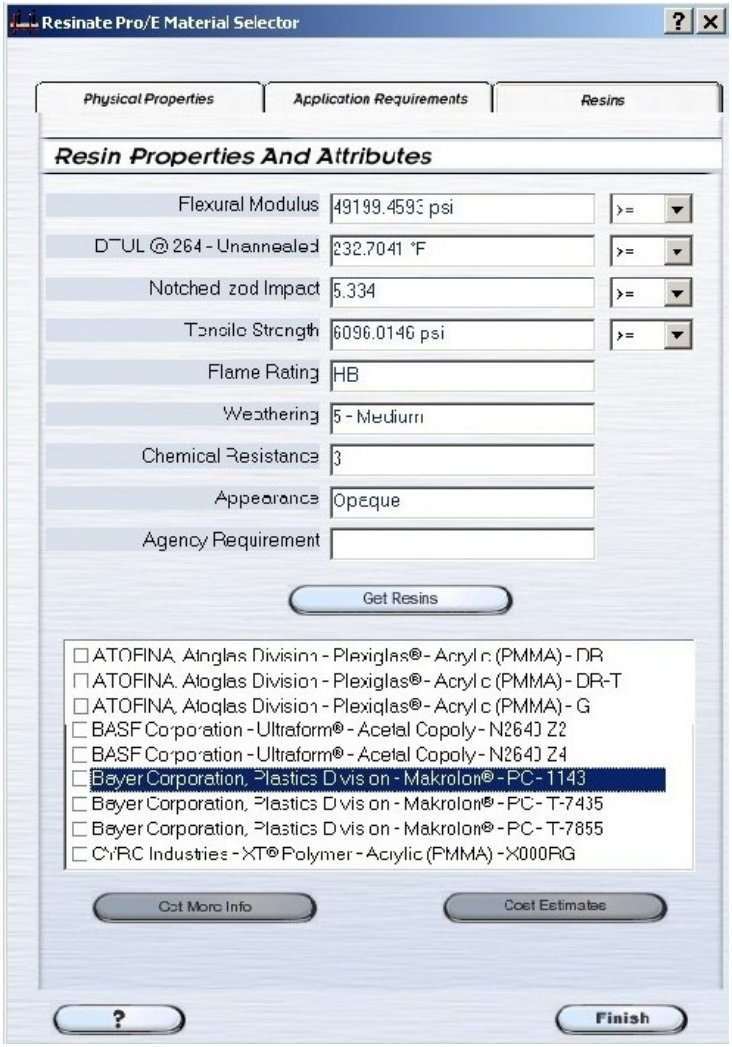


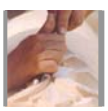
Fig.10.b **Imagem do programa RMA integrado num programa de desenho assistido por computador.**

Endereço do portal:

www.elite-consulting.com/resinate_materials_adviser.htm (última consulta a 10 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais /(número total de processos):

Não foi possível obter a informação relativa ao número total de materiais na base de dados.



Modalidade de utilização:

O *software* é pago. No entanto, apesar de solicitado, o representante europeu não disponibilizou a importância paga pela licença.

É possível realizar o *download* gratuito do *software* de demonstração com a validade de 15 dias, mas para o continuar a utilizar é necessário comprar a licença. O código da licença, depois de introduzido no aplicativo de demonstração, fará com que o *software* trabalhe com todas as funcionalidades e informações.

Materiais disponíveis:

Resinas termoplásticas e termoendurecíveis.

Métodos de selecção:

A selecção é realizada a partir de:

-Nome;

-Designação comercial;

-Composição/estrutura;

-Fabricante/fornecedor;

-Pesquisa avançada;

-Através de propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, estéticas, de produção e de superfície);

Tipo de resultado | Informação

Designação técnica e comercial do material de várias resinas que correspondem aos requisitos introduzidos, propriedades físicas, mecânicas, processos associados, impacto ambiental e preço médio. Permite também a integração das escolhas no sistema CAD e todos os cálculos e informações que possam ser solicitadas ao sistema.

III. Análise do software PLASCAMS

Nome do software:

-PLASCAMS (Resinate Material Advisor)

Instituição ou empresa associada:

Rapra Technology Limited
Shawbury, Shrewsbury, Shropshire. United Kingdom SY4 4NR.
Tel: +44 (0)1939 250383 | Fax: +44 (0)1939 251118
E-mail: info@rapra.net | Sítio na Internet: http://www.rapra.net

Texto caracterizador:

O Plascams é um selector de materiais assistido por computador, ou seja um *software*, que inclui informação sobre polímeros termoendurecíveis, termoplásticos, materiais compósitos e elastómeros termoplásticos.

O *software* foi criado pela Rapra Technology Limited que é um Centro de pesquisa de polímeros e borrachas, nanocompósitos, polímeros bio-degradáveis, polímeros para aplicações em medicina, reciclagem de polímeros e da moldagem. Têm serviços e consultadoria, testes e análises de materiais, cursos de formação, conferências, edição de livros, jornal "*on-line*" e outros serviços especiais para membros. A par da Granta *Design*, a Rapra Technology Limited é uma das empresas líder em ferramentas para selecção de polímeros.

O programa Plascams existe há cerca de dez anos, e é utilizado por mais de 1000 organizações ligadas à indústria de materiais poliméricos, assim como comércio e ensino. Este *software* está associado a informações da polymer library, outro serviço informativo da Rapra Technology Limited. **[37]**

Endereço do portal:

www.rapra.net/products_and_services/Books/Materials/Plastics/Plascams.asp?
(última consulta a 10 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

Não foi possível obter informação do número total de materiais, no entanto, como está associado ao sistema Polymer Library é provável que seja um número elevado de materiais poliméricos.

Modalidade de utilização:

O *software* é pago e o valor é de 480€. É vendido por 480€ e pode também ser adquirido como parte do sistema "Plastics *Design* Guide" por 728€. Este último programa tem ferramentas adicionais que ajudam *designers* e engenheiros no projecto de objectos executados em material polimérico, registando situações críticas do projecto com polímeros.

Materiais disponíveis:

Termoplásticos, termoendurecíveis, compósitos e elastómeros termoplásticos.

Métodos de selecção:

A selecção é realizada por várias fases:

-Identificar os requisitos essenciais do objecto usando valores para propriedades entre 1 e 9, numa escala comparativa.

-Indicar numa amostra de 190 químicos (agentes corrosivos), aqueles a que a peça irá estar exposta durante a sua utilização.

-Seleccionar 8 parâmetros ou propriedades mais importantes, entre 65, de modo a visualizar uma pequena lista de candidatos finais.

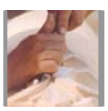
-Verificar os resultados disponibilizados numa ordem que indica o material mais adequado até ao menos adequado.

Aceder a toda a informação, que conta de um sumário informativo, várias propriedades (físicas, eléctricas, térmicas e resistência da superfície do material) e fornecedores.

Todo este processo de selecção faz parte de um modelo de pesquisa avançada.

Tipo de resultado | Informação

É indicada uma lista de potenciais candidatos, numa ordem que indica o material mais adequado até ao menos adequado. Ao accionar a hiperligação de determinado material é disponibilizada a informação, o sumário informativo ou ficha técnica, assim como outros dados:



-Designação técnica.
-Propriedades físicas e mecânicas.
-Fornecedor(es).
-Processos associados.
-Impacto ambiental.

IV. Análise do software ECO-IT

Nome do software:

-ECO-IT

Instituição ou empresa associada:

PRé Consultants (Product ecology consultants)
Plotterweg 12, 3821 BB Amersfoort, The Netherlands.
Tel: +31 33 4555022 | Fax: +31 33 4555024
E-mail: support@pre.nl | Sítio na internet: www.pre.nl

Texto caracterizador:

É um *software* de eco-*design* fácil de utilizar e informa-nos do necessário para a optimização ambiental dos produtos. O *software* tem como objectivo facilitar o acesso à informação ambiental dos produtos, muitas vezes confusa e fragmentada. O ECO-it foi concebido para *designers* industriais e de embalagem, que trabalham muitas vezes com falta de tempo, sendo impossível o acesso a uma informação detalhada sobre o desempenho ambiental dos produtos. É assim um *software* simples de utilizar e com resultados imediatos, sem que seja necessária uma investigação aprofundada sobre o impacto ambiental.
A interface está dividida por separadores que permitem visualizar quatro áreas diferentes:
-Ciclo de vida (tem a descrição do produto e um resumo do impacto nas várias fases do seu ciclo de vida);
-Produção (indica através de um tronco comum que equivale ao produto e ramificações aos materiais e processos de fabrico, os respectivos impactos ambientais);

-Utilização (faz um cálculo da energia e acessórios consumidos durante a utilização do produto);

-Deposição (tem para cada material o impacto da sua deposição, seja através de armazenamento, reciclagem, aterro municipal ou decomposição no solo).

O *software* ECO-it utiliza a informação e metodologia do *Eco-indicator* para calcular o desempenho ambiental do ciclo de vida dos produtos.

Não existe uma metodologia perfeita para calcular o desempenho ou o impacto ambiental de determinados produtos. No entanto, os métodos *Eco-indicator'*95 e 99 são baseados na melhor informação científica disponível e disponibilizam valores sobre o impacto ambiental de materiais e produtos. O método foi desenvolvido para o Governo Holandês, por uma equipa de peritos e é utilizado por muitas empresas e estudiosos para avaliar o impacto ambiental dos materiais durante todo o ciclo de vida dos produtos.

Os materiais estão organizados pelos seguintes grupos: metais, polímeros, papel/cartão, vidro, cerâmicos e reciclados. O Eco-it também contém valores de produção, transporte, energia e processos de tratamento de resíduos. É possível editar a própria base de dados para o Eco-it, com o *software* Eco-edit.

A base de dados *Eco-indicator* foi desenvolvida pelos consultores PRé em colaboração com a indústria e Universidades de Amesterdão, Leiden e Delft, assim como os consultores TNO e CE.

A base de dados *Eco-indicator'*99 contém mais de 200 desempenhos ambientais de materiais e processos. Esta base de dados é bastante usada, por ser o "estado da arte" do cálculo do impacto ambiental do ciclo de vida de muitos produtos. **[38]**

Endereço do portal:

www.pre.nl/eco-it/eco-it.htm (última consulta a 10 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

O *software* ECO-it disponibiliza informação sobre o desempenho ambiental de cerca de 200 materiais e processos, provenientes da base de dados do *Eco-indicator*.

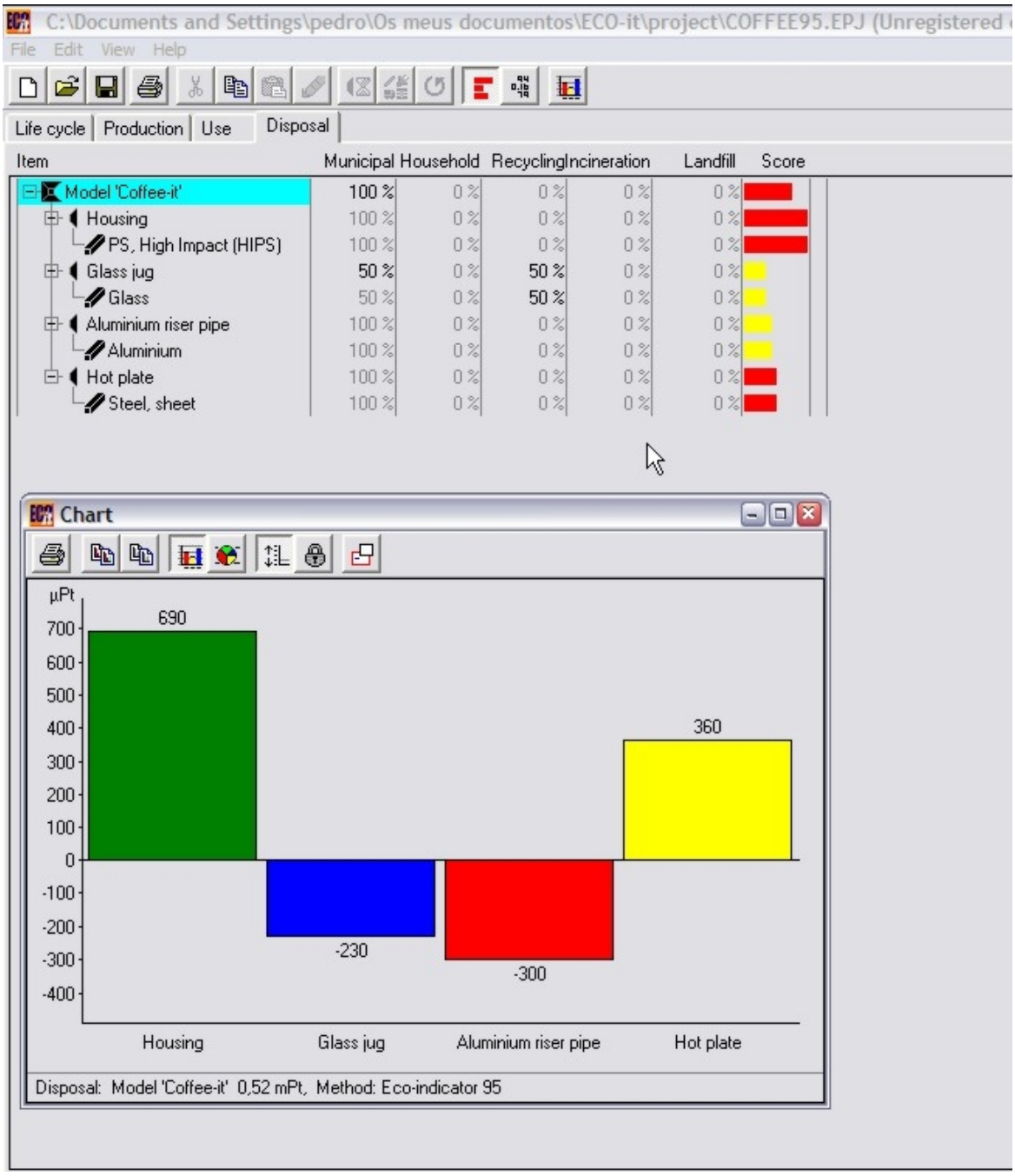


Fig.11. **Imagem da interface Eco-it na fase de deposição.**

Modalidade de utilização:

O *software* Eco-it custa 60€ e o Eco-edit 360€.

Materiais disponíveis:

Metais, polímeros, papel, cartão, vidro, cerâmicos e reciclados (estes dois últimos grupos em número limitado).

Métodos de selecção:

A selecção é realizada através da interacção das várias fases do ciclo de vida do produto (produção, utilização e deposição), materiais e processos associados. A informação pode ser trabalhada através dos seguintes dados: designação do material, grupo a que pertence, processos utilizados e impacto ambiental.

Tipo de resultado | Informação

Os resultados e informações são visualizados em tempo real através de valores numéricos do impacto ambiental e através da visualização de gráficos.

A interface está dividida por separadores que permitem visualizar informação sobre o ciclo de vida, com a descrição do produto que será avaliado, e um resumo do seu impacto nas várias fases do ciclo de vida. Disponibiliza informação sobre a produção, indica através de um tronco comum e ramificações os materiais, processos de fabrico e respectivos impactos ambientais. Tem dados sobre a utilização e faz um cálculo da energia e acessórios consumidos durante a utilização do produto. Por último, informa sobre o impacto ambiental na fase de deposição, tendo para cada material o seu impacto na deposição, seja através de armazenamento, reciclagem, aterro municipal ou decomposição no solo.

O *software* ECO-it utiliza a informação e metodologia do *Eco-indicator* para calcular o desempenho ambiental do ciclo de vida dos produtos.

Nos **anexos 6, 7, 8 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise deste *software*.

V. Análise do software Alloy Finder

Nome do software:

-Alloy Finder.

Instituição ou empresa associada:

ASM International,
9639 Kinsman Road, Materials Park, OH 44073-0002 USA
Tel: (440) 338-5151 | (800) 336-5152 (U.S. and Canada) | (800) 368-9800 (Europe)
Fax: (440) 338-4634
E-mail: CustomerService@asminternational.org | Sítio na Internet: www.asm-intl.org

Texto caracterizador:

É um *software* que funciona com uma base de dados de ligas metálicas, da autoria da ASM International. A Sociedade ASM International tem uma longa história de publicações e promoção de Conferências sobre materiais, sendo famosos os "ASM Handbook's".
A versão actual do Alloy Finder é a 3.0 e é uma das ferramentas mais completas para encontrar informação sobre ligas metálicas.
A interface foi desenvolvida em parceria com a Granta *Design* Ltd., e permite realizar pesquisa pela composição, nome da liga, palavra-chave e tipo de material. **[39]**

Endereço do portal:

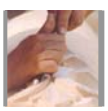
www.asm-intl.org e o portal do representante www.esm-*software*.com/alloyfinder/
(última consulta a 10 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais / (número total de processos):

Não menciona o número exacto, referem que o *software* e a base de dados associada contêm mais de 105000 designações, classificações e nomes comerciais para ligas de todo o mundo.

Modalidade de utilização:

O *software* é pago e o custo para 1 utilizador é de US$844 (fornecido em formato de *cd-rom*). O acesso através da internet de 1 a 3 utilizadores importa em US$1266.



Materiais disponíveis:

Ligas metálicas.

Métodos de selecção:

Permite pesquisar por:

-Nome;

-"Família do material";

-Designação comercial;

-Composição;

-Palavra ou frase.

Tipo de resultado | Informação

A versão Alloy Finder é a 3.0 permite encontrar informação sobre:

-Nome e as várias classificações para a mesma liga.

-Composição química da liga.

-Produtores.

-Propriedades.

-Formatos em que o material está disponível.

-Ligas semelhantes.

-Normas.

-Aplicações usuais do material.

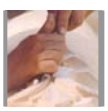
Contém ainda informação relativa a três manuais da ASM:

-Woldman's Engineering Alloys, 9th Edition

-Worldwide Guide to Equivalent Irons and Steels, 4th Edition

-Worldwide Guide to Nonferrous Metals and Alloys, 4th Edition

Nos **anexos 6, 7, 8 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise deste *software*.



Análise das bases de dados de fabricantes para a selecção de materiais

A opção de separar as bases de dados de fabricantes das restantes deve-se ao facto de terem características singulares, nomeadamente são todas de acesso gratuito e através da internet. A finalidade principal destas ferramentas é a de organizar e dar a conhecer os materiais que os fabricantes têm disponíveis para venda directa ao público ou a revendedores. Neste sentido, funcionam como uma espécie de catálogo electrónico das empresas fabricantes de materiais, cujo conteúdo se limita quase sempre a uma classe de materiais e no máximo a uma família, como por exemplo os polímeros.
As bases de dados de fabricantes aqui analisadas apesar de estarem numeradas até quatro, correspondem na realidade a seis, na medida em que a marca BASF e GE Polymerland têm duas bases de dados por cada portal.

I. Análise das bases de dados da BASF

Nome da Base de dados:

-BASF Plastics e BASF Campus-i

Instituição ou empresa associada:

BASF, The Chemical Company.
Tel: +49 (0)621 60-0 | Fax: +49 (0)621 60-42525
Sítio na internet: http://corporate.basf.com/en/kontakt/?id=HolsA8.3bbcp-Kp

Texto caracterizador:

A BASF é uma das maiores empresas da indústria química no Mundo, com fábricas e negócios em mais de 170 países. Gere cerca de 8.000 produtos em vários sectores da indústria. Os principais clientes são as indústrias, automóvel, química, têxtil, de construção civil, embalagens, agricultura, saúde, energia e electricidade.
A BASF desenvolveu há vários anos um sector dedicado aos materiais poliméricos e neste momento é um dos maiores fornecedores de plástico do Mundo.

BASF plastics e o BASF Plastics Portal são sítios na internet com alguma informação em comum sobre as potencialidades e propriedades dos materiais que a BASF fabrica e as hipóteses de aplicação.
Os portais são de utilização simples, com boas imagens de aplicações dos polímeros que fabricam e comercializam. São ferramentas com o objectivo de informar, inspirar e publicitar os produtos que disponibilizam.
A empresa oferece apoio técnico e desenvolveu uma gama de materiais de modo a abranger quase todas as aplicações possíveis, incluindo a engenharia automóvel, sectores da electricidade e electrónica para aplicação nas nossas casas, assim como para tecnologia de precisão e aplicações em instrumentos específicos da medicina.

BASF CAMPUS®-i é uma base de dados na internet com informação sobre 236 materiais fabricados pela BASF. Esta base de dados é operacionalizada através do *Software* Campus, versão 5. Ao contrário das bases de dados anteriores é mais técnica, a escolha é realizada através do nome do polímero ou designação comercial, não tem qualquer imagem dos materiais para visualização.
CAMPUS (Computer Aided Material Preselection by Uniform Standards) que significa a pré-selecção de materiais através de dados uniformizados é um sistema de informação para a indústria dos plásticos. O *software* utilizado para a interface com a base de dados foi criado pela Granta *Design* que deriva do CES Selector e tenta uniformizar os dados fornecidos pelos fabricantes de plástico. Com a base de dados mais alargada abrange cerca de 90% dos plásticos de engenharia existentes no mercado. A informação sobre os 4600 plásticos diferentes provém de 27 fabricantes de plástico. No entanto, os dados são devidamente normalizados para poder comparar com rigor o desempenho de diferentes produtos de diferentes fabricantes.
A Granta *Design*, conjuntamente com os produtores de plástico, disponibiliza o *software* e base de dados através de *cd-rom*, mas a tendência é para cada vez mais a consulta ser realizada na internet.
É uma base de dados realizada para engenheiros, *designers* e projectistas da área dos polímeros, que pretendam aplicar no seu projecto polímeros das marcas mais cotadas do mercado, como BASF, Bayer, Dow, DuPont e Ticona. A base de dados CAMPUS pode compatibilizar-se com a base de dados Polymer Universe, que conjuntamente com a base de dados CHEMRES, formam o pacote Optimal Polymer Selector (Projecto comum da Granta *Design* e Rapra Technology).
As vantagens do CAMPUS® incluem:

-Estrutura uniforme da base de dados.

-Testes normalizados de processos de fabrico.

-Informação definida por normas internacionais como a ISO 10350 (Single-point data) e ISO 11403 (Multi-point data)

Fig.11.a **Imagem da interface da base de dados BASF Plastics.**

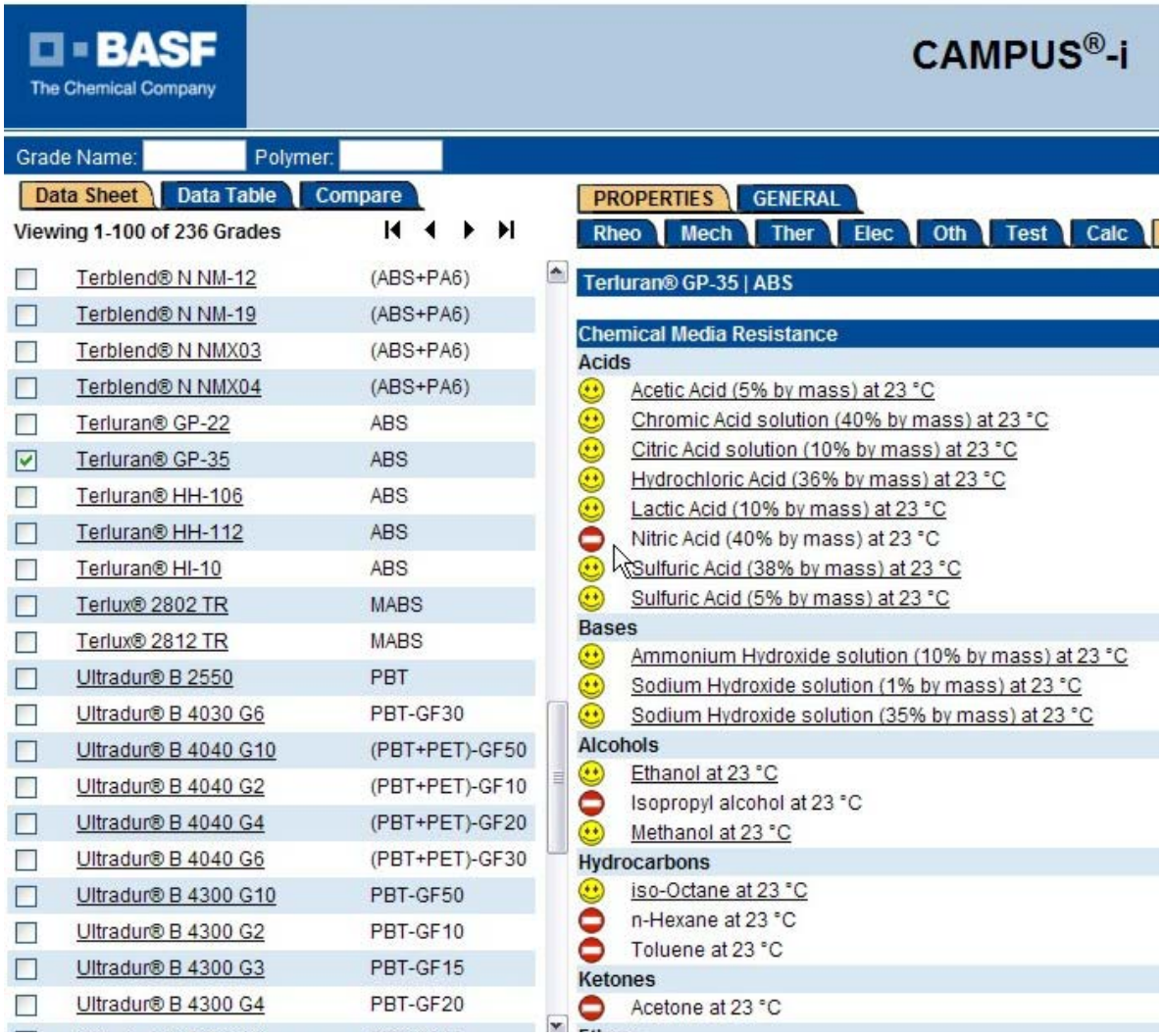


Fig.11.b **Imagem da interface da base de dados BASF Campus-i.**

- Actualização contínua da informação contida na base de dados, nomeadamente sobre propriedades.
- Melhorias permanentes da base de dados.

Tem uma versão da base de dados que está disponível para *download* gratuito. **[40]**

Endereço do portal:

BASF Plastics: www2.basf.de/basf2/html/plastics/englisch/index.htm

BASF Campus-i: http://campus-i.plasticsportal.net/matdb/matdb.php

(última consulta a 11 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais:

BASF Plastics contém informação de 36 materiais

BASF Campus-i contém informação de 236 materiais

Modalidade de utilização:

A base de dados é gratuita, mesmo o *download* do *software* Campus-i que serve de interface para utilizar no computador pessoal.

Materiais disponíveis:

Polímeros.

Métodos de selecção:

BASF Plastics:

-Nome.

-“Família do material”.

-Designação comercial.

-Fabricante.

-Futura aplicação.

-Propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, eléctricas, e de produção).

BASF Campus-i:

-Nome.

-“Família do material”.

-Designação comercial.

-Fabricante.

-Palavra ou frase "chave".

-Factores ecológicos.

-Pesquisa avançada, através da indicação do valor das propriedades e processo de fabrico.

-Disponibilidade regional.

-Propriedades (mecânicas, físicas, térmicas, eléctricas, de produção ou fabrico, estéticas, resistência da superfície e reológicas).

Tipo de resultado | Informação

Depois de seleccionado o material através de uma hiperligação, a informação obtida depende da base de dados que estamos a utilizar, a BASF Plastics ou a BASF Campus-i. Assim, para a **BASF Plastics**:

-Designação técnica.

-Designação comercial.

-Propriedades (físicas, mecânicas, térmicas, eléctricas e de produção).

-Fabricante e fornecedores.

-Processos associados.

