

Autores

António Manuel Ramos + Carlos Moura Relvas + José António Simões + Luís Miguel Mota

Título

Engenharia + Design: da ideia ao produto

Editora

Publindústria, Edições Técnicas

Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO · www.publindustria.pt

Distribuidor

Engebook – Conteúdos de Engenharia e Gestão

Tel. 220 104 872 · Fax 220 104 871 · E-mail: apoiocliente@engebook.com · www.engebook.com

Revisão do texto

Mónica Campos

Capa

Elias Marques e Sérgio Correia

(P'la T.I.N.A.)

Paginação e arranjo gráfico

Raquel Salomé, Rafael Coelho e José Simões

Tipografias

Cultura New

Dino dos Santos

(www.DSType.com)

Impressão

Gráficas Anduriña · Maio, 2017

Depósito Legal

425506/17



A cópia ilegal viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2017 | Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Todos os direitos reservados a Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.

Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida, no todo ou em parte, sob qualquer forma ou meio, seja eletrónico, mecânico, de fotocópia, de gravação ou outros sem autorização prévia por escrito do autor.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções específicas.

Para uma maior coerência ortográfica, e nos casos em que esta situação se verifique, converteram-se todos os textos transcritos à nova ortografia, independentemente de a edição original ser ou não anterior à adoção do novo Acordo Ortográfico.

CDU

74 Desenho. Design. Artes e ofícios aplicados

62 Engenharia. Tecnologia em geral

ISBN

978-989-723-239-8

Engebook – Catalogação da publicação

Família: Design

Subfamília: Design Industrial

AGRADECIMENTOS

O livro “Engenharia + Design: da ideia ao produto” é o resultado de parte da nossa experiência profissional e acadêmica. Somos todos docentes do ensino superior, que, coordenando e lecionando, ao longo destes anos, unidades curriculares e conteúdos de engenharia e de design de produto, adquirimos, inevitavelmente, a experiência que finalmente é plasmada neste livro. Contudo, é da mais elementar justiça evidenciar e reforçar que foram os nossos estudantes, que, de forma direta ou indireta, mais presente, menos presente, nos obrigaram a atualizar o conhecimento e a adquirir competências em diferentes domínios da engenharia e do design. Este livro é um tributo, muito sincero, há muito tempo desejado aos nossos estudantes.

Assim, o nosso primeiro e principal agradecimento é para os nossos estudantes. Sem eles, um livro com estas características seria uma impossibilidade, uma miragem, enfim, seria uma utopia. Um obrigado especial aos estudantes, de licenciatura, de mestrado, de doutoramento, ou de outros contextos, que contribuíram com imagens/gráficos/tabelas/esquemas dos seus projetos e que, facilmente, podem ser identificados ao longo do documento. Perdoem-nos aqueles a quem, em dado momento, não fomos além do 9!

Também aos colegas e amigos (aos índios do INDI) que cederam ilustrações/informações que muito enriqueceram os conteúdos do livro, tornaram-no graficamente mais apelativo, mais interessante, mais útil. É essa a nossa expectativa.

Os agradecimentos também são extensivos a todos aqueles que foram nossos professores. Sem saberem, foram cúmplices neste ambicioso projeto, que levou alguns anos a concluir, implicando ano após ano a atualização dos seus conteúdos e da informação. Se houver mérito, inequivocamente, a eles também se deve.

Às nossas instituições académicas, à Universidade de Aveiro, à Escola Superior de Artes e Design de Matosinhos e à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico de Viana do Castelo, que, implicitamente, deram os meios e a motivação necessária para desenhar e desenvolver o livro.

Aos designers Carlos Aguiar, Francisco Providência, Jeremy Aston, João Martins, José Luís Ferreira, Paulo Parra, Raul Cunca e Rui Pedro Freire pela cedência de imagens de alguns dos seus projetos. Ao amigo Marco Gomes, o “maior” especialista em engenharia inversa, pelas imagens de alguns dos seus projetos profissionais. Ao amigo Pedro Castro por toda a amizade e apoio que nos deu ao longo destes anos e na publicação do livro. A todas as empresas, em especial ao Cinfu, à IdeiaM, à Larus Design e à Norcam que, generosamente, nos permitiram usar imagens que nos parecem relevantes para o livro e que os autores dificilmente teriam só no âmbito da sua vida profissional/académica.

À amiga Raquel Salomé e ao amigo Rafael Coelho pela dedicação apaixonada na realização do projeto gráfico e, em especial, pela disponibilidade e paciência em irem ao encontro dos nossos “desejos gráficos”. À Ana Duque pela revisão do texto referente ao Design Industrial. À Mónica pela revisão mais científica do livro e pelas importantes “dicas”.

Ao Dino dos Santos que nos ofereceu a tipografia – Cultura New, certamente elemento distintivo do livro.

Finalmente, às nossas famílias pela sua infinita compreensão e firme apoio. Estiveram sempre presentes, sabiam que este era um projeto importante e uma obrigação nossa enquanto docentes do ensino superior, pois é importante que possamos contribuir com o nosso saber e experiência para melhor concretizar os objetivos nobres do processo de ensino-aprendizagem.

PREFÁCIO

O título escolhido e conteúdo do livro “Engenharia + Design: da ideia ao produto” revelam a preocupação dos autores em colocar a sua experiência de projeto mecânico, incluindo seleção de materiais e processos de fabrico, associada ao Design Industrial, ao serviço duma comunidade de estudantes das referidas áreas. De facto, embora a informação contida nesta publicação seja mais facilmente aproveitada por estudantes de Design Industrial, a sua abrangência permite concluir que a mesma será útil para todos os que estejam envolvidos no processo de desenvolvimento de produto. Daí que, começando por tratar as metodologias associadas ao desenvolvimento de produto, desde o conceito ao Design Industrial até à Engenharia de Produto, continua pela abordagem dos materiais e processos de fabrico que podem ajudar na seleção prévia dos mesmos. Segue-se a componente de CAD que antecede um conjunto de capítulos dedicados à aquisição de forma, seja por modelação inversa, prototipagem ou por fabricação rápida de peças em diferentes materiais.

Esta obra salienta o interesse da multidisciplinaridade das equipas de desenvolvimento de produto, visando a obtenção de produtos e processos com possibilidade de retorno económico e impacto social. Os autores, ao disponibilizarem-se a escrever este livro, contribuem para que as comunidades académicas e profissionais ligadas ao tema possam ser cada vez mais reconhecidas pela competência e importância do trabalho realizado.

António Torres Marques

Professor Catedrático

Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Quando, há perto de trinta anos, iniciei a minha vida profissional trabalhando com sistemas de CAD/CAM, modelando a três dimensões, ainda que com computadores e ferramentas fantásticas para a época, mas que são, hoje, facilmente, consideradas rudimentares, cedo percebi uma certa conflitualidade de interesses projetuais entre designers e engenheiros. A constatação das vontades, frequentemente discrepantes, levou-me a dar corpo a uma empresa que nasceu há 25 anos e cuja missão inicial era criar pontes entre o design e a engenharia. Estas duas disciplinas encontram-se agora apaziguadas no título e no conteúdo deste livro sobre o processo de desenvolvimento de produto. É também um elemento de desmistificação do problema.

O acesso fácil, rápido e mais completo às fontes de informação não invalida a necessidade de ter essa informação sistematizada, orientada e explicada segundo a visão de quem tem dedicado grande parte das suas vidas ao estudo destes temas, quer como docentes do ensino superior, quer como colaboradores com as muitas empresas em variados projetos de engenharia e de design de produto.

