

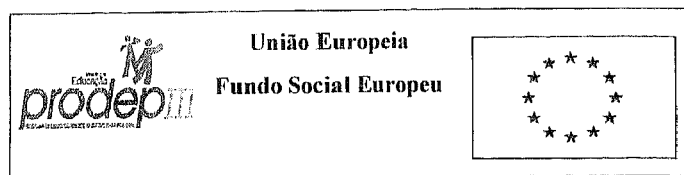
TÍTULO DA TESE DE MESTRADO

INTRODUÇÃO AO DESIGN DO PRODUTO MODULAR:
CONSIDERAÇÕES FUNCIONAIS, ESTÉTICAS E DE PRODUÇÃO.

AUTOR

João Carlos Monteiro Martins

Porto, 25 de Novembro de 2002



Agradeço ao PRODEP o apoio para a realização deste trabalho.

ERRATA

TÍTULO DA Tese DE Mestrado

INTRODUÇÃO AO DESIGN DO PRODUTO MODULAR: CONSIDERAÇÕES FUNCIONAIS, ESTÉTICAS E DE PRODUÇÃO.

AUTOR

João Carlos Monteiro Martins

Pág.	Linha	Em vez de...	Ler...
10	4	Design Modular e as Novas Tecnologias	<i>(não considerar este título)</i>
12	15	nova	novo
19	17	Recorda-mos	Recordamos
22	35	está	estão
28	7	outras	outra
36	4	os	o
36	9	de qualquer de qualquer	de qualquer
39	7	produto	produtos
39	32	permite	permitir
45	16	possibilita	possibilidade
52	5	mesmo	desenvolvimento
56	16	A figura : 7	A figura 14
63	15	ver figura 20	ver figura 17
89	5	sinais	sinal
92	11	serão	irão
99	9	nova	novo

Porto, 26 de Novembro de 2002

TÍTULO DA TESE DE MESTRADO

INTRODUÇÃO AO DESIGN DO PRODUTO MODULAR:
CONSIDERAÇÕES FUNCIONAIS, ESTÉTICAS E DE PRODUÇÃO.

AUTOR

João Carlos Monteiro Martins

ORIENTADOR

Prof. José António Oliveira Simões

Porto, 25 de Novembro de 2002

I – Resumo

O presente trabalho aborda os princípios do design modular que permitem o desenvolvimento, a produção e uso de produtos ou sistemas modulares, identificando práticas e métodos de apoio ao projecto. Após um breve resumo histórico do desenvolvimento industrial sugerem-se algumas definições aplicadas ao design do produto modular. A concepção modular é utilizada fundamentalmente na construção de produtos complexos que são divididos em pequenos subsistemas, que podem ser desenvolvidos individualmente, mas que funcionam como um conjunto de componentes interligados. A abordagem modular engloba três aspectos fundamentais: a arquitectura do produto que especifica os módulos do sistema e suas funções, os módulos que são componentes, subsistemas e mecanismos distintos que interagem entre si e que executam várias funções e as interfaces que definem essas interações que vão permitir a ligação e a comunicação entre os módulos. As diferenças entre produto modular e produto integral são identificadas. Os produtos modulares são produtos, sistemas ou componentes que executam as suas funções através da combinação de diferentes módulos. Deste modo, a concepção modular permite a produção de diferentes produtos pela combinação de componentes standardizados, resultando em diferentes variantes do produto. Por uma análise dos princípios básicos do produto modular, demonstra-se que este tipo de produto tem vantagens tanto para as empresas que podem oferecer uma maior personalização do produto face às necessidades dos consumidores e obter redução de tempos de montagem e entrega, como para os consumidores/utilizadores, que podem adquirir produtos mais adaptáveis às suas necessidades e exigências particulares, com possibilidades de actualização, substituição ou ampliação através dos componentes modulares. Conclui-se que há razões para considerar que a facilidade de actualização dos produtos modulares prolonga a vida útil do produto, evitando a sua substituição integral logo à primeira mudança tecnológica, funcional ou estética, contribuindo para a redução de desperdícios e gastos energéticos que aumentam, respectivamente, com a substituição total do produto e com a produção de produtos totalmente novos.

II - Abstract

Identifying modular design principles and methods within the development and production, as well as within the use of modular products and systems, are discussed in the work here presented. A brief historical overview of the industrial development is presented and some definitions used in the design of modular products are discussed. Modular conception is mainly used in the production of complex products that are divided in individually small subsystems and function as a group of interconnected components. Three main aspects can be addressed within modular design: product architecture, which specifies the modules and functions of the system; modules (components, subsystems or mechanisms) that interact and execute the functions; interfaces that define the connections and the communications between modules. The differences between modular and integral products are also identified and discussed. Modular products perform the functions through the combination of different modules. A variety of products can be achieved through a modular conception design, essentially by combining standardized components. The basic principles of modular product evidence that this type of product play an important key role in the competitiveness of the companies and to customers/users. In fact, companies can offer more customized products and customers/users can purchase products more adaptable to their needs and desires, since they can easily be updated, replaced or expandable through the use of modular components. Finally, the easiness for updating modular products postpones its life cycle, avoiding its total replacement due to, for example, technological or aesthetic changes. It also contributes for the reduction of material and energy wastes that increase, directly or indirectly, when total replacing of the product takes place or when producing new products.

III - Prefácio

A realidade em que vivemos, a de um mundo globalizado, está em constante mudança em todos os sectores e também no cenário produtivo e de consumo. As atitudes dos consumidores são também elas reflexo das rápidas mudanças, sociais, culturais, industriais e ambientais, fruto da evolução tecnológica e, sobretudo, por efeito dos novos meios tecnológicos de informação e comunicação. De facto, a rapidez de comunicação e divulgação de informação são factores que influenciam essas mudanças, com efeitos cada vez mais visíveis nas sociedades, nos mercados, nos consumidores e na competitividade das empresas. Os consumidores/utilizadores de produtos encontram-se munidos de potentes ferramentas que os fazem viajar pelo mundo e comprar, provocando inquietações no sector industrial. As empresas estão agora confrontadas com consumidores mais exigentes.

É neste cenário que o design industrial está inserido e tem de dar respostas capazes tanto aos consumidores que exigem inovação, qualidade, diversidade e rapidez como às empresas que têm que competir neste contexto de velocidade e mudança, em que a qualidade da resposta é constantemente posta à prova. O sucesso das empresas é agora baseado na sua capacidade/ habilidade para responder rapidamente às exigências dos consumidores e na utilização de inovações tecnológicas (Kamrani e Salhie, 2000). Neste ambiente, o design é uma das ferramentas necessárias para que as empresas, as organizações, ou os organismos possam oferecer produtos e serviços com mais valor, de maior qualidade (em todos os aspectos) para responder com eficiência às mudanças exigidas em produtos e tendências de mercado.

As razões que estão na origem do presente estudo prendem-se com interesses ligados ao desenvolvimento de novos produtos e com o relacionamento que esses estabelecem com os seus utilizadores, com os espaços, e com o ambiente no cenário acima descrito, em que as empresas precisam de produzir produtos que possam ser rapidamente configurados para oferecer capacidades distintivas dos mesmos da concorrência. Também os utilizadores necessitam de ver satisfeitos os seus variáveis desejos e necessidades de forma eficiente e com rapidez. Existem, hoje, razões que nos levam a pensar que os novos objectos, caracterizados pela sua forma, cor, textura, variedade, função e funcionalidade terão que acompanhar mais as mudanças de estilos de vida, preferências, gostos e desejos dos consumidores.