-Aplicações possíveis e imagens dessas aplicações.

-Permite ainda aos utilizadores comparar propriedades através de informação numérica e através de gráficos (mecânicas, térmicas e processos de fabrico de várias materiais, em simultâneo).

BASF Campus-i:

-Designação técnica.

-Designação comercial.

-Ficha técnica.

-Materiais para determinada aplicação.

-Propriedades (físicas, mecânicas, térmicas, eléctricas e de produção).

-Fabricante e fornecedores.

-Processos associados.

-Aplicações dos materiais.

-Permite ainda aos utilizadores comparar as propriedades de vários materiais em simultâneo através de uma tabela (com informação sobre as propriedades mecânicas, térmicas e processos de fabrico de várias materiais, em simultâneo).

-Disponibiliza uma ficha técnica com todas estas informações e pode ser impressa.

Nos **anexos 9, 10, 11 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise destas bases de dados.

II. Análise da base de dados MODULOR - Material Total

Nome da Base de dados:

-MODULOR - Material Total

Instituição ou empresa associada:

A Modulor pertence à empresa alemã Imprint
Modulor Handelsgesellschaft mbH & Co. KG
Gneisenaustraße 43 – 45, D-10961 Berlin. Germany
Tel: +49 (0)30 / 690 36 – 0 | Fax: +49 (0)30 / 690 36 - 445
E-mail: info@modulor.info | Sítio na internet: www.modulor.info/

Texto caracterizador:

Portal de uma empresa que inicialmente comercializou material para maquetismo, mais vocacionada para encomendas de pequenas quantidades de materiais. Expandiu a sua comercialização a outras situações, como prototipagem, *design* e publicidade. Possibilita, no presente, a aquisição de mercadoria em maior quantidade e dimensão.

A base de dados contém muitos materiais para áreas relacionadas com o *design* e arquitectura. A gama e tipo de oferta é muito variada desde plásticos, borracha, têxteis, madeira, cortiça, metal, adesivos, material de pintura, massa de moldar, materiais para maquetismo e modelismo, materiais para *designers* gráficos e artistas, ferramentas e até acessórios e mobiliário para escritórios.

Os materiais estão organizados pelos grupos indicados no parágrafo anterior, pode-se realizar o *download* do catálogo e da lista de preços através da internet. É possível realizar encomendas por telefone e a entrega é realizada através de correio.

O portal tem uma concepção simples e bem organizada, tem eficácia de uso, é fácil de aprender e proporciona uma experiência agradável de utilização. **[41]**

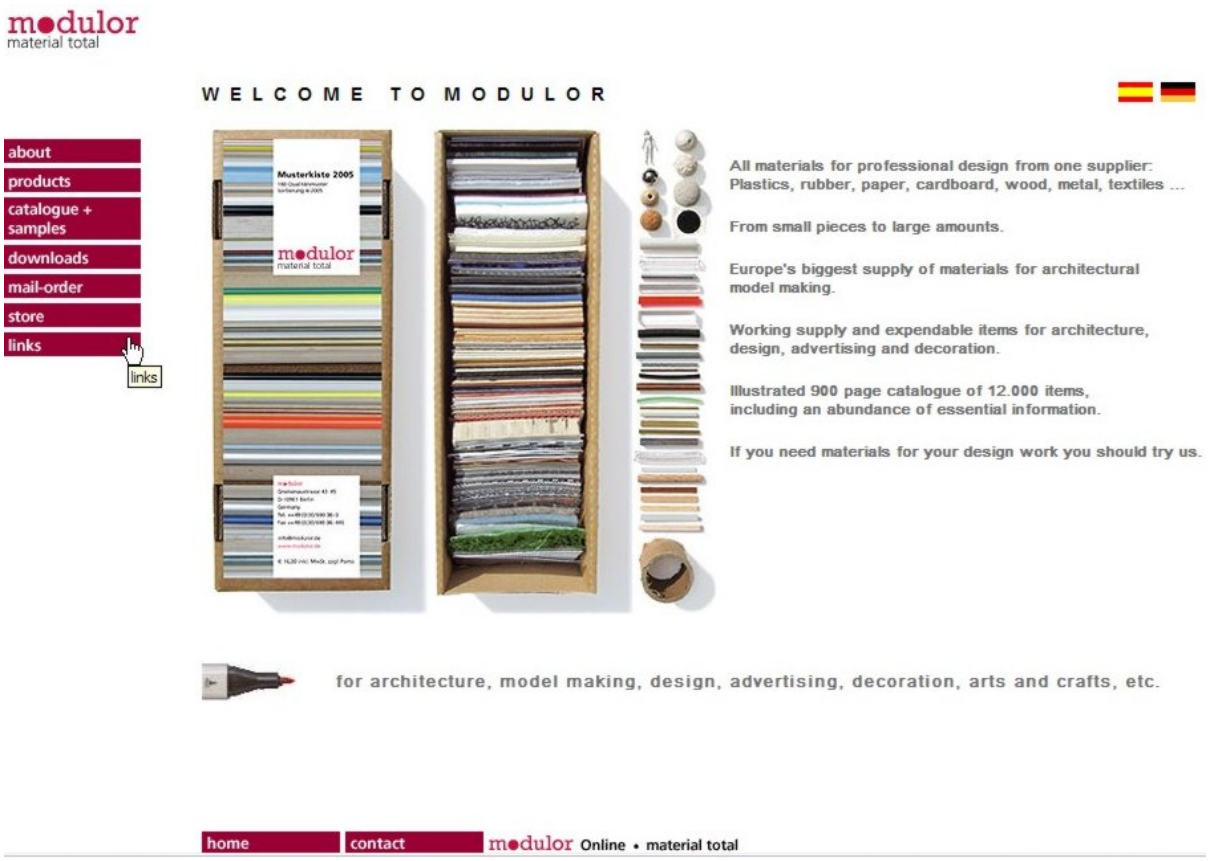


Fig.12. **Imagem do portal Modulor - Material Total.**

Endereço do portal:

www.modulor.info (última consulta a 11 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais:

Mais de 1200 materiais.

Modalidade de utilização:

A base de dados é gratuita, mesmo o *download* do catálogo em formato de ficheiro, os catálogos impressos e o catálogo de amostras de materiais são pagos a 18€ e a 17,9€ respectivamente (com as despesas de envio incluídas).

Materiais disponíveis:

Polímeros, borracha, têxteis, madeira, cortiça, metal, adesivos, materiais de pintura, massa e outros materiais para moldar, materiais para maquetismo e modelismo,

materiais para *designers* gráficos e artistas, ferramentas e até acessórios e mobiliário para escritório.

Métodos de selecção:

A selecção é realizada no portal da internet ou através de catálogo, a partir dos seguintes elementos:

-Nome.

-"Família do material".

-Processo de fabrico.

-Fabricante/fornecedor.

-Futura aplicação.

Tipo de resultado | Informação

-Designação técnica.

-Vários materiais possíveis.

-Fornecedores e contactos para vários países europeus.

-Preço exacto.

-Imagens dos materiais.

Nos **anexos 9, 10, 11 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

III. Análise da base de dados G.E. Polymerland

Nome da Base de dados:

-G.E. Polymerland

Instituição ou empresa associada:

GE Plastics

GE Lighting / Plastics Austria AG

Tel: +43-2622-3900 | Fax:+43-2622-39039

Customer Service Export: Tel: +31-164-293900

Sítio na internet: www.gepolymerland.com/design/material_select.html

Texto caracterizador:

Da Multinacional americana General Electric.

Inclui dois selectores de materiais o GE Polymerland Material Selector e o GE Plastics Material Selector.

O objectivo da General Electric é disponibilizar um portal que informe sobre os polímeros fabricados e as possíveis aplicações.

Podem ser realizadas encomendas de materiais através do portal, assim como, aceder a serviços de engenharia e *design* de objectos e componentes, informação, incluindo salas de conversação, casos de estudo, "dicas" sobre a selecção de materiais e motores de busca. **[42]**

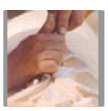
Endereço do portal:

G.E. Polymerland: www.gepolymerland.com/design/material_select.html

(última consulta a 11 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais:

Não foi possível ter acesso a esta informação.



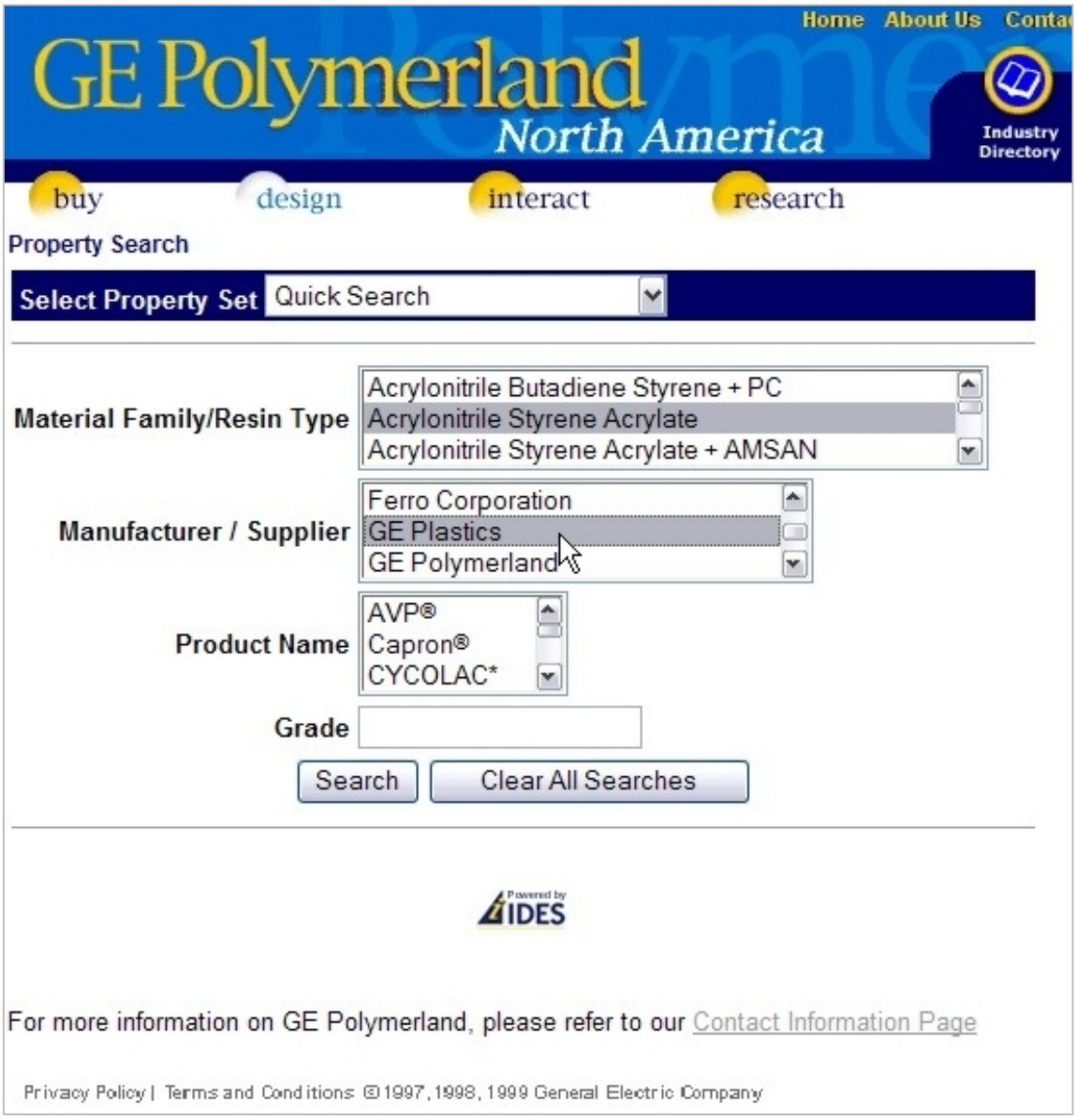


Fig.13. **Pesquisa rápida da CAMPUS, na base de dados GE Polymerland Material Selector.**

Modalidade de utilização:

Tanto a base de dados Polymerland Material Selector como a GE Plastics Material Selector são gratuitas.

Materiais disponíveis:

Polímeros e resinas.

Métodos de selecção:

Polymerland Material Selector:

A selecção através da pesquisa rápida de materiais pode ser realizada introduzindo os dados de forma sequencial, conjugando ou não os requisitos:

-Escolha da "Família do material".

-Fornecedor ou fabricante.

-Nome do produto.

-Classificação.

-Introdução de valores máximos e mínimos para várias propriedades, utilizando quatro motores de busca diferentes (Campus basic, advanced e ASTM basic e Advanced).

GE Plastics Material Selector:

A escolha de materiais é realizada através de uma pesquisa, que pede para colocar os valores máximos e mínimos de várias propriedades mecânicas, térmicas, eléctricas e outras como gravidade específica, absorção de água e espessura. Tem tradutor de propriedades para a língua portuguesa.

A pesquisa também pode ser realizada por região onde é comercializado, nome do material e classificação da resina.

Tipo de resultado | Informação

É similar para as duas bases de dados é similar. Depois de realizarmos a selecção que já foi descrita, obtém-se uma lista de materiais possíveis, de acordo com os critérios que introduzimos. Cada designação é uma hiperligação que leva à ficha técnica do material.

A ficha técnica contém por sua vez as seguintes informações:

-Disponibilidade e formatos possíveis.

-Processos de fabrico associados.

-Propriedades (físicas, térmicas, mecânicas, impacto, eléctricas e de processo de fabrico).

-Observações.

-Hiperligação para iniciar o processo de aquisição do material através da internet.

Nos **anexos 9, 10, 11 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

IV. Special Metals –The Alloy Experts

Nome da Base de dados:

Special Metals –The Alloy Experts

Instituição ou empresa associada:

Special Metals Corporation
Tel: +44 (0)1432 382313 | Fax: +44 (0)1432 352982
E-mail: simon.thompson@specialmetalswiggin.co.uk
Sítio na internet: http: www.specialmetals.com/about.htm

Texto caracterizador:

É uma base de dados de ligas metálicas de uma sobriedade e simplicidade notáveis, bem organizada, de utilização evidente, com grande eficácia de uso. É um modelo de portal utilizado por outras empresas, mas que devido à publicidade "*on-line*" acabam por perder legibilidade o que, felizmente, não aconteceu neste caso.

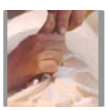
O Grupo Empresarial Special Metals foi formado no final de 1998. Esta empresa nasce da fusão de várias empresas do mesmo ramo, a Corporation of New Hartford, New York, Inco Alloys International, Huntington Alloys e Wiggin Alloys divisions, com tradição na tecnologia e produção de ligas desde há muitos anos, com produtos conhecidos em todo o Mundo como INCOLOY, INCONEL, NIMONIC, UDIMET, MONEL and NILO alloys.

O cerne do negócio desta empresa é a invenção, desenvolvimento e produção de superligas à base de níquel.

A empresa faculta no seu sítio na Internet, ou por correio, informação sobre as propriedades físicas, mecânicas assim como a composição de todas as ligas.

Nos dias de hoje, a Special Metals é líder na invenção, produção e fornecimento de níquel de alta qualidade e ligas de alta performance, utilizadas para resolver situações difíceis em engenharia. São ligas desenvolvidas de modo a obterem uma combinação de resistência ao calor, resistência à corrosão, tenacidade, resistência à tensão e são por isso usadas para as aplicações mais exigentes.

A empresa oferece uma gama muito alargada de ligas de níquel e cobalto em formatos distintos, desde lingotes de formato grande, billets, chapa, discos, folhas, tiras, tubos, barras, arame normal e para soldadura. **[43]**



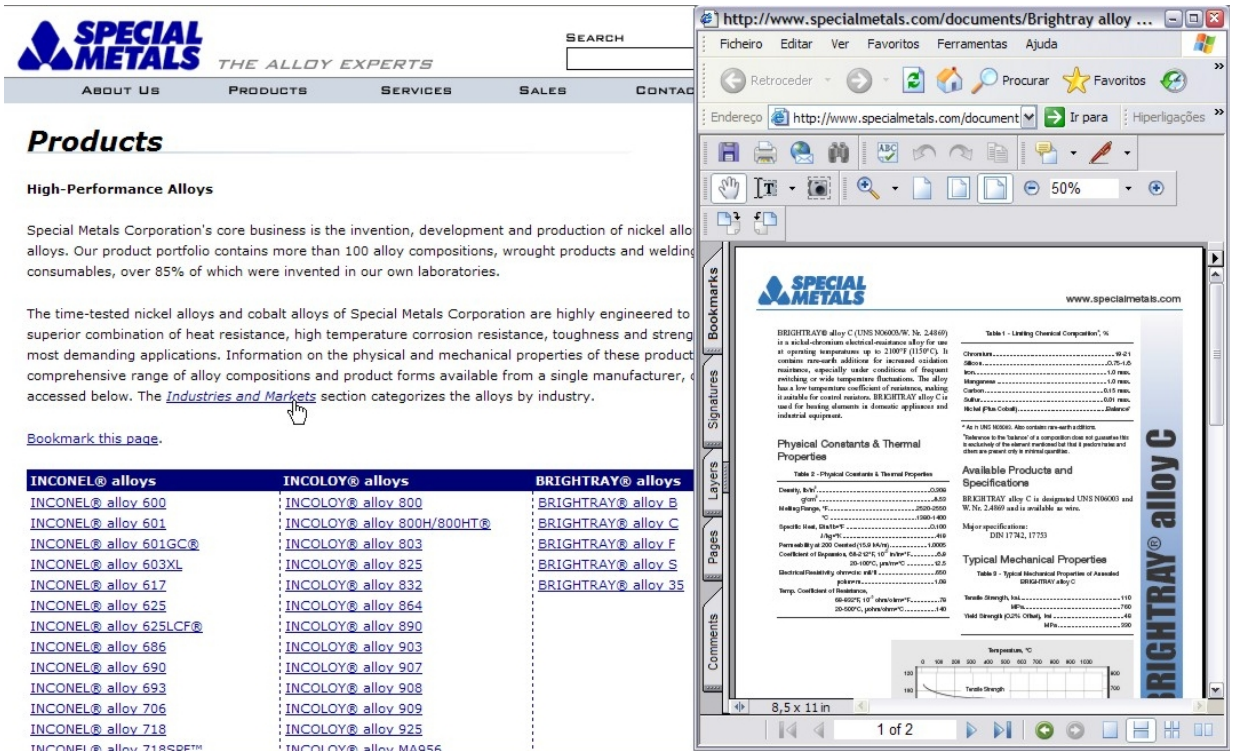


Fig.14. **Aparência da Base de dados Special Metals–The Alloy Experts e da ficha técnica em formato PDF.**

Endereço do portal:

www.specialmetals.com/about.htm (última consulta a 12 de Janeiro de 2006)

Número total de materiais:

Mais de 100 ligas metálicas com composições diferentes, sendo o número de produtos superior. Oitenta e cinco por cento das ligas foram criadas nos laboratórios Special Metals

Modalidade de utilização:

É uma base de dados gratuita.

Materiais disponíveis:

Ligas metálicas

Métodos de selecção:

O método de selecção é muito simples, de uma lista de ligas agrupadas por grupos, escolhe-se o material accionando a hiperligação que se encontra no nome da liga. Ao accionarmos o *link* passamos para outra janela, com um pequeno texto a caracterizar a liga, classificação UNS, formatos em que o material está disponível e tem uma hiperligação de acesso à sua ficha técnica.

Também é possível pesquisar através de:

-Processo de fabrico.

-Futura aplicação.

Tipo de resultado | Informação

Como já foi referido, depois de seleccionarmos a designação do material pretendido, entre várias hipóteses, passamos para outra janela com um pequeno texto a caracterizar a liga, classificação UNS, formatos em que o material está disponível e tem uma hiperligação de acesso à ficha técnica, que disponibiliza:

-Propriedades físicas.

-Propriedades térmicas.

-Propriedades mecânicas.

-Propriedades relacionadas com o processo de fabrico.

-Comportamento à junção e maquinação.

-Resistência à corrosão.

-Gráficos descritivos das propriedades do material.

Nos **anexos 9, 10, 11 e 17** (*cd-rom*) também é possível aceder à análise desta base de dados.

Foram realizadas pesquisas a motores de busca, no entanto, apenas cinco foram considerados com o mínimo de relevância. São o Kompass, Kelly Search, Construção Global.com, Europáginas Net e Net Index (fazem parte das folhas de cálculo). São na maior parte dos casos motores de busca normais, cuja única diferença é o facto de reservarem uma área específica para os materiais ou para a Indústria com uma sub secção para materiais.

Neste contexto não tem relevância a sua descrição no corpo da dissertação, fica apenas o seu registo para disponibilização.

CAP. III

Contributo das bases de dados e software para selecção de materiais

Funcionamento de bases de dados e software para a selecção de materiais

Percursos da selecção em quatro situações distintas

Estudos de casos

Reflexões sobre as ferramentas de selecção de materiais

Contributo das bases de dados e software para a selecção de materiais

A finalidade principal deste último capítulo é testar a aplicação de algumas das mais representativas ferramentas para selecção de materiais, bases de dados e *software*, a quatro projectos típicos de *design* industrial que constituirão os estudos de casos para testar algumas das ferramentas de selecção de materiais e estudar os percursos realizados durante a selecção. No final, será importante reflectir sobre a melhor forma de utilizar estas ferramentas, em que contexto e qual a utilidade e importância na actividade projectual.

A selecção de materiais é normalmente associada no *design* industrial de desenvolvimento de um novo produto. Na realidade, é uma actividade mais frequente para o projectista do que se possa imaginar, considerando as várias razões que a podem motivar.

Segundo J. Charles, F. Crane e J. Furness, existem duas situações típicas em que necessitamos de seleccionar materiais:

-Desenvolvimento de um novo produto.

-Melhoria de um produto existente, como resposta a questões tecnológicas, comerciais e ambientais.

Estas situações acontecem frequentemente num mundo de constante mudança, em que a expectativa dos consumidores em relação aos produtos, motivam alterações frequentes. Por vezes, um novo produto pode nascer como reacção a outro da concorrência ou devido à legislação exigir produtos “amigos do ambiente”. A melhoria ou *redesign* pode ser crucial como resposta aos produtos da concorrência, melhoria das margens de lucro, redução de componentes, utilização de peças em comum com outras linhas, simplificação de encaixes de montagem reduzindo o tempo de fabrico. Melhorar a estética do produto e aumentar o seu valor acrescentado. **[3]**

Ilse van Kersteren, na apresentação da sua investigação de Doutoramento, especifica as diferentes razões que podem levar a seleccionar materiais. Segundo a *designer,* existem cinco razões principais para seleccionar materiais:

-Redução de custos: existe sempre o objectivo de tentar reduzir a quantidade de material ou substituir por outro mais económico que cumpra igualmente a função.

-Optimização e novas versões: a escolha de novos materiais pode ser utilizada para melhorar a performance de determinado produto.

-Inovação com a utilização de novos materiais como estratégia de marketing (tentar, por exemplo, ganhar quota de mercado para clientes da classe média-alta, utilizando materiais nobres ou de alto desempenho).

-Requisitos legislativos: alteração na legislação, modificando exigências e normas legais que levam à selecção de novos materiais para um determinado produto.

-Exportação de um produto para outro continente ou país cujo clima é substancialmente diferente, criando a necessidade de substituição de materiais com melhores desempenhos entre o intervalo mínimo e máximo da temperatura. **[44] (p.11)**

Recordando todas as razões apontadas pelos autores referidos, acrescentando algumas que considero pertinentes, podemos apontar como motivações para a selecção de materiais as seguintes:

-No desenvolvimento de um novo produto.

-Redução de custos, substituição de materiais por questões de escassez de recursos ou de redução de custos.

-Optimização: melhorar a performance de determinado produto.

-Utilização de novos materiais como estratégia de marketing.

-Requisitos legislativos, alteração da legislação modificando exigências e normas (relativas ao impacto ambiental dos produtos ou por questões de saúde pública).

-Exportação de um produto para outro Continente ou país cujo clima é substancialmente diferente.

-Inovação através da aplicação de um material ainda não utilizado em determinado produto, para melhoria do desempenho e diferenciação no mercado.

Neste contexto, foram escolhidos quatro projectos representativos de situações passíveis da selecção de materiais:
1-Criação ou desenvolvimento de um novo objecto.
2-*Redesign* para melhoria do desempenho de um objecto já existente.
3-Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos, alterando normas relativas ao impacto ambiental.
4-Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação do mesmo para um mercado com clima substancialmente diferente.

Não existem estudos abrangentes sobre o *software* e bases de dados que serão alvo de análise na presente dissertação. Depois do estudo realizado na folha de cálculo para cerca de uma centena de ferramentas e da análise realizada no capítulo anterior para algumas bases de dados e *software*, será feita uma análise e experimentação mais aplicada para verificar como funcionam estas ferramentas perante situações típicas da actividade projectual.

Funcionamento das bases de dados e software para a selecção de materiais

O modo como funcionam as bases de dados e *software* para a selecção de materiais depende em muito de cada ferramenta, nomeadamente se estamos a trabalhar com uma **bases de dados geral, base de dados de fabricantes** ou ***Software***.

Arnold van Bezooyen identificou durante o seu relatório *"Material Explorer, Material Selection Tool for Designers"* dois grupos de ferramentas para a selecção de materiais:
a) ***Software* de informação**: Disponibilizam informação técnica sobre materiais.
b) ***Software* de inspiração**: Disponibilizam informação de vários tipos de materiais e disponibilizam informação para inspiração.
A diferença entre os dois tipos de ferramentas de selecção de materiais é significativa. Uma das principais diferenças é o facto das ferramentas de inspiração não necessitarem da introdução de quantidade tão extensa de dados como as ferramentas de informação e disponibilizam mais rapidamente a informação com elementos visuais para inspiração (por isso o seu nome). As ferramentas de informação têm sistemas de pesquisa por vezes morosos como o questionário, introdução de valores limitados por intervalos relativos a várias propriedades, ou palavra-chave, com pouca interacção entre utilizador e

a interface. O resultado da pesquisa nas ferramentas de informação é mais completo em termos de valores relativos a propriedades, apresentado em formato de texto ou tabela. As ferramentas de inspiração oferecem menos informação, mas os dados estão mais contextualizados e organizados, têm maior interacção entre o utilizador e a interface e proporcionam imagens dos materiais ou das suas aplicações.

Arnold van Bezooyen, estudou cerca de dez ferramentas de selecção de materiais, classificou o CES (Cambridge Engineering Selector) e **Matweb [30]** como "**ferramentas de informação**" e a base de dados Material Connexion e *Design Insite* de "**ferramentas de inspiração**". De realçar que tanto o *software* CES (Cambridge Engineering Selector) como as base de dados Material Connexion e *Design Insite* permitem também a selecção de processos de fabrico. **[6]**

Ashby, Bréchet, Cebon e Salvo **[2]** estudaram três metodologias aplicadas a ferramentas de selecção de materiais, nomeadamente ao *software* CES da Granta Design, Fuzzymat, CAMD e MAMPS entre outros. As três metodologias são:

1-Escolha livre baseada na análise quantitativa

2-Estratégia de questionário, baseado em captura perita.

3-Raciocínio indutivo e analogia.

Segundo os autores todas as estratégias têm os seus pontos fortes e fracos e existe lugar para todas elas, sendo utilizadas em muitas ferramentas de *software*. Podem ser usadas em separado ou em conjunto. As ferramentas de escolha livre devem ser aplicadas nas fases iniciais do processo de *design* e permitem soluções inovadoras. À medida que o processo evolui, outras estratégias devem ser privilegiadas como a de questionário ou raciocínio indutivo e analogia.