O livro, que os autores transformaram numa ferramenta da maior utilidade para aqueles que querem ter uma primeira abordagem sobre o tema, permitindo também uma visão integrada aos especialistas, com muitos motivos de interesse e de aprendizagem ao longo das suas páginas, representa a antítese da massificação da informação que, nos dias de hoje, torna fictícia a sua coordenação e interiorização mental.

O desenvolvimento de produto é uma atividade com enorme potencial para alterar as nossas vidas e a forma como interagimos com os objetos no dia a dia. Este livro ensina, sistematiza conceitos e esclarece dúvidas, para uma melhor compreensão da evolução dos horizontes e do futuro, a todos os estudantes e profissionais que, de alguma forma, tenham uma ligação com estes assuntos ou deles se queiram inteirar.

A publicação deste manual é uma oportuna iniciativa, não surpreendendo quem conhece os autores e a forma como desenvolvem os seus “produtos”, dando-lhes sempre o jubiloso colorido da criação.

Pedro Vieira de Castro

Diretor Geral

NORCAM - Engenharia e Design Lda.

ÍNDICE

RESUMO

INTRODUÇÃO

O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Generalidades sobre o processo	21
Design industrial	32
Engenharia do produto	43

MATERIAIS: CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES

Materiais metálicos	54
Materiais poliméricos	61
Materiais cerâmicos	66
Materiais compósitos	69
Madeira	70
Cortiça	73
Pedras naturais	75
Couro	75
Papel e cartão	76
Espumas	77
Outros materiais	77

PROCESSOS DE FABRICO

Materiais metálicos	83
Materiais poliméricos	104
Materiais compósitos	110
Materiais cerâmicos	113

DESENHO ASSISTIDO POR COMPUTADOR

Modelos digitais	123
Ferramentas de CAD	126
Formatos de dados	130

MODELAÇÃO POR PROCESSO INVERSO

Definições e conceitos	135
Processos de aquisição de forma	137
Características dos processos	139
Digitalização e geração do modelo 3D	140
Equipamentos	143

MODELOS E PROTÓTIPOS

Objetivos	150
Tipos de protótipos	153
Materiais e critérios de seleção	160
Características dos modelos digitais	161
Características dos modelos físicos	162
Planeamento de protótipos	163
Prototipagem rápida	164

TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM

Tecnologias tradicionais	169
Tecnologias diretas	171
Processos descontinuados	179
Novos desenvolvimentos e perspectivas atuais	181
Fabrico de protótipos por maquinagem CNC	182
Limitações dos sistemas de prototipagem	186
Regras para o fabrico de protótipos	187
Análise custo-benefício do processo	188
Vantagens e desvantagens das tecnologias	189

FABRICO RÁPIDO

Fabrico de peças plásticas	194
Fabrico de peças metálicas	194
Tecnologias aditivas	195
Fabrico rápido de ferramentas	197
Tecnologias de ferramentas diretas	199
Maquinagem a alta velocidade	200
Tecnologias de ferramentas indiretas	201

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TABELAS DE MATERIAIS

TABELAS DE PROCESSOS

GLOSSÁRIO

149

150

153

160

161

162

163

164

169

169

171

179

181

182

186

187

188

189

193

194

194

195

197

199

200

201

209

227

259

273

RESUMO

Neste livro, apresentam-se diversos conteúdos referentes ao processo de desenvolvimento de produto. No seu início, descrevem-se generalidades do processo e as suas múltiplas ferramentas, complementadas com assuntos relacionados com a atividade do projeto de engenharia e de design industrial, que, depois, são tratados em maior detalhe em cada um dos subtópicos. Os materiais são descritos numa lógica da sua relevância para o processo de seleção, tendo em consideração as suas características estéticas, estruturais e as suas aplicações mais comuns. Os processos de fabrico passíveis de transformar os materiais em produtos são detalhados com recurso a desenhos esquemáticos, visando, do ponto de vista imagético, a sua fácil leitura e compreensão. No desenho assistido por computador, identificam-se as diferentes formas e ferramentas de modelação, tipologias de software, ficheiros e formatos para a adequada intermutabilidade entre sistemas de trabalho virtual diferentes. A modelação por processo inverso (comumente designado por engenharia inversa) é parte integrante do livro por assumir-se, hoje, incontornavelmente, um meio extremamente importante para o desenvolvimento de determinadas geometrias de produto. Finalmente, o livro não poderia deixar de conter as temáticas dos desenhos, dos modelos, dos protótipos, das tecnologias de prototipagem e do fabrico rápido, pois são instrumentos do processo de transformação de ideias em produtos, em que as tecnologias de fabrico rápido e aditivo rasgam as fronteiras do processo convencional, e abrem outras e novas perspetivas de ideação de produtos personalizados.

INTRODUÇÃO

O domínio do projeto de novos produtos é, atualmente, confrontado com uma crescente complexidade no âmbito das funções e conhecimentos necessários ao desempenho da atividade, fruto das temáticas e dos interesses de teor social que vão proliferando nas sociedades contemporâneas, bem como dos avanços das novas tecnologias que emergem quer no domínio do produto, quer no domínio dos processos produtivos, dos materiais e acessórios disponíveis.

Os desafios atuais com que se deparam as equipas de projeto residem no conhecimento e domínio de um vasto conjunto de saberes teóricos e práticos cuja aplicação, nas atividades e campos de intervenção do domínio do projeto, são fundamentais no quadro das competências e exigências atuais da atividade de desenho de novos produtos, pondo à prova as capacidades, no âmbito dos processos de trabalho, cada vez mais exigentes e mais céleres na sua resposta, bem como dos meios possíveis e disponíveis para a materialização dos projetos de design de produtos. Fatores como o reconhecimento e domínio das diferentes fases inerentes ao processo de desenvolvimento do produto, ou de instrumentos de trabalho como o uso de desenhos, maquetes, modelos e protótipos, ou ainda o recurso aos meios computacionais para conceção, desenvolvimento, teste e apoio à produção, são faculdades que, aliadas ao conhecimento teórico e empírico no domínio do uso dos materiais, suas características, aplicações, processos de fabrico que lhes são associados, permitem às equipas de projeto obter argumentos para conseguir realizar soluções que possam contribuir para melhorar o quotidiano humano.

Nesse sentido, a vertente de execução aliada à componente concetual do projeto verificam-se como fatores determinantes na definição do caráter e do sucesso dos produtos. As novas tecnologias, que emergem a ritmos cada vez mais acelerados, assumem protagonismos de grande relevância nos processos de fabricação e, ao longo de todo o processo, conferindo uma nova realidade ao setor de produção. Processos como a modelação por processo inverso, a fabricação rápida (*rapid manufacturing*) e as diversas tecnologias de prototipagem, nomeadamente os processos aditivos, vieram despoletar uma nova realidade de execução, cujas repercussões afetam não só os processos e tempos de materialização dos produtos, mas também o trabalho realizado a montante e a jusante de forma a preparar e corresponder às exigências da contemporaneidade produtiva.

Percebe-se, assim, a pertinência de uma publicação orientada para o campo da conceção, desenvolvimento e execução do produto que seja uma resenha de um vasto leque de conhecimentos colocados ao dispor dos diversos intervenientes que contribuem de forma mais ou menos integrada na atividade de projeto do produto. Ao longo do livro, focalizam-se diversas competências, saberes e aptidões que determinam a amplitude do saber que as equipas de projeto têm que dominar para fazer face aos constrangimentos da contemporaneidade da produção de novos produtos.

O caráter pedagógico, sempre inerente a uma publicação deste âmbito, visa que o enquadramento da publicação sirva interesses académicos e profissionais recorrendo, para isso, a exemplos que contextualizam e ilustram os diversos temas de interesse teórico e prático a que, quer os profissionais, quer o meio académico, possam recorrer como instrumento de consulta para apoiar nas tomadas de decisão e definição dos projetos de novos produtos.

