



DESIGN & ENGENHARIA

da ideia ao produto

Carlos Relvas

ENGEBOOK[®]

AUTOR

Carlos Relvas

TÍTULO

Design & Engenharia: da ideia ao produto

EDIÇÃO

Publindústria, Edições Técnicas

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

www.publindustria.pt

DISTRIBUIÇÃO

Engebook - Conteúdos de Engenharia e Gestão

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

DESIGN DE CAPA

Gabriela Cesar

Em colaboração com Publindústria, Produção de Comunicação, Lda.



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. para a língua portuguesa.

A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

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

E-book: 978-989-723-240-4

Engebook – Catalogação da publicação

Família: Design

Subfamília: Design Industrial

PREFÁCIO

Foi com óbvio prazer que aceitei o convite para escrever o prefácio do livro “Design e Engenharia de Produto: Da ideia ao produto:” do autor e amigo Carlos Relvas. Era uma impossibilidade recusar o convite, mas delegou na minha pessoa uma enorme responsabilidade, atribuiu-me crédito que espero fazer o melhor uso dele. Sendo este o texto que precede ao essencial da “obra”, deve ter o intuito de orientar, de evidenciar e contextualizar os temas para que possa, nem que seja de forma inconsciente, induzir no leitor momentos de reflexão. Paralelamente à apreciação da estrutura e dos conteúdos do livro, não poderia deixar de discorrer sobre o autor porque esta obra é também o resultado de ter existido um determinado ambiente académico que merece ocupar algumas linhas deste texto.

Conheci o autor no CINFU, quando realizava o meu doutoramento na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), há mais de 20 anos atrás. Nessa altura tive a sua inestimável e preciosa colaboração na conceção e fabrico de um molde para fabricar protótipos de próteses da anca em materiais compósitos. Em consequência, na relação estabelecida, na altura meramente profissional, tive a oportunidade de aquilatar a solidez das suas competências técnicas, em concreto na área da maquinaria assistida por computador (CAM), e numa época em que os processos de fabrico computadorizado impunham e carimbavam a sua importância e “lei” em centros de formação profissional e nas empresas, em particular nas produtoras de moldes para injeção, mas, nem tanto nas instituições de ensino superior como era obviamente desejável.

Alguns anos mais tarde, não muitos, fizemos-lhe, eu e o Prof. José Grácio como diretor, o convite para vir para a Secção Autónoma de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro (SAEM), hoje Departamento (DEMUA), para definir e equipar a oficina mecânica com equipamentos de fabrico e implementar um sistema de CAD e CAM. Estávamos a fazer nascer a licenciatura em Engenharia Mecânica. Essa infraestrutura foi de importância vital e marcante para o curso e permitiu, ao longo dos anos, a realização de projetos, diria emblemáticos para nós e para o departamento, e que hoje até recordamos com alguma nostalgia, pois esses também permitiram projetar e afirmar o departamento no seio da Universidade e para além das suas fronteiras pelo sucesso que tiveram. Foram projetos de afirmação de saber como e de valor pedagógico muito relevante para os estudantes do curso de engenharia mecânica. Foi muito devido aos conhecimentos e às competências do Prof. Doutor Carlos Relvas que foi possível realizar projetos como o Ícaro (prémios de Design e de Comunicação em França), a máquina de lavar interativa (patente coreana) ou o Carro Maca do Euro 2004. Foi, também,

em grande parte, da sua responsabilidade a implementação no currículo do curso a lecionação de desenho assistido por computador através de uma aplicação de modelação CAD 3D, designadamente o SolidWorks98. Esse facto, hoje de aparente pouca importância, foi, na altura, uma decisão acertada e de alcance imprevisível para o sucesso do processo pedagógico de ensino-aprendizagem: em Portugal, fomos o primeiro curso de engenharia a lecionar uma aplicação de desenho digital 3D. Na altura também fomos os beta-testers do SolidWorks. Foi, assim, criado um “ambiente” académico, incontornavelmente cúmplice no ato e na coragem para a conceção e realização deste livro por parte do autor.