A solução encontrada para dar resposta à mudança parece ter sido o aumento da produção de produtos e concomitante aumento do consumo. Mas já vimos que, entre outras coisas, este caminho acentua as preocupações ecológicas. Por outro lado, ao

sabermos que o design de novos produtos industriais está dependente, em grande parte, das necessidades e desejos dos utilizadores, os novos produtos estarão dependentes também da crescente exigência ecológica e ambiental desses mesmos utilizadores. Não nos parece que no futuro seja suficiente que os produtos sejam constituídos por materiais reciclados, recicláveis ou bio degradáveis. Parece-nos que tudo está dependente de novas formas de consumo e utilização dos objectos, que poderá passar por um alargamento da vida útil dos produtos através de uma maior versatilidade, em relação a conceitos estéticos, funcionais e de interacção com os utilizadores e com o espaço. A versatilidade e adaptabilidade dos objectos parecem de facto ser uma das vias alternativas. Estas características podem ser dadas através de produtos ou sistemas de produtos modulares. Ao desenvolver produtos de concepção modular pode-se prolongar o ciclo de vida do produto com possibilidades de personalização do produto ao utilizador. Esta adaptação tenderá para melhorar a ergonomia, a funcionalidade ou a estética do produto (alguns dos factores que estão na origem da substituição dos produtos por outros) através da possibilidade que o produto ou sistema modular dá de transformação, adaptação, ampliação, substituição ou reutilização dos seus componentes modulares. Por outro lado, o conceito modular permite os meios necessários às empresas para projectarem produtos que podem responder rapidamente às necessidades dos consumidores/utilizadores. O conceito modular pode ser aplicado no processo de design para construir produtos modulares e processos industriais modulares.

O designer deverá, nesta área, assumir a sua quota-parte de responsabilidade, entre outras, no que se refere ao design de novos produtos e apresentar soluções de design que correspondam aos anseios de todos os envolvidos. Ao estabelecer pontes, o designer deverá ser capaz de interpretar necessidades, vontades e desejos protagonizados por todos os participantes no processo de desenvolvimento de produtos e deverá, também, promover e contribuir para a discussão e reflexão sobre estas questões que nos inquietam a todos através da sua actividade de projecto, concepção e gestão do design.

Este trabalho, realizado no âmbito do mestrado em design industrial, propõe abordar o assunto do design modular e da concepção do produto modular sob variados pontos de vista, empresas, designers, utilizadores, que são convergentes no que trata da inclusão da ferramenta design na concepção, produção e comercialização de novos produtos mas que podem divergir quanto às intenções e objectivos de cada um. Cabe aos vários intervenientes neste processo encontrar as soluções mais adequadas às exigências, preocupações e desejos de cada um. Este é com certeza um trabalho de equipa. De uma equipa plural e multidisciplinar com tem por objectivo principal inovar realmente e não abrangentemente, e tem a responsabilidade hoje de desenhar cenários futuros de qualidade.

Gostaria de agradecer ao meu orientador o interesse que sempre demonstrou por este trabalho de investigação e toda a atenção que lhe dedicou, bem como a forma simpática com que sempre deu resposta às minhas dúvidas e incertezas.

Gostaria de dedicar à Vanda, minha esposa, que entendeu a divisão do meu tempo entre a sua gravidez e o trabalho e ao João, nosso filho que espero, com a continuidade deste trabalho, contribuir para que ele viva num mundo melhor.

Aos meus pais, por tudo o que me ensinaram e à minha irmã pelo apoio e incentivo que sempre me deu.

IV - Índice

RESUMO 3

ABSTRACT 4

PREFÁCIO 5

ÍNDICE 8

LISTA DE FIGURAS 11

LISTA DE TABELAS 13

ABREVIATURAS 14

GLOSSÁRIO 15

1 INTRODUÇÃO 17

2 DESIGN (INDUSTRIAL) 20

2.1 Introdução 20

2.2 O Design 20

2.3 O Designer 22

3 DESIGN MODULAR 24

3.1 Introdução 24

3.2 Da fabricação artesanal à fabricação personalizada 24

3.2.1 O período pré-Industrial 26

3.2.2 Convulsão industrial 26

3.2.3 Produção em massa 29

3.2.4 Fabricação personalizada 31

3.2.5 Principais diferenças entre Produção em Massa e Produção Personalizada 32

3.3 A Indústria no cenário actual 33

3.4 Design modular, conceito modular e concepção modular 35

3.5 Módulo, Interface e Arquitectura do produto 36

3.6 Os princípios do Design Modular 37

3.7 Design modular na perspectiva de diversos autores 38

3.8 A complexidade no design modular 39

3.9 Design Modular e Flexibilidade 40

3.10 O Design Modular Aplicado 41

3.10.1 O conceito modular aplicado no design de produtos 41

3.10.2 O conceito modular aplicado aos problemas de design 42

3.10.3 O conceito modular aplicado aos sistemas de produção 42

3.10.4 O conceito modular aplicado à equipa de design 43

3.10.5 O conceito modular aplicado ao Homem ou o Homem Modular 43

3.11 Vantagens do design modular 44

3.12 Potenciais Desvantagens do design modular 48

4 PRODUTO MODULAR 50

4.1	Introdução	50
4.2	Desenvolvimento do produto modular	51
4.3	Características dos módulos	54
4.3.1	Interfaces	56
4.3.2	Função do módulo	58
4.3.3	Restrições	59
4.3.4	Atributos	59
4.3.5	Módulos "hard" e "soft"	60
4.4	Integradores de módulos e fornecedores de módulos	62
4.5	Arquitectura do Produto	63
4.5.1	Arquitectura integral vs modular	65
4.5.2	Tipos de arquitectura modular	69
4.5.2.1	Arquitectura modular tipo "slot"	69
4.5.2.2	Arquitectura modular tipo "bus"	70
4.5.2.3	Arquitectura modular tipo "sectional"	71
4.5.2.4	Arquitectura modular por partilha de componente	72
4.5.2.5	Arquitectura modular por troca de componente	73
4.5.2.6	Arquitectura modular por ajustamento	74
4.5.2.7	Arquitectura modular por mistura	75
4.5.3	Implicações do tipo de arquitectura	76
4.5.3.1	Mudanças no produto	76
4.5.3.2	Variedade do produto	78
4.5.3.3	Estandardização dos componentes	78
4.5.3.4	Desempenho do produto	79
4.5.3.5	Gestão do Desenvolvimento de produto (Gestão do Design)	79
4.6	Produto modular e o aumento da variedade	80
4.7	Definição da arquitectura do produto ou processo de arquitectar	82
4.8	O produto modular na estratégia da empresa (alguns exemplos)	89
4.9	Implantes ortopédicos de concepção modular	90
5	DESIGN DE PRODUTOS	92
5.1	Introdução	92
5.2	O processo de desenvolvimento do produto	92
5.2.1	Planeamento do projecto	94
5.2.2	Desenvolvimento de conceitos ou projecto conceitual	94
5.2.3	Configuração do projecto	95
5.2.4	Projecto pormenorizado	95
5.3	Sucesso e fracasso dos produtos	96
6	DESIGN MODULAR E APRENDIZAGEM	100
6.1	Introdução	100
6.2	Exemplos	100
7	ESTUDO DE CASO (REFLEXÃO TEÓRICA)	105

7.1	Introdução	105
7.2	Design modular e o consumidor/utilizador	105
7.3	Design modular e o meio ambiente	108
7.4	Design modular e as novas tecnologias	
8	CONCLUSÕES	111
9	REFERÊNCIAS	113
9.1	Bibliografia Referenciada	113
9.2	Bibliografia de Apoio	114
9.3	Sites na Internet	115