Muitos produtos desenvolvidos incorporam elementos estéticos e funcionais. Para o seu desenvolvimento é fundamental que outros profissionais, como engenheiros, possam colaborar com os designers para que os produtos possam ser simultaneamente funcionais e esteticamente apelativos e agradáveis.

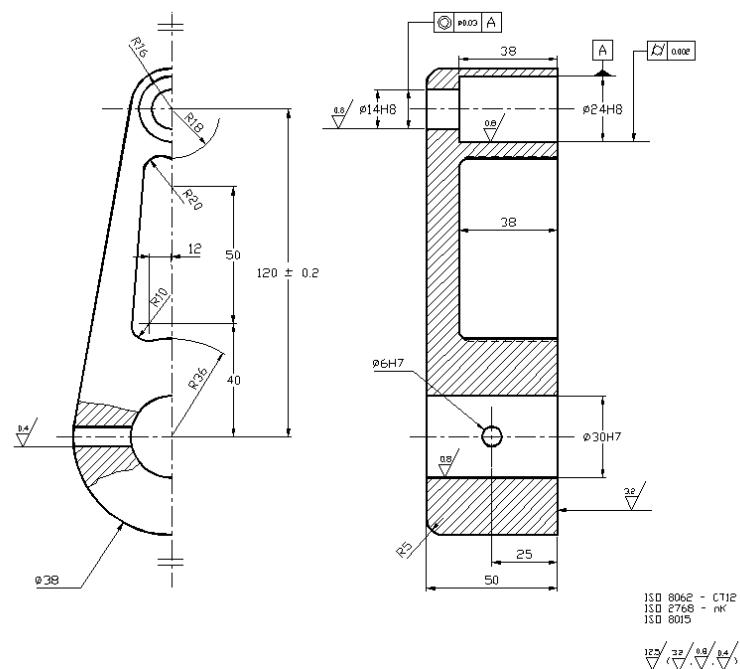


A pintura "Day-Dreams" de acrílico em canvas (2013) de Joana Rego é um exemplo de um meio de comunicação gráfica. Nesta pintura, também há uma mensagem escrita "We live our day-dreams of intimacy"

O design inclui o desenvolvimento de um processo de conceção de ideias e formas distintas para as comunicar. A imagem gráfica é, sem dúvida, o meio mais utilizado e mais eficaz para comunicar essas ideias. De acordo com alguns autores, o design pode ter um papel interventivo em áreas distintas como a da expressão pessoal ou do desenvolvimento de produto. O chamado design de expressão pessoal, ou artístico, pode ser do tipo realístico ou abstrato.

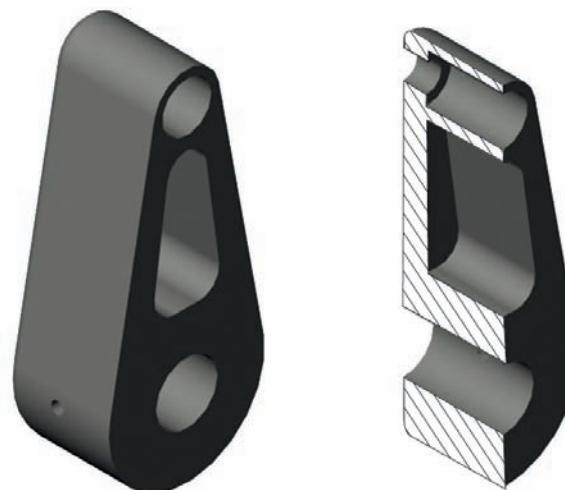
A comunicação gráfica artística é feita através de desenhos, ilustrações e pinturas para exprimir ideias relacionadas com, por exemplo, a estética, um conceito, um elemento de carácter científico, algo filosófico ou algo de abstrato. Neste tipo de comunicação, há preocupações com a plasticidade da organização da cor, da forma e da utilização de outros tipos de elementos que possam influenciar o sentido da apreciação. Quando o design tem como objetivo uma determinada utilidade funcional, pode dizer-se que estamos perante o que se denomina de design de produto ou design de processo.

A comunicação gráfica técnica tem por base desenhos para comunicar uma informação técnica. Neste tipo de desenho, que utiliza informação alfanumérica e imagens, não é possível qualquer interpretação ambígua da mesma, pois é uma forma de comunicação sujeita a regras bem definidas (através de normas). Essas regras permitem que um desenho técnico possa ser interpretado da mesma forma por qualquer pessoa em qualquer parte do mundo (a interpretação deve ser feita, de igual modo, por exemplo, entre um japonês, um australiano ou um português). Quem não conhecer as regras do desenho técnico, não perceberá o mesmo. Contudo, a mesma peça pode ser apresentada de forma mais "artística" através de um desenho tridimensional realizado com ou sem auxílio de computador.



O desenho técnico é um meio de comunicação gráfica composto por símbolos que permite a fácil identificação da informação para o fabrico da peça. Este, contém informação de carácter dimensional (dimensões, com e sem tolerância), geometral (relacionado com as geometrias da peça) e de estados de superfície (indicação das rugosidades)

Modelo tridimensional da peça representada em projeções ortográficas (em cima). Este tipo de modelo permite mais fácil e rapidamente identificar a peça representada no espaço bidimensional





Protótipo alfa de um painel solar. Estes protótipos são construídos com os mesmos materiais e geometrias finais, mas não, necessariamente, com os processos de fabrico e montagem definidos no projeto. Estes protótipos permitem ter uma perceção real do funcionamento do produto (Raquel Salomé, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

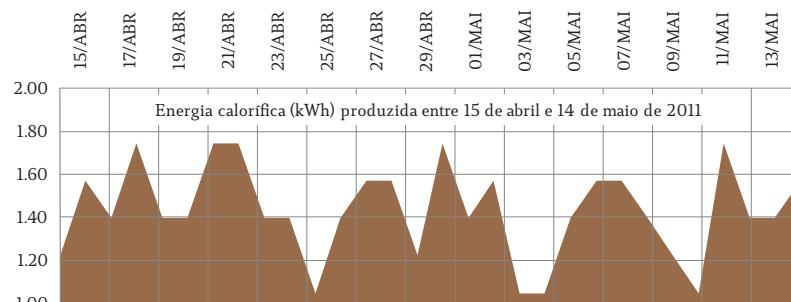


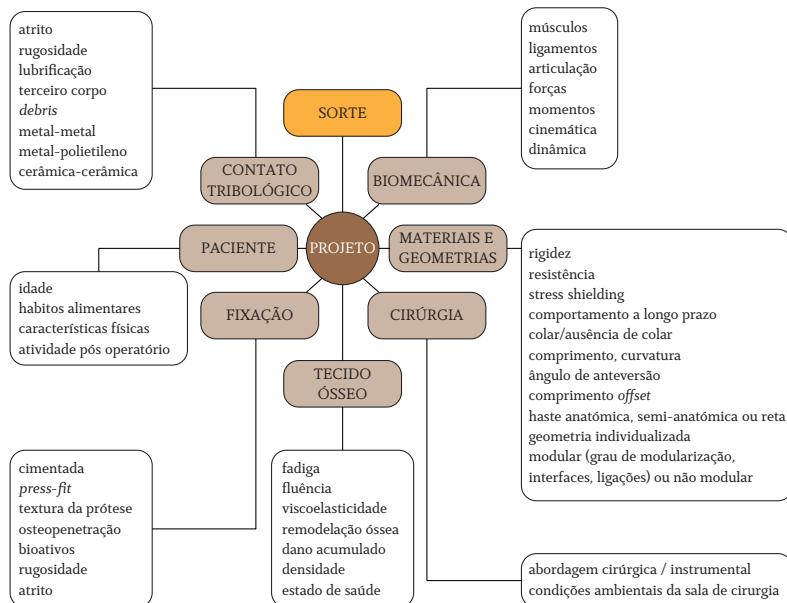
Gráfico da energia calorífica fornecida versus dia/mês do protótipo acima descrito (Raquel Salomé, Tese de Doutoramento, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)