O Prof. Doutor Carlos Relvas sempre teve um papel interventivo e opinativo em tudo que gravitasse em torno das multifacetadas áreas de desenvolvimento de produto. Discutia com paixão e com consciente convicção diferentes assuntos relacionados, tendo influenciado e revolucionado, inquestionavelmente, o ensino do CAD, do CAM e do desenvolvimento de produto no departamento. Foi, assim, com naturalidade, que coordenou e colaborou na docência de unidades curriculares associadas às diferentes áreas da engenharia de produto e foi fundamental na transmissão de competências importantes para a formação dos licenciados do DEMUA. Também esteve envolvido, de forma vincadamente ativa, para além dos projetos atrás referidos, noutros de carácter pedagógico que cunharam a afirmação do DEMUA no meio empresarial, com especial incidência no meio empresarial da região de Aveiro. Para além do desenho e fabrico assistidos por computador, também contribuiu para a consolidação e afirmação noutras áreas do conhecimento como a prototipagem rápida, a engenharia inversa e o desenvolvimento de produto.

Em sequência, primeiro diria quase impensável, e depois quase incontornável da sua vida académica, e num objetivo de realização pessoal e profissional, o autor realizou o mestrado em Design Industrial na FEUP e o doutoramento em Engenharia Mecânica na Universidade de Aveiro. É um verdadeiro poliglota no que se refere aos seus graus superiores: licenciado em informática, mestre em design industrial e doutor em engenharia mecânica. Por uma incontornável lógica, acabamos por estabelecer uma relação profissional intensa, impregnada de grande solidariedade e amizade, tendo sido, diria fisiologicamente, o seu orientador de mestrado e de doutoramento. Os seus interesses pedagógicos e científicos, que também felizmente coincidiam com os meus, eram teimosamente no âmbito do design industrial, no desenvolvimento de produto e, neste sentido, os diferentes projetos que desenvolveu e coordenou deram-lhe a experiência necessária para se envolver e estudar as temáticas relacionadas com o desenvolvimento de produtos. A prova disto está no facto de na sua dissertação de mestrado ter estudado diferentes processos de prototipagem rápida e de maquinaria no fabrico de modelos de geometria complexa, incidindo o foco do estudo num

modelo biomecânico e anatómico da mão. Era um tema inovador. Na sua tese de doutoramento o autor estudou, concebeu, desenvolveu e fabricou um sistema pioneiro em Portugal de fabrico de próteses de anca adaptadas por obtenção in situ da geometria femoral, sistema esse que permite o fabrico de próteses anatomicamente adaptadas em modo intraoperativo para “resolver” determinadas etiologias da articulação da anca. Devo referir, que no âmbito da sua atividade científica e como membro da unidade de investigação TEMA, publicou mais de 140 artigos científicos e pedagógicos em conferências e em revistas, muitos no âmbito do desenvolvimento de produto, com alguma incidência no estudo e projeto de produto biomédico. É, atualmente, o responsável pelo Laboratório de Desenvolvimento de Produto do DEMUA. Como facilmente se compreende, a vivência académica, pedagógica e científica, foi o “rastilho” necessário para gerar o conhecimento que agora é plasmado neste livro que partilha com o leitor.

Dito isto, e como o leitor certamente já percebeu, para se escrever um livro com a envolvimento que apresenta, é imprescindível reunir previamente determinadas experiências e algumas características de carácter pessoal intrínsecas, associados a outros elementos extrínsecos. Contudo, a motivação, independentemente da sua finalidade, é essencial. Também é necessário alguma dose de coragem. Sempre conheci o autor como um verdadeiro corajoso. Este é o terceiro livro do autor. Num primeiro (julgo que na 3ª edição), mas primeiramente publicado em 2000, o autor descreve e embrenha-se em questões e conceitos fundamentais do controlo numérico computadorizado. Nessa altura já denotava uma superior experiência e competência que rareava no meio académico de ensino superior. No segundo livro, de título “Engenharia e design: Da ideia ao produto”, como co-autor, é também o resultado da sua vasta experiência como docente e investigador, e em que tive o grato prazer em colaborar com mais outros dois colegas. Para este livro que apresenta, a sua experiência pedagógica e o seu interesse, diria quase obsessivo pelos processos e pelos modelos relacionados com o desenvolvimento de produto, em ambas as perspetivas da engenharia e do design industrial, foi determinante. O facto de ter estado envolvido na lecionação de unidades curriculares como a Prototipagem Rápida, a Conceção/Projeto de Produto Assistido por Computador ou a Engenharia e Desenvolvimento de Produto, assim com a coordenação do Mestrado em Engenharia e Design de Produto da Universidade e Aveiro, permitiu-lhe consolidar os elementos necessários para desenvolver os temas apresentados, e que se assumem, do meu singelo ponto de vista, como ferramentas de utilidade para os estudantes de engenharia e de design que tenham interesses no desenvolvimento e produto. Em boa hora o autor propõe um livro com estas características, dando expressão tangível (independentemente de ser em versão digital) a umas das mais nobres obrigações de um docente do ensino superior: colocar à disposição dos estudantes elementos de estudo que possam facilitar a sua aprendizagem

e, neste caso concreto, contribuir para uma maior solidez na formação de engenheiros e designers de produto.