V - Lista de figuras

- Figura 1 – Logotipo Lego 17
- Figura 2 – Modelo Lewa 8535 da Linha Bionicle da Lego Technic 18
- Figura 3 – Jogo de cadeiras para crianças 18
- Figura 4 - Jogo de cadeiras para crianças – Sequência de construção 19
- Figura 5 – O Bloco-Cozinha numa antiga casa (Munari, 1981: p. 165) 24
- Figura 6 - Modelo "T" da Ford 30
- Figura 7 - Estação Espacial Internacional: principais módulos e seus construtores 36
- Figura 8 – Macintosh Duplo G4 45
- Figura 9 – Produção do produto modular 50
- Figura 10 - Design do produto modular (Grady, 1999: p. 94) 52
- Figura 11 - Palete plástica "Domplex" (Martins, 1998) 53
- Figura 12 - Projecto U.F.O. Urban Furniture Oriented) 55
- Figura 13 – Imac 17" da Apple 56
- Figura 14 - Ligação dos módulos por interfaces (Grady, 1999: p. 150) 57
- Figura 15 - Sistema modular "eleven22" da USM (Página www.usm.com) 60
- Figura 16 - Distribuição modular de um Telefone Celular (Grady, 1999: p. 21) 62
- Figura 17 - Colunas de som SpeakerPro da Harmon cardon 63
- Figura 18 - Impressora Deskjet Hewlett Packard 64
- Figura 19 - Exemplos de produtos integrais (Otto e Wood, 2001: p. 360) 66
- Figura 20 - Modelo modular de travão e mudanças da (Shimano) (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 183) 68
- Figura 21 - Modelo integral de travão e mudanças da (Shimano) (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 183) 68
- Figura 22 - Arquitectura modular tipo "slot" (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 184) 70
- Figura 23 - Arquitectura modular tipo "bus" (Pine II, 1993: p. 201) 70
- Figura 24 - Dilbert's "Ultimate Cubicle" e módulo prateleira 71
- Figura 25 - Arquitectura modular tipo "sectional" (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 185) 71
- Figura 26 - Arquitectura modular por partilha de componente (Pine II, 1993: p. 201) 72
- Figura 27 - Alcofa, "baby coque", assento e chassi "Trophy Air 6" da Bebê Confort 72
- Figura 28 - Sistema modulo clip da Bebê Confort 73
- Figura 29 - Arquitectura modular por troca de componente (Pine II, 1993, p. 201) 73
- Figura 30 - Modelo "QUATTRO" da Black and Decker 74
- Figura 31 - Funções do modelo QUATTRO da Black and Decker 74
- Figura 32 - Arquitectura modular do tipo cortar para encaixar (Pine II, 1995, p. 201) 75
- Figura 33 - Villa Noailles: "Un Petit Maison intéressant à habiter" (Revista Intramuros, nº 100: p.58) 75
- Figura 34 -Arquitectura modular por mistura (Pine II, 1993, p. 201) 76

Figura 35 -Modelos de relógio Swatch da linha Scuba 200 78

figura 36 - Custos de desenvolvimento de produto (Grady, 1999: p.96) 80

Figura 37 - As várias funções numa categoria do produto (Grady, 1999, p. 152) 83

Figura 38 - Identificação de funções (Grady, 1999: p. 153) 83

Figura 39 - Esquema funcional de uma impressora (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 191) 85

Figura 40 - Componentes da impressora agrupados em módulos (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 193) 87

Figura 41 -Layout geométrico da impressora (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 195) 87

figura 42 – Próteses Modulares 91

Figura 43 - Entradas e resultados da configuração do projecto (Baxter, 1998: p. 233) 95

Figura 44 - Entradas e resultados do projecto detalhado (Baxter, 1998: p. 233) 96

Figura 45 – Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe 98

Figura 46 - Exemplos de diferentes configurações do Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe 99

Figura 47 - Nova módulo para o Sistema 606 da Vitsoe 99

Figura 48 – “ PlaySpace” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9 101

Figura 49 – “PlaySpace” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9 101

Figura 50 – Construções “Tinkertoys” 102

Figura 51 –Tangram (Puzzle de 7 peças) 102

Figura 52 - Exemplo de figuras Tangram: Carteiro e Rapaz a ler 103

Figura 53 - Modelo Lunar Launcher da linha Robotix 103

Figura 54 - Construção Tridimensional Forma a Forma da Majora 103

Figura 55 - Jogo de acetatos 104

VI - Lista de tabelas

Tabela 1 - Exemplos de mecanismos de interfaces (Grady, 1999: p. 106) 58

Tabela 2 - Exemplo de especificação do modulo disco de computador (Grady, 1999: p. 109) 60

Tabela 3 - Comparação entre arquitecturas de produto (Otto e Wood, 2001: p. 362) 67

Tabela 4 - Módulos do "Nippondenso Panel Meter" (Grady, 1999: p. 97) 81

Tabela 5 -Número possível de configurações do produto (Grady, 1999: p. 98) 82

VII - Abreviaturas

ABS - Anti-lock Braking System

NTIC – Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação

ICSID - International Council of Societies of Industrial Design

EEI – Estação Espacial Internacional

MIT – Massachusetts Institute of Technology

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

CPD – Centro Português de Design

CAD – Computer Aided Design (Projecto assistido por computador)

CAM – Computerized Aided Machining (Maquinagem assistida por computador)

PC – Personal Computer (Computador pessoal)

U.F.O.- Urban Furniture Oriented (Mobiliário Urbano)

VIII - Glossário

Termo Português	Definição (<i>Dicionário universal da língua portuguesa, Texto Editora, 2000</i>)
Actualizar	v. tr. tornar actual; modernizar; alterar com dados mais recentes
Artefacto	s. m. objecto produzido pelas artes mecânicas. (do Lat. Arte+factu)
Combinação	s. f. ...mistura; ligação; combinação; associação; ...reunião de muitos objectos em grupos compostos de um numero qualquer destes objectos.
Complexo	(cs), adj. Que abrange ou encerra muitas coisas ou ideias; complicado; que pode ser considerado sob vários pontos de vista; diz-se dos números que representam unidades diferentes que têm entre si razões conhecidas mas não decimais; s. m. conjunto de coisas, factos, circunstâncias que têm certa relação entre si; em <i>psicol. Analítica</i> , sistema de representações de forte carga afectiva, geralmente inconsciente e adquirido durante a infância, e que condiciona o modo como o indivíduo assimila situações novas e situações antigas para as quais está sensibilizado. (Lat. Complicatu).
Complicado	Adj. Que há complicação; enredado; embaraçado; difícil; entrelaçado; reunido.
Combinar	v. tr. fazer combinação; juntar em certa ordem; agrupar; dispor; calcular; unir um corpo com outro para resultar outro diverso; comparar; reagir (tratando-se de substâncias químicas); refl. Entrar em combinação; harmonizar-se; <i>quim.</i> Reagir com. (Lat. Combinare).
Composto	<i>adj.</i> Que é formado de dois ou mais elementos; ordenado; bem disposto; consertado; <i>fig.</i> Modesto; recatado; sério; reconciliado; s. <i>M.</i> corpo formado pelo reunião de vários elementos heterogêneos; conjunto; todo; substância homogênea formada por mais de um elemento químico, quando é invariável a proporção ponderal dos elementos constituintes; combinação. (Lat. <i>Compostu</i> , por <i>compositu</i>).
Conceito	(Lat. Conceptu) s. m. ...entendimento; ideia; opinião; concepção; síntese;...
Concepção	(Lat. Conceptione) s. f. acto de ser concebido ou gerado...conceito.
Conceptual	(lat. Conceptuale de conceptu), adj. Relativo a concepção ou aos conceitos.
Efêmero	<i>adj.</i> Que dura só um dia; de curta duração; passageiro; transitório; s. <i>M. pl.</i> insectos da fam. Dos Efeméridas, que, depois de atingirem o estado adulto, vivem apenas algumas horas, não se alimentando e morrendo após a postura. (Gr. <i>Ephémeros</i>).
Elemento	(Lat. Elementu), s. m. tudo o que entra na composição de alguma coisa; cada uma das parte de um todo; indivíduo considerado como parte de um todo
Estandardização	(de <i>estandardizar</i>), s. f. (<i>angl.</i>) redução a um só tipo; norma; modelo ou estalão dos elementos de produção, com o fim de obter economia e rapidez no fabrico em série; uniformização; uniformização de modelos produzidos em série. (<i>Fr.</i>

Standardisation).