Protótipo beta do amplificador Vexel Kappa-60. Este tipo de protótipos é fabricado com os processos de fabrico finais, mas os seus componentes não são, necessariamente, ligados como especificado para a montagem. Estes protótipos são ensaiados antes do fabrico e montagem final (David Marques, Dissertação de Mestrado em Design, Escola Superior de Artes e Design)



Protótipo beta de equipamento de recolha de vegetação florestal



A figura ilustra, a título de exemplo, alguns fatores a considerar no desenvolvimento de uma prótese de anca. Pelas inúmeras variáveis, o projeto de próteses articulares é extremamente complexo

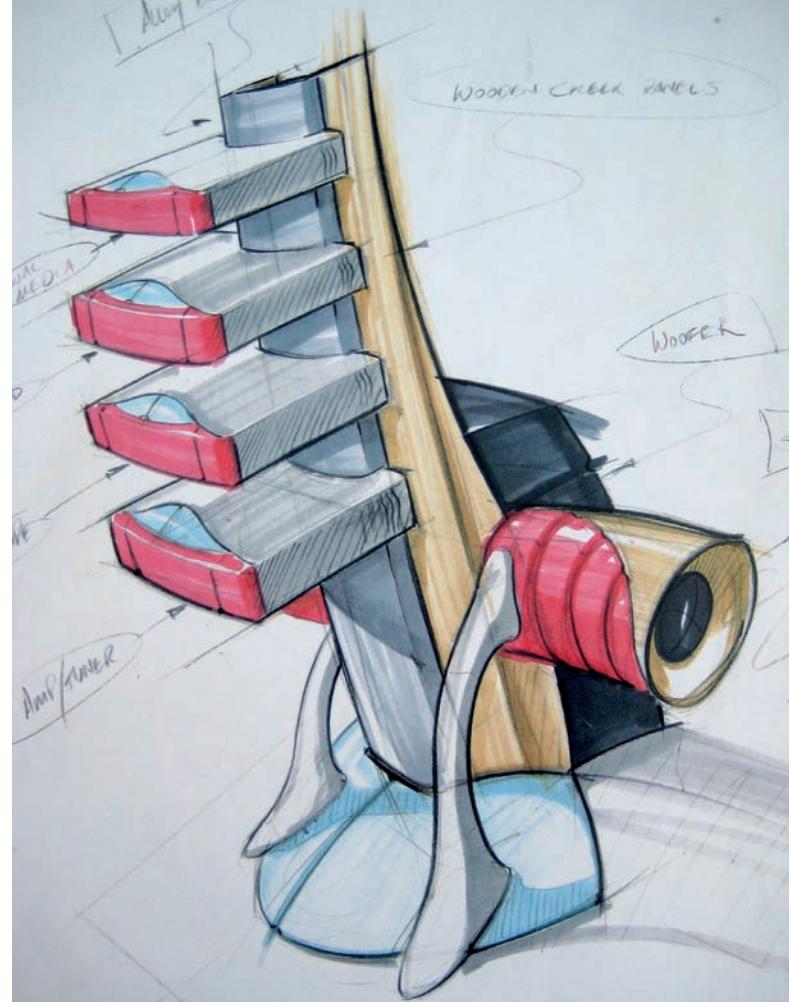
Concetualização

A partir do momento em que as necessidades dos consumidores e as possíveis restrições projetuais estão definidas, cabem aos designers a concetualização do produto. Durante a fase de geração de conceitos, os engenheiros focalizam a sua atenção em encontrar soluções técnicas e/ou outras para as propostas. Os designers trabalham as formas e os interfaces do produto. Nesta fase podem-se realizar sessões de criatividade para a geração de ideias.

34

A organização do processo criativo e de análise visa materializar os objetivos definidos para o projeto/produto. Diversas ferramentas podem ser usadas como a conceção de painéis de tendências/referências (*mood board*), esquemas de criatividade (mapas mentais, ...), esboços (*quick design*), etc. Estes elementos, juntamente com os desenhos técnicos, modelos computacionais e outras representações gráficas devem estar todos interligados ao design e também aos processos de produção. Os conceitos e as ideias são apresentadas nesta fase e gravadas sob diversas formas, nomeadamente, em esboços e/ou através de modelos de síntese em computador. Esta fase, assume-se como uma etapa importante porque é nela que os designers definem os elementos visíveis do produto, os primeiros a serem percebidos pelo consumidor.

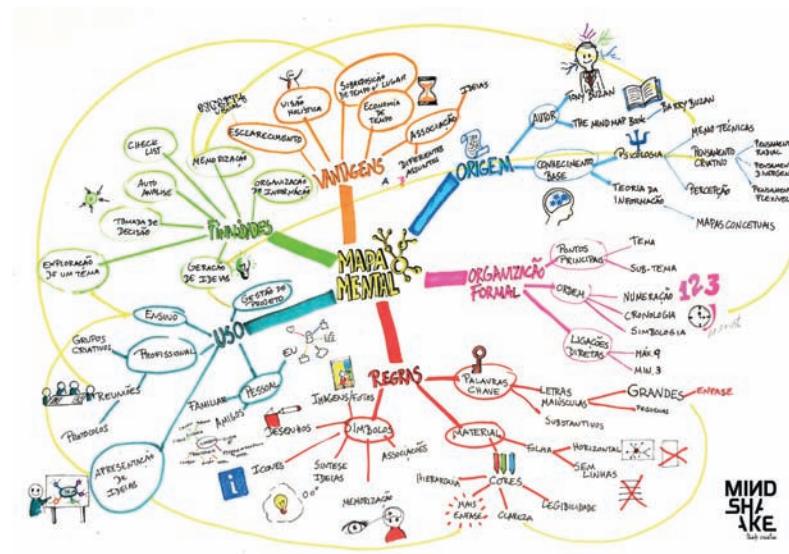
Exemplo de sessão de criatividade para o desenvolvimento de produto



Esquisso de conceito de equipamento modular de som (Jeremy Aston)

Após a identificação do problema, desenvolvem-se as primeiras ideias. Esta, é uma das primeiras de *brainstorming* onde se identificam possíveis soluções e se fazem os primeiros esboços e, se necessário, podem fazer-se alguns modelos computacionais, mas sem qualquer tipo de rigor de detalhe geométrico ou dimensional. De facto, é nesta fase que são feitos esboços dos conceitos, que são formas de expressão de ideias para avaliar alternativas. Após a apresentação e discussão das ideias, estas são avaliadas tendo por base critérios previamente definidos no momento de análise do problema, da definição dos objetivos e de possíveis limitações (tecnológicas, financeiras, etc.). Nesta fase, podem ser feitos modelos em materiais pouco rígidos, ou mesmo utilizando modelos de computador para os fabricar. Estes modelos podem ser utilizados para criar imagens virtuais ou para o seu fabrico através da prototipagem rápida, ou outras.

"Mapa Mental explicativo, Mindshake 2016"



A adequação dos diferentes recursos deve visar a satisfação das necessidades dos consumidores. Alguns dos recursos referem-se ao custo do design industrial e de outras áreas do desenvolvimento do produto. Um produto pobremente desenvolvido, com características desnecessárias, ou produzido com materiais exóticos afetarão, por exemplo, as ferramentas de fabrico e os processos de montagem. Assim, é legítimo questionar se os investimentos (o custo) foram adequadamente aplicados. De facto, é importante saber até que ponto os recursos usados satisfazem os requisitos dos consumidores, se a seleção de materiais foi ou não adequada relativamente aos custos e à qualidade. Naturalmente que as questões ambientais e ecológicas são fatores importantes nesta categoria. Estes últimos, são aspetos relevantes a considerar pela equipa de projeto.