O livro, para além do seu interesse pedagógico e técnico inequívoco, assume-se como um elemento diferenciador relativamente aos escassos, ou quase inexistentes, manuais didáticos sobre desenvolvimento de produto, muito menos em língua portuguesa, embora, nos dias de hoje a língua não deve constituir-se como qualquer tipo de bloqueio ou obstáculo ao ensino. As temáticas abordadas são, dependendo do tipo de produto, necessárias no âmbito de qualquer processo de desenvolvimento de produto industrial. Neste sentido, é incontornável evitar a explanação de tópicos como a sistematização de requisitos de cliente, o modelo de Kano, a filosofia do seis sigma, a formulação da árvore de necessidades ou o diagrama de Mudge e análise de Pareto, assim como as matrizes de qualidade e do produto, pois são instrumentos/ferramentas de engenharia/design do projeto que contribuem para uma determinada cientificidade no desenvolvimento de produto. O design também implica a realização de atividades criativas que permitem gerar, para além das propriedades funcionais, as formais dos objetos e, assim, é com naturalidade que o autor também aborde as ferramentas de geração de ideias e de análises de ergonomia e de antropometria. O autor finaliza com a abordagem a outras áreas do projeto, incontornáveis, como o desenho assistido por computador e a prototipagem. Indubitavelmente, este livro reúne uma série de temas fundamentais conhecer para quem tenha a vontade, o desejo, ou necessidade de desenvolver um produto ou serviço.

José António Simões

Diretor da Escola Superior de Artes e Design

Professor Associado com Agregação da Universidade de Aveiro

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Tipologias de produto	4
1.1.1	Produtos de processos contínuos	5
1.1.2	Produtos de alto risco	6
1.1.3	Produtos de tecnologia de plataforma	7
1.1.4	Produtos customizados	8
1.1.5	Produtos rápidos	9
1.1.6	Sistemas complexos	10
1.1.7	Produtos inteligentes e Internet das coisas (IoT)	11
1.2	O processo de desenvolvimento de novos produtos	16
1.2.1	Desenvolvimento concetual	20
1.2.2	Design de sistemas	22
1.2.3	Design de detalhe	23
1.2.4	Ensaaios e melhoramentos	23
1.2.5	Lançamento do produto	23
1.3	O papel do design industrial	24
1.4	Da ideia ao produto	27
2	REQUISITOS CLIENTE E MODELO DE KANO	29
2.1	Qualidade e cliente	30
2.1.1	Definições de “Qualidade”	30
2.1.2	O cliente e a qualidade	32
2.1.3	Importância da qualidade	34
2.1.4	Qualidade percebida do produto	37
2.1.5	Qualidade total (Total Quality Management - TQM)	41

2.1.6	Desperdício e produtos defeituosos.....	42
2.1.7	Engenharia simultânea	43
2.2	Seis Sigma	44
2.3	Modelo de árvore CTQ (Critical to Quality Trees)	47
2.4	Identificação das necessidades dos clientes.....	51
2.5	Modelo Kano	55
2.5.1	Origem do modelo de Kano	55
2.5.2	Classificação dos requisitos de cliente.....	59
2.5.3	Avaliação quantitativa vs qualitativa.....	63
2.5.4	Critérios de classificação	63
2.5.5	Desenvolvimento do modelo de Kano.....	64
2.5.6	Exemplo	71
2.6	Árvore das necessidades.....	72
2.6.1	Como usar a ferramenta	73
2.6.2	Exemplo	75
2.7	Diagrama de Mudge	77
2.7.1	Exemplo	79
2.8	Análise de Pareto	80
2.8.1	Como montar o Diagrama de Pareto	82
3	ESPECIFICAÇÕES DE PRODUTO E QFD	85
3.1	A Origem do QFD	86
3.1.1	Introdução	86
3.1.2	Origem do QFD	88
3.1.3	As diferentes abordagens do QFD.....	91
3.2	Princípios do QFD	96
3.2.1	Conceitos sobre a técnica QFD	98
3.3	Elaboração da matriz de qualidade.....	99
3.3.1	Requisitos dos clientes e qualidades exigidas	103