Flexibilidade	(cs), s. F. Qualidade do que é flexível; <i>fig.</i> Docilidade; maleabilidade. (Lat. <i>Flexibilitate</i>).
Flexível	(cs), s. F. 2 <i>gén.</i> Susceptível de se dobrar ou curvar ; maleável; <i>fig.</i> Submisso; dócil; suave; complacente. (Lat. <i>Flexibile</i>).
Interface	s. f.(neol.) superfície que delimita dois corpos, espaços ou fases; dispositivo (físico ou lógico) que estabelece a adaptação entre dois sistemas independentes.
Jogo	s.m. ...divertimento; exercício ou passatempo recreativo sujeito a certas regras ou combinações...série completa de coisas que formam um todo.
Ligação	s. f. Acto ou efeito de ligar; união; junção; relação; concubinato. (Lat. <i>Ligatione</i>).
Módulo	s. m. medida que regula as proporções das partes de um edifício ou de qualquer peça arquitectónica; quantidade que se toma como unidade de qualquer medida;...parte de uma nave espacial que se separa do corpo principal.
Morfologia	s. f. Tratado ou estudo da forma exterior que a matéria ou os seres vivos podem tomar;
Padronizar	v. tr. fazer segundo um padrão; estandardizar.
Partes	s. f. Porção de um todo; fracção; quinhão; lote; divisão de uma obra; lugar; partido...(lat. <i>Parte</i>).
Sistema	s. m. ...conjunto de partes dependentes umas das outras; plano.
Projectar	(Lat. <i>Projectare</i>), v. tr. atirar para a frente; arremessar; arrojear; fazer incidir; fazer a projecção de; formar o projecto de; planejar; idear; v. refl. Arremessar-se; incidir; despenhar-se; delinear-se; prolongar-se.
Projecto	(Lat. <i>projectu</i>), s. m. plano; intento; desígnio; redacção provisória de lei; de um contrato; de estatutos; etc.; plano geral de uma obra; iniciativa.
Unidade	s. f. Grandeza determinada, convencional, que se torna para termo de comparação entre outras grandezas da mesma espécie; carácter do que é uno; do que forma um todo orgânico que mudaria de natureza se suprimisse alguma das suas partes; objecto único; coordenação das diversas partes de um todo;...(lat. <i>Unitate</i>).
Versátil	adj. 2 <i>gen.</i> Propenso a mudar; volúvel ; inconstante;

1 Introdução

Ao pensarmos naquilo que designamos por design modular, recordamos que chamávamos, na nossa infância, aos blocos que se encaixavam facilmente entre si de Legos¹. A análise a este tipo de construção põe em evidência alguns dos princípios do produto modular, objecto de estudo apresentado no âmbito desta tese. Os blocos de construção Lego significavam a possibilidade de construção de sonhos e fantasias, através de enúmeros objectos, que podiam ser diferentes todos os dias. Uma vez era um trabalho isolado de construção, outras vezes era um trabalho de equipa com o objectivo de construir um cenário para um qualquer argumento em que as personagens principais éramos nós. Cada indivíduo assumia, não só o papel de actor principal na história que imaginava, como também se encarregava de projectar, partindo de uma ideia inicial, passando pelo estado de incubação e experimentação até chegar às maquetas. Se geralmente a ideia inicial prevalecia, muitas vezes, no decorrer da experimentação, surgiam novas hipóteses. A fórmula dada através do manual era sempre experimentada e outras se compunham com a adição ou repetição de peças padronizadas reutilizadas de outros modelos. Todos os utilizadores conheciam, ou depressa se familiarizavam com os elementos estruturais e como eles se encaixavam. Esta facilidade de entendimento de construir possibilitava que nos futuros encontros outras ideias fossem postas em prática.

Facilmente se concorda que o número de objectos que podem ser construídos com estes blocos depende da imaginação. Esta imaginação é sugerida pela própria marca quando, associado ao logótipo da mesma (figura 1) aparece, em determinados suportes, a frase "just imagine", ou seja, *simplesmente imagine*.

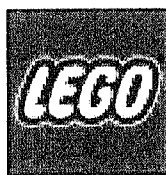


Figura 1 – Logotipo Lego

Actualmente, a marca Lego comercializa não só os simples blocos originais mas também blocos e estruturas mais complexas. A figura 2 mostra uma dessas estruturas Lego mais complexas da gama de produtos Lego Technic.

¹ Segundo a teoria do Marketing, Lego é considerado «produto-marca». «O <produto-marca> é uma associação formada pelos termos marca e produto. Um <produto-marca> designa um produto, proposto por uma só empresa, que, por falta de uma denominação genérica do produto, não pode identificar-se senão pela sua marca. Exemplo: Lego e Post-it». (Lendrevie et al, 1996: p. 475)

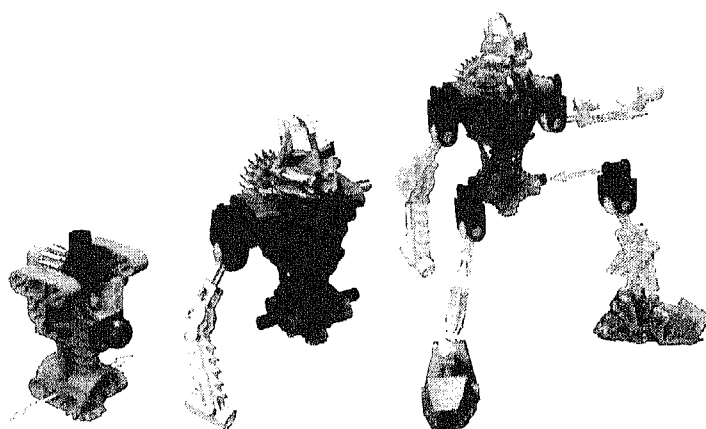


Figura 2 – **Modelo Lewa 8535 da Linha Bionicle da Lego Technic** (Manual de montagem, 2002)

O conceito dos blocos de construção Lego têm sido utilizado de variadas formas no desenvolvimento de outros produtos. A figura 3 e 4 apresentam um exemplo da utilização do conceito Lego: um conjunto de blocos que se encaixam entre si de variadas formas permitindo a construção de diferentes objectos.

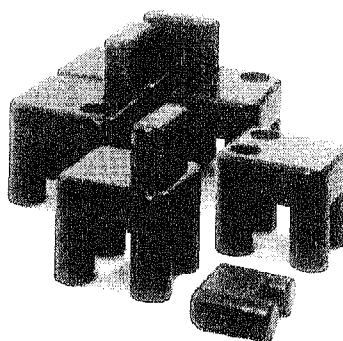


Figura 3 – **Jogo de cadeiras para crianças** (Vasileiou, 2002)

Este projecto é um jogo de cadeiras para crianças. Um jogo de construção, que a partir de dois módulos diferentes, os utilizadores fazem diferentes combinações dos mesmos, obtendo diferentes arranjos de cadeiras.