Fatores estético-formais

Os requisitos estéticos dependem da estratégia considerada e das características do produto. Os produtos com mercados e tecnologias estáveis dependem do design industrial para criar apelos estéticos e, conseqüentemente, diferenciação visual. Outro tipo de produtos não depende tanto do design industrial, como por exemplo o disco interno de um computador. Trata-se, portanto, de um produto diferenciado pela sua tecnologia e desempenho. As considerações de ordem estético-formal estão frequentemente associadas à identidade da empresa, à imagem, à moda. A percepção de um consumidor sobre um produto depende, em parte, dos apelos estéticos. Assim, um produto atrativo pode ser associado a uma determinada imagem e/ou moda e poderá induzir a sensação de orgulho entre os seus utilizadores. Quando estas características são importantes para o produto, o design industrial tem um papel decisivo para que esse alcance o desejado sucesso. O iPhone é um produto bem ilustrativo da importância do design para o sucesso comercial.

Outra questão consiste em saber se um produto, meramente estético, pode ser suficiente para motivar a equipa de projeto. Este tipo de produto pode gerar sentimentos de orgulho entre os designers e o fabricante e pode ser fortemente motivador para aglutinar todos os membros da equipa em torno de um objetivo comum. O conceito do design industrial pode, numa fase inicial do projeto, dar uma visão sobre como será o produto e por esta via motivá-los. Nem sempre é suficiente o objetivo estético.

Fatores ergonómicos

A ergonomia é uma ferramenta de design quando o produto envolve o interface homem-objeto. Para o estudo de uma cadeira para músicos de instrumentos de corda (violino, viola de arco, contrabaixo, harpa, viola, guitarra) é necessário uma abordagem projetual que inclua uma análise de ergonomia. O desenvolvimento de produtos mais ergonómicos permite à empresa diferenciar-se da concorrência, pois os produtos por ela produzidos poderão responder melhor às expectativas do utilizador. Na verdade, a decisão de compra é estabelecida segundo critérios de preço, qualidade e atributos estéticos do produto, mas também baseada na análise comparativa relativamente à facilidade de utilização/interação.

A consideração de fatores ergonómicos no processo de desenvolvimento tem por objetivo aumentar a qualidade dos produtos através da sua adequação às características físicas e mentais do utilizador. Assim, a ergonomia é importante quando



Estudo de uma cadeira para músicos de instrumentos de corda (cortesia de Gearoid Ó Conchubhair, Tese de Doutoramento, National College of Art and Design, Irlanda); Interface de comando de veículo concebido e projetado em função do condutor; Modelo digital de carro maca em que as condições antropométricas e ergonómicas assumem necessária importância no projeto (INDI - Escola Superior de Artes e Design)

o produto está de alguma forma física ou visualmente associado ao seu utilizador. É importante saber se o produto é de fácil utilização e manutenção, quantas interações são necessárias para acionar as suas funções, que inovações apresenta em função das necessidades do utilizador e se são seguras essas mesmas funções.

A facilidade de utilização de um produto é uma característica importantíssima para a aceitação generalizada do mesmo, e, normalmente, traduz-se num produto de aceitação universal. Alguns produtos têm que ser de utilização evidente, como por exemplo um extintor de chama, pois este poderá ter que ser utilizado por qualquer pessoa que agirá por instinto. Para este tipo de produto não são recomendados demasiados elementos de interação e os que fizerem parte do mesmo devem ser de utilização evidente.

Interface (física e digital) de comando e comunicação de uma máquina de lavar





Exemplo de um painel de comunicação de conceito

(Concurso internacional - User First Design - Creating a New Age, LG Electronics, Coreia do Sul, 1999; cortesia de Designatpt)

Certos produtos necessitam de manutenção periódica e devem ser de fácil reparação e, neste sentido, devem ter características específicas. A impressora é um bom exemplo, pois deve facilitar a retirada do papel que esteja a obstruir o seu funcionamento. Todavia, serão desejáveis produtos com a eliminação total de qualquer tipo de reparação/manutenção.

Um produto que implique muitas ou complexas formas de interações com o utilizador, mais dependerá da intervenção do design industrial. O nível de intervenção em produtos em que a ergonomia é uma variável importante de projeto pode ser diferente. Por exemplo, as considerações de ergonomia no design de um puxador são certamente diferentes das de um computador portátil ou de um habitáculo de um veículo. A perceção de novas formas de interagir com o utilizador é também uma área importante da ergonomia para o design industrial.

ECOCAR (2005) – Veículo elétrico para mobilidade sustentável assente num design versátil e ecológico. Neste, são considerados materiais como alumínio, policarbonato e elastómeros. Esta tipologia de produto implica uma abordagem projetual mais abrangente, em que os papéis dos designers e dos engenheiros são relevantes para atingir objetivos definidos (Paulo Parra Design Copyright)



Todos os produtos, com maior ou menor grau, devem apresentar características de segurança. O desenvolvimento deste tipo de produtos poderá implicar alterações significativas e assume-se como um desafio para a equipa de projeto. Por exemplo, as considerações de segurança no desenvolvimento de brinquedos para criança são de maior complexidade projetual do que outros produtos utilizados por adultos. A área biomédica é, por excelência, a área de design onde as preocupações de segurança são importantes e uma necessidade constante.

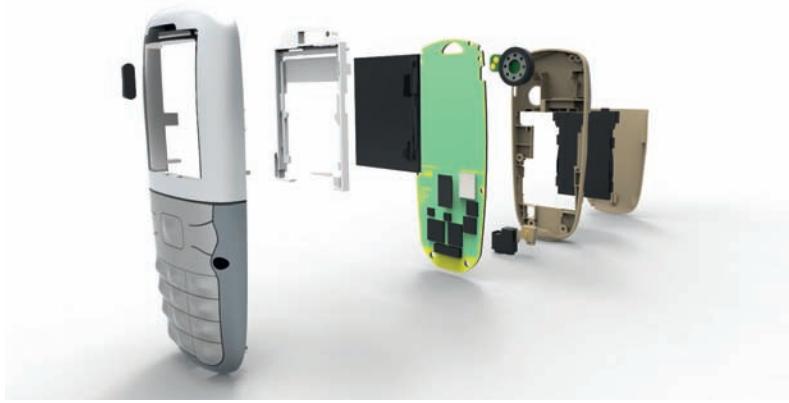
Diferenciação do produto

A diferenciação do produto pode ser conseguida de muitas formas, mas a singularidade e consistência com a identidade corporativa são decisivas nesta categoria de análise. A diferenciação depende, predominantemente, do aspeto do produto. O produto é capaz de atrair o consumidor pela sua aparência? Será que o produto tem a capacidade de ficar na memória do potencial consumidor através da publicidade? Será que é facilmente reconhecido? Será que o produto promove a identidade da empresa? São questões pertinentes nesta categoria e a forma de comunicar o produto torna-se importante para o seu sucesso comercial. As categorias atrás referidas são extremamente importantes para o consumidor e o produto pode ter um papel decisivo no sucesso comercial imediato.

Rádio e leitor de "compact disc". Este produto, pelo seu formalismo e materiais (metálicos) permite associá-lo a um produto tecnológico robusto e durável.