3.3.2	Grau de importância (cliente).....	106
3.3.3	Definição de especificação	106
3.3.4	Matriz de relações	109
3.3.5	Direção de melhoria.....	111
3.3.6	Matriz de correlações (hierarquização dos requisitos de projeto).....	111
3.3.7	Preenchimento do benchmarking	114
3.3.8	Resultados da qualidade solicitada.....	116
3.3.9	Resultados das características de qualidade	117
3.4	Elaboração da matriz do produto	122
3.4.1	Preenchimento da matriz do produto	123
3.5	Exemplos.....	127
3.5.1	Exemplo matriz da qualidade - TORRADEIRA	127
3.5.2	Exemplo Matriz do produto - TORRADEIRA.....	130
3.5.3	Exemplo Matriz da qualidade – PARQUE INFANTIL	131
3.5.4	Exemplo Matriz do produto – PARQUE INFANTIL.....	134
4	ANÁLISE FUNCIONAL	135
4.1	Introdução.....	136
4.2	Diagrama funcional do produto	138
4.3	Diagrama de componentes físicos do produto	140
4.4	Diagrama de representação.....	141
4.4.1	Estrutura hierárquica em árvore.....	141
4.4.2	Estrutura funcional.....	142
4.4.3	Diagrama de fluxos.....	145
4.4.4	Desenvolvimento do diagrama de estrutura funcional.....	146
4.5	Desenvolvimento de sistemas	149
4.6	Modelar funcionalmente o produto.....	150
4.6.1	Vantagens de modelar funcionalmente o produto	153
4.6.2	Representação de um sistema físico e princípio de solução	154

5	ARQUITETURA DE PRODUTO	155
5.1	Introdução	156
5.1.1	Implicações da arquitetura	159
5.2	Arquitetura integral	160
5.3	Arquitetura modular	162
5.4	Modularidade	164
5.4.1	Implicações da modularidade	166
5.4.2	Interfaces e tipos de modularidade	167
5.4.3	Definição do esquema da arquitetura de produto	169
5.5	Plataforma de produto	172
5.5.1	Plataformas e produtos derivados	175
5.5.2	Utilização de plataformas modulares na indústria automóvel	175
6	FERRAMENTAS DE GERAÇÃO DE IDEIAS	177
6.1	Inovação e criatividade	178
6.1.1	Inovação e criatividade no desenvolvimento de produto	178
6.2	O processo criativo	188
6.2.1	Os bloqueios mentais	189
6.2.2	As fases do processo criativo	192
6.2.3	O que é o serendipismo?	195
6.3	Geração de ideias	196
6.3.1	Brainstorming	196
6.3.2	Brainwriting	198
6.3.3	Mind mapping	198
6.3.4	Análise morfológica (morphological analysis)	200
6.3.5	Desenho de esboço (Quick design)	202
6.4	Avaliação do processo criativo	204
6.4.1	Triagem de conceito (concept screening)	204
6.4.2	Pontuação do conceito (concept scoring)	205

6.4.3	Matriz de Pugh	206
7	ERGONOMIA E PROJETO	209
7.1	Ergonomia	210
7.1.1	Domínios da ergonomia.....	213
7.1.2	Intervenção ergonómica	215
7.1.3	Princípios da ergonomia	217
7.2	Antropometria	228
7.2.1	Antropometria e projecto.....	230
7.2.2	Constrangimentos impostos pela variabilidade humana	233
7.2.3	Projeto para grupos	234
7.3	Ergonomia antropométrica.....	241
7.3.1	O projeto para o manuseamento	242
7.3.2	Tipo de projeto para o manuseamento	247
8	ANÁLISE DO MODO DE FALHA, SEUS EFEITOS E CRITICIDADE (FMEA)	251
8.1	Conceitos básicos.....	252
8.1.1	Definição	252
8.1.2	Tipos de FMEA.....	254
8.2	Funcionamento básico e metodologia.....	255
8.2.1	Função	256
8.2.2	Modo de falha potencial.....	258
8.2.3	Efeitos potenciais da falha.....	259
8.2.4	Gravidade/severidade.....	260
8.2.5	Causa da falha	261
8.2.6	Ocorrência.....	262
8.2.7	Deteção	263
8.2.8	Índice de risco (RPN - Risk Priority Number)	264
8.2.9	Ações corretivas	264
8.2.10	Métodos qualitativos	265