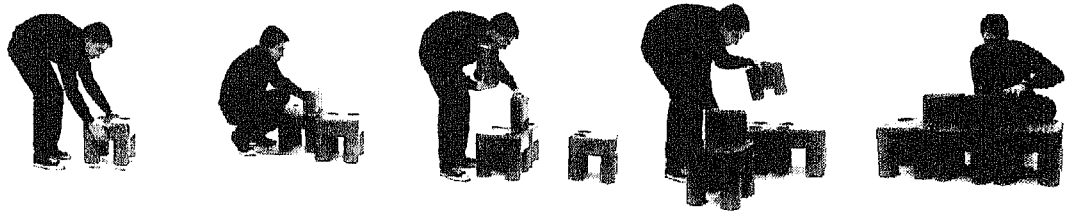


Figura 4 - Jogo de cadeiras para crianças – Sequência de construção (Vasileiou, 2002)

O estudo aborda conceitos e práticas gerais que levam à definição de um produto modular e o distingue do produto integral. Quanto aos exemplos apresentados, tentou-se seleccionar os mais significativos e diversificados que demonstrassem os conceitos e as ideias expressas no texto retirados da bibliografia consultada. Não serão talvez, por desconhecimento, os mais significativos mas são concerteza exemplificativos da aplicação de conceitos de design modular.

Este trabalho de investigação tem por objectivo principal a identificação de algumas das regras principais para o design de produtos modulares. No entanto, o assunto tratado não pode ser considerado completo, quer pelas limitações impostas pelo tempo, quer pela complexidade do tema. Talvez se indentifiquem assuntos que teria sido desejável desenvolvê-los ou aprofundá-los, mas tendo em consideração o objectivo principal, não nos foi possível abranger todas as ramificações de um campo tão vasto em aplicações e variações do design modular. Recorda-mos que se trata de uma introdução ao design do produto modular e não um manual exaustivo de desenvolvimento de produtos modulares.

2 Design Industrial

2.1 Introdução

Neste capítulo é objectivo enquadrar o objecto de estudo de uma forma aberta, baseada em compilações sobre a profissão e a actividade que trata metodologias, definições e os conceitos. O design deverá ser visto como uma disciplina inserida na sociedade, que acompanha por um lado, e participa por outro, no desenvolvimento de produtos sistemas e serviços, na forma como eles se relacionam com o utilizador e a sua dependência da indústria. Neste capítulo identifica-se os contextos actuais das estratégias que estão disponíveis a quem persegue o design industrial, assim como alguns dos temas que servem o debate e a crítica. Pretende, também, chamar a atenção sobre os diversos pontos de vista dos principais intervenientes em todo o processo e identificar os desafios principais que são hoje colocados aos designers e que de uma forma directa, ou indirecta, potenciam novas abordagens no design de novos produtos.

2.2 O Design

Sobre o design muita coisa tem sido escrita e é do conhecimento dos que estão ligados à área, das suas definições, escritas por vários autores ao longo dos anos. Estas interpretações têm vindo a ser influenciadas pelas constantes mudanças na sociedade: económicas, tecnológicas, sociais, culturais, e ambientais, que vão fazendo com que o design e a forma de o encarar vá mudando.

O design é hoje visto como uma ferramenta para atribuir mais valor, alcançar diferenciação e promover a qualidade total de produtos e serviços num mercado cada vez mais competitivo e mais standardizado. As empresas que usam o design adequadamente têm sido recompensadas e é do conhecimento geral que o lucro obtido com a aplicação do design é muito maior que o investimento. "Se para os empresários o bom design faz soar a caixa registadora, para o país ele pode representar uma alavanca do desenvolvimento socioeconómico; e, para o consumidor, frequentemente resulta numa melhoria da qualidade de vida" (Borges, 2002: p. 17).

Não arriscamos apresentar aqui nenhuma definição, pois corre-se o risco de amanhã ela se apresentar desactualizada, fruto da velocidade com que o mundo actual está a mudar. No entanto, no âmbito deste trabalho, arriscamos referir (sem grandes certezas) o modelo tradicional que define o design industrial: a elaboração de projectos para a produção em série de objectos por meios mecânicos. (Denis, 2000: p. 17).

Projectar significa "atirar para a frente; arremessar; arrojear; fazer incidir; fazer a projecção de; formar o projecto de; planejar; idear; [...]". Ao analisarmos parte da definição realça a expressão «atirar para a frente» por aquilo que representará nas intenções de quem tem responsabilidade na actividade de projectar. Esta expressão faz parte dos desejos do designer e de todos os intervenientes no processo de desenvolvimento de novos produtos, sistemas e serviços. A expressão poderá significar pensar mais à frente. E pensar mais à frente só poderá querer incutir a ideia de fazer cada vez melhor, fazer com mais qualidade, fazer mais de acordo com a condição humana. Actualmente é bem patente que não chega só pensar hoje o que queremos ter amanhã, tornou-se mais urgente, pensar no amanhã ao fazer hoje. Os alertas chegam-nos de todos os lados: a crise ambiental; o acentuar das desigualdades entre povos; a escassez anunciada dos recursos energéticos; o isolamento individual, o *stress* e a depressão são algumas das razões que nos levam a reflectir.

O ICSID (2002) refere-se, no seu site, aos valores morais universais que o processo de design deve obedecer e considera que o design tem por missão melhorar a sustentabilidade global e protecção ambiental; dar benefícios e liberdade a toda a comunidade humana, aos utilizadores finais individuais e colectivos, produtores e protagonistas de mercado, apoiar a diversidade cultural apesar da globalização do mundo; fornecer produtos, serviços e sistemas, em que as formas são expressão e coerentes com a sua própria complexidade.

O desenvolvimento de novas tecnologias de informação e comunicação e a massificação das existentes vem dar mais ênfase ao conceito de *Globalização*. O fenómeno, tema de alguma agitação social, caracteriza-se pelo movimento de enormes quantidades de dinheiro por computador, pela possibilidade de comprar o mesmo produto em qualquer parte do mundo e por servir e fomentar a estandardização de produtos, dos serviços e de comportamentos. Criticada por uns, defendida por outros, são reconhecidos por todos os efeitos da globalização na economia, na sociedade e na cultura a que o design não pode estar alheio, "Uma das características do mundo actual é a rapidez de comunicação, a globalização da economia e a dinâmica social, com modas e solicitações comerciais cada vez mais mutáveis". (Alves *et al*, 2001: prefácio).

Parece ser possível hoje, sem receios e sem preconceitos, utilizar a palavra design e tudo o que ela significa de uma forma mais vasta e não restringir o seu significado unicamente ao projecto, ao produto, à produção, à comercialização ou ao consumo. O design de produtos poderá ir mais longe, para além da forma e da função. Poderá servir-se do poder crítico e de intervenção da arte e do poder racional da engenharia para, utilizando a sua própria capacidade criativa, sugerir soluções e alternativas aos problemas com que se vai deparando e que são afinal de todos nós. Processos, serviços, sistemas, estratégias e não só os artefactos, são áreas em que o design poderá intervir determinando as suas características, estabelecendo metodologias e propondo padrões de qualidade total, não

só na qualidade de construção do produto final mas em todo o processo, da elaboração à produção, da reciclagem à reutilização.

O design ao ter o poder de determinar as características dos produtos em função da utilização dos objectos pelos seus utilizadores, das limitações produtivas e das condições ecológicas, depara-se hoje com o desafio de trabalhar para um mercado de visibilidade global. Desta forma, os resultados práticos terão de ter presente o respeito por factores culturais e sociais variados (que antes eram só normativos) ao mesmo tempo que lhe assiste o direito de impor os seus próprios valores. "A marca registrada da pós-modernidade é o pluralismo, ou seja, a abertura para posturas novas e a tolerância para posições divergentes. Na época pós-moderna, já não existe mais a pretensão de encontrar uma única forma correcta de fazer as coisas, uma única solução que resolva todos os problemas[...]" (Denis: 2000: p.208). A diversidade social é assim encarada como um desafio, que contraria a tendência de décadas para uma sociedade homogeneizada, racional que segue as modas impostas pela indústria que é o motor de desenvolvimento de algumas sociedades com custos elevados para outras e para o planeta. " Como actividade posicionada historicamente nas fronteiras entre a ideia e o objecto, o geral e o específico, a intuição e a razão, a arte e a ciência, a cultura e a tecnologia, o ambiente e o utilizador, o design tem tudo para realizar uma contribuição importante na construção de um país e um mundo melhores" (Denis, 2000: p. 223).