(Jeremy Aston; produzido por Grundig International)





Exemplo de uma perspectiva explodida de um produto projetado para facilitar a montagem

O DFM permite descrever o processo de concepção do produto de modo a facilitar o seu fabrico e reduzir custos. Assim, os conceitos principais do DFM são: projete o produto de modo a que ele seja fácil de fabricar; o design do produto não é apenas baseado numa boa ideia, a sua produção deve ser viável; o design do componente pode ter um enorme efeito sobre o seu custo de produção. No DFM recorre-se a informações de diversa ordem, incluindo:

- Esquissos, desenhos técnicos, especificações e propostas alternativas;
- Conhecimento detalhado dos processos de produção e de montagem;
- Estimativas de custos, volumes de produção e tempo de lançamento.

Deste modo, o DFM implica a contribuição da maior parte dos membros da equipa de projeto, bem como de especialistas externos à equipa. Neste âmbito, a experiência dos engenheiros, designadamente os de produção, de orçamentistas e designers é fundamental. Algumas empresas utilizam workshops estruturados para facilitar a integração e partilha das necessidades para o DFM. Existem diversas formas de DFM, e os seus objetivos, de acordo com Ulrich e Eppinger devem focar em:

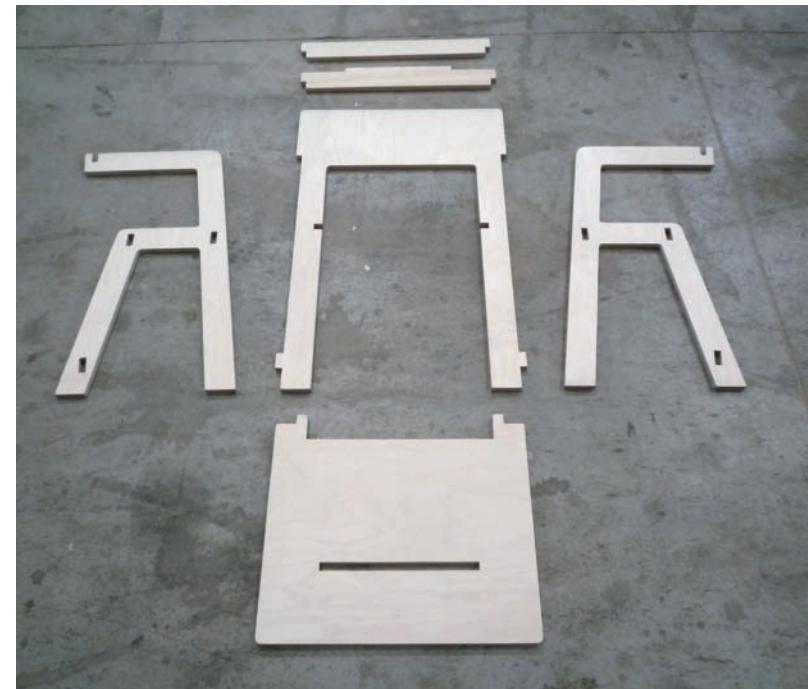
- Estimar os custos de produção;
- Reduzir os custos dos componentes;
- Reduzir os custos de montagem;
- Reduzir os custos de produção;
- Considerar o impacto das decisões do DFM sobre outros fatores.

De acordo com os aspetos apresentados, a metodologia é iniciada com a estimativa dos custos de produção do design proposto. Esta estimativa ajuda a equipa a avaliar diversos aspetos do projeto, como, por exemplo, os componentes ou formas de montagem mais ou menos onerosas. Assim, a equipa de projeto direciona os seus esforços para as áreas mais apropriadas nas fases subsequentes. O processo é iterativo e é necessário reestimar os custos de produção para melhorar a proposta até ao nível desejado. A determinada altura o processo é concluído e todas as modificações são consideradas alterações de engenharia formais, ou farão parte da próxima geração do produto.

Design para montagem

O design para a montagem (DFA - *design for assembly*) tem como objetivo reduzir os custos de montagem, que, para determinadas tipologias de produto, pode ser elevado. O desenvolvimento de um produto baseado neste propósito implica o fabrico de componentes de melhor qualidade e fiabilidade e a redução de equipamento de fabrico e inventário.

No âmbito do modelo DFA, há a necessidade de avaliar os componentes do produto como um todo para evitar problemas de montagem. O DFA pode ser definido como um processo que permite melhorar o design de um produto para facilitar a sua montagem a baixo custo, focando-se fortemente nas características de funcionalidade e de montagem em simultâneo.



O conjunto *Do It* é constituído por uma cadeira e uma mesa, em contraplacado de bétula, para o espaço doméstico, projetados segundo o conceito de “faça você mesmo”, potenciando uma prática sustentável no design. A montagem dos objetos é feita pelo utilizador e não são usadas ferragens nem cola, possibilitando construir o conjunto apenas com o recurso aos seus próprios elementos. É um produto de design pensado para a montagem (DFA)

(Raul Cunca; Cunca Concept Design)

Por princípio, durante o projeto de um sistema com várias peças, deve-se considerar que as operações de montagem são relativamente dispendiosas. Deste modo, os princípios do DFA recomendam: projete o produto com o menor número possível de peças; projete as peças remanescentes de forma que possam ser facilmente montadas; o custo de montagem deve ser determinado na fase de projeto, porque, depois, pouco pode ser feito para reduzir o mesmo.

Para conceber um produto segundo o modelo DFA existem alguns princípios cuja aplicabilidade deve ser avaliada desde o início da concepção do produto, pois estes poderão influenciar as suas características finais. Estes princípios nem sempre são aplicáveis, uma vez que dependem do tipo de produto, mas são idênticos aos da engenharia simultânea. Segundo o modelo DFA, deve considerar-se, por exemplo, a utilização de componentes normalizados, eliminar elementos de fixação como parafusos e porcas, maximizar a simetria dos componentes, etc.



Os materiais na engenharia, no design e na arquitetura assumem relevância especial (neste exemplo, pode observar-se materiais como o plástico, o vidro, o mármore e a madeira lacada)

MATERIAIS METÁLICOS

Os materiais metálicos (entre muitos outros, alumínio, cobre, ferro, prata, titânio e zinco) podem ser usados no fabrico de peças e equipamentos para diferentes aplicações e funções. Contudo, estes materiais não são aplicados no seu estado puro (como aparecem na tabela periódica), pelo que apresentam-se sob a forma de ligas metálicas. Nalguns casos, o ouro pode ser usado na sua forma pura para o fabrico de peças de ouriversaria. Os metais apresentam propriedades químicas, físicas, térmicas, elétricas e mecânicas bastante diversificadas e através das suas cores e brilhos permitem a sua rápida identificação e catalogação em grupos.

Os metais podem ser ligados com outros elementos, dando origem a uma liga metálica. As ligas metálicas podem ser classificadas segundo dois grandes grupos: ligas metálicas ferrosas e ligas metálicas não ferrosas. Os ferros fundidos e os aços são exemplos de ligas ferrosas. Entre as ligas não ferrosas pode referir-se o latão (cobre e zinco), o bronze (cobre e estanho) e o duralumínio (alumínio e cobre) entre muitas outras disponíveis comercialmente.

54

Materiais ferrosos

Ferros fundidos

O ferro fundido é uma liga essencialmente ternária constituída por ferro-carbono-silício, em que a percentagem do teor de carbono varia entre 2 e cerca de 7%. As percentagens de carbono podem ser superiores nalguns ferros. O ferro fundido é um material versátil e de aplicação generalizada, pois permite obter ligas com estrutura que pode variar entre o dúctil ao frágil, dependendo da sua aplicação.

O ferro fundido cinzento, ferro fundido nodular (ou esferoidal), ferro fundido maleável e ferro fundido branco pertencem ao grupo dos ferrosos. A fundição é o único processo que permite obter produtos neste tipo de ligas metálicas.