8.3	FMEA conceito	266
8.4	FMEA produto.....	268
8.5	Exemplos.....	269
8.5.1	FMEA Conceito	269
8.5.2	FMEA Produto.....	270
9	O CAD E O PROJETO	271
9.1	Projeto concetual.....	272
9.1.1	Técnicas de modelação 3D	275
9.2	Projeto de concretização	280
9.2.1	A escolha do processo	284
9.3	Projeto de detalhe.....	287
9.3.1	Análise de soluções construtivas do produto	290
9.4	Documentação técnica para fabrico.....	291
9.4.1	Exemplo de desenho de definição de produto acabado.....	294
9.4.2	Exemplo de desenho de conjunto	295
9.4.3	Exemplo de perspetiva explodida	296
10	A PROTOTIPAGEM.....	297
10.1	Prototipagem virtual ou digital.....	298
10.1.1	Prototipagem e realidade virtual	301
10.1.2	Prototipagem virtual.....	302
10.1.3	Utilização da prototipagem virtual	303
10.2	Prototipagem física	305
10.2.1	Escolha do processo ou tecnologia de fabrico	308
10.2.2	Tecnologias tradicionais de prototipagem.....	309
10.2.3	Tecnologias de Prototipagem Rápida	311
10.2.4	Fabrico de Protótipos por Maquinagem por Controlo Numérico Computorizado (CNC) ..	312
10.2.5	Processos aditivos.....	314
10.2.6	Fabrico de protótipos por processos indiretos.....	323

11	BIBLIOGRAFIA	325
11.1	Dissertações.....	346

1 INTRODUÇÃO

Quais os métodos e ferramentas necessárias para transformar uma ideia original de um produto desde a sua conceção à produção física?

Alguns autores argumentam que ter a ideia certa é o elemento mais difícil do processo de desenvolvimento. Ao invés, aqueles que tiveram a ideia, certamente, dizem que a ideia é o mais fácil, mas conseguir fazer algo com ela é o mais desafiador.

Então, como se deve progredir? Como transformar uma “brilhante” ideia em algo como um produto?

Existem dois principais fatores envolvidos. Os elementos do design que geram a ideia e a transformam num produto, e os elementos da engenharia necessários para a desenvolver e transformá-la num produto capaz de ser produzido e comercializado.

O processo de desenvolvimento de produto implica a integração de diferentes áreas do saber e é multidisciplinar, pois envolve não só o design e a engenharia, mas também o marketing entre outras, mas todas devem efetivamente “falar uma linguagem” comum. Este documento tem como propósito apresentar um método para adaptar um conjunto de ferramentas de desenvolvimento conceitual e da engenharia, que podem ser usadas em todas as disciplinas relacionadas com a área de desenvolvimento de produto.

O desenvolvimento do produto consiste numa série complexa de interações entre os requisitos de marketing, do design e da engenharia. O sucesso depende da gestão destes fatores para se obter o melhor resultado possível. O objetivo é identificar formas de desenvolver e implementar projetos num determinado momento, e tentar identificar as mesmas visando melhorar a sua abordagem no futuro.

A implementação bem-sucedida de requisitos e especificações em produtos é fundamental no processo de desenvolvimento de novos produtos, no entanto, aspetos intangíveis, como valores da marca e conceitos emocionais podem ser problemáticos quando as equipas de projeto são multidisciplinares e provenientes de diferentes sensibilidades intelectuais.

No início do processo de desenvolvimento de produto o grau de incerteza é muito elevado e vai diminuindo com o tempo, mas é justamente no início que se seleciona a maior quantidade de soluções construtivas.

As escolhas e as decisões tomadas no início do ciclo de desenvolvimento podem representar 85% do custo do produto final. O custo de qualquer alteração aumenta ao longo do ciclo de

desenvolvimento, pois por cada alteração, um maior número de decisões previamente tomadas podem ser inviabilizadas.

É certamente um grande desafio gerir as incertezas envolvidas num processo de desenvolvimento de produto, onde as decisões de maior impacto podem ter que ser tomadas no momento de maior grau de incerteza face a um maior número de alternativas.

O processo de desenvolvimento de produtos vem sendo estudado, sistematizado e estruturado em modelos de referência que descrevem o processo e assumem-se como um guia para orientar a sua aplicabilidade.

Um modelo de referência é constituído por um conjunto de etapas, atividades e tarefas organizadas de forma a melhorar o processo e, conseqüentemente, o desenvolvimento de novos produtos. As etapas descritas nesses modelos detalham as atividades do desenvolvimento do produto.

Às etapas do desenvolvimento de produto são frequentemente atribuídas denominações diferentes, onde o início e o término, muitas vezes, se confundem. Contudo, o processo de desenvolvimento de produto não pode ser estruturado de forma única, porque cada projeto encerra em si características diferentes, e os projetos são, em parte, um conjunto de atividades, únicas e temporárias.