Michael Ashby e Kara Johnson **[10]**, descrevem quatro métodos utilizados para a selecção de materiais por engenheiros, designers e outros projectistas, passíveis de serem adaptados ao *software* de selecção de materiais. Os quatro métodos funcionam isoladamente ou agrupados, trabalhando de forma complementar. São eles:

a) **Selecção por análise (raciocínio dedutivo):** usa a informação específica e os métodos de selecção precisos, os procedimentos deste método passam por quatro passos: -Tradução dos requisitos; -análise do componente para o qual o material é necessário; -identificação das propriedades do material que determinem a performance desejada.

Excluem-se os materiais que não correspondem aos requisitos e ordenam-se os candidatos que correspondem às características desejadas.

b) **Selecção por síntese (raciocínio indutivo):** assenta numa experiência passada e na analogia, procurando uma ligação entre os requisitos pretendidos, intenções, percepção, estética e soluções de *design* documentadas numa base de dados de estudo de casos sobre produtos. Para a selecção de materiais para um projecto actual, recolhe-se informação de um "estudo de caso" bem sucedido no passado.

c) **Selecção por similaridade:** procura materiais com atributos semelhantes àqueles que pretendemos substituir. Podem ocorrer várias situações em que o designer necessita de substituir um material por outro que deve encaixar no perfil do material substituído, com a excepção da(s) característica(s) que levaram à substituição do material original.

d) **Selecção por inspiração:** possibilita a pesquisa de ideias de forma aleatória, imagens de materiais, amostras e produtos. Este método apoia-se num índice mental (através de imagens, livros, ficheiros de computador).

O melhor método depende do problema a solucionar. No entanto, a melhor ferramenta deve combinar os vários métodos e quanto mais flexível a abordagem, mais criativo será o resultado. **[10]**

Nos percursos de selecção dos estudos de casos utilizarei a classificação proposta por Arnold van Bezooyen **[6]** e Michael Ashby e Kara Johnson **[10]**, porque penso que são as mais adequadas ao presente trabalho.

Percursos da selecção em quatro situações distintas: estudos de casos

Os estudos de casos que abordaremos, nascem de situações-problema imaginados, mas representativos de projectos que um *designer* pode encontrar durante o desempenho da sua profissão. Os percursos de selecção de materiais foram realizados com algumas das bases e *software* disponível. Estes estudos de casos são aqui apresentados com dados organizados por **introdução**, **requisitos** (do material a seleccionar), **selecção**, **resultados** e **conclusão**.

A selecção de materiais é realizada através de um processo similar à **selecção por análise (raciocínio dedutivo)**, pois é o processo mais completo e consistente, que consiste em quatro passos básicos:
1-Traduzir as necessidades do design em especificações para os materiais e processos.
2-Identificar os materiais que não preenchem os requisitos e as especificações do *design*.
3-Construír um esquema de classificação de materiais que podem satisfazer as necessidades, identificando os que têm mais potencial.
4-Mostrar ou indicar modos de conseguir informação sobre os candidatos com mais potencial. **[2] (p. 51)**

Apesar de ter adquirido um conhecimento prévio sobre as ferramentas de selecção de materiais durante o trabalho de pesquisa, na resolução dos estudos de casos farei um trajecto imparcial. Por esta razão, darei sempre preferência às bases de dados e *software* com um universo mais alargado de materiais disponíveis para a selecção.
Não obstante, à medida que o processo de *design* evolui das fases iniciais como o conceito para o desenvolvimento e posteriormente nas fases dos detalhes e especificações do projecto, a selecção será centrada num número cada vez mais restrito de materiais. Assim, nestas fases do processo de *design*, as ferramentas de selecção serão naturalmente mais específicas, de acordo com a "família" ou classe de materiais onde a escolha terá lugar.
De salientar que este trabalho será realizado unicamente através de acessos autorizados, para algumas ferramentas, apesar de ter sido pedida, não foi concedida autorização de acesso temporário para realizar o presente estudo. Foi o caso da Matériothèque (Matério), Material Connexion, Innovathéque, CES Selector e Granta MI

entre outros. Por esta razão não foi possível aceder às bases de dados e *software's* pagos, para o qual não foi possibilitado o acesso temporário ou a versão de demonstração.

Nas bases de dados disponíveis fui sempre comparando e testando resultados e, mesmo quando já tinha obtido um resultado satisfatório, procurava responder a uma questão incontornável: -se utilizar outra ferramenta ou base de dados obtenho o mesmo resultado?

Primeiro estudo de casos

Criação ou desenvolvimento de um objecto: Estaca para tenda de campismo / montanhismo

Introdução:

Um fabricante de tendas de campismo decide criar uma linha de produtos profissionais para montanhismo. Aposta numa construção de qualidade para uso profissional em expedições, em que a leveza, resistência, e durabilidade dos materiais sejam características privilegiadas.

No entanto, sabe que para este tipo de produto não pode fornecer estacas com o mesmo material das outras linhas económicas. As estacas das linhas económicas são de aço galvanizado, logo, são pesadas e, apesar do tratamento anti-oxidação por galvanização em banho de zinco fundido, tem tendência a oxidar com o uso. A somar a estes problemas, as estacas quando eram batidas em terrenos rochosos dobravam e, quando utilizadas na neve ou em terrenos arenosos a tendência era de saltar do solo com facilidade. Já tinham sido testadas estacas de material polimérico, mas os resultados só melhoraram em relação à oxidação e ao comportamento em terrenos arenosos e na neve, porque, em relação ao solo rochoso, o desempenho era pior do que o aço galvanizado.

O Director de desenvolvimento de produto achou que para entrar no mercado profissional seria necessário o desenvolvimento de uma nova estaca que pudesse não só ser mais resistente à oxidação como fixar melhor em vários tipos de solo.

Requisitos:

O produto a desenvolver implica a utilização de um material que:

-Seja resistente à oxidação, na medida em que a estaca de aço galvanizado após algumas utilizações e riscos superficiais, usuais na sua utilização, começa a oxidar.

-O design e material para a nova estaca devem permitir uma fixação consistente em terreno rochoso, arenoso e na neve.

-O material deve ser leve, porque é uma exigência para os desportistas de alpinismo e montanhismo.

-O previsível aumento de custo com as novas estacas não pode inviabilizar o lucro e a concorrência com outros fabricantes.

Fig.14. Estaca em aço galvanizado.

A selecção:

Na impossibilidade de utilizar o CES Selector da Granta Design **[35]**, utilizei para saber que famílias de materiais poderiam corresponder aos requisitos formulados os seguintes gráficos interactivos, baseados no trabalho de Michael Ashby **[45]**:

-Resistência mecânica/Densidade (para identificar os materiais com muita resistência conjugada com pouco peso)

-Módulo de Young/Custo (para identificar os materiais rígidos mas económicos)

-Resistência mecânica/Custo (para identificar os materiais muito resistentes mas apesar de tudo económicos).

No portal “Information on material selection and processing” **[45]** não estava disponível o gráfico Módulo de Young/Densidade, por isso foi consultado na página 419 do livro de

Michael Ashby **[7]**. Este gráfico permitiu visualizar os materiais duros, tenazes e ao mesmo tempo leves.

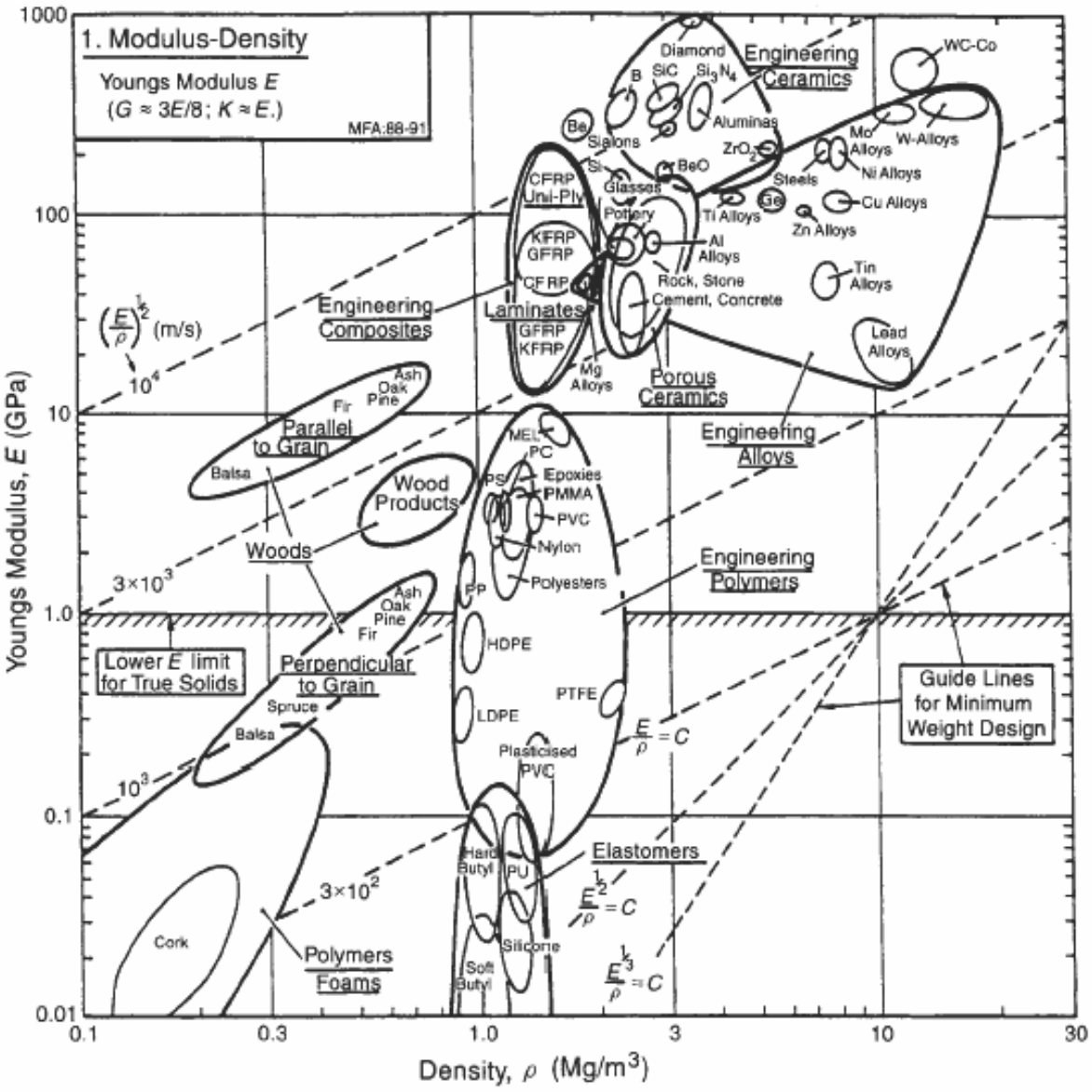


Fig.15. **Gráfico Módulo de Young/Densidade** **[7] (p.419)**

O primeiro gráfico a ser consultado foi o da relação entre o Módulo de Young/Densidade, que permitiu considerar as famílias dos compósitos, metais, cerâmicos de engenharia os mais duros e tenazes em relação ao seu peso ou densidade. Apesar de alguns polímeros demonstrarem relações razoáveis, não foi considerada esta "família" de materiais, porque

já existem estacas em materiais poliméricos, com fraco desempenho em terrenos rochosos e com uma durabilidade muito reduzida. Os materiais cerâmicos por serem quebradiços e considerando que qualquer estaca é sujeita aos impactos das marteladas, também foi uma solução colocada de parte. Assim, esta 1ª selecção, aponta para as classes de compósitos e de metais. A nossa escolha foi confirmada com o gráfico interactivo de **Resistência/Densidade**, que permitiu identificar os materiais com resistência à tracção conjugada com pouco peso. Com este gráfico foi possível identificar dentro da família dos compósitos, a classe das resinas reforçadas com fibra de carbono. Dentro da família dos metais, as ligas de alumínio e o magnésio conjugam estes requisitos de forma mais satisfatória.

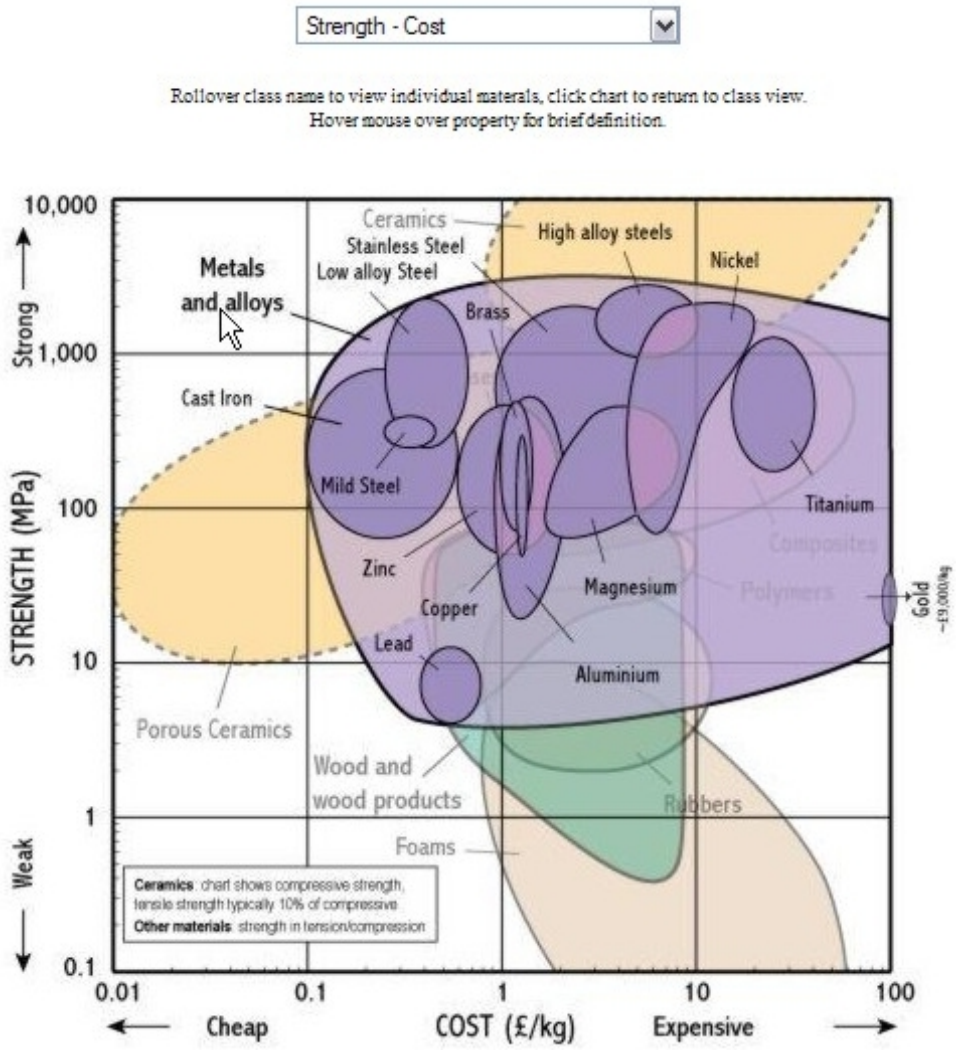


Fig.16.a Gráficos interactivos Resistência/Custo para as ligas metálicas [45]

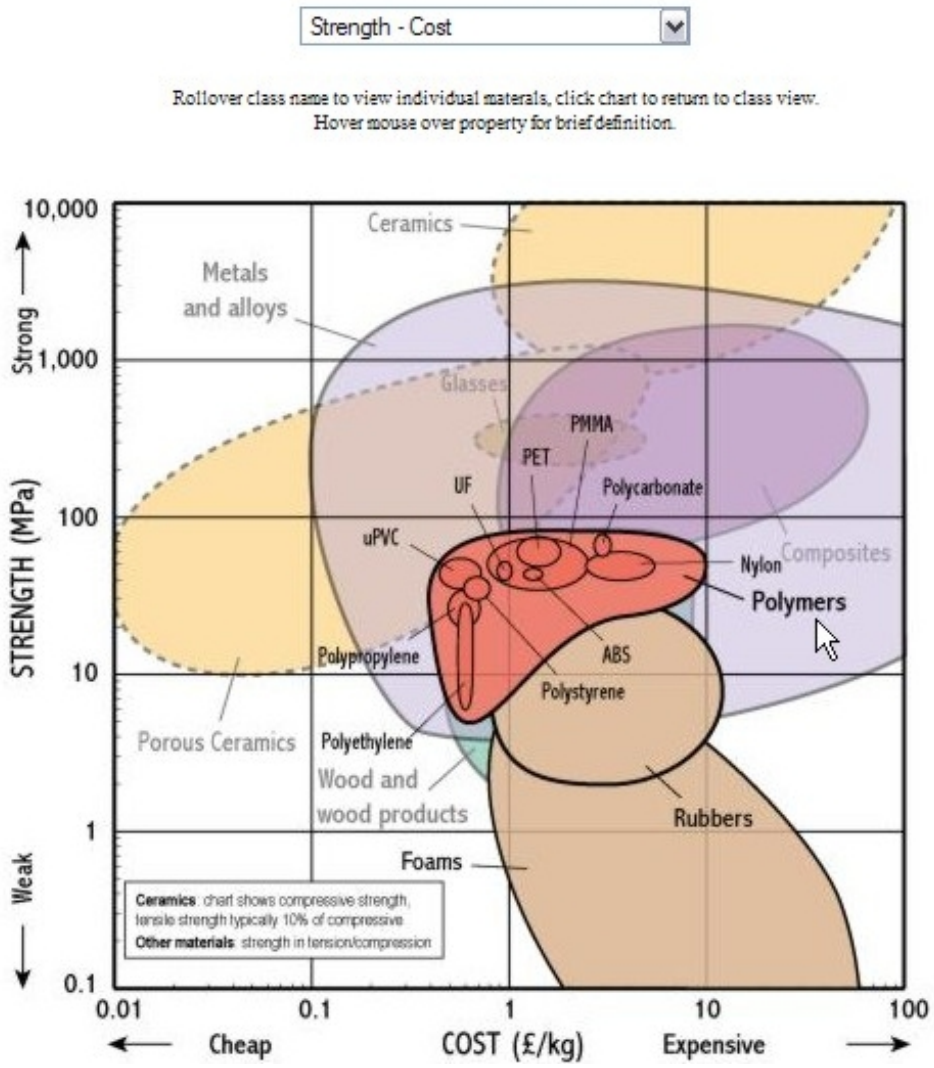


Fig.16.b **Gráficos interactivos Resistência/Custo para os polímeros [45]**

Posteriormente, foram consultados os gráficos, **Módulo de Young/Custo** e **Resistência/Custo** (para identificar os materiais resistentes e rígidos, mas apesar de tudo económicos). Depois de analisados os gráficos, em termos de resistência mecânica semelhantes, temos custos substancialmente diferentes (informação actualizada a 25/02/2002):

-Ligas de alumínio entre 1,3€ a 5,9€ por kg

-Ligas de magnésio entre 4,4€ a 13,2€ por kg

-Resinas reforçadas com fibra de carbono entre 43,9€ e 73,1€ por kg

No entanto, esta relação **preço/peso** é uma referência relativa, a quantidade de material necessário para fabricar o objecto depende das características e propriedades mecânicas

de cada material.

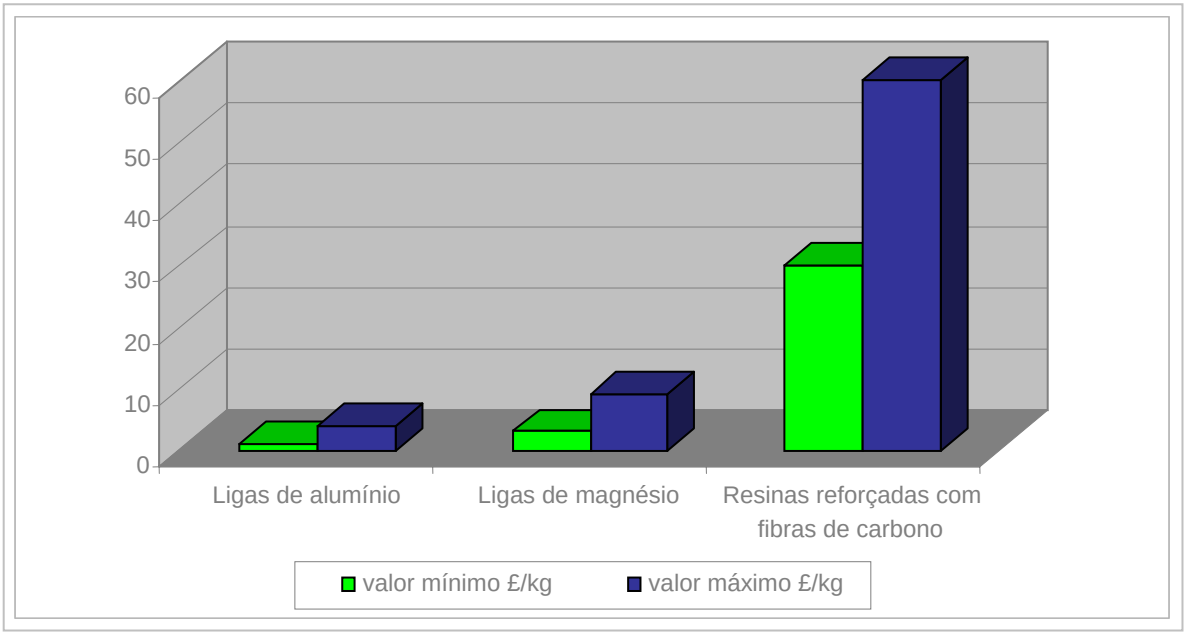


Fig.17. Gráfico comparativo dos custos entre famílias de materiais.

As ligas de alumínio, em termos da relação requisitos e custo, começam a destacar-se claramente. Por outro lado, o designer da empresa começa através de esboços, a definir a forma para a estaca pretendida. Trata-se de uma estaca diferente, que possibilita uma aderência boa a terrenos arenosos e neve, através de uma zona de secção em formato de espiral e também a terrenos compactos e rochosos através da zona pontiaguda. O *design* da estaca permite ainda que esta seja martelada ou aplicada com a mão, em movimentos circulares, conforme se trate de um terreno compacto ou arenoso respectivamente.

De acordo com a forma desenhada (fig.18), consolidamos a ideia de que uma liga de alumínio será a escolha mais acertada tendo em conta os custos e a resistência à oxidação, que foi um dos requisitos mais importantes de todo este processo. Consultando a base de dados *Design Insite* **[19]** foi possível confirmar a escolha, pois esta ferramenta relaciona os materiais, processos de fabrico e produtos. Foi possível ter a noção de que a fundição sob pressão, em molde de metal (die casting), ou a forja podem ser os processos mais adequados para a conformação do alumínio, tendo em conta a forma, custos e a quantidade de peças necessárias. Seleccionou-se o alumínio forjado, por ser mais económico e permitir uma gama de composições mais alargada.

Através da base de dados **Aluselect [33]**, com informação técnica de um conjunto abrangente das ligas de alumínio, realizou-se uma pesquisa simples de aplicações com requisitos similares, tal como ferramentas e foi possível obter uma informação mais exacta do tipo de ligas de alumínio adequadas. Seleccionou-se um conjunto de oito ligas, das quais, três ofereciam mais garantias, as de designação 5083, 5086, 7075.
Apesar das duas primeiras ligas permitirem mais variedade e melhores comportamentos à anodização, a última liga apresentou valores superiores de resistência e dureza.

Ao experimentar a base de dados **Alloy Finder** da **ASM [39],** verifiquei que teria alcançado uma conclusão semelhante se utilizássemos esta ferramenta. O **Alloy Finder** é uma base de dados de acesso pago pertencente à empresa que edita os ASM Handbooks, permite o acesso a fichas técnicas muito completas, com mais alternativas dentro da mesma liga de alumínio. No entanto, requer que o utilizador esteja minimamente familiarizado com as designações técnicas, apesar do sistema de ajuda.

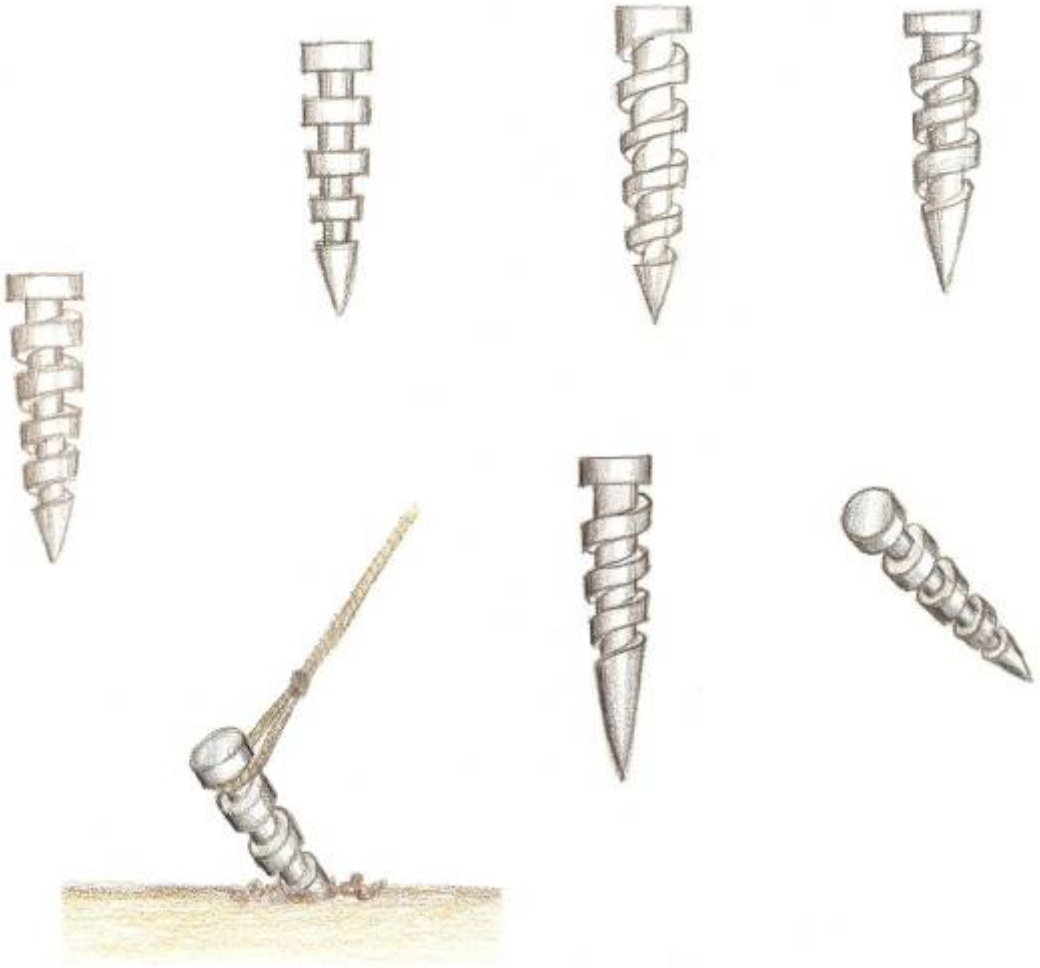


Fig.18. Desenhos para a nova estaca.

Resultados:

Através da base de dados **Aluselect** é possível saber o tratamento térmico compatível com o alumínio 7075, o que permite aumentar a sua resistência mecânica e à corrosão. Trata-se de um tratamento térmico e estabilização, designado por têmpera, com a classificação T7. Existe um *software* para escolher o tratamento superficial do alumínio que é o Alusurf **[46]**

Conclusões:

Podemos referir que o material para a estaca seria um alumínio 7075-T7, No entanto não seria de todo uma má escolha as ligas 5053 e 5086 com o tratamento superficial adequado.

Em relação ao processo de selecção devo referir que foi possível ter acesso através do **Alloy Finder** da ASM a uma ficha técnica detalhada de todas estas ligas de alumínio (a ficha técnica da liga 7075 encontra-se no anexo 15).