Peças em ferro fundido. Este processo permite obter peças fundidas com texturas (algumas aplicações: carcaças de máquinas, mobiliário urbano, engrenagens, válvulas, ferramentas e laminadores)



A ponte Lufs I (ou Luiz I) sobre o rio Douro que liga o Porto a Vila Nova de Gaia é um excelente exemplo de uma estrutura metálica de ferro

Ferro fundido cinzento

É o material metálico de menor custo. O carbono existente na liga permite elevada fluidez e a obtenção de peças de formas complexas. O fabrico de estruturas de máquinas e de blocos de motores são algumas das aplicações mais comuns deste material que, devido à sua microestrutura composta por lamelas de grafite dispersas (ferro fundido de grafite lamelar), permite diminuir as vibrações a que estes componentes estão sujeitos.

A salamandra Remade é o exemplo de um equipamento onde diversos materiais se conjugam (ferro, aço, vidro e madeira). Tendo como princípio a cultura do eco-design e do desenvolvimento sustentável, a salamandra é obtida em 70% a partir da reutilização de sucata de ferro fundido. Contém um deflector de fumos em aço inox e um discreto sistema de limpeza de vidro. A câmara de combustão é revestida a painéis de vermiculite expandida para aumentar a sua eficiência energética. A pintura em cinza antracite ou preto é resistente a altas temperaturas (Providência Design; produzido por Fundação Alba)

Linha +. Bebedouro com estrutura principal feita em ferro fundido. Como conceito construtivo, o elemento estrutural comum, evocativo de um universo concetual preciso, suporta cada desempenho funcional. Neutra, humilde e discreta, como objetos que não contaminam o espaço (Red Dot Design Award 2011, Design João Nunes; produzido por Larus Design)





Coluna 17º é um equipamento feito numa estrutura em aço. A inclinação reúne a coluna vertical e o braço de projeção horizontal. A linguagem lacónica inspira uma vida reduzida ao essencial, à existência em liberdade. Coluna fabricada em aço galvanizado ou metalizado e pintado (Red Dot Design Award 2008, Design Francisco Providência; produzido por Larus Design)

Os aços inoxidáveis ferríticos apresentam baixa percentagem de carbono, inferior a 0.2%, e uma percentagem de crómio entre 16 e 20%. Os aços martensíticos apresentam até 1.2% de carbono e 12 a 18% de crómio. Por sua vez, os aços inoxidáveis austeníticos apresentam composições mais complexas, com crómio (16 a 26%), carbono e níquel (8 a 24%).

Existem ainda outras variantes de aços inoxidáveis de menor aplicabilidade. Des-tes aços, é de salientar os aços inoxidáveis precipitados com diferentes tipos de estrutura. Existem ainda os aços inoxidáveis Duplex com diferentes composições, com crómio, molibdénio, vanádio, alumínio e titânio, que promovem a formação de ferrite, e elementos como níquel, cobalto, magnésio e cobre, entre outros, que promovem a formação de austenite. São fracos condutores térmicos e elétricos relativamente aos aços ao carbono, apresentando coeficientes de expansão térmica muito superior, especialmente, os que possuem estrutura austenítica.



Peças em ligas de cobre. Normalmente, como se ilustra na figura, as peças em cobre apresentam tipologias características, embora possam ser usadas em aplicações arquitetónicas como material de revestimento (algumas aplicações: painéis, chaleiras, fio de cobre, tubagens, torneiras, objetos de ornamentação e decoração e instrumentos musicais)

Materiais não ferrosos

Ligas de cobre

O cobre era bastante utilizado pelas civilizações ancestrais como a Egípcia e a sua descoberta remonta a tempos pré-históricos. O cobre é, ainda hoje, um dos metais mais importantes industrialmente, aparecendo na natureza na sua forma metálica. O cobre é utilizado em várias formas, na pura, em liga de cobre e zinco (latão), em liga de cobre e estanho (bronze), em liga de cobre e níquel e em liga de cobre e berílio. O cobre é juntamente com a prata adicionado ao ouro para o endurecer e o tornar mais facilmente trabalhável. Estas ligas são fáceis de transformar e apresentam excelentes propriedades condutoras, excelente conformabilidade e maquinabilidade associadas a uma excelente resistência à corrosão. As ligas de cuproníquel possuem um teor máximo de níquel de 30% por motivos técnicos e económicos.

Níquel

O níquel em estado puro é um material dúctil, com boa resistência à corrosão, semelhante à prata na cor e apresenta elevado ponto de fusão (1450 °C). Aparece normalmente em ligas associado a outros elementos, tem propriedades mecânicas semelhantes às do aço e é facilmente deformável por estampagem, forjamento ou laminagem. A sua ligação com o cobre permite o fabrico de moedas por cunhagem.

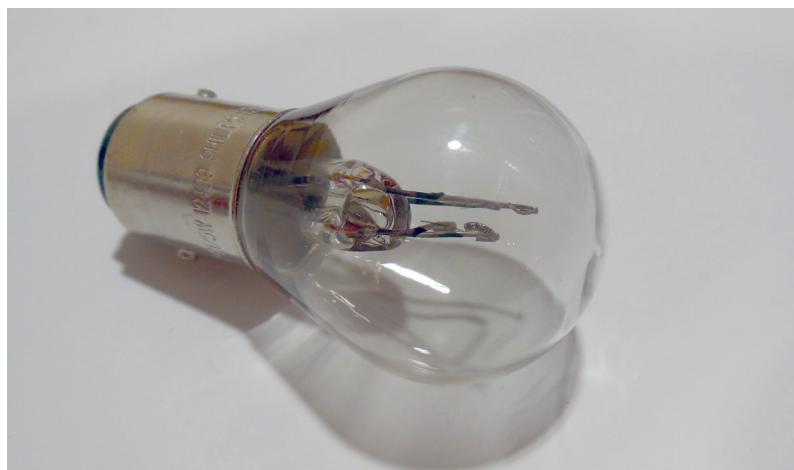
Super ligas de níquel

As super ligas de níquel são ligas especiais, tendo como base o níquel adicionado com cobalto ou ferro, o que permite obter excelentes propriedades de resistência mecânica e de corrosão a elevadas temperaturas. Estas ligas suportam temperaturas de trabalho até 1200 °C, necessárias em aplicações aeronáuticas. Estas ligas, dependendo da sua composição, apresentam uma vasta gama de propriedades, mas são de custo elevado. São ligas difíceis de trabalhar à temperatura ambiente, pelo que normalmente os componentes são produzidos por compressão e acabados por maquinagem. Existem diversas ligas de níquel com várias designações – *Monel, Inconel, Incoloy, Nimonic, Hastelloy, etc.*



Corpo de máquina fotográfica em liga de magnésio

Algumas lâmpadas podem conter filamentos em tungsténio



Magnésio

O magnésio é um material difícil de distinguir do alumínio devido à semelhança de cor. Apresenta menor densidade, baixa dureza e é de fácil maquinagem. As ligas de magnésio podem ser divididas em dois grupos: as vazadas e as laminadas. As ligas vazadas são aplicadas em peças de geometria complexa e, regra geral, em peças sem necessidade de resistir a esforços. As ligas laminadas são aplicadas na obtenção de painéis e peças de pequena espessura. O magnésio apresenta baixa densidade (1.73 kg/m³) e elevado coeficiente de expansão térmica.

Materiais refratários

Este grupo de materiais caracteriza-se pela resistência à temperatura, possuindo temperaturas de fusão superiores a 1650 °C. Contudo, não inclui, entre outros, os materiais preciosos como a platina. Alguns dos materiais deste grupo são apenas usados na formação de ligas.