Os modelos pretendem estabelecer uma metodologia para melhorar os resultados e assegurar a repetibilidade dos projetos, para além de se constituir um fator de comunicação e transmissibilidade da informação, assim como repositórios de melhores práticas. A partir de um modelo de referência genérico uma empresa pode definir o seu modelo específico, e torná-lo num “manual de procedimentos” que possa servir de base para a especificação de projetos de desenvolvimento de produtos.

Um processo de desenvolvimento de produtos, sistematizado e documentado, garante que as particularidades de cada projeto sejam resolvidas e, ao mesmo tempo, garante a aplicação das melhores práticas e uma visão unificada todos os envolvidos.

Verifica-se, normalmente, durante o processo de desenvolvimento de novos produtos que há aspetos referentes ao funcionamento do produto que são negligenciados. Neste sentido, nos últimos anos, tem havido tentativas de desenvolver modelos cada vez mais estruturados e sistematizados, tendo como base as questões de funcionalidade e melhoria da qualidade do produto. Deste modo, a ênfase está em adaptar técnicas de design industrial e da engenharia

4 ANÁLISE FUNCIONAL

4.1 INTRODUÇÃO

Um dos objetivos do design conceitual é desenvolver uma proposta de solução do produto de modo a que este cumpra todas as funções necessárias e previstas. Para obter o conceito funcional do produto, torna-se portanto necessário explorar, definir e organizar a estrutura funcional do produto. Cada produto deve ser projetado para um propósito ou missão particular e a função dos seus componentes ou peças, é que de forma independente ou em conjunto, permitam que o produto realize as funções para as quais foi projetado.

Desse modo, a análise funcional é a base da definição da arquitetura e da modularização do produto. Por isso, antes da divisão do produto em módulos, é necessário analisar as funções do produto e estabelecer o relacionamento entre cada componente físico do produto e a sua função.

A ideia central subjacente à decomposição funcional é que um produto pode ser definido por um conjunto hierárquico de funções, sendo que algumas funções podem ser pensadas como modulares e, assim, serem implementadas através de componentes substituíveis.

As funções descrevem uma maneira de "ver" e entender os sistemas de trabalho e através de um exercício mental permitem ao designer definir o sistema de uma forma-funcional e relacionar as subfunções através de uma estrutura hierárquica.

A decomposição funcional é focada na capacidade cognitiva de fracionar um sistema ou produto maior em elementos mais pequenos, para que estes possam ser trabalhados separadamente.

Esta estratégia pode permitir identificar eventuais limitações funcionais, e obrigar à redefinição de partes específicas do projeto.

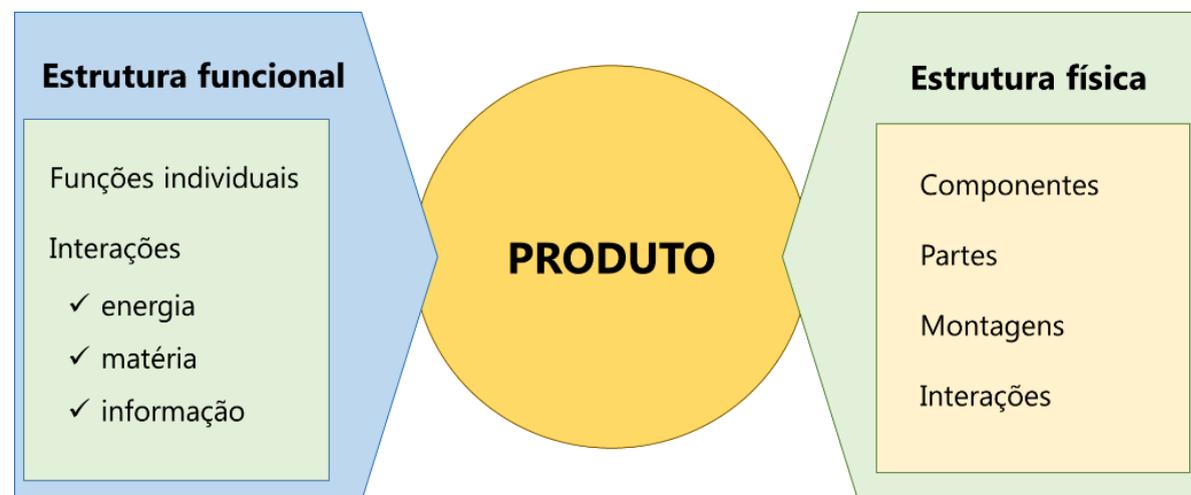
Existem diversos métodos para realizar a análise funcional, no entanto normalmente prevalecem duas abordagens:

Decomposição dos componentes físicos.