A base de dados **Material Explorer [34]** não foi útil neste projecto porque as ligas estavam apenas disponíveis em formatos inadequados, nomeadamente em formato de chapa.

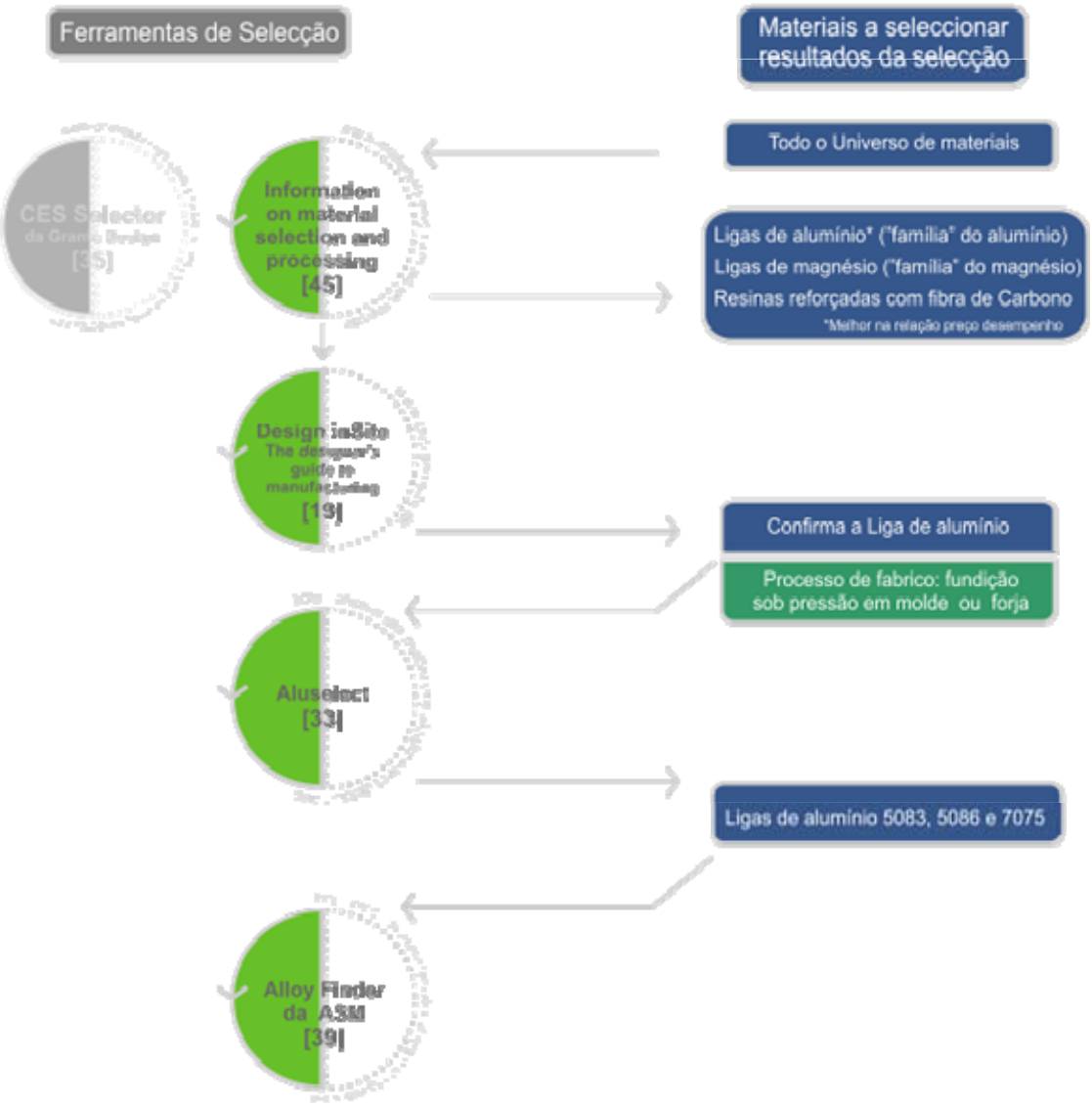
De salientar que foi útil a utilização de várias bases de dados, à medida que se foi definindo o *design* do objecto. Com a evolução do processo foram necessárias informações mais específicas e consequentemente bases de dados que pudessem fornecer essas informações.

Através da base de dados **MatWeb [30]** era possível conseguir um resultado mais rápido. No entanto seria necessário colocar um conjunto de valores máximos e mínimos correspondentes a várias propriedades, o que nem sempre é fácil, principalmente em fases iniciais de determinados projectos.

Neste processo de selecção de materiais foi fundamental o **método de análise**, seguindo todos os passos relevantes para uma selecção precisa, mas também o **método de selecção por síntese,** quando comparámos o desempenho de outras estacas e ferramentas de jardim já desenvolvidas com a estaca a criar.

Desenvolvimento de um novo objecto

1º) Estudo de caso - Estaca para tenda de campismo/montanhismo



Fluxograma 1a | Legenda

Desenvolvimento de um novo objecto

1º) Estudo de caso - Estaca para tenda de campismo/montanhismo (continuação)

Fluxograma 1b | Legenda

Segundo estudo de casos

Redesign para melhoria do desempenho de um objecto já existente: Suspensão dianteira para bicicleta "freeride"

Introdução:

Um fabricante de bicicletas de BTT (bicicletas de todo-o-terreno) é conhecido pela qualidade das versões de competição para a modalidade de ***cross country*** (prova de longa distância, que pode ter 100 km de percurso, com terreno que varia com subidas e descidas; as provas ocorrem normalmente em zonas rurais e campo). Devido à elevada qualidade de construção e à versatilidade das bicicletas, alguns atletas começaram a utilizá-las em provas de ***freeride*** (é uma categoria que não é de corrida, ou seja, os atletas são avaliados pela sua perícia, técnica e estilo em saltos, obstáculos, rampas, etc.). Para esta situação, os pilotos eram obrigados a alterar a suspensão dianteira ou "garfo". No modelo original este elemento era fabricado em liga de alumínio 6061-T6[b)] que, apesar de óptimo no desempenho na modalidade para que foi concebida a bicicleta, em provas de *freeride*, que implicam saltos e obstáculos com impactos consideráveis na roda da frente, pode tornar-se um ponto fraco.

O fabricante tomou a iniciativa de, através de pequenas alterações ao quadro, suspensão e outros acessórios, criar um modelo específico para *freeride*. Para esta finalidade, a bicicleta necessita de um garfo idêntico, mas construído num material mais resistente ao impacto e também mais leve para facilitar as manobras de perícia.

Vamos, neste estudo de casos, seleccionar um material para substituir o alumínio 6061-T6 de modo a aumentar a resistência ao impacto e diminuir o peso, aumentando assim a margem de segurança da suspensão dianteira e a sua funcionalidade.

b)Os primeiros números destinam-se a identificar a composição da liga de alumínio, o "T" e o numero que lhe segue servem para identificar o tratamento térmico da liga que pode encontrar-se no intervalo de T1 a T8.

Fig.19. **Imagens de provas de *cross country* e *Freeride*, respectivamente.**

Requisitos:

As necessidades para a nova suspensão dianteira exigem um material que substitua a liga de alumínio 6061-T6, com valores mais elevados nas seguintes propriedades:

-Resistência ao impacto.

-Resistência à fractura.

-Leveza.

-Resistência à corrosão.

-Rigidez.

A selecção:

Como o formato da peça a fabricar está praticamente estabelecido, trata-se mais de um processo de substituição de um material por outro. Sendo assim, vamos tentar aceder aos valores das propriedades de resistência ao impacto, resistência à fractura e densidade da liga de alumínio 6061-T6 e, a partir destes valores, saber os materiais que têm desempenhos superiores.

Através da base de dados **Matweb [30]**, **Aluselect [33]** e **Alloy Finder** da **ASM [39]**, foi possível conseguir um conjunto de valores de propriedades mecânicas, físicas, eléctricas, térmicas e de fabrico para a liga de alumínio 6061-T6, das quais indico as que mais interesse têm para o presente estudo:

-Tensão de ruptura: 310 MPa.

-Módulo de elasticidade: 70 GPa.

-Dureza de Vickers: 100.

-Módulo de rigidez: 26,3 GPa.

-Densidade (ρ): 2,69-2,71x10^3 kg/m^3.

-Resistência à tracção (σf): 240-260 MPa.

Com os valores anteriores de tensão de ruptura, módulo de elasticidade e dureza de Vickers, utilizei a pesquisa por propriedades na base de dados **Matweb [30]** para seleccionar materiais com valores superiores aos da liga de alumínio 6061-T6. O resultado da procura para as "famílias" dos metais e polímeros deu um número muito elevado, de 2658 materiais.

Neste contexto, para evitar resultados inconclusivos, antes de realizar uma pesquisa numa base de dados devemos delimitar as "famílias" e classes de materiais que podem satisfazer os requisitos definidos. Para este efeito os gráficos de selecção de materiais de Michael Ashby **[7](pp.413-453)** são a opção certa para iniciar a selecção na impossibilidade de aceder ao CES Selector da Granta *Design* **[35]**.

Para identificar as famílias de materiais que poderiam corresponder aos requisitos formulados, utilizei os seguintes gráficos:

-Resistência mecânica/Tenacidade à fractura (para identificar materiais fortes, que suportam cargas antes de deformarem, mas que têm também elevada resistência ao impacto).

-Resistência mecânica/Densidade (para identificar os materiais com muita resistência conjugada com pouco peso).

-Resistência mecânica/Custo relativo (para identificar os materiais resistentes mas também económicos).

O primeiro gráfico a ser consultado foi o da relação entre a Resistência mecânica/Tenacidade à fractura, que permitiu verificar que os cerâmicos são resistentes em termos de compressão, mas frágeis com outro tipo de esforços o que torna os valores de tenacidade à fractura inferiores aos do alumínio. As madeiras ficam aquém da liga 6061-T6 em ambas as propriedades e os polímeros são pouco resistentes restando por isso os metais e os compósitos. A classe dos metais que apresentam valores superiores na relação das duas propriedades são o titânio, latão, níquel e algumas ligas de aço. Nos compósitos, as resinas reforçadas com fibra de vidro ou com fibras de carbono apresentam valores superiores aos do alumínio.

Neste contexto, como a relação destas duas propriedades é essencial para o garfo da bicicleta de *freeride*, porque permite identificar os materiais resistentes que suportam cargas antes de deformarem e com resistência ao impacto; é com estas classes de materiais pré-seleccionados que vamos prosseguir o nosso processo de selecção de materiais.

Através do gráfico Resistência mecânica/Densidade, foi possível constatar que as ligas de aço, níquel e latão podem ser consideravelmente mais densas do que as de alumínio.
O titânio é mais denso do que o alumínio mas, neste caso, poderá não implicar directamente no peso do produto final, porque o titânio apesar de ser mais denso, também tem maior resistência e, permite por isso, estruturas mais elegantes, de menor secção e com menos quantidade de material. Existe uma marca americana, a *Litespeed* que fabrica quadros de titânio notavelmente leves.
Em relação aos compósitos, estes têm um óptimo desempenho resistência mecânica/densidade, principalmente as resinas reforçadas com fibra de carbono.

Por último, consultámos o gráfico Resistência mecânica/Custo relativo, para analisar o aumento no custo aproximado dos materiais. Em todos os casos as alternativas ao alumínio são substancialmente mais caras, embora a questão da relação preço-custo é relativa, porque depende da quantidade de material necessário para realizar o garfo, do processo de fabrico e do valor acrescentado ao produto final.
Os preços médios, referentes a 2002 são:
2,3 €/Kg - Alumínio.
2,9 €/Kg - Resina reforçada com fibra de vidro.
66 €/Kg - Resina reforçada com fibra de carbono.
52 €/Kg – Titânio (200€ o metro de tubo, preço de 2005)

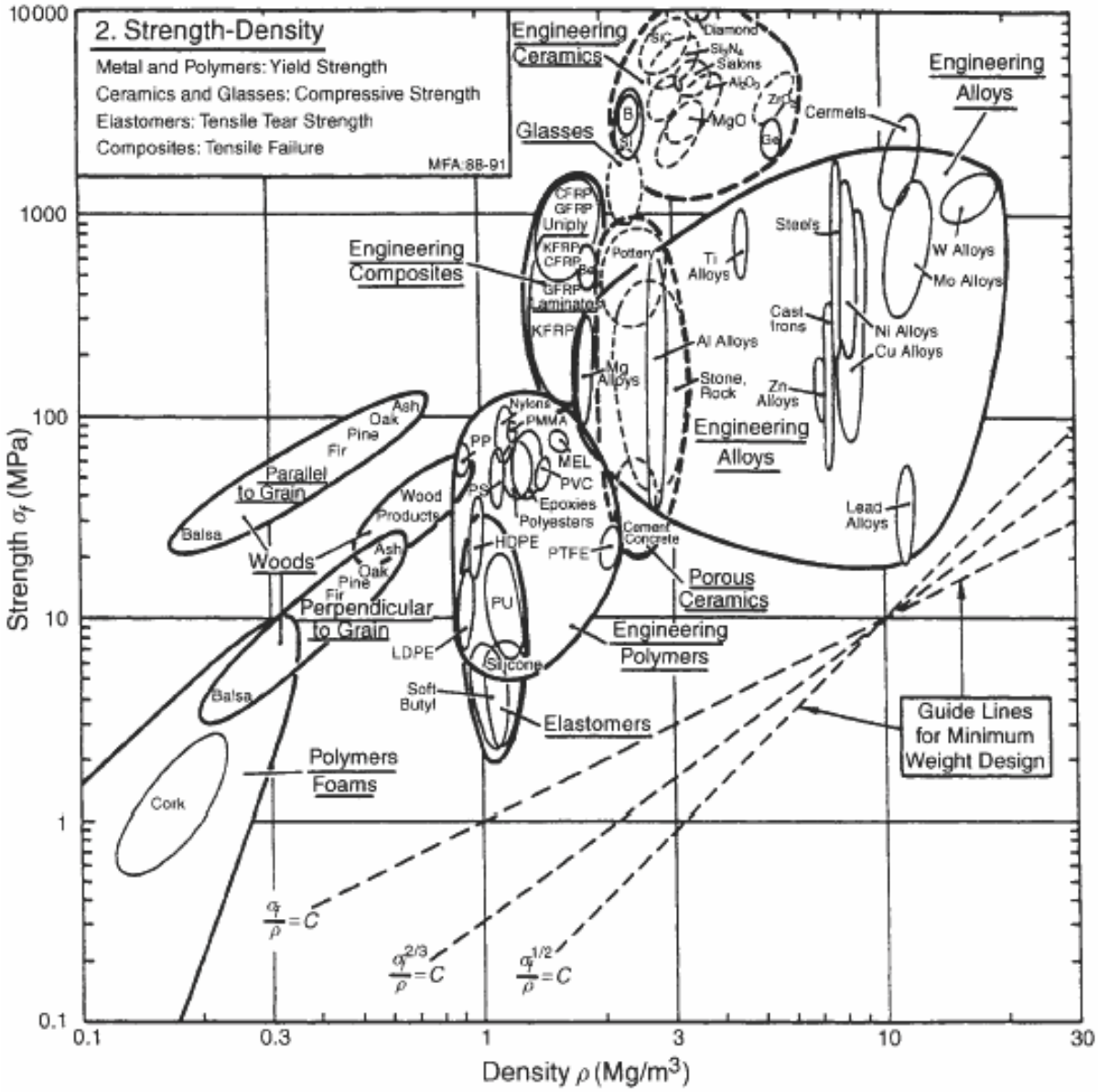


Fig.20. **Gráfico Resistência mecânica/Densidade [7] (p.421)**

Podemos verificar que ao utilizarmos os gráficos de propriedades de Michael Ashby, chegamos apenas a quatro classes de materiais. Resina reforçada com fibra de vidro, resina reforçada com fibra de carbono, titânio e também as ligas de alumínio com desempenhos superiores ao 6061-T6. Não obstante, dentro de cada classe de materiais, existem muitas composições possíveis. A selecção através de gráficos de propriedades, torna-se a partir deste ponto, pouco eficaz e vamos recorrer às bases de dados para realizar as escolhas finais.

Fig.21. Imagens de garfos com suspensão para a modalidade de *cross country* e *freeride* respectivamente (imagens retiradas dos sítios da Internet da Fox e da Marzocchi Group).

Voltei a utilizar a base de dados **Matweb [30]** para verificar quais as ligas de Titânio, alumínio e compósitos que apresentavam desempenhos superiores à liga de alumínio 6061-T6.

A pesquisa foi realizada através das propriedades associadas às classes de materiais acima indicadas. O resultado da pesquisa foi:

-Ligas de titânio, 54 designações diferentes para membros desta classe de materiais.

-Ligas de alumínio, 110 referências.

-Compósitos de resina termoendurecíveis com fibra de carbono, obtive 12 designações:

-SGL Carbon Group 60% SIGRAFIL C®-in 250ºF Epoxy.

-Overview-Epoxy/Carbon Fiber Composite

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-55 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-75 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-100 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-120 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-650/35 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-BP Amoco Thornel® Carbon FiberP-650/42 (Carbon Fiber/Epoxy Advanced Composite System).

-Type P-VSB-32 (Union Carbide) Carbon Fibers.

-GY-70 (Celanese) Carbon Fibers.

-Type P-VS-0053 (Union Carbide) Carbon Fibers.

-Toyobo Zylon® PBO-HM Fiber/Epoxy Matrix (Unidirectional Composite).

Se para os compósitos o resultado foi razoável, para as ligas de alumínio e titânio o número continua muito elevado.

Para facilitar a selecção, utilizei um método similar à síntese, que se baseia em tirar partido de experiências passadas, por analogia. Utilizei uma base de dados de artigos sobre materiais, a "**AZOM.COM - The A to Z of Materials**" **[47]**.

Neste portal foi possível saber as ligas com características superiores às da liga de alumínio 6061-T6.

6061-T6 são utilizadas em peças para bicicletas:

-Titânio Ti3Al2.5V (grau 9).

-Titânio Ti3Al2.5V0.05 Pd (grau 18).

-Titânio Ti6Al-4V

-Alumínio 6082

-Alumínio 7005

-Alumínio 7020

Em relação aos materiais compósitos, existem trabalhos como estudos de casos, nomeadamente um que trata da utilização da resina epóxido reforçada com fibras de carbono em quadros e garfos de bicicletas.

Paralelamente, foi possível através do portal *Design Insite* **[19]** obter alguma informação de interesse sobre compósitos, nomeadamente a excelente relação das propriedades mecânicas e do peso. Os processos de conformação mais utilizados são poltrusão, injecção em autoclave, moldagem manual por contacto e injecção de matriz-RTM.

Existem os compósitos híbridos que combinam duas ou mais fibras de reforço numa matriz de resina termoendurecível. Um dos compósitos híbridos que podem interessar para o presente projecto é formado por resina epóxido reforçada com fibras de carbono e aramida que permitem combinar a resistência à tracção e dureza do compósito de carbono com a resistência ao impacto da aramida. O outro é a resina epóxido reforçada com fibras de carbono e vidro, que permite acrescentar ao compósito de carbono maior amortecimento e preço mais acessível, devido às fibras de vidro.

Tendo como referência esta informação, foi possível aceder através da base de dados da **Matweb** **[30]** a uma nova busca, com resultados muito mais restritos. Para as ligas de titânio foi possível confirmar 2 dos 3 resultados, entre 12 iniciais. A selecção entre os doze resultados iniciais, foi realizada tendo em conta a possibilidade de conformar a liga de titânio de acordo com o formato do garfo.

Confirmámos as já conhecidas ligas Ti-3Al-2,5V, Ti-6Al-4V e surgiu um resultado novo a liga de titânio Ti-6Al-6V-2SN. Para ligas de alumínio da série 7 identificámos 27 resultados (das quais ficaram apenas duas devido às suas propriedades e tratamentos térmicos, a 7005-T6 e 7075-T6), para resinas de epóxido reforçadas com fibras de carbono, obtive os mesmos resultados descritos anteriormente.

Resultados:

A opção final deve ser realizada entre as ligas de titânio e um compósito de resina epóxido reforçada com fibra de carbono, na medida em que as ligas de alumínio, em termos de resistência ao impacto e à fractura, pouco acrescentam à liga 6061-T6.

A liga de titânio que melhores desempenhos tem é a Ti6Al-4V. Em termos de resina epóxido reforçada com fibra de carbono, a que apresentou melhores características foi a da marca Toyobo Zylon®, referência PBO-HM Fiber/Epoxy Matrix Unidirectional Composite.

Através das bases de dados de fabricantes pode ter-se acesso a algumas propriedades, preços e em certos casos a operações de encomenda do material. Por exemplo, as bases de dados Good Fellow **[48]** e Marketech **[49]** têm referências das ligas de titânio para venda.

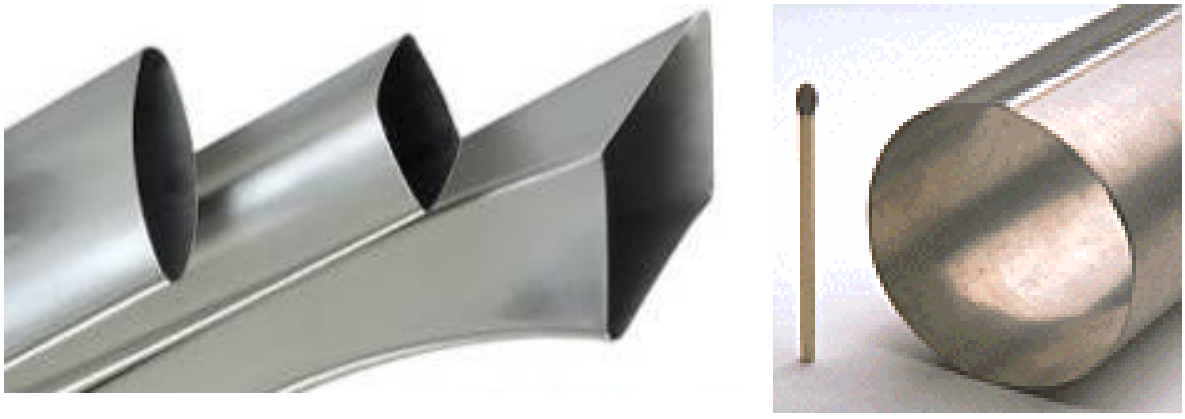


Fig.22. Imagens de tubos de titânio (Imagens retiradas dos sítios da internet da marca Litespeed e *Design insite* **[19]**).

Conclusões:

A escolha final depende muito da estratégia do próprio fabricante e do marketing implementado, hoje em dia a qualidade do material e a tecnologia de ponta são utilizadas pelos fabricantes de bicicletas como “armas” de marketing.

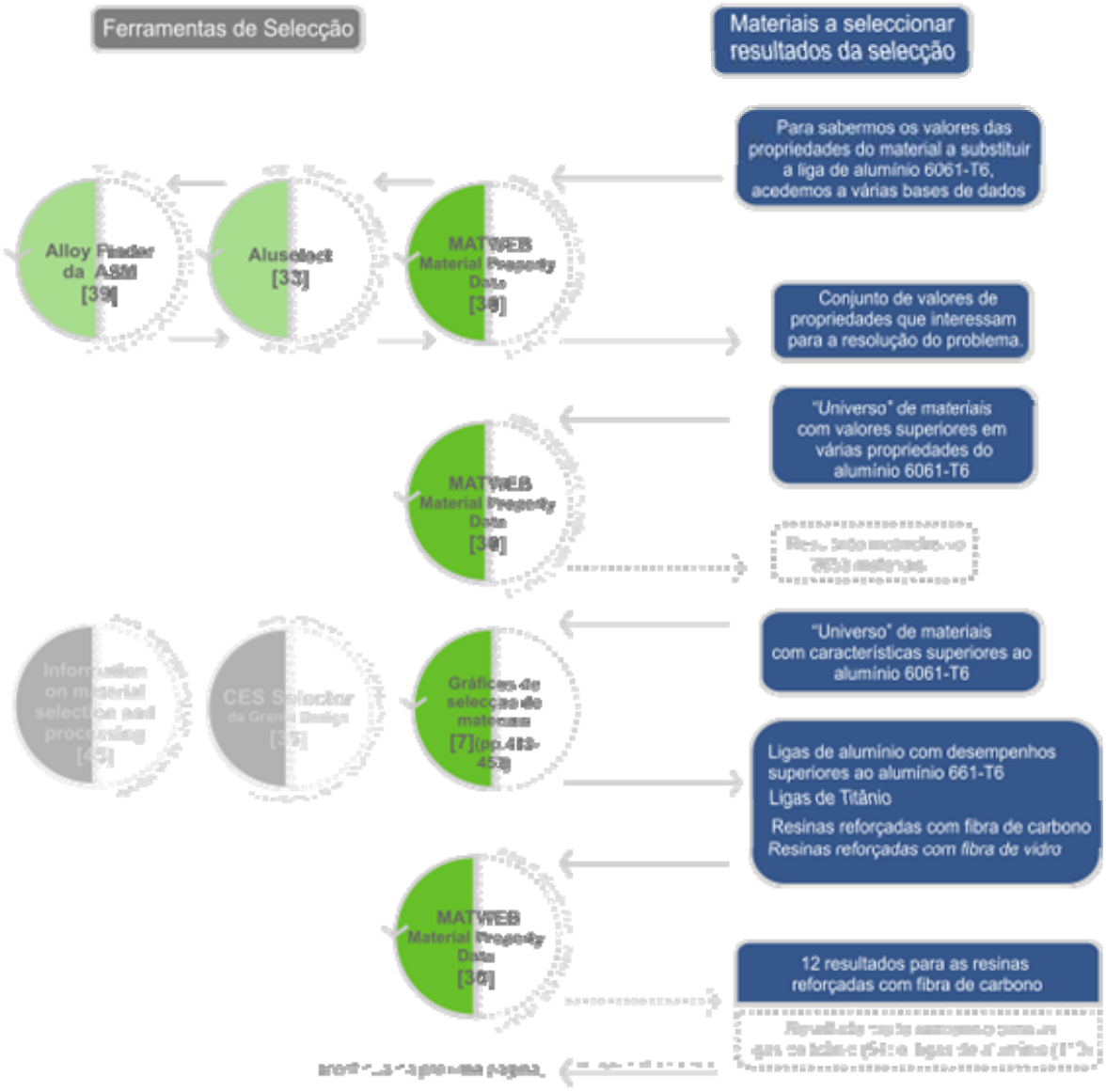
Em termos de qualidade de materiais, assim como de processo de fabrico, qualquer uma das opções pode ser uma óptima solução. Se por um lado a resistência mecânica das ligas de titânio permite utilizar paredes com espessuras finas o que torna as peças leves, por outro lado temos a noção de que é um material pouco usual em garfos de bicicletas BTT. No entanto, como já foi referido, esta situação pode não ser uma desvantagem em termos de marketing e ser publicitada como uma inovação.

Noutra perspectiva, a resina epóxido reforçada com fibra de carbono, ou mesmo um compósito híbrido, pode ser a resposta necessária, na medida em que tem uma óptima relação resistência mecânica/peso, com a resistência ao impacto necessária para as bicicletas da modalidade de *freeride*.

Neste estudo de casos, estão presentes três métodos distintos, a **selecção por análise,** que está sempre presente porque foi o processo adoptado, mas também a **selecção por síntese,** quando relacionámos o objecto a desenvolver com outros projectos já solucionados e o **método de similaridade** em que procuramos um material idêntico ao alumínio 6061, mas mais resistente ao impacto e à fractura.