2.3 O Designer

No âmbito deste trabalho deixamos aqui algumas considerações sobre o papel do designer na concepção do produto. Mais importante que as suas capacidades de desenhar (nem sempre tidas, mas também não fundamentais) e de se expressar graficamente ou através de modelos e maquetas as suas ideias, de dar forma e função ao objecto, o designer de produto têm que saber adaptar as suas ideias aos métodos produtivos das empresas, de acordo com as tecnologias e o conhecimento existentes. Uma vez encarado como um desafio, outras como uma barreira, mas que tem sempre de ser ultrapassado para que a relação empresa/designer possa existir. É aqui que entra a capacidade do designer para imaginar, inovar, criar, encontrar meios e alternativas de pôr em prática a construção de novos objectos que possam servir o ser humano cada vez com mais qualidade. "Uma sociedade sofisticada precisa de designers sofisticados, que devem ser bem informados e capazes de uma reflexão crítica, além de serem criativos em matéria de projecto (Whiteley, 1998: p. 64). Outros desafios que se colocam ao designer do produto está na relação que o processo, e já não só o produto, estabelece com o ambiente que parecia estar, até à alguns anos atrás, resolvida com métodos de reciclagem e a utilização de reciclados. Mas hoje parece claro que não é suficiente e o apelo à redução e à reutilização dos produtos faz disso uma evidência. "Talvez o maior dilema para o designer na pós-modernidade resida no facto de se encontrar justamente na

falha entre essas duas placas tectónicas do mercado e do meio ambiente” (Denis, 2000: p.210).

Mas outros desafios são propostos ao designer. Pensar a relação que os objectos devem estabelecer com os seus utilizadores, não só em termos funcionais e estéticos, mas como objectos dinamizadores e promotores da humanização de pessoas, famílias, grupos ou sociedades parece tender a aprofundar-se. Pensar o papel dos objectos na afirmação nacional, regional, ou mesmo local, faz hoje todo o sentido quando se pretende manter uma identidade cultural num mundo cada vez mais globalizado.

Segundo Moraes (1997), temos que acrescentar, hoje, vários aspectos e novas características que devem ser consideradas pelos praticantes do design:

- a rápida evolução da tecnologia industrial;
- o aparecimento de novos materiais;
- a rápida mudança do comportamento social humano;
- as novas necessidades do utilizador;
- o crescimento das infoestruturas;
- a era pós-industrial;
- a consideração dos aspectos psicofisiológicos (cognitivos, psicológicos e subjectivos);
- o surgimento dos produtos interactivos;
- os aspectos semiológicos e semânticos dos produtos;
- o surgimento do mundo virtual;
- os novos interfaces.

3 Design Modular

3.1 Introdução

Evocando um antigo provérbio chinês, este diz "[...] a única constante do mundo é a mudança. Se alguém procurar detê-la, detém-se a si mesmo e envelhece mal." (Munari, 1981: p. 255).

O design modular surgiu como vantagem competitiva na indústria de computadores na década de 60, pela importância que assumiu no processo de desenvolvimento de produto. As vantagens da construção de produtos através de módulos cedo foram reconhecidas e aplicadas nos mais variadas áreas. A utilização deste conceito por parte das empresas tem vindo a aumentar de novo e a sua aplicação em projectos é uma tendência actual, não só no ramo de tecnologia da informação, mas também na indústria em geral. A abordagem modular tem sido uma tendência crescente, por exemplo, na indústria automóvel, devido em grande parte à complexidade dos seus produtos e à necessidade de rentabilizar linhas de produção, mas também a preocupações referentes à reciclagem de matérias, facilitada por processos modulares de desmontagem. A figura 5 mostra a construção de uma cozinha modular a partir de um único módulo.

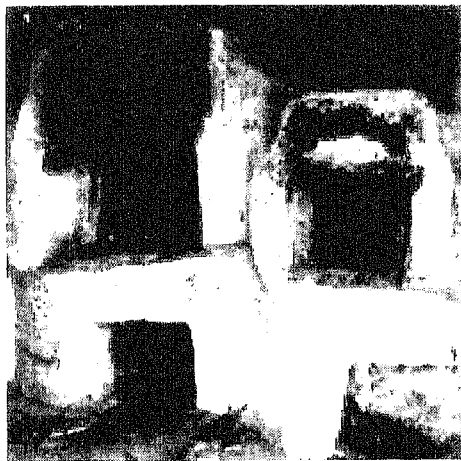


Figura 5 – O Bloco-Cozinha numa antiga casa (Munari, 1981: p. 165)

3.2 Da fabricação artesanal à fabricação personalizada

Em diversos textos e artigos, que descrevem a actualidade e relatam as mudanças ocorridas na sociedade, na economia, na cultura, na tecnologia, na política dos últimos

anos, o adjectivo e o substantivo talvez mais usados para caracterizar os dias de hoje são *rápido* e *mudança*. A situação vivida actualmente, para a qual contribuiu em muito a evolução tecnológica, favorece o aparecimento rápido de novos produtos e o re-design (ou re-styling) dos existentes numa tentativa de corresponder às exigências dos consumidores e manter a competitividade das empresas. As mudanças constantes de gostos e preferências dos consumidores, reclamam e exigem produtos actualizados a custos baixos e com entrega quase imediata. Os produtos viram nos últimos anos aumentada a sua complexidade com a inclusão cada vez mais generalizada de sistemas computadorizados. Neste cenário as empresas procuram a melhor maneira de adaptar os seus produtos e serviços a estas alterações. A referência a situações do passado é vulgar para justificar muitas vezes o panorama actual (Denis, 2000; Grady, 1999; Maldonado, 1991; Toffler, 1970). De acordo com esta metodologia julgamos, também, necessário expor resumidamente a evolução social e industrial ocorrida nos últimos séculos para compreendermos melhor o conjunto de relações que se estabeleceram entre os produtos e os consumidores, empresas e mercados.

De facto, a necessidade sentida pelo homem em fazer novos produtos que facilitassem cada vez mais as suas tarefas não tem data conhecida, mas é unânime a opinião de que o último século viu nascer uma série de acontecimentos e invenções que revolucionaram o Mundo, as sociedades e o modo como as pessoas se articulam nas suas actividades. Consideradas necessárias pelo Homem, algumas dessas criações são hoje julgadas pelo mesmo de benefício duvidoso, fruto da evolução técnica ou da tomada de consciência de determinados perigos e ameaças, quer do ponto de vista social, quer do ponto de vista ambiental. Motivados também por esse facto, achamos importante perceber como a sociedade de consumo evoluiu a partir da *revolução industrial*, já que é a partir deste acontecimento histórico que se considera o design industrial como actividade profissional. De acordo com Dorfles (1972: p.15) "[...]devemos fazer coincidir o início do design industrial com o advento da máquina na produção de objectos projectados pelo Homem. Não é possível falar de design industrial fazendo referência a épocas precedentes à revolução industrial [...]".

Não é nosso objectivo expor aqui a história da indústria, ou do produto industrial, nem sequer do design industrial. Para isso existem obras publicadas de vários autores que o fazem dedicadamente (Denis, 2000; Maldonado, 1991; Dorfles, 1972). No entanto, não poderemos deixar de expor neste trabalho os marcos importantes no desenvolvimento da economia industrial: o início da produção em série, a passagem para produção em massa e o surgimento da fabricação de produtos personalizados aos quais é associado o design modular. As mudanças que ocorreram na Europa em meados do sec. XVIII alteraram de forma radical a visão sobre os produtos e a sua produção que até então prevalecia.