Tungsténio

O tungsténio no seu estado puro é o material com mais elevado ponto de fusão, em torno de 3410 °C, o que cria dificuldades quando se tem a necessidade de trabalhar este material. A temperatura máxima de serviço é da ordem de 1400°C e apresenta excelente resistência à fadiga e ao desgaste. As peças em tungsténio são geralmente obtidas por sinterização de pós. Este material pode ainda ser comercializado sob a forma de fios ou placas, podendo a espessura do fio ser da ordem de 5 µm. É um dos materiais mais densos e com mais elevado módulo de elasticidade.

Tântalo

O tântalo é um material de elevada densidade, dúctil e tem elevado ponto de fusão (3000 °C). Este material é resistente à corrosão por ácidos e, praticamente, imune aos ácidos à temperatura ambiente. É bom condutor e como material dielétrico é bastante utilizado em componentes eletrónicos. É também biocompatível, mas não é utilizado no fabrico de próteses ósseas. Pode ser usado como marcador para avaliar o deslocamento de uma prótese dentro do corpo humano.

Molibdénio

O molibdénio é um material muito duro, sendo, por isso, aplicado em ligas metálicas para aumentar a sua dureza. Apresenta elevado ponto de fusão (cerca de 2600 °C), é resistente à corrosão, permite boa condutividade térmica e elétrica e é de elevada densidade, na ordem de 10.2 kg/m³.

Zircónia

A zircónia é um material aplicado em equipamentos/peças sujeitos a elevadas temperaturas, especialmente na indústria nuclear no arrefecimento de reatores e em processos químicos que se desenvolvem em arrefecedores e misturadores. É, geralmente, comercializado sob a forma de barras, lingotes, tubos, etc. É um material dúctil, podendo ser maquinado, deformado ou soldado, tem baixo módulo de elasticidade e coeficiente de expansão térmica. Apresenta elevada resistência à corrosão a elevadas temperaturas.

Nióbio

O nióbio apresenta propriedades idênticas ao tântalo e tem grande ductilidade. É aplicado como ligante em aços e ligas de níquel e cobalto. As aplicações comuns são na área nuclear e aeroespacial. Apresenta excelente resistência à corrosão, baixa densidade e tem custo inferior ao tântalo.

MATERIAIS POLIMÉRICOS

Estes materiais são, habitualmente, designados por plásticos, designação essa que advém do facto de a sua forma ser facilmente modificada com pouco calor. Plástico significa que ocorre uma mudança permanente quando um material é submetido a uma determinada tensão. A designação de “polímero” deriva do grego (*polys* = muitos; *meros* = partes). São elementos de peso molecular acima de 1000 e, por isso, também são chamados de macromoléculas. Apesar dos estudos destes materiais se terem iniciado há relativamente pouco tempo, os polímeros sintéticos registaram um desenvolvimento técnico e científico exponencial, bem patente pelas suas variadas aplicações. Os polímeros permitem a obtenção de produtos simples e de uso quotidiano como sacos de plástico, garrafas, baldes ou cadeiras e produtos mais complexos como componentes para automóveis, blindagens de telemóveis, computadores ou na biomedicina. Pode ainda utilizar-se estes materiais em aplicações muito específicas na área médica no fabrico de válvulas cardíacas e componentes (acetabular e tibial) de próteses ósseas.

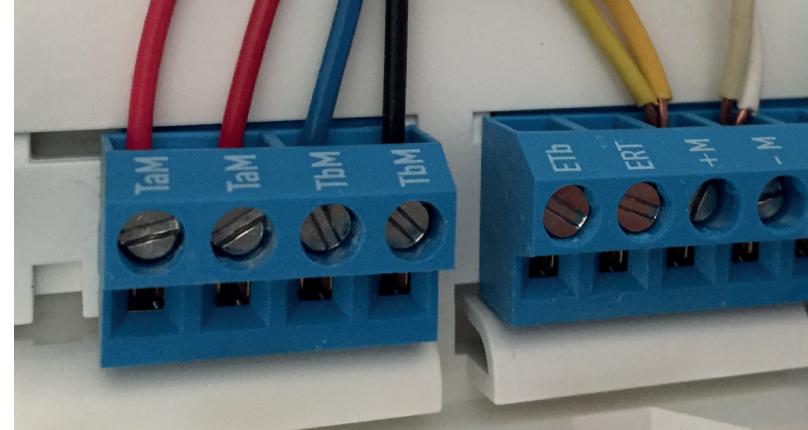
A utilização de materiais poliméricos no fabrico de peças caracteriza-se pela:

- Possibilidade de obter um produto final sem a necessidade de realizar operações de acabamento posteriores;
- Elevada relação resistência/peso;
- Relativa facilidade de processamento e produção industrial;
- Possibilidade de diversificação de cores e texturas;
- Boa resistência química;
- Baixa temperatura de serviço e baixa condutibilidade térmica e elétrica;
- Elevada contração dos materiais.



As imagens ilustram objetos em plástico. A aplicabilidade deste material permite obter objetos de geometria orgânica e em todo o tipo de cores. É possível imitar qualquer tipo de produto de outro material, incluindo produtos naturais (fruta, flores, vegetais, etc.)

Os polímeros podem ser divididos em: plásticos; elastómeros; adesivos; revestimentos; fibras e polímeros naturais. Por sua vez, os plásticos são divididos em dois grupos: os termoplásticos e os termoendurecíveis (termofixos). Os termoplásticos representam cerca de 80% da totalidade das aplicações. Destes apenas quatro representam cerca de 75% das aplicações (PS, PVC, PP e PE), sendo os restantes divididos entre polímeros de engenharia e outros. Neste capítulo só são referidos os polímeros de base ou famílias, pois existem mais de 15000 polímeros com diferentes composições, reforços, aditivos e pigmentos variados.



As áreas das cablagens e eletricidade são de grande consumo de plástico

Termoplásticos

São os materiais mais abundantes no mercado e caracterizam-se pelo aumento da sua maleabilidade quando sujeitos à ação de calor. Estes polímeros podem ser facilmente deformados e novamente solidificados, assumindo novas formas, sendo, por isso, facilmente, recicláveis. As suas características são:

- Amaciam com o aumento de temperatura e endurecem com a diminuição de temperatura (processos reversíveis);
- Reutilizáveis;
- Maioria dos polímeros lineares formados por adição com alguma ramificação;
- Habitualmente não possuem ligações cruzadas;
- Em geral, são menos rígidos, menos resistentes e mais dúcteis;
- De grande aplicação industrial.

Polietileno

O polietileno (PE) é um termoplástico inerte e resistente à água potável ou salgada, sendo, por isso, utilizado na produção de embalagens para diversos produtos domésticos. É um material económico e de fácil moldagem, permitindo um leque alargado de cores, podendo também ser transparente ou translúcido, mas é de difícil pintura. A temperatura máxima de serviço é de 110 °C. O polietileno, para além de ser utilizado na obtenção de peças, pode ser disponibilizado no mercado sob a forma de fibras, filme, placa, varão ou espuma estrutural.

No mercado, existem vários tipos de polietileno, designadamente, de baixa densidade (LDPE) e de elevada densidade (HDPE). Existem ainda polietilenos de média e de ultraelevada densidade (UHMWPE). Este último é processado através de métodos como a moldação por compressão e por transferência de massa. O que distingue o polietileno dos restantes polímeros é a sua resistência química e flexibilidade. O UHMWPE é, por exemplo, utilizado no fabrico do componente acetabular para as próteses de anca ou para o prato tibial das próteses do joelho.

O polietileno é um plástico de grande aplicabilidade no desenvolvimento de produtos. O de ultra elevada densidade é utilizado para fabricar próteses articulares (na figura da direita mostra-se um componente acetabular de polietileno a articular com uma cabeça femoral cerâmica)





Publindústria, Edições Técnicas
Porto, 2017