Redesign para melhoria do desempenho de um objecto já existente

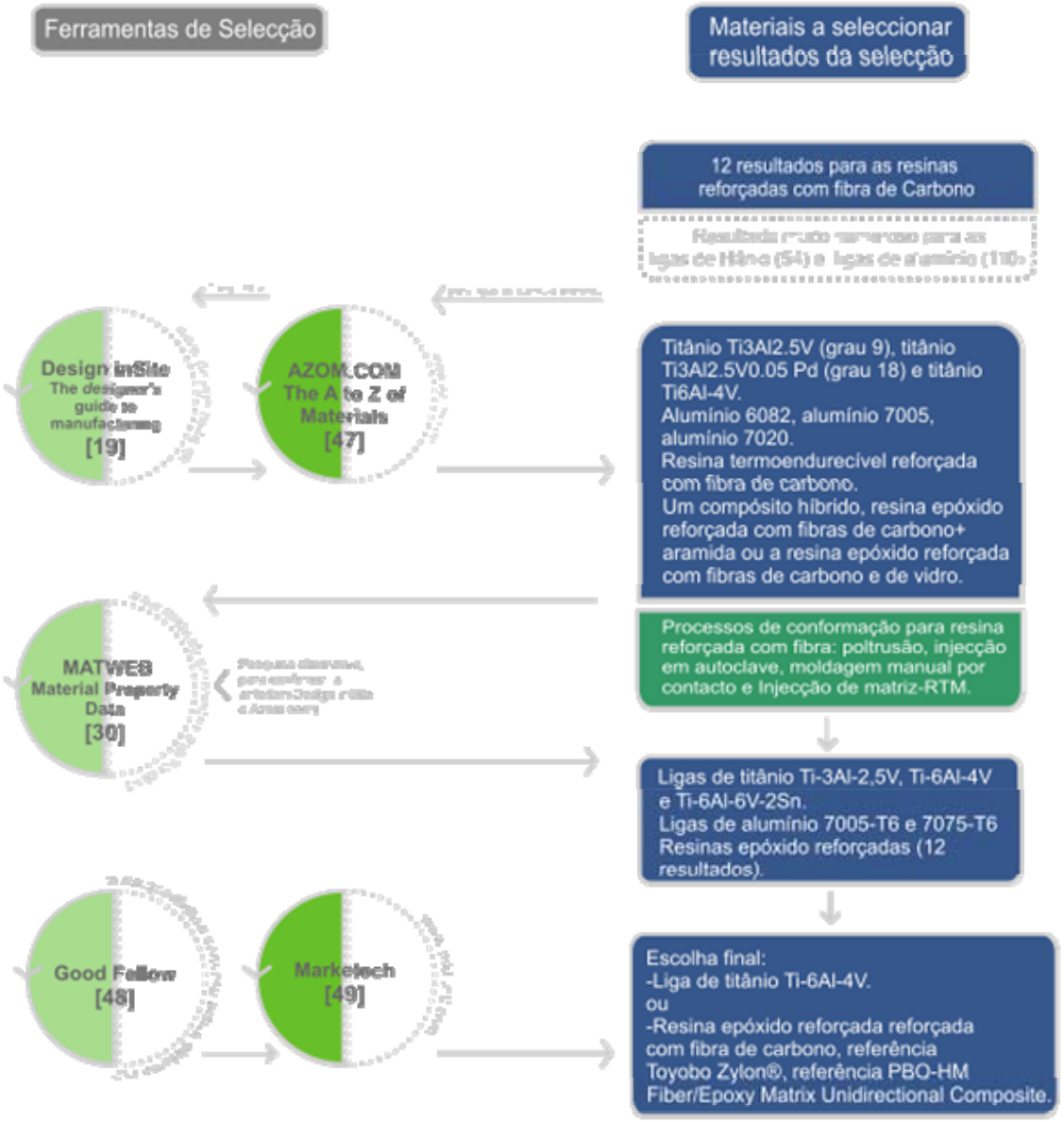
2º) Estudo de caso - Suspensão dianteira para bicicleta "freeride"



Fluxograma 2a | Legenda

Redesign para melhoria do desempenho de um objecto já existente

2º) Estudo de caso - Suspensão dianteira para bicicleta "freeride"(continuação)



Fluxograma 2b | Legenda

Terceiro estudo de casos

Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos: alteração de normas relativas ao impacto ambiental. Copos descartáveis

Introdução:

Como já aconteceu no Brasil, a falta de qualidade dos copos descartáveis levou muitos consumidores e as próprias Associações de Fabricantes a exigir a reformulação das normas para o fabrico destes objectos.

A maioria das pessoas já utilizou copos descartáveis de poliestireno (PS) ou polipropileno (PP): se apertados um pouco mais vertem o conteúdo e ao retirá-los do suporte ou do interior de outro copo podem fissurar. Ainda têm como inconveniente aquecerem demasiado com bebidas quentes, chá, café ou chocolate quente. Segurar pelo rebordo, colocar menos líquido ou usar dois copos de uma só vez tornaram-se técnicas alternativas dos consumidores.

Os perigos e os prejuízos para o consumidor são óbvios: além de poderem sofrer pequenas queimaduras, perda do conteúdo comprado na máquina, do vasilhame, etc.

Na guerra pela redução de custos, alguns fabricantes colocam a qualidade de lado e produzem copos finos, leves e pouco resistentes. Os fabricantes que optam por esta estratégia não seguem as normas, desprezam o consumidor e praticam a concorrência desleal: têm menos custos, gastam menos matéria-prima necessária ao copo descartável e podem vendê-lo mais barato do que o fabricante cumpridor das normas.

Suponhamos que devido à falta de qualidade dos copos descartáveis e por preocupação ambiental na deposição e reciclagem, a União Europeia lança novas normas para o fabrico destes objectos.

As normas, de forma resumida, exigem que os copos descartáveis sejam produtos de impacto ambiental reduzido, com possibilidade de serem reciclados e produzidos a partir de um dos seguintes materiais:

-biopolímeros;

-materiais biodegradáveis;

-cartão (no caso de revestido com polímero ou outro material, a separação para reciclagem tem que estar prevista);
-materiais já reciclados;

Em alternativa à utilização desses materiais pode seleccionar-se outro tipo desde que nesse caso se utilize um sistema de fabrico que economize uma quantidade igual ou superior a 30% de energia consumida no fabrico dos copos convencionais.

Outra exigência da norma será a segurança na utilização dos copos; como:
-Utilização de uma quantidade mínima de matéria-prima, para que tenha resistência suficiente à compressão lateral. Se o copo não tem peso mínimo estabelecido em norma, significa que o fabricante usou menor quantidade de matéria-prima e a parede do copo é muito fina, não resistindo à deformação por compressão (a norma estabelece, entre outros parâmetros, os pesos mínimos para cada copo, sem especificar o tipo de resina a ser empregue. Para os recipientes de 300 ml, o peso tem que ser igual ou superior a 3,3 g. Para copos de 200 ml determinou como ideal 2,2 g).
-O design e/ou material do copo devem evitar que o consumidor se queime quando o líquido está quente, que se rasguem facilmente ou deixem verter líquido.

Fig.23. **Dificuldades na utilização do copo descartável.**

Paralelamente a este processo, e mesmo antes da norma da União Europeia ser ratificada em Portugal, um fabricante de copos em poliestireno (PS) decide, em antecipação, alterar o *design* e eventualmente o material aplicado nos copos. Apesar dos copos que produz terem o peso de acordo com a norma a ser implementada, existe já uma grande desconfiança por parte dos consumidores em relação ao uso destes copos (o *design* dos copos deste fabricante é idêntico aos usuais no mercado). O consumidor, através da aparência de uma embalagem de copos descartáveis, não consegue discernir se os copos têm ou não a qualidade e se cumprem a norma.

No sentido de tirar partido desta situação o fabricante quer demarcar-se dos seus concorrentes com um *design* e material diferentes, que confiram aos copos uma diferenciação na qualidade, aparência e impacto ambiental.

Requisitos:

Tendo em conta que a maioria dos requisitos já foram descritos na introdução quando falámos da norma e sabendo que este fabricante já cumpria a maior parte das normas de segurança impostas, nomeadamente o peso dos recipientes, podemos referir que os principais requisitos para os novos copos são:

1. Design que permita diferenciar do copo descartável clássico e, consequentemente, dos seus concorrentes.

2. Recipiente de 200 e 300ml que possibilite a sua utilização com bebidas frias e quentes.

3. *Design* e Concepção que permitam segurança, confiança e eficiência na utilização.

4. Utilização de materiais e processos de fabrico que permitam afirmar de forma fundamentada que o recipiente tem um impacto ambiental reduzido, podendo tirar partido desta situação para uma estratégia de marketing e renovação de imagem dos recipientes (tem que cumprir as exigências de impacto ambiental já descritas na introdução).

5. Módulo de elasticidade, tensão de cedência suficientemente elevados para diminuir as deformações e custo reduzido (que viabilize o fabrico).

Outras propriedades já foram descritas na norma, nomeadamente o peso.

6. Uma vez que se trata de um fabricante de polímeros, a selecção de materiais deve centrar-se só nesta "família" de materiais, para poder usar a mesma tecnologia, nomeadamente a conformação por injecção. **[50]**

A selecção:

Tendo em conta o conjunto de requisitos, a selecção será realizada dentro dos materiais poliméricos. O primeiro passo a dar na selecção é identificar as classes de materiais dentro desta "família" que têm características em termos resistência à deformação (módulo de elasticidade), tensão de cedência e custo igual ou superior ao material já utilizado, o poliestireno (PS).

Para obtermos as propriedades do poliestireno recorremos aos perfis de materiais no livro Materials and *Design* **[10](p.189)**

Estes dados foram confrontados com os dados da base de dados **Matweb [30]** e **Polyinfo-Polymer Database [51]** (gratuita e com muita informação sobre as propriedades dos polímeros).

Posteriormente com base nos valores do módulo de elasticidade e condutividade térmica do poliestireno foi realizada na base de dados **Matweb [30]**, uma pesquisa por propriedades e dentro da classe dos termoplásticos para saber os membros que têm desempenho superior. O resultado foi de 102 materiais que correspondem aos requisitos, um número demasiado elevado.

Mais uma vez e de modo a facilitar a selecção utilizei os gráficos de Michael Ashby. Desta vez utilizei o que relaciona o "Módulo de Young com o Custo relativo" do livro Materials Selection in Mechanical Design **[7](p.445)**.

Consegui os seguintes dados relevantes:

-Dentro do mesmo custo relativo e com desempenhos mecânicos melhores temos a resina termoendurecível PF.

-Com desempenhos superiores mas mais dispendiosos temos o policarbonato (PC), acrílico (PMMA), Nylons e Poliamidas.

-Com desempenhos inferiores mas preço mais reduzido temos o polipropileno (PP), polietileno de alta densidade (HDPE) e as espumas poliméricas

Tendo em conta as questões do custo no produto final e sabendo do investimento em termos de desenvolvimento e *design* do produto, eliminei os materiais mais dispendiosos. Coloquei o PVC de fora da selecção devido à temperatura de serviço estar entre os -10 e 70ºC, não sendo aconselhável para líquidos quentes. O polímero PF foi também colocado de parte devido a ser um termoendurecível o que, como é sabido, não facilita a reciclagem.

Ficamos assim apenas com o polipropileno (PP), que já é utilizado por alguns fabricantes de copos descartáveis, o polietileno de alta densidade (HDPE) e as espumas poliméricas ou polímeros expandidos.

No entanto, tendo em conta a norma, existem outras possibilidades tais como os biopolímeros ou os polímeros biodegradáveis.

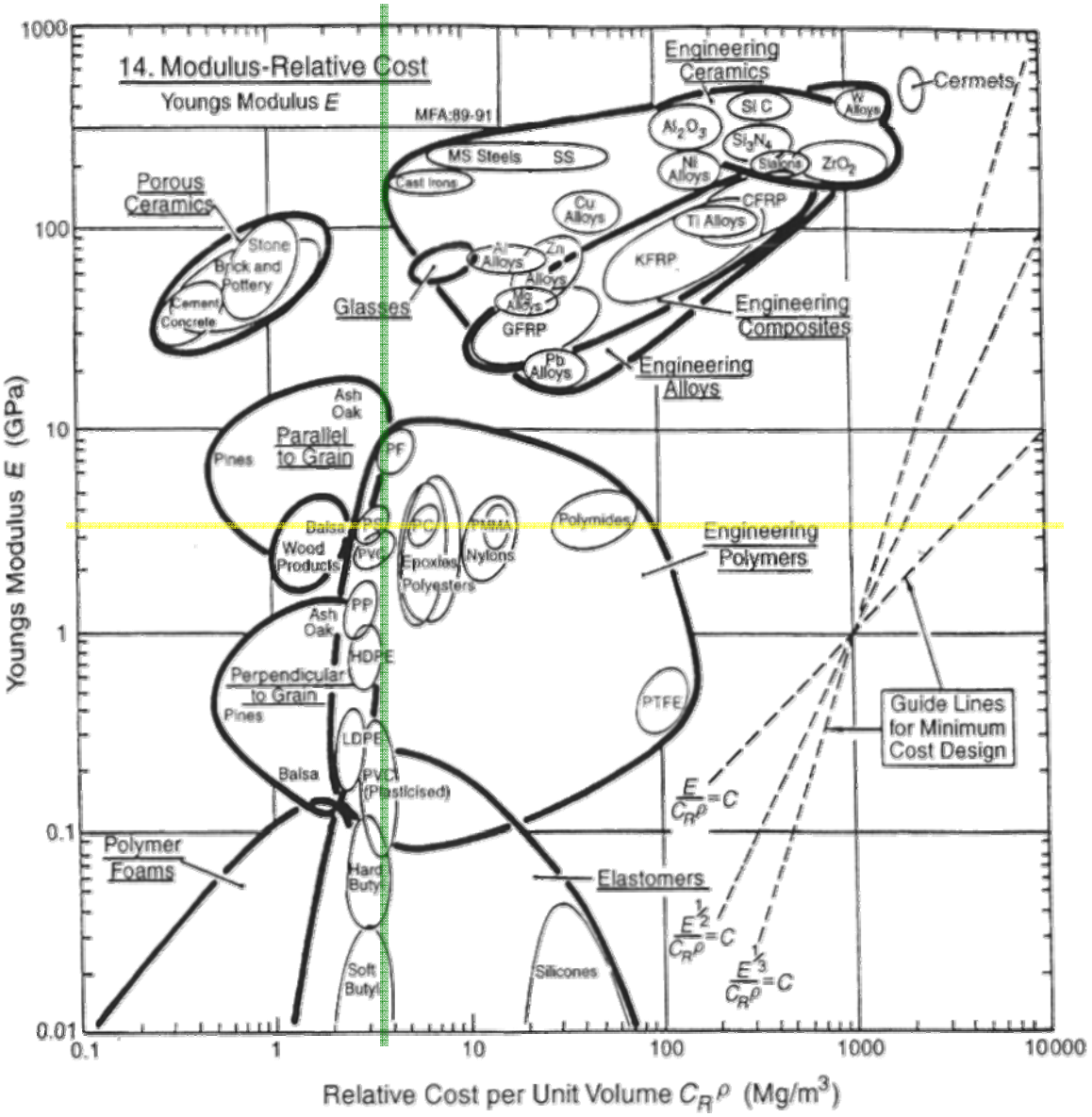


Fig.24. **Gráfico que relaciona o valor do Módulo de Young com o Custo relativo [7] (p.445)**

Para saber mais sobre estes grupos de materiais consultei várias bases de dados. Através da *Design Insite* **[19]** consegui obter informação sobre alguns biopolímeros que podem corresponder às necessidades dos recipientes, nomeadamente, o bio-polímero Polylactide (PLA), Polylactide Aliphatic Copolymer (CPLA), Aliphatic poliesters. Estes biopolímeros apresentam propriedades similares ao polipropileno (PP) e ao poliestireno (PS), podem ser conformados por injecção, têm temperaturas de serviço compatíveis para a utilização em bebidas quentes e frias, são originários de substâncias naturais (orgânicas) como o ácido lácteo, poliéster alifáticos, poliéster lácteo e são biodegradáveis.

Posteriormente consultei a base de dados IDEMAT **[22]**. A somar aos dados sobre propriedades mecânicas, físicas e térmicas, o portal tem informação útil em termos do impacto ambiental dos materiais, desde a extracção da matéria-prima até ao material pronto a ser comercializado (medições com base no *Eco-indicator'*95, E.P.S. e "Exercy"). Foi possível encontrar mais um bio-polímero, o Celulose Butyrate (CAB), que também pode ser conformado por injecção, com temperaturas de serviço compatíveis para a utilização em bebidas quentes e frias, originário da celulose e biodegradável.

Não obstante, os biopolímeros em termos de custo ficam em média 3 a 5 vezes mais caros do que o poliestireno (segundo informação obtida através das bases de dados *Design Insite* **[19]** e IDEMAT **[22]**).

Através do portal IDEMAT foi possível verificar o desempenho ecológico dos materiais candidatos (a base de dados para os biopolímeros foi difícil de verificar devido a erro na hiperligação). Tanto o poliestireno como o polipropileno são recicláveis, com um nível avaliado em bom para a qualidade ambiental e valores razoáveis em termos de *Eco-indicator'*95 e energia gasta no fabrico.

No entanto, os polímeros expandidos ou espumas poliméricas evidenciaram propriedades muito interessantes, nomeadamente o poliestireno expandido:

-Bom valor na classificação através do método *Eco-indicator'*95.

-Qualidade ambiental elevada.

-Consomem menos um terço de energia no fabrico de um quilo de material, em relação ao poliestireno (PS) normal.

-Tem óptimas propriedades térmicas, na temperatura de serviço, reduzida condutividade térmica permitindo a utilização confortável de líquidos gelados ou quentes.

-É o material com custo muito reduzido (num objecto realizado em poliestireno expandido, apenas 5% é poliestireno, o restante é gás através da insuflação de pentano ou dióxido de carbono).

Mas o poliestireno expandido também tem inconvenientes: as propriedades mecânicas do material têm valores muito baixos, principalmente em termos de resistência à compressão, tracção e dureza; outro problema é que apesar de ser fácil de reciclar, este material reciclado não pode voltar a realizar a função de contentor de líquidos.

Em relação à questão de ser ou não biodegradável, existem aditivos que permitem tornar a maioria dos polímeros biodegradáveis, mantendo as suas proprieadades físicas e mecânicas.

Todo o processo de selecção de materiais tem que ser enquadrado não só com o processo de fabrico escolhido (moldagem por injecção) mas principalmente com o processo de *design*. Visualizando os esboços realizados, podemos verificar que existe uma clara tentativa através do *design* e da espessura das paredes do copo de transmitir confiança ao consumidor. Este conceito é, porém, incomportável para qualquer polímero ou biopolímero, tratando-se de um copo descartável. O mesmo não se pode dizer das espumas poliméricas, apesar de terem parâmetros fracos em termos de propriedades mecânicas, se aumentarmos a espessura da parede podemos diminuir consideravelmente esta desvantagem, como já acontece com alguns copos descartáveis de café expresso.

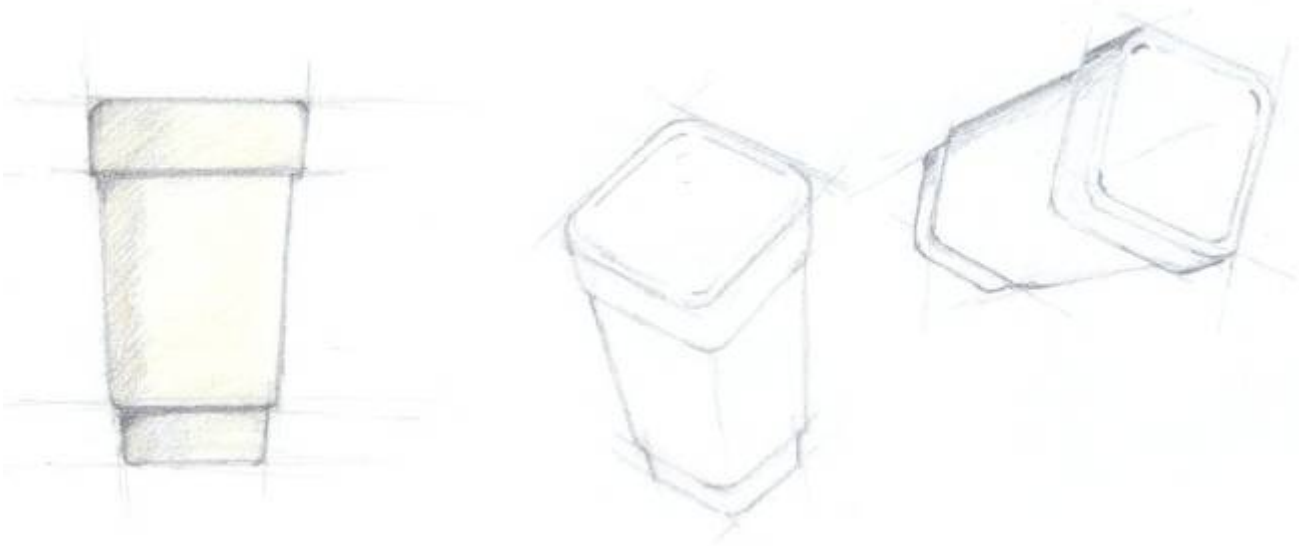


Fig.25. **Esboços das ideias para os copos descartáveis.**

Resultados:

Neste processo de selecção, podemos considerar três soluções finais:

1. Escolha do poliestireno expandido, na medida em que é, dentro das espumas poliméricas, a que tem melhores características para os recipientes. Características como a facilidade de reciclagem, reduzido gasto de energia, matéria-prima e a biodegradabilidade (através da utilização de aditivo), permitem uma estratégia de marketing que realce as boas propriedades ambientais do objecto. A somar a estas características temos óptimas propriedades térmicas do material e custos reduzidos da matéria-prima e energia. A utilização deste material permite uma maior espessura das paredes do copo, transmitindo confiança ao consumidor.

2. Utilização do biopolímero de ácido lácteo (PLA), que é sem dúvida o que garante melhor relação em termos de propriedades mecânicas, aspecto visual, pode ser injectado e as embalagens em PLA são uma realidade. A empresa Biota dos Estados Unidos da América que comercializa refrigerantes, foi a primeira a utilizar em larga escala uma garrafa de água mineral numa embalagem em plástico biodegradável, assentando o seu marketing neste facto.

O biopolímero de ácido lácteo (PLA) pode ser obtido através da fermentação de restos agrícolas de trigo, milho arroz e batata, sendo o biopolímero que mais garantias oferece para um fabrico regular.

O preço deste biopolímero é cerca de quatro vezes superior à do poliestireno (PS). No entanto a tendência é a diminuição desta diferença com o aumento do preço do barril de petróleo.

3. Utilização do polipropileno (PP), poliestireno (PS) ou polipropileno de alta densidade (HDPE).

Tanto o poliestireno como o polipropileno ou polietileno são materiais que continuam a ser candidatos devido às suas propriedades ideais para a realização de embalagens. O custo relativamente reduzido e a possibilidade de reciclagem tornam estas escolhas viáveis.

O processo de injecção não teria de ser adaptado. No entanto, é um material de eleição dos outros fabricantes, sendo a diferenciação assente apenas no *design* e posteriormente no marketing do produto.

Conclusões:

É importante referir que seria possível obter informação ambiental dos produtos e materiais, através de *software* de avaliação do ciclo de vida tal como o Sima Pro **[52]**, Eco-It **[38]**, Umberto **[53]** e Eco Scan Life **[54]** (foram-me cedidas demonstrações deste *software*, mas as bases de dados que acompanham estas versões não continham os materiais avaliados neste estudo de casos).

Para conseguir obter as fichas técnicas do poliestireno expandido, poliestireno (PS) ou polipropileno (PP), podia-se recorrer à base de dados dos fabricantes da BASF Plastics, GE Polymerland, GoodFellow, Dow, Boedeker entre outros. De salientar que os materiais poliméricos são a "família" de materiais que tem mais informação disponível, seja em bases de dados ou *software*.

Apesar das primeiras opções implicarem modificações consideráveis no processo de injecção, principalmente o fabrico do poliestireno expandido que necessita de um mecanismo para a pré-expansão e de um pequeno silo para armazenamento antes de entrar no molde para injecção, a nossa escolha recairia sobre uma destas opções. A razão desta preferência prende-se simplesmente com a diferenciação real em termos de impacto ambiental e não apenas como produto de marketing.

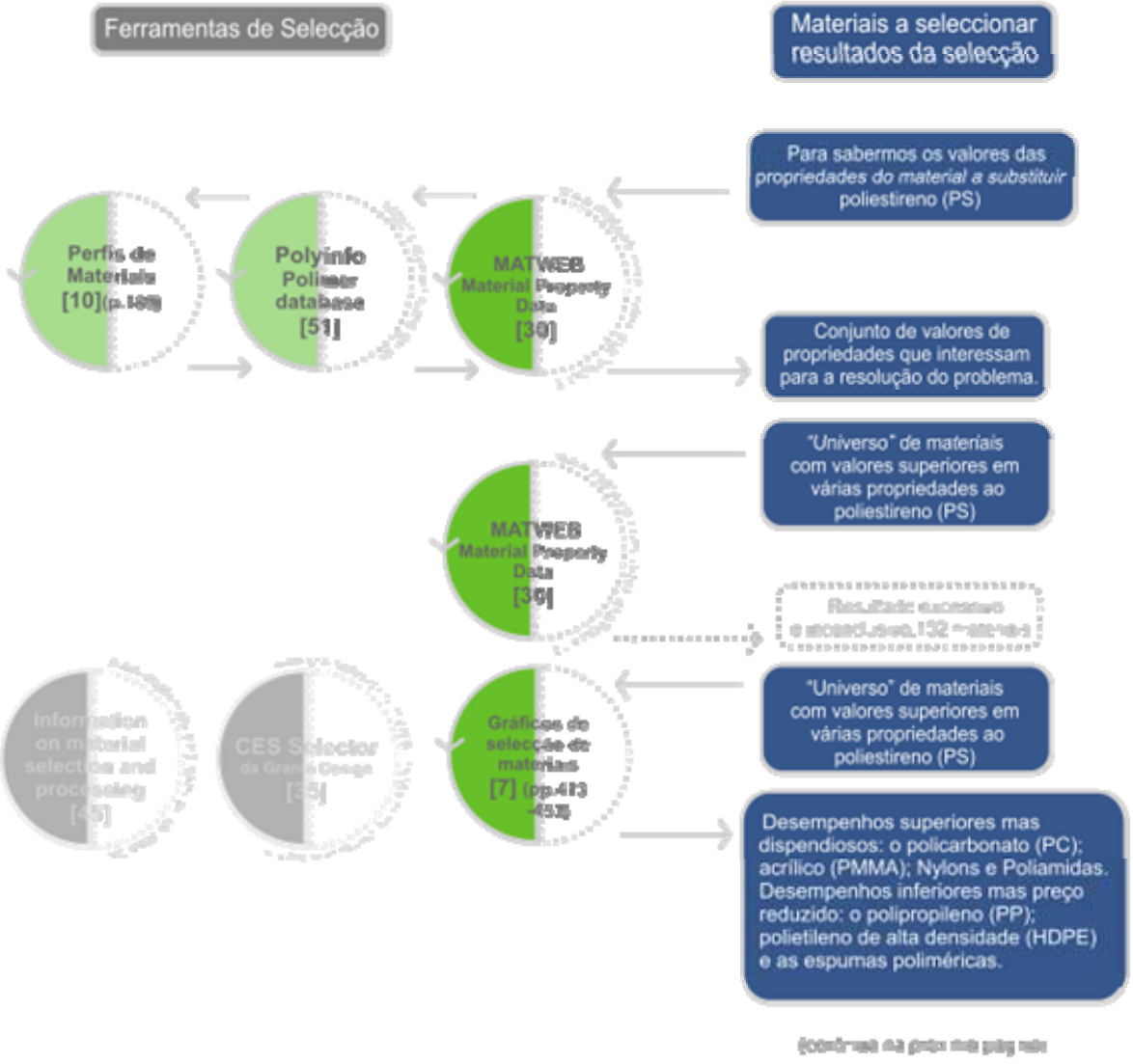
Estudos realizados por Martin Hocking que comparou os gastos em energia, desde o fabrico à deposição, de três chávenas reutilizáveis e duas chávenas descartáveis, em que as primeiras eram lavadas na máquina de lavar loiça, chegou à conclusão de que as chávenas de poliestireno expandido são as que têm em termos globais menor impacto em termos de energia. Uma chávena reutilizável, em vidro só igualaria o investimento da aquisição de uma chávena de poliestireno expandido após 393 reutilizações. Em relação a uma chávena de cerâmica seria necessário reutilizá-la 1006 vezes. **[55]**

Neste processo de selecção, tal como em todos os outros temos presente o **método de selecção por análise,** mas também o **método de selecção por síntese**, que foi útil quando comparámos materiais e suas aplicações. Pretendeu desenvolver-se um objecto realmente diferente que se conseguisse diferenciar através do design e dos materiais escolhidos. Para poder criar o novo copo descartável foi importante a pesquisa aleatória de ideias, típica da **selecção por inspiração**.

Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos, alteração de normas relativas ao impacto ambiental.

3º) Estudo de caso - Copos descartáveis.

Os passos necessários para os mesmos copos são.
1 Design que gere a diferenciação do copo convencional descartável
2 Recipiente de 200 a 300ml que possibilite a ingestão com bebidas frias e quentes
3 Design e ergonomia que permitam segurança e praticidade na utilização
4 Utilização de materiais e processos de fabricação que permitam diminuir de forma significativa que o recipiente tenha impacto ambiental reduzido
5 Custo reduzido que viabilize o fabrico
6 Material adequado que resista às deformações através do calor.

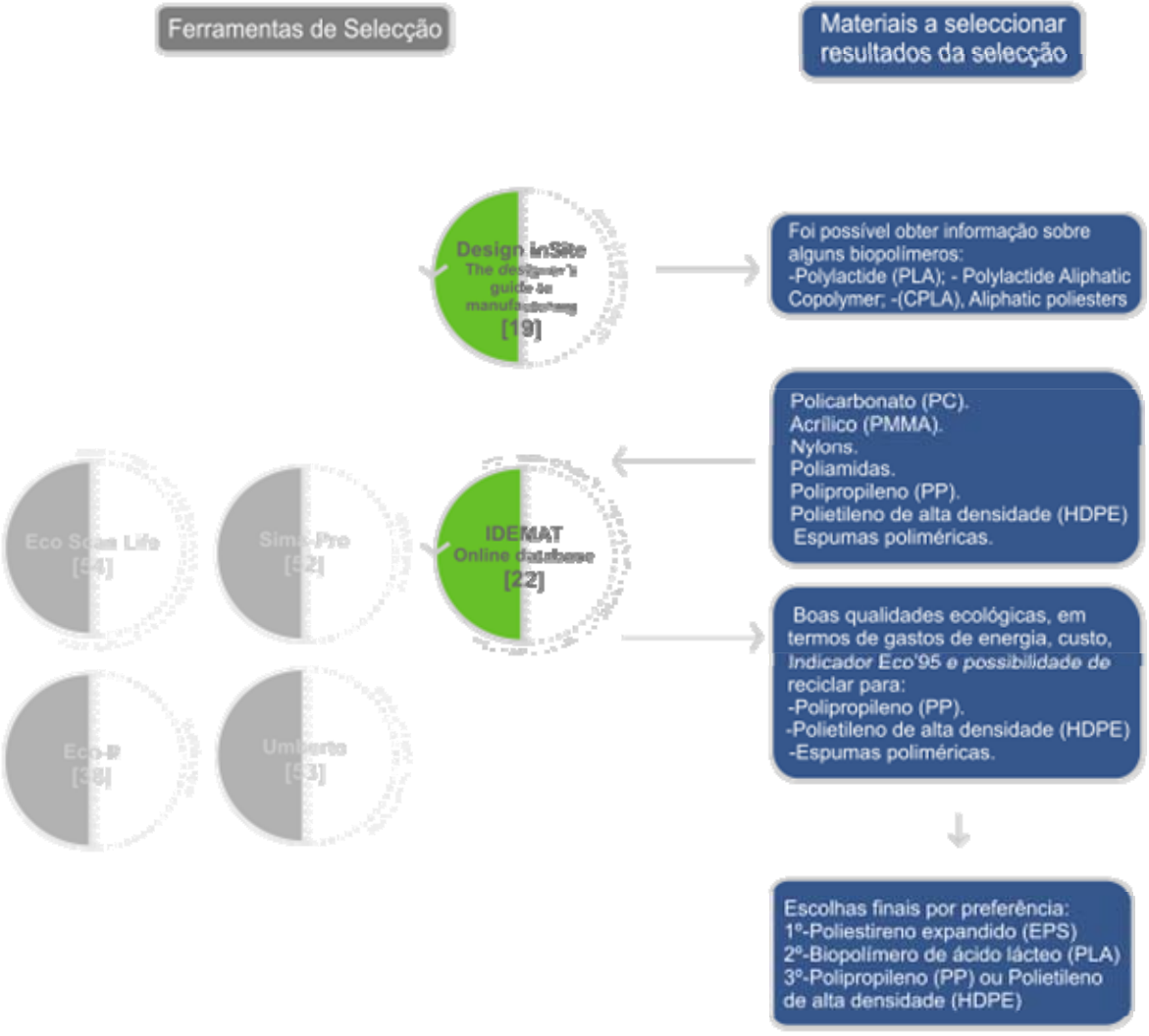


(continua na pág. seguinte)

Fluxograma 3a | Legenda

Substituição do material de um objecto devido a requisitos legislativos, alteração de normas relativas ao impacto ambiental.

3º) Estudo de caso - Copos descartáveis (continuação)



Fluxograma 3b | Legenda

Quarto estudo de casos

Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação para um mercado com clima substancialmente diferente: Exportação de candeeiros de rua para a Suécia

Suponhamos que uma empresa portuguesa fabricante de mobiliário urbano exporta candeeiros para a Suécia. Os candeeiros têm a sua estrutura em chapa de aço quinada e soldada e a peça protectora da lâmpada em polipropileno semitransparente. Os candeeiros para iluminação de percursos pedonais foram aplicados em várias ruas de Estocolmo. A segunda encomenda de candeeiros foi realizada pela *Kommun* (Câmara Municipal) de Kiruna, uma cidade no norte da Suécia.

Os candeeiros depois de um ano em Kiruna tiveram problemas, e muitos candeeiros aparecerem danificados. A peça protectora da lâmpada, em material semitransparente, estava quebrada em quase todos os candeeiros e o aspecto da peça alterou-se ficando sem brilho e quebradiça.

A *Kommun* de Kiruna solicitou novas peças ao fabricante português para substituição, informando também que as peças parecem não ter resistência suficiente para locais públicos.

O fabricante português, da região de Leiria, comprometeu-se a enviar peças para substituição e pediu uma amostra das peças para poder apurar o que tinha falhado.

Após análise das amostras enviadas, foi possível confirmar que o material estava frágil e quebradiço, por alteração das propriedades iniciais do polipropileno.

A justificação do engenheiro da empresa de Leiria foi de que o material polimérico, o polipropileno, com uma temperatura de transição vítrea (tg) que ronda os -10ºc, não tinha suportado as temperaturas baixas na Cidade de Kiruna, que chegam a atingir valores mínimos de -30ºC. Este fenómeno acontece porque quando o material solidifica e arrefece, ocorre uma diminuição súbita de volume específico que é provocada pelo empilhamento mais eficiente das cadeias poliméricas em regiões cristalinas. À medida que continua o arrefecimento, ocorre a transição vítrea (Tg). Abaixo de Tg estes materiais apresentam um comportamento frágil, semelhante ao vidro (porque o movimento das cadeias moleculares é muito limitado). Em certa medida, Tg pode ser considerada como

uma temperatura de transição dúctil-frágil **[56]**. Sendo assim não era necessário apenas substituir as peças por outras novas, mas também substituir o material polimérico, por outro com características de Tg adequadas aos climas muito frios.

Requisitos:

Tendo em conta o presente contexto, temos uma selecção limitada pela especificidade de um material que deve ser idêntico ao anterior, mas com uma temperatura de transição mais baixa, Tg<-30ºC.

O material deve ser:

1. Semitransparente.
2. Resistente ao impacto (vandalismo).
3. Com temperaturas de serviço e de transição vítrea que permitam suportar temperaturas exteriores entre os -30 e os 25ºC (do norte da Suécia). Como devemos considerar a possibilidade de exportar para outros países com climas diferentes, e ainda uma margem de segurança, o polímero deve resistir num intervalo mínimo de -40ºC a 50ºC.

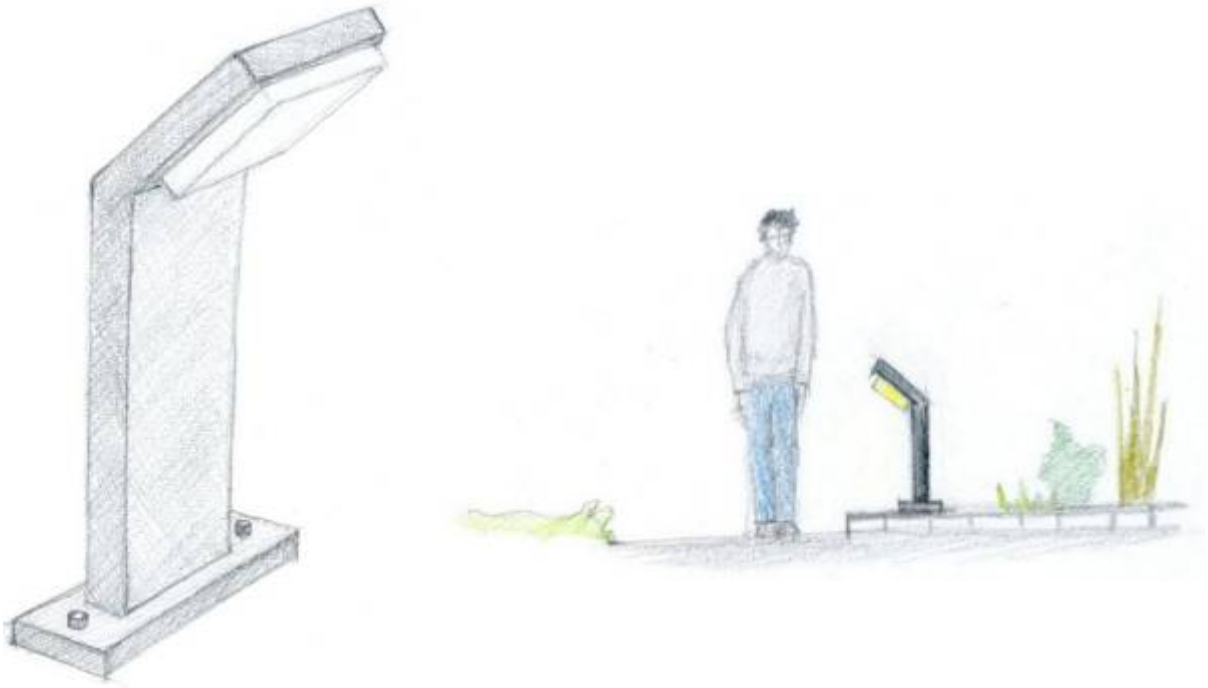


Fig.26. **Desenhos do candeeiro.**

A selecção:

Começando pelo primeiro requisito, de um material semitransparente, só podemos encontrá-lo em alguns polímeros, compósitos e vidros.

Utilizámos várias bases de dados para verificar que materiais permitiam este efeito de semitransparência. O critério de transparência não é muito usual para pesquisa nas bases de dados. Na base de dados **MatWeb [30]**, realizamos a pesquisa através da propriedade de transmissão de luz, com um valor igual ou superior a 50%, e os resultados foram 1519 polímeros, o que é demasiado. Utilizámos o mesmo critério na base de dados **Plastics Technology-Materials Database [57]**, que permite pesquisar através das propriedades ópticas, o resultado foi também bastante elevado. Experimentei outro critério, de pesquisa de material com opacidade igual ou menor do que 30%, e foi possível atingir um resultado mais limitado onde podemos retirar a designação de alguns polímeros como, PC, EMAA, EVA, acrílico, ABS, Nylon, PP, SAN, PMP e HDPE.

Através da base de dados **Material Explorer** da empresa Matéria **[34]**, foi possível realizar uma pesquisa por grau de transparência, escolhendo o intervalo de 50-100%, os resultados para vidros e polímeros foram de cerca de 50 materiais. Destes 7 podem vir a interessar para o projecto.

Dentro dos vidros, podem considerar-se os seguintes:

-Deco Wired Glass, um vidro reforçado com uma rede de arame.

-Kiln cast glass, um vidro forte e texturado.

-Master lens.

-SGG Vario.

Dentro dos polímeros podem considerar-se:

-Texlon Foil Systems, que alteram o seu aspecto com o clima.

-Altuglas® é um nome de marca para um polimetilmetacrilato (PMMA) extrudido em placas.

-Trosifol® é um nome de marca para um polímero com várias aplicações.

A base de dados da *Material Explorer* apesar de ser uma das melhores bases de dados gratuitas, tem pouca informação sobre as propriedades dos materiais, remetendo mais informação para o portal do fabricante. Os materiais são na maior parte das vezes tratados pela sua designação comercial.

A pesquisa por grau de transparência também seria possível realizar-se através do *software* **CES Selector** da Granta *Design* **[35]**. No entanto não foi possível testar o *software*, porque apesar de ter sido solicitada uma versão de demonstração a Granta *Design* não facultou o acesso.

Neste problema a questão é substituir um material por outro, que possa suportar o frio, não excedendo a sua temperatura de transição vítrea. Do ponto de vista da empresa é importante que o material de substituição tenha aparência idêntica ao polipropileno (PP), e de preferência que possa ser moldado através de injecção. Caso contrário, seria necessário não só substituir o material mas também o molde e o processo de fabrico da peça em questão.
Por outro lado, considerando a necessidade de resistência ao impacto, os materiais poliméricos são mais resistentes do que a generalidade dos vidros. Fizemos uma pesquisa na **Matweb [30]**, e nenhum vidro atingiu os valores médios de resistência ao impacto do polipropileno (PP).
Neste contexto, vamos, dentro dos materiais poliméricos, verificar os que podem responder aos requisitos já formulados e que permitem a conformação por injecção.

Através da base de dados **Plastics Technology-Materials Database [57]**, conseguimos realizar uma segunda pesquisa com o critério de opacidade entre os valores 0-20%, e obtivemos um resultado de 10 polímeros que listamos a seguir:
-Copolimero do acrilonitrilo.
-Estirol-acrilonitrilo (SAN).
-Etileno-Ácido Metacrilato (EMAA).
-Etileno-Acrilato de metilo (EMA).
-Poliacetato de vinilo (EVA).
-Policarbonato (PC).
-Poliestireno (PS).
-Polietileno de média densidade (MDPE).
-Polimetalmetacrilato (acrílico- PMMA).
-Polimetilpenteno (PMP).

Posteriormente, utilizei três bases de dados em paralelo (**Matweb [30]**, **IDEMAT [22]** e **Plastics Technology [57]**) para saber se estes polímeros correspondiam ao pretendido

em termos de temperaturas de serviço, temperatura de transição vítrea e resistência ao impacto e se permitiam ser moldados por injecção. Da lista inicial, ficaram apenas 4 candidatos:

-Etileno-Acrilato de metilo (EMA).

-Policarbonato (PC).

-Polimetalmetacrilato (acrílico- PMMA).

-Polimetilpenteno (PMP).

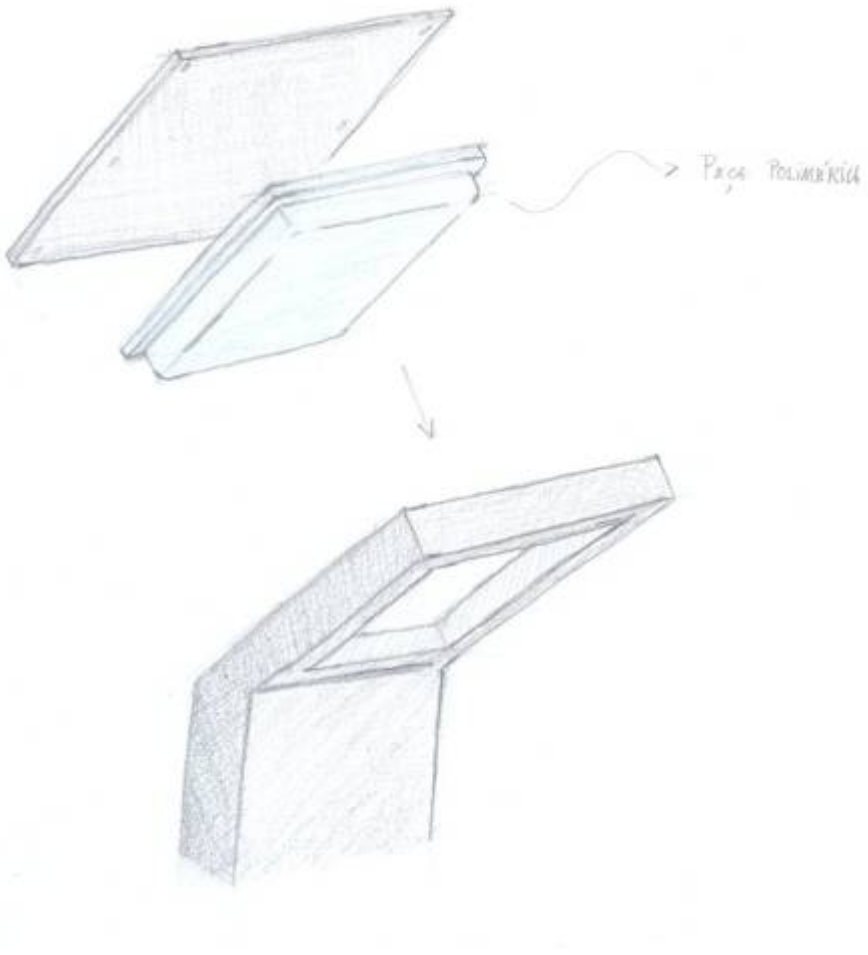


Fig.27. **Desenho da peça a substituir.**

Resultados:

Para realizar a escolha final entre estes 4 materiais, utilizei o critério que qualquer fabricante utilizaria para desempatar, o custo. Para saber o preço dos polímeros utilizei o portal **Plastics News [58]** cujo motor de busca é o *software* **Ides Prospector [59]**.
Todas os quatro polímeros têm valores de custo superiores ao polipropileno (PP) no entanto, o termoplástico com o custo mais baixo é o polimetalmetacrilato (acrílico-PMMA), logo seguido do policarbonato (PC).

Conclusões:

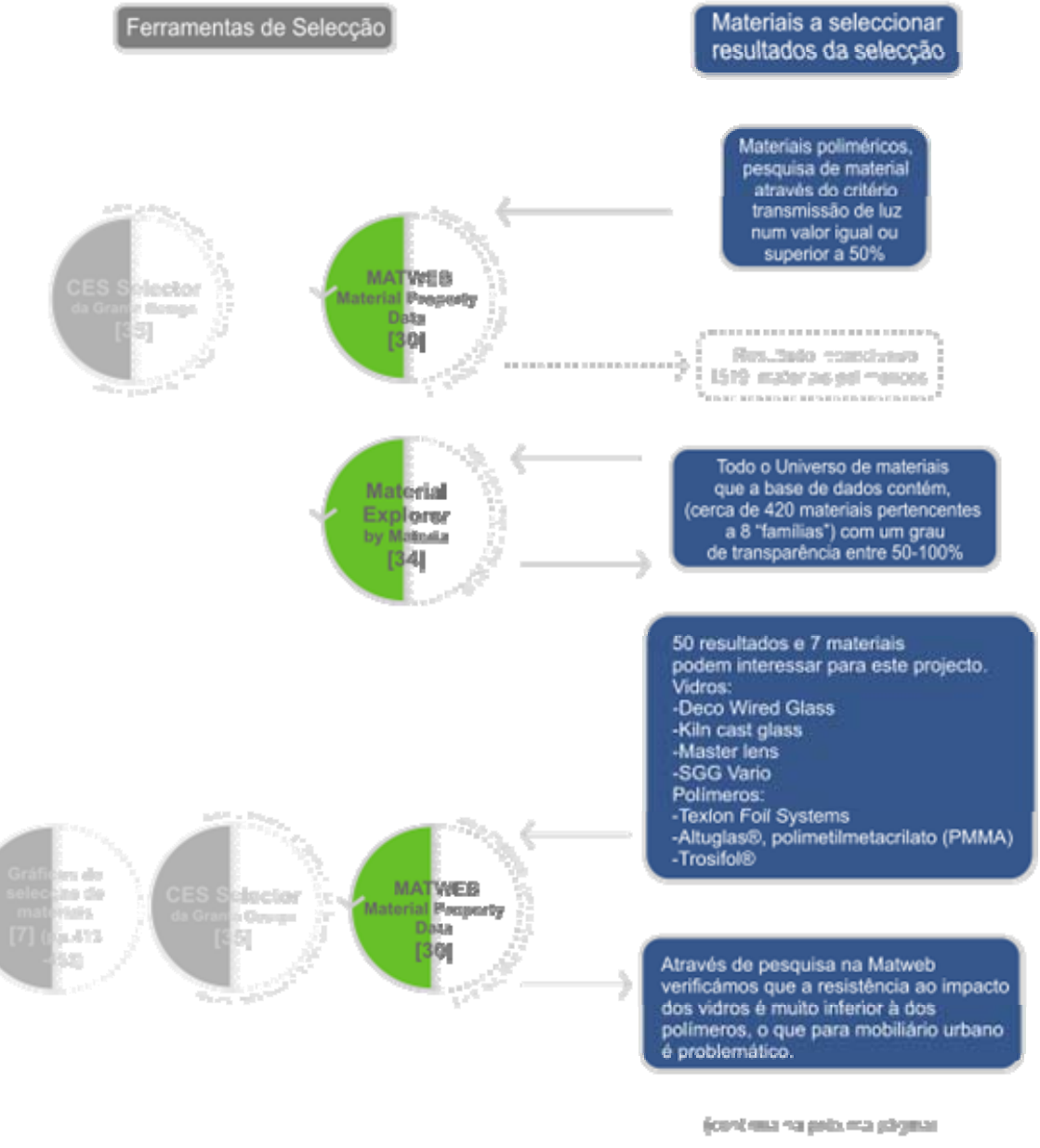
A nossa escolha final recaiu no acrílico (PMMA). O processo de selecção neste estudo de casos foi substancialmente diferente por tratar-se de uma substituição de um material por outro. É um caso de estudo típico de um método de selecção por **similaridade**, devido à falha do material inicial e à necessidade de procurar um material alternativo. O material a seleccionar deve ter propriedades idênticas ou superiores ao anterior, como por exemplo e neste caso concreto, as temperaturas de serviço e de transição vítrea, que permita as utilizações em zonas de frio como a cidade de Kiruna.

"O substituto ideal deve ser em tudo idêntico ao material a substituir, em todas as propriedades relevantes, menos como é óbvio naquela que é a razão pela a qual se pretende realizar a substituição". **[10] (p.127)**

Outra razão para que a selecção seja diferente é a ausência do processo dinâmico próprio do processo de *design*, ou seja, já quase tudo está decidido, "família" e classe dos materiais, propriedades e processo de fabrico.

Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação para um mercado com clima substancialmente diferente.

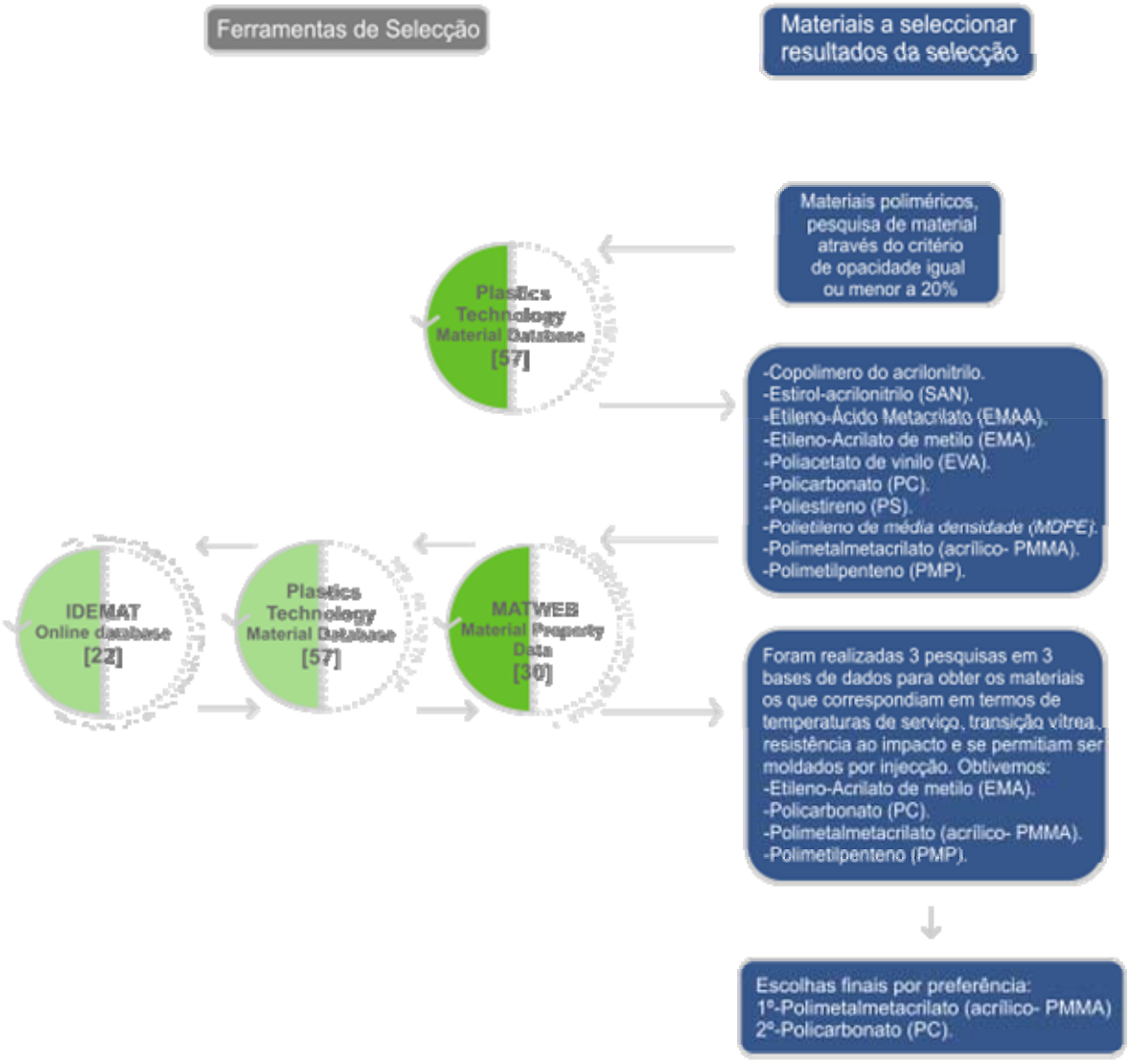
4º) Estudo de caso - Exportação de candeeiros de rua para a Suécia.



Fluxograma 4a | Legenda

Alteração dos materiais de um produto devido à necessidade de exportação para um mercado com clima substancialmente diferente.

4º) Estudo de caso - Exportação de candeeiros de rua para a Suécia. (continuação)



Fluxograma 4b | Legenda

Reflexões sobre as ferramentas de selecção de materiais

A experiência adquirida através dos quatro estudos de casos com a resolução dos problemas, utilizando as ferramentas de selecção de materiais teve um balanço claramente positivo. Apesar das limitações de acesso a várias bases de dados e *software*, nenhuma situação-problema ficou por resolver.