3.2.1 O período pré-Industrial

O período que antecedeu a industrialização foi caracterizado pelo fabrico de objectos em sistemas de produção artesanais. A economia baseava-se em oficinas familiares que, através de meios artesanais, de ferramentas e de máquinas, executavam trabalhos de complexidade limitada que, devido aos recursos na época, se produziam em pequena escala. Não existia especialização e a aprendizagem, baseada na experiência, era demorada. O comércio fazia-se localmente sem grandes recursos e baseado essencialmente na procura. Não existia rigor dimensional nos produtos produzidos, o que tornava impossível a padronização e a standardização dos objectos. Estes sistemas artesanais associados à implementação massiva de máquinas, viriam a industrializar, transformando-se em grandes fábricas de produções em série e em larga escala.

A transformação da produção artesanal para a produção industrial, deixou de concentrar num só indivíduo a responsabilidade de conceber e produzir o objecto, para dar espaço a uma divisão de tarefas, passando os diferentes agentes do processo de desenvolvimento de produto a terem as suas responsabilidades. A actividade de projectar começa assim a ser pensada individualmente e a ganhar importância. “Segundo o conceito tradicional, a diferença entre design e artesanato reside justamente no facto de que o designer se limita a projectar o objecto para ser fabricado por outros, de preferência por meios mecânicos” (Denis: 2000: p. 17) Apesar da fronteira entre design artesanal e o design industrial ser uma linha difusa, por exemplo em produtos complexos de pequena tiragem designados de produtos «sub-industriais», iremo-nos concentrar no sector industrial, ou seja, no produto produzido industrialmente utilizando metodologias de projecto e desenvolvimento do produto e sistemas de produção de cariz industrial, já que é esse o sistema que domina na sociedade de hoje e que produz a maioria dos produtos que consumimos (Grady, 1999: p.63-64; Denis 2000; p.208-210).

3.2.2 Convulsão industrial

Foi a conjugação de factores demográficos e sociais, tecnológicos e geográficos, culturais e ideológicos que proporcionaram o arranque na Inglaterra da industrialização por volta de 1750. A indústria têxtil foi a impulsionadora dessa revolução e a que mais cresceu nas décadas seguintes, beneficiando do domínio económico que a Inglaterra detinha na Europa nesse período. O mercado europeu absorvia em grandes quantidades a produção deste sector e proporcionava um grande retorno económico, utilizado para investir e aumentar a oferta. Devido às condições de domínio da Inglaterra, os comerciantes ingleses conseguiam comprar matérias-primas por todo mundo a preços baixos, que depois eram transformadas e comercializadas sob a forma de produtos. O retorno económico deste comércio proporcionou a acumulação de grandes capitais que foram

utilizados na transformação de pequenas oficinas em grandes fábricas equipadas com as mais recentes máquinas e tecnologias existentes na altura. O aumento do número de máquinas utilizadas para fazer o trabalho nas fábricas teve como consequência imediata a mecanização das tarefas fabris. Estas mudanças contribuíram para o aumento constante da produtividade e diminuição da mão-de-obra, que provocaram uma diminuição de custos de produção, tornando o produto cada vez mais barato e acessível à maioria das classes, propiciando lucros cada vez maiores.

Com o surgimento das sociedades de consumo na Europa e com o acumular de riqueza que havia na altura em determinados sectores dessa sociedade, as exigências em qualidade e novidade de produtos aumentavam. Devido a esta exigência e à competitividade, as empresas começaram a preocupar-se com o desenvolvimento de produtos diferenciados na forma e na estética que começaram a ser feitos por mão-de-obra especializada. A divisão de tarefas fabris começava assim a dar os primeiros passos, surgindo responsáveis pela gestão, pela produção, pela operação de máquinas e pela criação de novos produtos com o objectivo de otimizar o sistema produtivo como um todo.

As transformações que ocorreram durante as décadas seguintes mudaram para sempre a visão industrial. O aumento da produção de produtos para satisfazer a procura e a diversificação do comércio por vários países provocou um rápido crescimento das fábricas com um maior investimento em instalações e equipamentos. Estes novos equipamentos vieram facilitar a produção de produtos iguais, minimizando o problema da variação dimensional que se colocava antes da era da mecanização. A divisão de tarefas dentro da empresa aumentava com a especialização por áreas e começava-se a distinguir as fases de planeamento e produção dos produtos. Para além das transformações industriais, contribuíram para acentuar as mudanças não só a mecanização das indústrias mas também as mudanças organizacionais. "Cabe destacar, que as transformações desse período dependeram muito menos de novas máquinas do que se costuma supor. Deveram-se, antes de mais, a mudanças na organização do trabalho, na produção e na distribuição, ou seja, deveram-se a mudanças de ordem mais social do que tecnológica" (Denis, 2000: p. 26).

A divisão do trabalho foi considerada crucial para o aumento da produtividade. Neste processo, as tarefas de fabricação foram divididas em várias pequenas tarefas, executadas cada uma por cada operário, que não precisava de saber mais do que executar bem a sua tarefa, sendo os investimentos com a sua formação reduzidos. Esta divisão do trabalho não aconteceu só na produção do produto, tendo sido também aplicada na concepção e na gestão. "Um dos aspectos mais interessantes da transição da fabricação oficial para a industrial está no uso crescente de projectos ou modelos como base para a produção em série" (Denis, 2000: p. 27). A mecanização veio trazer ao

produto a padronização e a capacidade de fabricar produtos uniformes. A industrialização estendeu-se rapidamente a outros países e a outros sectores, tendo sempre por base novos modelos de organização industrial e inovação tecnológica, estimulando a transição de pequenas oficinas para grandes fábricas que passaram a concentrar a maior percentagem da produtividade.

A indústria militar foi outra das indústrias a reconhecer as vantagens da mecanização e da produção em série. O inventor americano Eli Whitney é referido como uma personagem importante ao propor no final do sec. XVIII o fabrico de armas em que as partes constituintes mantinham um rigor dimensional suficiente para possibilitar a sua substituição. Esta característica levaria a que a manutenção do armamento em situações críticas se fizesse simplesmente pela troca de peças danificadas por outras novas, ou pelo reaproveitamento de peças usadas, evitando a substituição integral do produto. "A ideia de produzir equipamentos a partir de peças padronizadas e permutáveis foi ganhando força e, graças ao desenvolvimento e melhoria contínua das máquinas ferramentas, espalhou-se para outras indústrias, principalmente nos Estados Unidos da América" (Denis, 2000: p. 31). Esta nova forma de produzir artefactos suscitou interesse na Europa e sobretudo na Inglaterra, que baptizou este novo sistema de "sistema americano" para o diferenciar dos outros de produção Europeia, focando o seu interesse nas vantagens em aplicar esse sistema.

A inovação tecnológica ganhou força em países em que os governos apostavam forte na sua indústria, como foi o caso da Grã-Bretanha e dos Estados Unidos da América. Outras indústrias adoptaram o conceito da standardização, nomeadamente a indústria das máquinas de costura nos Estados Unidos da América após 1856. Estas empresas não só se apropriaram dos sistemas de produção já testados na indústria de armamento como também elaboraram um acordo que permitia o uso de vários inventos patenteados para produzir os seus produtos e aumentar a sua produção. Apesar de produzirem peças padronizadas por meios mecânicos, essas peças necessitavam de acabamento manual e alguns processos de fabricação eram executados à mão. Os processos manuais, apesar de morosos, contribuíam para um alto padrão de qualidade do produto, que ainda era impossível de alcançar nos métodos europeus ou americanos. As indústrias foram aderindo à mecanização dos seus sistemas produtivos à medida que novas tecnologias iam surgindo e as vantagens e benefícios se tornavam evidentes, como a eliminação do trabalho mais pesado ou a substituição de materiais ou mão-de-obra dispendiosa.