Centra-se na componente física do produto e faz a sua decomposição em subconjuntos e componentes, a que se segue o desenvolvimento da estrutura do produto.

Decomposição das funções do produto.

Também designada por decomposição funcional, centra-se na identificação das funções críticas do produto e dos respetivos fatores/atributos que descrevem essas mesmas funções. Estes atributos são apresentados inicialmente como “caixa preta” com inter-relações de entradas e saídas de fluxos de energia, matéria e informação.



7 ERGONOMIA E PROJETO

7.1 ERGONOMIA

O termo ergonomia provém etimologicamente do grego “Ergon” que quer dizer trabalho e “Nomos” que quer dizer estudo das regras e das normas.

Mais recentemente, o conceito de ergonomia foi definido enquanto *“conjunto de conhecimentos sobre o homem em atividade, necessários para conceber instalações, instrumentos, máquinas, dispositivos e sistemas onde ele possa trabalhar com o máximo de segurança, conforto e eficiência”*.

Ou então por “disciplina científica que tem por objetivo as interações entre os homens e os outros elementos de um sistema e a profissão que aplica a teoria, os princípios, os dados e os métodos na concepção, de modo a otimizar o bem-estar humano e o desempenho geral do sistema” (*Definição: IEA – International Ergonomics Association, San Diego, EUA, Agosto 2000*).

A Ergonomia promove a adequação entre o Homem, a máquina e o ambiente físico de trabalho, considerando em primeiro lugar o Homem e depois o sistema produtivo, onde a produtividade é o resultado e não o objetivo primeiro. A ergonomia visa tornar o sistema produtivo, sempre que possível, mais competitivo e funcional, mas através da adequação do trabalho ao Homem e não do Homem ao trabalho.

O trabalho prescrito corresponde à tarefa e o trabalho real à atividade e, nesse sentido, no âmbito da ergonomia esforça-se por conhecer o comportamento do operador, onde a atividade é a expressão do funcionamento do homem na execução da sua tarefa, estudando certos fatores determinantes do conteúdo da tarefa como a "experiência adquirida" ou o grau de responsabilidade e de autonomia.

Na ergonomia começa-se por analisar as exigências das tarefas e os diferentes fatores que influenciam as relações homem-trabalho e as características materiais do trabalho, nomeadamente as que se referem aos seus aspetos espaciais e temporais, considerando por

exemplo o peso dos instrumentos, as forças a exercer, a disposição dos comandos, as dimensões dos diferentes elementos constituintes do posto e do sistema, a cadência e frequência das ações e movimentos, entre outras.

A ergonomia assume uma importância particular, não só pelos objetivos que persegue, mas pelas características das ações que preconiza. Os resultados da aplicação de critérios ergonômicos podem traduzir-se, ao nível dos operadores, por uma diminuição da carga de trabalho e, conseqüentemente, da fadiga, uma diminuição dos acidentes, uma melhoria do conforto no posto de trabalho, uma organização do trabalho e uma estruturação das tarefas mais adequadas e, ao nível do sistema, por uma redução dos custos diretos e indiretos do absentismo e dos acidentes e, de uma maneira geral, por um aumento da produtividade, em termos quantitativos e qualitativos.

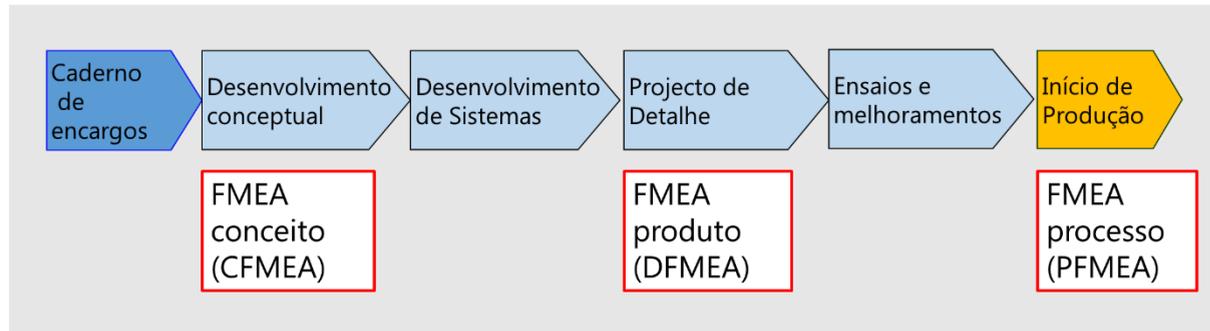
A abordagem da ergonomia envolve a interdisciplinaridade:

- ✓ Engenharia: projeto e produção com adequação ergonômica
- ✓ Design: metodologia de projeto e design do produto
- ✓ Psicologia: treino e motivação do pessoal
- ✓ Medicina: prevenção de acidentes e doenças do trabalho
- ✓ Administração: projetos organizacionais e gestão de recursos humanos

Inicialmente, o principal foco da ergonomia limitava-se a ambientes industriais e concentrava-se na relação homem-máquina. No entanto, as exigências de mercado e a competitividade impuseram a modernização das organizações e a melhoria contínua do seu desempenho. Esta modernização foi acompanhada pela reestruturação das organizações em resultado da influência da introdução de novas tecnologias e, conseqüentemente, na evolução do conteúdo das tarefas e das competências para a sua execução. Daí que atualmente as áreas de atuação da ergonomia tenham sido expandidas para abarcar o estudo de sistemas que envolvem pessoas, máquinas e produtos.

Na ergonomia tradicional, projetar significava adequar o objeto às limitações humanas de forma que seu operador não executasse nada para além do projetado. Mas, uma outra visão mais contemporânea da ergonomia, incide e dá ênfase à máxima exploração das capacidades humanas.

Assume-se que o desenvolvimento de produtos mais ergonômicos, normalmente, permite à empresa diferenciar-se da concorrência, pois os produtos por ela produzidos poderão



8.2 FUNCIONAMENTO BÁSICO E METODOLOGIA

O princípio da metodologia é o mesmo, independente do tipo de FMEA, ou seja, se é FMEA de produto ou processo e se é aplicado para produtos ou processos novos ou já existentes. A análise consiste basicamente na identificação para o produto/processo em questão, das suas funções, os tipos de falhas que podem ocorrer, os efeitos e as possíveis causas desta falha. Em seguida, são utilizados índices para avaliar os riscos de cada falha e, com base nesta avaliação, são decididas as ações necessárias para diminuir estes riscos e aumentar a confiabilidade do produto/processo.

Para aplicar a análise FMEA a um determinado produto/processo, torna-se portanto, necessário definir a função ou característica daquele produto/processo, relacionar todos os tipos de falhas que possam ocorrer e descrever para cada tipo de falha as suas possíveis causas e efeitos, relacionar as medidas de deteção e prevenção de falhas que estão a ser, ou já foram tomadas, e, para cada causa de falha, atribuir índices para avaliar os riscos e finalmente discutir medidas de melhoria.

O desenvolvimento da ferramenta de FMEA faz-se pelo preenchimento de uma tabela que é basicamente semelhante.

ITEM/FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO (S) POTENCIAL DA FALHA	GRAVIDADE	CAUSA (S) POTENCIAL/MECANISMO (S) DA FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLOS DE PREVENÇÃO	CONTROLOS DE DETECÇÃO	DETECÇÃO	RISCO (RPN)	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA
-------------	-------------------------	-------------------------------	-----------	--	------------	------------------------	-----------------------	----------	-------------	-----------------------------

No FMEA podem ser utilizados dois métodos distintos para estabelecer os índices de avaliação dos riscos de falha.

MÉTODOS QUANTITATIVOS

INDICE DE GRAVIDADE
INDICE OCORRÊNCIA
ÍNDICE DE DETECÇÃO

MÉTODOS QUALITATIVOS

EXPERIÊNCIAS ANTERIORES
ANÁLISE (BRAINSTORMING)
RESPOSTAS DE CLIENTES

8.2.1 FUNÇÃO

Como foi referido anteriormente o desenvolvimento do FMEA faz-se pelo preenchimento de uma tabela e assim, na primeira coluna da tabela, deve-se escrever a função em termos físicos, técnicos e mensuráveis. A função descreve uma ação a cumprir pelo produto pelo que deve ser escrita de um modo conciso e fácil de entender, usando termos específicos, preferencialmente com um verbo e um substantivo.

Exemplo: Aquecer ou esfriar a cabine até 20°C em todas as condições de operação.



Publindústria, Edições Técnicas
Porto, 2017



ISBN E-Book

978-989-723-240-4

www.engebook.com

ENGEBOOK®