Arnold van Bezooyen classificou as ferramentas de informação e de inspiração. Esta tipologia é visível nas bases de dados e no *software*, mas, no entanto, existem experiências que tentam converter os dois tipos numa só ferramenta.
De facto, é por vezes difícil em algumas ferramentas de informação conseguir responder a um conjunto de questões que vão surgindo no questionário utilizado para a introdução dos dados, com necessidade de valores concretos relativos a algumas propriedades. No entanto, este processo aparentemente exigente e pouco interactivo, pode vir a poupar muito tempo. Por exemplo, no último estudo de casos (o candeeiro) conseguimos na base de dados **Matweb [30]** seleccionar como resultado final de pesquisa apenas 5 materiais, sendo o policarbonato (PC) o mais indicado, usando valores superiores aos do polipropileno para as propriedades de transparência, resistência ao impacto e temperatura de transição vítrea. Mais tarde, viemos a concluir que o policarbonato era de facto o melhor candidato, excepto no preço, e foi, por isso, a nossa segunda escolha.

Durante a resolução dos estudos de casos, foi possível utilizar todos os métodos de selecção de materiais, por **análise**, **síntese**, **similaridade** e **inspiração**, e em todos os casos utilizámos sempre mais do que um método.

"Cada um dos métodos tem os seus pontos fortes e fracos. Aquele que pode ser o indicado para um determinado problema, pode não o ser para outro - todos são necessários. Muitas vezes, as melhores soluções são encontradas utilizando os vários métodos. Esta combinação é uma ferramenta mais poderosa do que qualquer outra utilizada de forma isolada" **[10] (p.132)**

Devido a todo o trabalho de análise e estudo das ferramentas de selecção de materiais, realizado nesta investigação fiquei com a visão global e particular de como funcionam estas ferramentas.
Tentei comparar resultados entre bases de dados, respondendo a uma questão incontornável: -se utilizar outra ferramenta ou base de dados obtenho o mesmo resultado? Aconteceu obter resultados distintos, devido essencialmente ao diferente conteúdo das bases de dados, tal como aconteceu no último estudo de casos, o dos candeeiros. Neste caso, a base de dados Material Explorer encaminhou o resultado para vários tipos de vidro e a **MatWeb [30]** para o policarbonato, tendo sido a escolha final o acrílico PMMA. Também aconteceu a selecção alternativa realizada em bases de dados diferentes dar o mesmo resultado, tal como primeiro estudo de caso **estaca para tenda de campismo/montanhismo**. Neste caso, as duas bases de dados consultadas Alloy Finder e Aluselect confirmaram a liga de alumínio 7075.

Também é natural que numa fase final da selecção existam diferenças na designação do material, porque algumas bases de dados adoptam pela sua designação comercial e outras pela científica.
Apesar das disfuncionalidades e inconvenientes técnicos que as ferramentas possam ter, a sua importância é cada vez maior e a prova disso é que foi possível resolver todos os estudos de casos a partir de um computador ligado à Internet e de algum *software* de demonstração pré-instalado. A utilização dos gráficos do manual de Michael Ashby foi necessário devido ao facto de não podermos aceder gratuitamente ao CES Selector. Através dos gráficos ou do *software* os métodos de Michael Ashby mostraram-se indispensáveis para reduzir o universo de todos os materiais no início do processo de selecção, para uma “família” ou até uma “classe” de materiais.

A folha de cálculo realizada durante o trabalho de investigação foi fundamental como apoio à selecção. Em todos os estudos de casos foi necessário utilizar mais do que uma ferramenta, consequentemente, a folha de cálculo foi uma plataforma de utilidade evidente à selecção. Não obstante, a informação contida na folha de cálculo deve ser reorganizada, previsivelmente utilizando outros critérios de agrupamento e uma interface mais eficaz.

Por todas as potencialidades, conforto na utilização, quantidade, qualidade e rapidez de acesso à informação, as bases de dados e *software* serão sem dúvida as ferramentas de selecção de materiais do século XXI.

Existe ainda um longo caminho a percorrer no sentido de criar ferramentas mais completas, talvez muito próximas daquela que Arnold van Bezooyen concebeu e que promove uma selecção interactiva, em que o utilizador pode em paralelo visualizar as consequências das relações que as suas opções de selecção têm em termos de materiais, função, processos e forma. É necessário trabalhar no sentido de encontrar soluções que possam conjugar o melhor das ferramentas de informação com a riqueza da interacção das ferramentas de inspiração. Ambas as tipologias, assim como os métodos de análise, síntese, similaridade e inspiração podem ser de extrema utilidade.

Não devemos caminhar para a criação de ferramentas específicas para *designers*, arquitectos ou engenheiros, mas sim para *software* e bases de dados mais completas e universais que permitam a resolução fundamentada dos projectos. As novas ferramentas devem conciliar a capacidade das bases de dados das ferramentas de informação com a interactividade e facilidade de utilização das ferramentas de inspiração.

Se por um lado, as ferramentas de inspiração apaixonam e envolvem o utilizador no processo de selecção, inspirando soluções criativas e inovadoras, por outro, a informação à "distância" da simples introdução de valores relativos às propriedades, pode desvendar rapidamente materiais nunca antes utilizados em determinada função.

Conclusões

Recomendações para trabalho futuro

Conclusões

A escolha de materiais é uma tarefa cada vez mais complexa, não só pela diversidade e disponibilidade da oferta, mas também, pelas consequências que a selecção implica em todo o ciclo de vida do produto.

Durante a abordagem da "História da selecção dos materiais" no primeiro capítulo, foi possível verificar que investigadores como Charles, Crane e Furness **[3]**, passando por Ashby **[2]** e terminando em Bezooyen **[6]** consideram as ferramentas digitais como as que mais potencialidades têm não só em termos técnicos, mas também na forma dinâmica como podem acompanhar a evolução do processo de *design*.

Da base de dados ***Matweb*** **[30]** e do *software* ***CES Selector*** **[35]** para as bases de dados ***Material Connexion*** **[60]** e ***Materio*** **[31]** as diferenças são notórias, e foi na análise dessas diferenças que o presente estudo se centrou.

Depois de uma pré-selecção a partir de uma amostra de trezentas ferramentas digitais, foram analisadas em pormenor algumas das mais representativas bases de dados e *software* para a selecção de materiais, cerca de 100 ferramentas digitais. Desta análise concluiu-se que:

-Existe uma grande quantidade de bases de dados para a selecção de materiais, que se podem classificar nos seguintes tipos: as gerais que envolvem várias "famílias de materiais"; as específicas que envolvem apenas uma classe ou até mesmo uma sub-classe de materiais; as de fabricantes cujo conteúdo está circunscrito aos materiais fabricados pela empresa; adicionalmente, existe software específico que funciona sobre uma base de dados, como interface entre o utilizador e a base de dados (o seu conteúdo depende da base de dados utilizada).

-As famílias de materiais mais representadas nas bases de dados são os polímeros e metais.

-Na maior parte das ferramentas a selecção é realizada através das propriedades mecânicas, físicas e de fabrico. Ainda se contam com os dedos de uma mão, o número de bases de dados que prevêem a selecção através de propriedades estéticas e de superfície.

-Em muitas ferramentas a utilização é complexa, carecem de melhorias na interface e no modo como apresentam a informação, facilitando o trabalho do utilizador. Na sua concepção partiu-se do princípio de que o utilizador domina os conhecimentos sobre as propriedades mecânicas e físicas e que tem experiência na utilização de bases de dados, o que não corresponde frequentemente à situação real.

Posteriormente, considerei as razões que levam à necessidade de seleccionar novos materiais e os métodos utilizados no funcionamento das bases de dados e de *software* de selecção de materiais. Através de estudos de casos, testei o potencial e o real contributo destas ferramentas para a selecção de materiais.

Concluiu-se também durante a utilização das bases de dados, que:

-Devemos iniciar a selecção com bases de dados mais universais que permitam a pesquisa sobre todas as "famílias" de materiais. Com o desenvolvimento do processo de selecção pode passar-se para ferramentas de conteúdo mais específico.

-Apesar da diversidade e limitações de acesso gratuito a algumas bases de dados e *software*, nenhuma situação-problema ficou por resolver, tendo sido encontrada sempre uma escolha final credível.

-Foi possível utilizar todos os métodos de selecção de materiais, por análise, síntese, similaridade e inspiração, conjuntamente com as diferentes ferramentas digitais.

-É sempre útil testar mais do que uma base de dados durante a mesma fase de selecção de materiais e tentar responder à questão: -se utilizar outra ferramenta ou base de dados, obtenho o mesmo resultado?

-Existe uma tendência para criar novas ferramentas cuja pesquisa seja essencialmente feita por inspiração como contraponto às ferramentas que dão essencialmente informação técnica. Estas bases de dados e *software* de inspiração são especialmente dirigidas a designers e arquitectos.

-As bases de dados utilizadas variam com o tipo de caso ou situação-problema a resolver. Não obstante, foi evidente durante a selecção que algumas ferramentas são mais utilizadas quer pela sua universalidade, quer pela sua funcionalidade e versatilidade. Neste sentido, destacam-se as seguintes bases:

-*Design* Insite.

-MatWeb.

-Os gráficos interactivos do portal Materials Selection and Processing.
-Idemat.
-Plastics Technology.
-Aluselect.
-Alloy Finder.

Pelo facto de terem sido sempre utilizadas várias ferramentas digitais para a resolução de todos os estudos de caso, a folha de cálculo em Microsoft Office Excel foi fundamental e funcionou como uma plataforma de ligação ao conjunto de bases de dados e *software*.

Do que atrás foi dito, as conclusões finais do presente estudo resumem-se a:

(i) Por todas as potencialidades, conforto na utilização, quantidade, qualidade e rapidez de acesso à informação, as bases de dados e software serão as ferramentas do século XXI para a selecção de materiais.

(ii) Existem bases de dados digitais em número suficiente e com informação adequada à resolução da maior parte dos casos de selecção de materiais. No entanto, as bases de dados e *software* existentes são ainda, com excepção da Material Explorer, Matériothèque da Matério, Design Insite, Material Connexion, Idemat e Aluselect, pouco interactivas e necessitam de reajustamentos na interface de modo a facilitar o trabalho do utilizador.

(iii) A grande maioria das bases de dados é pobre na informação sobre as propriedades estéticas, o que as limita como fontes de inspiração, e em propriedades ecológicas, o que tende a limitar a sua utilização sempre que esses aspectos são primordiais na selecção de materiais.

(iv) A universalidade e a organização do conteúdo de uma base de dados, conjuntamente com a qualidade da interface, são decisivas na utilização e sucesso da ferramenta digital.

(v) Confirmamos as potencialidades e correcção do princípio de Michael Ashby, que utilizámos na metodologia para os estudos de casos, considerando inicialmente o maior número de materiais possível e diminuindo a amostragem, com a evolução do projecto.

(vi) Existe a necessidade de criar uma ferramenta para a selecção de materiais, que conjugue o rigor e precisão da resposta das ferramentas de informação técnica com a riqueza da interacção e acesso às propriedades estéticas proporcionado pelas ferramentas de inspiração.

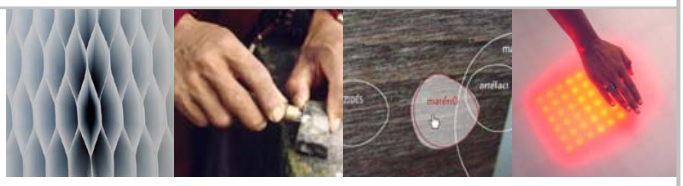
(vii) É patente a falta de bases de dados gerais que contenham materiais produzidos em Portugal.

Recomendações para trabalho futuro

Em Portugal tem-se investido pouco na criação de bases de dados para materiais produzidos no país e na investigação dos processos de selecção de materiais, nomeadamente os digitais. A evolução nesta área de conhecimento é estratégica não só pelas suas potencialidades técnicas mas, também, pela evidência de que será, a curto prazo, o primeiro meio para a selecção de materiais.

O território nacional tem alguma diversidade em matérias-primas e, conquanto a sua transformação nem sempre seja potenciada, temos alguns bons exemplos de indústrias transformadoras de sucesso. A criação de bases de dados de produtos nacionais pode permitir avançar para um projecto que potencie a comercialização e exportação dos mesmos. A criação de uma base desse tipo para a selecção de materiais tem uma importância estratégica podendo, mais tarde, realizar-se um intercâmbio com a inclusão dessa informação em bases de dados estrangeiras.

Adicionalmente, mas igualmente importante, é a investigação e criação de uma ferramenta digital que auxilie o projectista, através de um método que conjugue a qualidade e rigor da informação técnica com a liberdade e satisfação na utilização de uma ferramenta de inspiração.



Bibliografia

Bibliografia

[1] Lennart Y. Ljungberg. "Materials selection and design for structural polymers". Materials & Design. nº24, 2003, pp.383-390.

[2] Ashby, M., Bréchet, Y. J., Cebon, D., Salvo, L. "Selection Strategies for Materials and Processes". Materials and Design. Nº 25, 2004, pp.51-67.

[3] Charles, J.A., Crane F.A. e Furness, J. A. Selection and use of Engineering Materials. 3ª Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford: 1997, pp.3-18.

[4] Raizman, David. History of Modern Design. Laurence King Publishing LTD, London: 2003.

[5] Manzini, Ezio. A matéria da Invenção. Edição Portuguesa, tradução de Pedro Afonso Dias, Centro Português de *Design*, Lisboa: 1993.

[6] Bezooyen, Arnold van. "Material Explorer–Selection support tool for designers". Faculdade de design Industrial e Engenharia de Delft, Delft: 2002.

[7] Ashby, Michael. Materials Selection in Mechanical Design. 2ª Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford: 1999.

[8] Sandstrom R., "An Approach to Systematic Material Selection". Material and Design. Nº6, 1985, pp. 328-337.

[9] Ashby, Michael, "Overview nº 80: On the engineering Properties of Materials". Acta Metall Mater. Nº 37(5), 1989, pp. 1273-1293.

[10] Ashby, Michael & Johnson, Kara. Materials and *Design*, The Art and Science of Material Selection in Product Design. Butterworth & Heinemann, Oxford: 2002.

[11] Gui Bonsiepe. Teoria e Prática do Design Industrial; Elementos para um Manual Crítico. Centro Português de Design, Lisboa: 1992.

[12] Bruno Munari. Das coisas nascem coisas. Edições 70 LDA, Lisboa: 1993.

[13] Ronald E. Giachetti. "A decision support system for material and manufacturing process selection". Journal of Intelligent Manufacturing. nº9, 1998, pp.265-276.

[14] Ljungberg, Lennart & Edwards, Kevin. "Design, Materials Selection and Marketing of Successful Products". Materials and Design. Nº 24, 2003, pp.519-529.

[15] K.L. Edwards. "Selecting materials for optimum use in engineering components". Materials and Design. nº25, 2005, pp.469-473.

[16] Brechet Y., Bassetti D., Landru D. e Salvo L. "Challenges in materials and process selection". Progress in materials Science. nº 46, 2001, pp.407-428.

[17] Jee, D. e Kang, K, "A Method for Optimal Material Selection Aided With Decision Making Theory". Materials and Design. Nº21, 2000, pp.199-206.

[18] Sapuan, Mohd. "A Knowledge-Based System for Materials in Mechanical Engineering Design". Materials and Design. nº22, 2001, pp.687-695.

[19] Lenau, Torben (1996). Design Insite: "The Designer's Guide to Manufacturing". http://www.designinsite.dk (consultado na Internet em 5 de Janeiro de 2005).

[20] "Matériaux, catalyeurs de créativité", Dossier Materiaux. Intramuros. nº109, 2003, pp.687-695.

[21] Pré Consultants, (1990). http:// www.pre.nl/pre/pre_consultants.htm (consultado na internet em 12 de Janeiro de 2005).

[22] IDEMAT, Design for Sustainability Program, Faculty of Design, Engineering and Production da Universidade Técnica de Delft, (2005). http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/Onl_db/od_frame. (consultado na internet em 4 de Janeiro de 2005).

[23] Dehn, Jakki e Ordish Nigel Ordish, (1994). Rematerialise, Eco Smart Materials. http://www.kingston.ac.uk/~kx19789/rematerialise/html_and_flash/ (consultado na internet em 22 de Dezembro de 2004).

[24] M. Sun, C.J. Rydh e H. Kaebernick. "Materials Grouping for Simplified Product Life Cycle Assessment". The Journal of Sustainable Product Design. nº3, 2003, pp.45-58.

[25] F. Giudice, G. La Rosa e A. Risitano. "Materials Selection in the Life-Cycle Design process: a method to integrate mechanical and environmental performances in optimal choice". Materials and Design. nº26, 2005, pp.9-20.

[26] Brownell, Blaine. Transmaterial. http://transstudio.com/tm/ (consultado na internet a 7 de Janeiro de 2005).

[27] William Xuan F. Zha. "A Web-Based Advisory System for Process and Materials Selection in Concurrent Product Design for a Manufacturing Environment". International Journal Manufacture Technology". nº25, 2005, pp.233-243.

[28] Lefteri, Chris. "Materials for inspirational *design*: wood*".* Rotovision SA, Mies: 2003.

[29] Lesko, Jim. "Industrial *design*: materials and manufacturing". John Wiley & Sons, Inc. 2002, New York: 1999.

[30] Automation Creations, Inc. Matweb. www.matweb.com/reference/terms.asp (consultado na internet a 6 de Dezembro de 2005).

[31] SAS Matério. Matério-Matériothèque. http://www.materio.com/ (consultado na internet a 7 de Dezembro de 2005).

[32] Dias, Nuno. Texto de apoio aos alunos da Cadeira Suportes de Comunicação Unimédia, "O que é o design de interacção". Aveiro: 2004, pp.1-26.

[33] MATTER Project. Aluselect. http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/default.asp (consultado na internet a 8 de Dezembro de 2005).

[34] Agência Independente Materia. Material Explorer. http://www.materialexplorer.com/ (consultado na internet a 8 de Dezembro de 2005).

[35] Granta Design Limited. CES Selector. http://www.grantadesign.com/index.htm (consultado na internet a 9 de Dezembro de 2005).

[36] Empresa Deltek e Resinate. RMA (Resinate Material Advisor). www.elite-consulting.com/resinate_materials_adviser.htm (consultado na internet a 12 de Dezembro de 2005).

[37] Rapra Technology Limited . PLASCAMS (Resinate Material Advisor). http://www.rapra.net (consultado na internet a 12 de Dezembro de 2005).

[38] PRé Consultants (Product ecology consultants). ECO-IT. http://www.pre.nl (consultado na internet a 13 de Dezembro de 2005).

[39] ASM International. Alloy Finder. www.asm-intl.org (consultado na internet a 13 de Dezembro de 2005).

[40] BASF, The Chemical Company SM International. BASF Plastics e BASF Campus-i. http://corporate.basf.com/en/kontakt/?id=HolsA8.3bbcp-Kp (consultado na internet a 14 de Dezembro de 2005).

[41] Imprint Modulor Handelsgesellschaft mbH & Co. MODULOR - Material Total. http:// www.modulor.info/ (consultado na internet a 14 de Dezembro de 2005).

[42] General Electrics Plastics. G.E. Polymerland. http://www.gepolymerland.com/design/material_select.html (consultado na internet a 15 de Dezembro de 2005).

[43] Special Metals Corporation. Special Metals –The Alloy Experts. http:// www.specialmetals.com/about.htm (consultado na internet a 15 de Dezembro de 2005).

[44] Kesteren, Ilse van. Apresentação do trabalho de investigação: "Designers select materials, main needs for choices". www.io.tudelft.nl, documento datado de 25 de Junho de 2004, no portal da Faculdade de *design* Industrial e Engenharia de Delft (consultado em 30 de Janeiro de 2006), p.11.

[45] Lovatt, Andrew e Shercliff, Hugh. Information on material selection and processing da Universidade de Cambridge, Departamento de Engenharia (gráficos interactivos são baseados no trabalho de Michael Ashby). http://www-materials.eng.cam.ac.uk/mpsite/interactive_charts/default.html (consultado na internet em 3 de Fevereiro de 2006, data da última actualização do portal 25/02/2002).

[46] XWOMM Multimedia und Lernsoftware GmbH. Alusurf. http://www.xwomm.com/alusurf.htm (consultado na internet a 16 de Dezembro de 2005).

[47] AZOM.COM. Azom.com - "The A to Z of Materials". http://www.azom.com (consultado na internet a 16 de Dezembro de 2005).

[48] Goodfellow Cambridge Limited, Goodfellow Corporation. Goodfellow. www.goodfellow.com/csp/active/gfHome.csp (consultado na internet a 17 de Dezembro de 2005).

[49] Marketech International Inc. Marketech. http://www.mkt-intl.com/ (consultado na internet a 17 de Dezembro de 2005).

[50] **"Testes mostram a baixa qualidade de copos descartáveis" (fonte da notícia: Inmetro). Portal da IDEC - Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (2005). www.idec.org.br/og_idec.asp (consultado na internet em 23 de Fevereiro de 2006).**

[51] **National Institute for Materials Science, Japão. Polyinfo-Polymer Database. http://polymer.nims.go.jp/ (consultado na internet a 17 de Dezembro de 2005).**

[52] **PRé Consultants (Product ecology consultants). Sima Pro. http://www.pre.nl/simapro/default.htm (consultado na internet a 19 de Dezembro de 2005).**

[53] **PRé Consultants (Product ecology consultants). Umberto. http://www.umberto.de/en/home/ (consultado na internet a 19 de Dezembro de 2005).**

[54] **TNO Knowledge for Business. Eco Scan Life. http://www.ind.tno.nl/en/product/ecoscan/ecoscan_prodinfo.html (consultado na internet a 19 de Dezembro de 2005).**

[55] **Hocking, Martin B., "Reusable and disposable cups": Na Energy-Based Evaluation. Environmental Management. nº18(6), 1994, pp.889-899.**

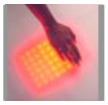
[56] **Smith, William F., Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. 3ª Ed., McGraw-Hill, Lisboa: 1998, pp.347-349.**

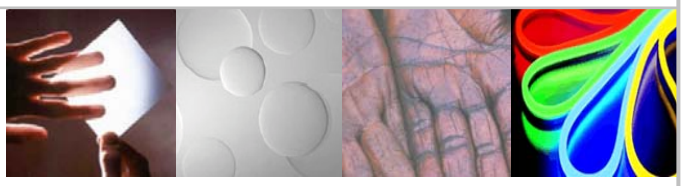
[57] **Gardner Publications, Inc. Plastics Technology-Materials Database. http://66.192.79.234/ (consultado na internet a 20 de Dezembro de 2005).**

[58] **Plastics News & Plastics Encounter. PlasticsNews.com. http://www.plasticsnews.com/subscriber/headlines.phtml (consultado na internet a 20 de Dezembro de 2005).**

[59] **IDES–The Plastics. Ides Prospector. http://www.ides.com/prospector/ (consultado na internet a 21 de Dezembro de 2005).**

[60] **George M. Beylerian. Material Connexion. http://www.materialconnexion.com/PA1.asp (consultado na internet a 15 de Dezembro de 2005).**





Webgrafia

Webgrafia

100%Design
http://www.100percentdesign.co.uk/page.cfm/Link=1/t=m/goSection=1

3M Product Index
http://www.3m.com/product/index.jhtml

a

Acrylic Casting - Index of companies supplying: Acrylic - Casting
http://www.applegate.co.uk/plastics/pselect/ps_33074.htm

Aerospace – Composite Products
http://www.acp-composites.com/ACP-CAT.HTM

Agence Rhône Alpes pour la maîtrise des materiaux
http://www.agmat.asso.fr/

Agir Azul na rede
http://www.agirazul.com.br/

Ag-West Bio Inc. - Education & Outreach - Educational Information - Biopolymers Plastics from Plants
http://www.agwest.sk.ca/education/plastics.php

Aim to recycle – Wood Recycling
http://www.aimtorecycle.co.uk/aimwood.shtml

AlSiC materials for electronic thermal management and packaging solutions
http://www.alsic.com/index.html

Aluselect
http://aluminium.matter.org.uk/aluselect/default.asp

Alusurf
http://www.xwomm.com/alusurf.htm

Applications
http://www.dynacer.com/milling_media.htm

Applied Materials – Semicondutor nanomanufacturing technology
http://www.appliedmaterials.com/

ArchInform – choice of materials
http://www.archinform.net

Architonic
http://www.architonic.com/

ASM International - Alloy Finder.
http://www.asm-intl.org

ASM International - Handbooks Online
http://products.asminternational.org/hbk/index.jsp

ASM International – Materials Information
http://products.asminternational.org/matinfo/index.jsp

ASTM International - Standards Worldwide
http://64.233.179.104/translate_c?hl=en&langpair=en%7Cpt&u=http://www.astm.org/cgi-bin/SoftCart.exe/index.shtml%3FE%2Bmystore&prev=/language_tools

Aufhauser – Aluminium Weldeng Alloys
http://www.brazing.com/products/Weld_alum/

AZOM – Material Information by Material
http://www.azom.com/materials.asp

b

BASF Campus-i
http://campus-i.plasticsportal.net/matdb/matdb.php

BASF Group – Products by segments
http://www.corporate.basf.com/en/produkte/segmente.htm?id=V00-PeR0d8etLbcp-T8

BASF Group: BASF – The Chemical Company
http://www.corporate.basf.com/en/?id=V00-1VJnf8f64bcp09d

BASF Plastics
http://www2.basf.de/basf2/html/plastics/englisch/index.htm

BASF Plastics Portal – Global Homepage
http://www.plasticsportal.net/wa/plastics/portal

Baustoffsammlung der Fakultät für Architektur der TU München
http://wdb.ebb1.arch.tu-muenchen.de/

Bayer Material Science NAFTA
http://www.bayermaterialsciencenafta.com/index.html

Bendywood
http://www.bendywood.com/

BioMatNet Biological Materials for Non-Food Products
http://www.biomatnet.org/home.html

Biopolymer.net – Online resourses for a better environment
http://www.biopolymer.net/

British Plywood Manufacturers
http://www.britishplywood.co.uk/

C

Cache Group – Material Explorer
http://www.cachesoftware.com/materialsexplorer/index.shtml

CAMD
http://www.camd.lsu.edu/

CAMP – Center for Atomic-scale Materials Physics
http://www.camp.dtu.dk/English.aspx

CAMPUS: Cumputer Aided Material Preselection by Uniform Standards
http://www.campusplastics.com/

Carpenter Technology - Products Section - Manufacturer of stainless steel, titanium, other specialty metals
http://www.cartech.com/products/index.html

Cenbase Materials
http://www.cityu.edu.hk/lib/eres/database/info/db215.htm

CES Web, Cambridge Engineering Selector on Web
http://milhdbk.grantadesign.com/index.do?database=cesdatabase&record=9699

Challenge of materials
http://www.sciencemuseum.org.uk/on-line/challenge/index.asp

ChemFinder.com
http://chemfinder.cambridgesoft.com/

Component Database: "Hi-tech emerging products... finding components for the future"
http://www.medibix.com/

Composites Gurea - Parklex
http://www.parklex.com/

ConstruçãoGlobal.com
http://www.construcaoglobal.com/cgi-bin/portal/index.html

Cool Roofing Materials Database
http://eetd.lbl.gov/coolroof/

Cooper B-Line Products
http://www.b-line.com/product/index.asp

Cooper Development Association
http://www.britishplywood.co.uk/

Core77, Material Vision 2005
http://www.core77.com/gallery/photos_search.asp?context_id=1&album_id=15

Corrosion source
http://www.corrosionsource.com/prodserv/S/Software/Materials_Selection/

Corus
http://www.corusgroup.com/en/

d

Danish Furniture
http://www.danishfurniture.dk/Default.aspx

DBConstroi
http://www.dbconstroi.com/

Desenho, materiais, instrumentos e técnicas
http://desmat.no.sapo.pt/

Design Insite
http://www.designinsite.dk/

Deutche Messe AG, Hannover
http://www.messe.de/homepage_e?x=1

DFMA Software – Design for Manufacturing and Assembly Software Overview from BDI
http://www.dfma.com/software/index.html

Discovering materials Science Camps 2005
http://www.outreach.psu.edu/conf/materialsscience/Forensic.html

Donatos
http://www.mydonatos.com/

DOW – Products and Services
http://www.dow.com/products_services/index.html

Dupont
http://www2.dupont.com/DuPont_Home/en_US/

Dupont – plastics.dupont.com
http://www.plastics.dupont.com/NASApp/myplastics/Mediator?id=0&locale=pt_BR

e

Eastern Alloys, Inc - Designing in zinc for component design
http://www.eazall.com/designers.aspx

Eastern Alloys, Inc.
http://www.eazall.com/zincadvantages.aspx

Ecodesign pilot online
http://www.ecodesign.at/pilot/ONLINE/ENGLISH/

Ecodesign software
http://www.ecodesign.at/information/anwendung/software/index.en.html

Eco-indicator 99
http://www.pre.nl/eco-indicator99/eco-indicator_99.htm

ECO-LOGIS
http://www.eco-logis.com/news6.htm

EcoScan - TNO Industrial Technology
http://www.ind.tno.nl/en/product/ecoscan/index.html

Efunda: Piezo Material Data
http://www.efunda.com/materials/piezo/material_data/matdata_index.cfm

EMSL Analytical, Inc. – Quality Laboratory Services Since 1981
http://www.emsl.com/index.cfm?nav=NotFound

Endura Plastics, Inc. – Innovative Plastic Solutions
http://www.endura.com/index.asp

Engineeringtalk
http://www.engineeringtalk.com/news/res/res104.html

ESM Software – Software for Materials Science and Engineering
http://www.esm-software.com/

Europáginas Net
http://www.europaginasnet.com/menu.html

Exploring Materials Engineering
http://www.engr.sjsu.edu/WofMatE/

f

Fédération Rhône-Alpes RAMS, Matériaux de Structure et Propriétés d'usage
http://federams.cnrs.fr/index_int.php

FEMS – The Federation of European Materials Societies
http://www.fems.org/index.php

FIZ CHEMIE BERLIN – Plastics and Polymers
http://www.fiz-chemie.de/en/katalog/polymers/

Forestry Compendium – CAB International
http://www.cabi.org/compendia/fc/index.asp

Format
http://www.format.mwn.de/werkstoff_aktuell.htm

g

GamaG – Créateur de bien-être
http://www.gamag.com/

GE Polymerland – Material Selection
http://www.gepolymerland.com/design/material_select.html

GMM - IMAT: Grupo de Materiais do Instituto de Materiais – Núcleo FEUP
http://paginas.fe.up.pt/demetwww/gmm/index2.html

GoodFellow
http://www.goodfellow.com/csp/active/gfHome.csp

Granta Design
http://www.grantadesign.com/company/index.htm

Granta Design - Overview of Products
http://www.grantadesign.com/products/

Granta Design – Data & partner products, data modules listing
http://www.grantadesign.com/products/data/list.htm

Groen Granulaat – Ecoplast
http://www.groengranulaat.nl/home2.html

Groupement Plasturgie Automobile
http://www.autoplasticgate.com/gpauk/FilierePlasturgie/CatalogueProduit/catProduitsIndex.asp

Grow: Design for Sustainability
http://grow.aigany.org/

h

How products are made
http://www.madehow.com/

i

Idemat Online database
http://www.io.tudelft.nl/research/dfs/idemat/Onl_db/od_frame.htm

IDES Prospector The Plastics Web
http://www.ides.com/prospector/

IF-International Forum Design
http://www.ifdesign.de/

ILEA – Institute for Lifecycle Environmental Assessment
http://www.ilea.org/

Indium Corporation
http://www.indium.com/

Information
http://www.lboro.ac.uk/research/susdesign/InfoInsp/Information/Home/Information.htm

Information Inspiration
http://www.informationinspiration.org.uk/

Innovathèque - CTBA
http://www.innovathequectba.com/

Institut National Polytechnique de Grenoble – Recherche Matériaux
http://www.inpg.fr/22360136/0/fiche___pagelibre/

Intelligent Multiple Attribute Decision System
http://www.ise.nus.edu.sg/staff/poh/fyp/fyp-94b.html

InterCorr Software Pages - Socrates
http://www.intercorr.com/software/socrates/soc_b.html

International Organization for Standardization
http://www.iso.org/iso/en/ISOOnline.frontpage

Introduction to materials selection
http://www.corrosionsource.com/technicallibrary/corrdoctors/Modules/MatSelect/Introduction.htm

IOM-Institute of Materials, Minerals and Mining
http://www.iom3.org/

k

K2007 - Turning Vision Into Business
http://www.k-online.de/

Kellysearch – less digging, more results
http://www.kellysearch.com/

Key to metals – The World Most Compreensive Metals Database
http://www.key-to-metals.com/

Key to steel – The World's Most Comprehensive Steel Database
http://www.key-to-steel.com/Articles/Art14.htm

Kompass
http://www3.kompass.com/kinl/index.php?_Lang=pt

m

MAPP data sets - Composites
http://www.netcomposites.com/netcommerce_features.asp?414

Marco Rubber & Plastic Products
http://www.marcorubber.com/material_chart.htm

Marketech International Inc.
http://www.mkt-intl.com/

MAS 2.0 – BMI
http://cybercut.berkeley.edu/

Matter
http://www.matter.org.uk/

Materfut - materiais do futuro
http://www.materfut.pt/principal.html

Materia
http://www.materia.nl/index.html

Material Connexion
http://www.materialconnexion.com/PA1.asp

Material Data Center – Alloy Digest from ASM International & Thomson
http://www.techstreet.com/asm-specs.tmpl?tabName=default

Material Explorer - Materia
http://www.materialexplorer.com

Material Explorer – Research on Material Selection and Design
http://www.materialexplorer.com/background.html

Material Selection and Processing
http://www-materials.eng.cam.ac.uk/mpsite/

Material vision
http://material-vision.messefrankfurt.com/global/en/home.html

Materialica
http://www.materialica.com/

Materials
http://www.lboro.ac.uk/research/susdesign/InfoInsp/Information/Materials/mat%20home/materials.htm

Materials and Process Selection
http://www.gpm2.inpg.fr/axes/SelectionMateriaux/selectionuk.html

Materials by design
http://www.mse.cornell.edu/courses/engri111//index.htm

Materials Database – Composite Materials
http://composite.about.com/od/databases/l/blmatweb.htm

Materials Database – The Philippines' Portal on Industrial Ecology
http://members.tripod.com/ieprime/database.htm

Materials Explorer - MXPL
http://wwwcp.tphys.uni-heidelberg.de/MXPL/

Materials Explorer, Moleküldynamik, Metalle, Keramik, Halbleiter, Biomoleküle
http://www.additive-net.de/software/fqs/materialsexplorer/

Materials Monthly Online
http://materialsmonthly.com/

Matériothèque - Matério
http://www.materio.com/

MatWeb – Material Property Data
http://www.matweb.com/index.asp?ckck=1

MEMS and Nanotechnology Clearinghouse
http://www.memsnet.org/material/

Minnesota Building Materials Database
http://www.buildingmaterials.umn.edu/

Mode information
http://www.modeinfo.de/cgi-bin/shop-uk.pl

Modulor, material total
http://www.modulor.info/

MRS-Materials Research Society
http://www.mrs.org/s_mrs/index.asp

n

NetIndex
http://www.netindex.pt/links/NEGOCIOS/IMOB_CONST/MATERIAIS/

Nimesis
http://www.nimesis.com/

NIMS Materials Database
http://mits.nims.go.jp/db_top_eng.htm

NISC Product Fact Sheet - Engineering Materials Abstracts
http://www.nisc.com/factsheets/qema.asp

NIST Data Gateway
http://srdata.nist.gov/gateway/gateway?dblist=0

NIST Scientific and Technical Databases – Material Properties
http://www.nist.gov/srd/materials.htm

NPL Midas – National Physical Laboratory, with CES Software
http://midas.npl.co.uk/midas/index.jsp

o

Omnexus – Plastics & Elastomers
http://www.omnexus.com/

p

Packaging Materials Database, NAFA
http://www.iaea.org/icgfi/packaging-dat.htm

Paper Online
http://www.paperonline.org/

Permanent magnet, rare earth, non-ferrous, ceramic materials supplier
http://www.stanfordmaterials.com/product.html

PLASPEC – Materials Selection Database, Thomson
http://library.dialog.com/bluesheets/html/bl0321.html

Plásticos de Boedeker
http://babelfish.altavista.com/babelfish/urltrurl?lp=en_pt&url=http%3A%2F%2Fwww.boedeker.com

Plastics News – Resin Selector
http://catalog.ides.com/PropertySearch.aspx?I=32098&PROPSET=ASTM

Plastics Technology
http://www.plasticstechnology.com/

Plastics Technology – Materials Selection Database
http://66.192.79.234/index.cfm?CFID=5163259&CFTOKEN=15848147

Plastics.dupont.com
http://plastics.dupont.com/NASApp/myplastics/Mediator?id=0&locale=en_US

PlasticsNews.com
http://www.plasticsnews.com/subscriber/headlines.phtml

Platts - The McGraw-Hill Companies
http://www.platts.com/Metals/Resources/

PNI Plastics News International
http://www.plasticsnews.net/machinery.php

Polymer Library – your desktop polymer library
http://www.polymerlibrary.com/

Polystyrene Packaging Council Homepage (PSPC)
http://www.polystyrene.org/

Portal de Materiais - UFSC
http://www.materiais.ufsc.br/

Portugal Virtual
http://www.portugalvirtual.pt/

PRé Consultants – SimaPro7 LCA software
http://www.esm-software.com/

Production Navigator
http://www.productionnavigator.nl/ace/pn/

Prospect – The Wood Database
http://www.plants.ox.ac.uk/ofi/prospect/

Prospector Plus
http://www.trigold.co.uk/benefits.htm

q

Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza
http://quercus.sensocomum.pt/pages/

r

Rapra Technology
http://www.rapra.net/

Rapra Technology – Software Store
http://www.rapra.net/software/index.asp

Recycled Polymer Association in Recycler's World
http://www.recycle.net/assn/aa019075.html

Recyclenow
http://www.recyclenow.com/index.html

Recycler's World
http://www.recycle.net/

Rematerialise – eco smart materials
http://www.kingston.ac.uk/~kx19789/rematerialise/html_and_flash/searchwelcome.htm

RES Brasil – Degradable plastics
http://www.resbrasil.com.br/default.asp?i=15&a=11

Rilnor-Sociedade de Revestimentos de Metais do Norte, Lda.
http://www.rilnor.pt/

S

SAF-PLAST Comércio de Plásticos Industriais LTDA
http://www.safplast.com.br/produtos.htm

Sandvik Materials Technology
http://www.smt.sandvik.com/

Save a Cup Recycling Company – recycling packaging waste
http://www.saveacup.co.uk/index.asp

Seven Steps to Responsible Software Selection
http://www.vtaide.com/png/ERIC/Software-Selection.htm

Shetka Stone
http://www.shetkastone.com/

SimaPro 7 – the powerful life cycle tool
http://www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm

Smile Plastics, the home of recycled plastics
http://www.smile-plastics.co.uk/materials.asp

Special Chem – Polymer Additives & Colors
http://www.specialchem4polymers.com/resources/

Special Metals – The Alloy Experts
http://www.specialmetals.com/

SPM - Sociedade Portuguesa de Materiais
http://www.spmateriais.pt/

Stahlschlussel (Key to Steel) on CD ROM
http://www.normas.com/ASM/pages/6652.html

SteelSpect Web Edition – UK Steel
http://www.steelspec.org.uk/index.htm

Stylepark
http://www.stylepark.com/index.jsp

t

TALAT – Training in Aluminium Application Technologies
http://www.eaa.net/education/TALAT/index.htm

TDS Herrlich – Technical Data Service Herrlich GmbH
http://www.tds-herrlich.de/english/index.html

TEAM – Tool for Environmental Analysis and Management
http://www.ecobalance.com/uk_team.php

Technische Universiteit Delft
http://www.tudelft.nl/live/pagina.jsp?id=b226846d-f19f-4c34-97ed-165fecc5ad8f&lang=nl

Teknologisk Institut
http://www.teknologisk.dk/

Temperature Dependent Elastic & Thermal Properties Database - JAHM Software
http://www.jahm.com/

Terra Matter : Inspire, Innovate & Sustain
https://materialconnexion.com/terramatter/Press.html

The American Ceramic Society-Ceramic properties database
http://www.ceramics.org/cic/propertiesdb.asp

The Centre for Sustainable Design
http://www.cfsd.org.uk/journal/archive/index.html

The PGM Database
http://www.platinummetalsreview.com/jmpgm/index.do?database=cesdatabase&record=1219

The Wood Explorer
http://www.thewoodexplorer.com/client/

Thinking Materials
http://www.thinkingmaterials.com/idea.html

ThomasNet - CNC Machining, Metal Stamping, Gaskets, Fasteners and other industrial products and service
http://www.thomasnet.com/index.html

TIG – Titanium Information Group
http://www.titaniuminfogroup.co.uk/

TPSX – Materials Properties Database Web Edition Version 4
http://tpsx.arc.nasa.gov/

Transmaterial
http://transstudio.com/tm/

Transstudio
http://transstudio.com/

TWI World Centre for Materials Joining Technology
http://www.twi.co.uk/j32k/

u

UK Centre for Materials Education
http://www.materials.ac.uk/

Umberto – know the flow
http://www.umberto.de/en/index.htm

v

Virtual Design Museum
http://www.io.tudelft.nl/public/vdm/

w

Waste online
http://www.wasteonline.org.uk/

Web – Resol, Resíduos Sólidos
http://www.resol.com.br/curiosidades2_ing.asp?id=1803#bla

WebElements periodic tables
http://www.webelements.com/

Windows & daylighting - Software
http://windows.lbl.gov/software/

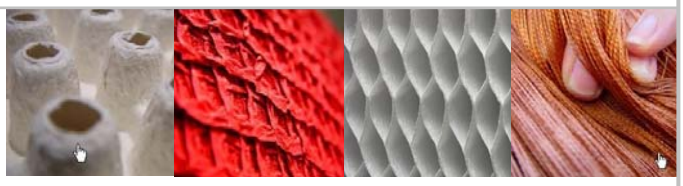
Wood for good
http://www.woodforgood.com/

Woods of the World
http://www.azwoodman.com/woods-of-the-world.html

Woodweb – Woodworking Industry Information
http://www.woodweb.com/

Wrap – Creating markets for recycled resources
http://www.wrap.org.uk/materials/

Observações: Não constam na webgrafia todas as ferramentas analisadas, porque alguns portais encaminham o utilizador para outras páginas da Internet específicas de determinada ferramenta; também pelo facto de parte do software estudado ter sido cedido em CD-ROM.



Anexos

ANEXOS

1 Questionário para selecção de materiais, da autoria de K.L. Edwards. **[15] (p.472)**

2 Tabela do modelo integrado para a selecção de materiais I.P.M.S. (Integrated Product Materials Selection). **[14] (p.27)**

3 Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – Parte 1

4 Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – Parte 2

5 Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – Parte 3

6 Ficha técnica da liga de alumínio 7075, da base de dados ASM Materials Information – Alloy Center, (http://products.asminternational.org/matinfo/index.jsp), através do Alloy Finder.

7 Ficha técnica da liga de titânio Ti3Al2.5V Grau 9, da base de dados Matweb Material Property Data, (http://www.matweb.com).

Anexo 1

- Have all the relevant discrete material properties been obtained and understood?
- Have all the environmental conditions been taken into consideration?
- Have all economic constrains been taken into consideration?
- Are there any transient effects?
- Will the design conditions change with time?
- Have the effects of material processing conditions been considered?
- Has adequate consideration of effects of dynamic loading been taken into account, e.g., fatigue?
- Has consideration been given to the effects of manufacturing (e.g., machining introducing stress considerations or damage) on the change of properties, both short and long term?
- Will the properties of the chosen material change when the component is in service as a result of operating conditions?
- If special testing has been conducted, have the effects of test conditions been taken into consideration when using the results?
- Has the accuracy of the test data been ascertained and the effect it might have on the quality of design solution?
- Has a risk assessment been conducted for the effects of inaccurate or missing information?
- Have the effects of any post processing such as surface treatment been taken into account on the final material properties?
- Has adequate consideration been given to alternative materials?
- Has the overall life cycle been adequately considered (“cradle to grave” concept), e. g. and recycling principles?
- Has the complete design situation been considered where the component is an integral part of a product and decisions made in isolation may lead to a sub-optimal product design?
- Has consideration been given to the interfaces with other components such as wear, joining techniques, corrosion, etc?
- Are any chemical, toxicological, radiation or micro-organism effects that need to be considered?
- Have the effects of quantities and rate or production of components been adequately considered?
- Has future raw material availability been considered?
- Has the introduction of any new materials and technologies been considered, balancing their risks and lack of familiarity against potential benefits

Questionário para selecção de materiais, da autoria de K.L. Edwards. **[15] (p.472)**

Anexo 2

Design manual for integrated product materials selection

1	Product idea, market demand or legal requirement.	Consider the idea in terms of: market contacts; former case studies; customer selection mechanisms; identification of the main functions to achieve.
2	Definition of target group for the product	Group P: prestigious products with ultimate quality. Group M: moderately priced products. Group F: functional products for low-price market.
3	Market research and pre-design	Evaluate/study the following parameters: physical/metaphysical balance; ergonomics; product image; legal implications; product life cycle (LCA); environmental influence; recyclability or final disposal; safety; degree of "uncovered/hidden components[1]; Cultural aspects; total product cost, price and refinement; costumer support; preparation of prototype or model if possible to check market reactions.
4	Specification of requirements	Define the physical and chemical requirements for the product; determine the limits (max.-min. levels) the product must fall within: e.g. temperature; density; UV radiation; price; pH value; Young's modulus; lifespan.
5	Property profile of possible materials	Select some possible materials and check if they fulfil the requirements; if no material is found, try to change the requirements; if no material is found, try to change the requirements (e.g. design, expected lifespan…).
6	Manufacturing method	Plan and evaluate possible manufacturing methods for the material(s) that fulfils the requirements above.
7	Final selection of materials, manufacturing methods and design	Selection of material is dependent on manufacturing methods and ultimate design and must be simultaneously evaluated; return to step 3 if a parameter changes before production starts.
8	Product release	One of the most important steps in the product development, but not the last
9	Market reactions and feedback during use	Collect customer reactions and reactions from workshops and service centres, etc.; early reactions and production changes are of vital importance so that possible problems can be solved; if many inferior products have been released on the market, it can be very expensive to guarantee products already sold and can lead to a poor reputation.
10	Strategy for possible redesign of or successors to product	Close market contact is one important factor for the development of a successor to the product released; in an early phase it is normally enough to redesign the present product if necessary; for design of a new product or even minor redesign of a present product, it is advisable to start from step 1 again.

Tabela do modelo integrado para a selecção de materiais I.P.M.S. (Integrated Product Materials Selection).

[14] **(p.27)**

Anexo 3

Nome do Motor de Busca	Endereço do Motor de Busca	Mod. de utilização				
		Gratuito	Pago			
Nome do Motor de Busca	Endereço do Motor de Busca	Gratuito	Software de demonstração	Anual	Cada acesso	Outra situação
KOMPASS	www1.kompass.com/kinl/index.ph	X		95 €		
KELLYSEARCH	www.kellysearch.com	X				
CONSTRUÇÃO GLOBAL.COM	www.construcaoglobal.com	X				
EUROPÁGINASNET	www.europaginasnet.com/	X				
NETINDEX	www.netindex.pt	X				
Nome do Motor de Busca	Endereço do Motor de Busca	Gratuito	Software de demonstração	Anual	Cada acesso	Outra situação

Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – **Parte 1**.

Anexo 4

Nome do Motor de Busca	Materiais disponíveis																Métodos de selecção										
Nome do Motor de Busca	nº total de materiais	nº total de processos	Cerâmicos	Compósitos	Metais	Polímeros	Vidros	Naturais	Texteis	Fibras	Materiais "inteligentes"	Couro	Reciclados	Aerogéis	Nano materiais	Outros	Nome	"Família" do material	Designação comercial	Composição | Estrutura	Fabricante | Fornecedor	Número UNS	Palavra | frase "chave"	Pesquisa avançada	Processo de fabrico	Futura aplicação	Agente corrosivo	Factores ecológicos
KOMPASS	X		X	X	X	X	X	X									X	X	X		X			X				
KELLYSEARCH	X		X	X	X	X	X	X	X				X		X	X	X		X		X							
CONSTRUÇÃO GLOBAL.COM	X		X	X	X	X	X	X									X		X		X							
EUROPÁGINASNET	X		X		X	X	X	X								X	X		X		X			X				
NETINDEX	X		X	X	X	X		X								X	X	X	X		X		X	X				
Nome do Motor de Busca	nº total de materiais	nº total de processos	Cerâmicos	Compósitos	Metais	Polímeros	Vidros	Naturais	Texteis	Fibras	Materiais "inteligentes"	Couro	Reciclados	Aerogéis	Nano materiais	Outros	Nome	"Família" do material	Designação comercial	Composição | Estrutura	Fabricante | Fornecedor	Número UNS	Palavra | frase "chave"	Pesquisa avançada	Processo de fabrico	Futura aplicação	Agente corrosivo	Factores ecológicos

Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – **Parte 2**.

Anexo 5

Nome do Motor de Busca	Tipo de resultado | Informação														Observações
Nome do Motor de Busca	Designação técnica	Ficha técnica	Vários materiais possíveis	Propriedades físicas	Propriedades mecânicas	Observações	Fornecedor(es)	Processos associados	Impacto ambiental	Preço médio/Preço exacto	Imagens dos materiais	Videos dos materiais	Aplicação dos materiais	Outras informações	Observações
KOMPASS							X							X	Motor de busca simples e fácil de utilizar
KELLYSEARCH							X							X	Motor de busca muito simples e prático
CONSTRUÇAO GLOBAL.COM							X							X	Motor de busca de utilização simples
EUROPAGINASNET							X							X	Motor de busca simples e fácil de utilizar
NETINDEX							X							X	Motor de busca de utilização simples
Nome do Motor de Busca	Designação técnica	Ficha técnica	Vários materiais possíveis	Propriedades físicas	Propriedades mecânicas	Observações	Fornecedor(es)	Processos associados	Impacto ambiental	Preço médio/Preço exacto	Imagens dos materiais	Videos dos materiais	Aplicação dos materiais	Outras Informações	Observações

Tabela de análise de motores de busca, realizada na folha de cálculo Microsoft Excel – **Parte 3**.

Anexo 6

(7xxx series) Wrought aluminum-zinc, 7075 (ASTM B247M(95))

Chemical Composition		
Base Element	Al (Aluminum)	
Al (Aluminum)	* 87.32 to 91.42%	% by wt
Cr (Chromium)	0.18 to 0.28%	% by wt
Cu (Copper)	1.2 to 2.0%	% by wt
Fe (Iron)	0.50% maximum	% by wt
Mg (Magnesium)	2.1 to 2.9%	% by wt
Mn (Manganese)	0.30% maximum	% by wt
Si (Silicon)	0.40% maximum	% by wt
Ti (Titanium)	0.20 maximum	% by wt
Zn (Zinc)	5.1 to 6.1	% by wt
Balance	Al (Aluminum)	
Others Total	0.15% maximum	% by wt
Others Each	0.05% maximum	% by wt
Composition Note	Al is listed as a Balance element for this material, but its % value is not listed in the specification. The value shown is a calculated one.	

Mechanical Properties		
Yield Strength	55.1 to 1.45e4	ksi
Ultimate Tensile Strength	63.8 to 1.45e4	ksi
Elongation	7 to 100	%

Other Information	
Country	USA
Description Text	Die forging, parallel to grain, T73, 80-100mm
Designation	7075
Ferrous/Nonferrous	Nonferrous
Similar US Grade	7x75
Specification	ASTM B247M(95)
Specification Type	Standard
Similar UNS Number	A97075
Status	Active
Source	Worldwide Guide to Equivalent Nonferrous Alloys, 4th ed. ASM International 2001

Available Forms

Forging

Links

Organizations - American Society for Testing and Materials (ASTM)

Copyright 2002 ASM International

Imagens da ficha técnica da liga de alumínio 7075 (O acesso temporário à base de dados foi gentilmente cedido por Tori Luca da ASM International).

Anexo 7

TIMETAL® 3-2.5 Titanium Alloy (Ti-3Al-2.5V; ASTM Grade 9) Annealed

Subcategory: Alpha/Near Alpha Titanium Alloy; Metal; Nonferrous Metal; Titanium Alloy
Key Words: Titanium 3-2.5; UNS R56320

Component	Wt. %
Al	2.5 - 3.5
C	Max 0.08
Fe	Max 0.25
H	Max 0.015
N	Max 0.03
O	Max 0.15
Ti	92.6 - 95.5
V	2 - 3

Material Notes:

Titanium content above is calculated as the remainder and may not reflect the actual range.
Cold Workable Medium Strength Alloy. UTS, TYS, Elongation, R.A. and bend radius data below are specific to annealed material; other specific condition entries are also available in MatWeb.
Features: Cold formable and weldable, this alloy is used primarily for honeycomb foil and hydraulic tubing applications. Industrial applications such as pressure vessels and piping also utilize this alloy. Available with palladium stabilization to enhance corrosion resistance. The alloy is cold formable and easily welded, such like the commercially pure grades of titanium. Yet the alloys offer nearly double the strength over TIMETAL 50A. It is ASME Boiler and Pressure Vessel code approved. It offers the highest structural efficiency of any of the common engineering metals approved by ASME. The alloy is available in all common product forms including billet, bar, plate, sheet, strip, tubing and pipe. It is nonmagnetic.
Typical heat treatment for this alloy: Stress Relief: 316-649°C for .5-3 hrs, air cool. Anneal: 649-760°C for 1-3 hrs, air cool. Solution treat: 871-927°C for .25-1 hrs, water quench. Aging: 482-538°C for 2-8 hrs, air cool.
Data provided by TIMET.

Click here to view available vendors for this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	4.51 g/cc	0.163 lb/in³	Typical
Mechanical Properties			
Tensile Strength, Ultimate	Min 620 MPa	Min 89900 psi	
Tensile Strength, Yield	Min 483 MPa	Min 70100 psi	
Elongation at Break	Min 15 %	Min 15 %	
Reduction of Area	Min 30 %	Min 30 %	
Modulus of Elasticity	105 - 120 GPa	15200 - 17400 ksi	Typical
Poisson's Ratio	0.3	0.3	Typical
Shear Modulus	43 - 45 GPa	6240 - 6530 ksi	
Bend Radius, Minimum	5 - 6 t	5 - 6 t	
Electrical Properties			
Electrical Resistivity	0.000127 ohm-cm	0.000127 ohm-cm	
Thermal Properties			
CTE, linear 20°C	9.61 µm/m-°C	5.34 µin/in-°F	20-95°C
Thermal Conductivity	8.3 W/m-K	57.6 BTU-in/hr-ft²-°F	20-95°C
Melting Point	Max 1700 °C	Max 3090 °F	
Liquidus	1700 °C	3090 °F	
Beta Transus	935 °C	1720 °F	

Imagens da ficha técnica da liga de Titânio, TIMETAL® 3-2.5 Titanium Alloy (Ti-3Al-2.5V; ASTM Grade 9) Annealed. Base de dados Matweb - Material Property Data (http://www.matweb.com).