Como consequência da industrialização, outras criações e invenções surgiram. O sec. XIX viu nascer os meios de transporte, os caminhos-de-ferro, a navegação a vapor, o telégrafo, a fotografia entre outras, que alteram o sistema de distribuição de mercadorias e de divulgação da informação. Pela primeira vez os maiores produtores podiam comercializar os produtos à escala mundial.

Cedo se percebeu a importância do projecto na concepção de um bom produto pela facilidade com que as máquinas podiam reproduzi-lo em grande escala, gerando lucros acrescidos sem aumento de mão-de-obra.

3.2.3 Produção em massa

Aconteceu inicialmente nos Estados Unidos da América e só depois no resto do mundo, após a 2ª guerra mundial, uma nova era caracterizada pela mecanização e automatização de vários sectores industriais e o incremento da produção e do consumo de bens e serviços padronizados. Com o aumento crescente da produção, a qualidade dos produtos também aumentava. No entanto, era pela quantidade dos produtos fabricados que se explicava o desenvolvimento económico. Os resultados produtivos obtidos através do trabalho eram a base dessa economia, assente no crescimento da actividade económica de bens e serviços padronizados.

A era da *produção em massa* começou no século XIX, tendo adquirido maior importância no século XX. Esta expressão só entrou em uso corrente na década de 1920, principalmente através da influência de um homem, o industrial e fabricante de automóveis Henry Ford. Associado a Ford surge também o termo *fordismo*¹ que define um modelo de produção. Este modelo marcou uma época caracterizada pela forte expansão da indústria e pelo consumo massivo de bens, em que o que importava para o desenvolvimento da economia era a quantidade dos bens produzidos que obedeciam a padrões estáveis por longos períodos. “[...] a economia do bem-estar avaliava-se como economia do muito ter e do muito consumir [...]”(Gradey, 2000: p. 41). A designação de *produção em massa* solidificava-se e pertencente ao vocabulário económico e social. Henry Ford foi considerado o principal responsável pela implementação da *produção em massa*, produção que se caracterizava pelo consumo massivo de produtos, impulsionando necessariamente o desenvolvimento sócio-económico. A adesão a este consumo crescia à medida que o poder de compra aumentava, começando a constituir-se uma sociedade de consumo idêntica no seu todo, ou seja, também ela estandardizada.

O processo de industrialização foi um misto de mecanização e organização do trabalho em que a divisão do mesmo se acentua com a *produção em massa*. A estratégia que Ford encontrou para conseguir produzir automóveis em massa a um baixo custo passou pelo uso de peças estandardizadas, de características de interpermutabilidade e de interfaces definidas que permitiam uma fácil montagem e desmontagem das peças, pela divisão do produto num número reduzido de partes que facilitava assim a gestão da produção, pela atribuição a cada operário de funções específicas e pela criação da linha de montagem.

¹ O termo “fordismo” é associado a Henry Ford devido principalmente à implementação em 1910 da linha de montagem na sua fábrica de automóveis e à produção em massa do modelo «T». Este termo é frequentemente usado e serve para definir uma ideologia considerada influente nos sistemas produtivos do século XX.

Na linha de montagem, considerado o factor mais inovador, os carros seguiam-se segundo uma linha que passava pelos vários postos de trabalho onde os operários, munidos das peças e ferramentas necessárias, asseguravam as operações de montagem necessárias, invertendo assim o que se passava anteriormente em que os operários se deslocavam pela fábrica carregando o material necessário à sua actividade de produção. Este novo processo, veio reduzir o tempo de montagem e consequentemente aumentar o número de veículos produzidos.

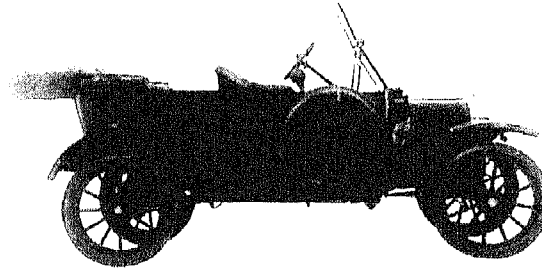


Figura 6 - Modelo "T" da Ford

A Henry Ford foi atribuída a capacidade de conceber, desenvolver e rentabilizar todo o processo de fabrico. Para por em prática a divisão do trabalho, Ford, para além de conceber um carro que se dividia em partes, teve que equilibrar (em peças montadas e tempo) as tarefas que eram executadas na linha de montagem para que o tempo gasto em cada posto fosse idêntico. Desta forma, a produtividade global dos trabalhadores aumentou e permitiu que o preço dos carros diminuísse, provocando um aumento gradual das vendas. O aumento das vendas era inversamente proporcional ao preço. O modelo de automóvel designado por modelo "T" (figura 6) e criado pela equipa de Henry Ford, é o símbolo da revolução na indústria automóvel numa época em que o mesmo era visto como um produto caro e por isso pouco acessível à maioria dos potenciais consumidores.

Todo este processo de implementação de novos métodos de fabrico e novas tecnologias permitiu ao industrial produzir a baixo preço sem comprometer a qualidade do produto, desencadeando o consumo de massas que estavam habituadas a pagar mais por isso. O sucesso deste produto deve-se em parte ao uso de peças padronizadas na sua construção mas, também, pelo uso de novas tecnologias de produção e à intervenção de pessoas especializadas na gestão das operações de fabrico.

Associado a este tipo de fabricação estão, no entanto, algumas consequências consideradas negativas: a dispensa de mão-de-obra devido ao crescente nível de industrialização; à utopia de uma sociedade igual; ao surgimento do trabalho monótono e repetitivo; o poder adquirido pela indústria que influenciava o desenvolvimento económico e social. (Denis, 2000: p. 99-106; Gradey, 2000: p. 40-41; Grady, 1999, p.66-86).

3.2.4 Fabricação personalizada

A *fabricação personalizada* surge como mais uma iniciativa da gestão industrial para fazer face às mudanças tecnológicas e de mercado. Este tipo de iniciativas tem por objectivo a optimização dos sistemas produtivos, o melhoramento de processos tendo em vista a diminuição dos custos, o aumento da qualidade dos produtos ou ainda a adequação mais eficaz dos produtos aos consumidores.

As mudanças ocorridas nos mercados e nas indústrias reflectem-se necessariamente no consumo e na produção de produtos e serviços. Segundo Pine II (1993: p. 34), este novo cenário põe em causa a exclusividade da produção em massa utilizada pela maioria das indústrias em que produtos estandardizados, mercados homogéneos e ciclos de vida e de desenvolvimento do produto prolongados caracterizam esse modelo de produção. "Hoje, um novo paradigma de gestão está a emergir, onde a variedade e a personalização suplanta a estandardização dos produtos, mercados fragmentados e heterogéneos surgem em oposição a mercados homogéneos e os ciclos de vida e desenvolvimento do produtos reduzem-se drasticamente" (Pine II, 1993: p. 34).

Tal como Pine II, Gradey (2000: p. 42), aponta também neste sentido, "Do lado da industria a 'desmassificação'¹, a variedade crescente, as inovações de produtos que reduzem os ciclos de vida e, em certos casos, a individualização das soluções ou 'por medida', assim como a venda de complexos integrados (produtos/serviços/pós-venda) [...]".

Pine II utiliza a expressão "mass customization" para definir este novo modelo, como evolução do modelo anterior designado por "mass production". A tradução para português desta expressão permite expressões como *massificação do feito-por-encomenda*, *personalização em massa de produtos*, *fabricação de produtos personalizados* ou *fabricação personalizada*². Esta última de que fazemos uso neste trabalho. Segundo Pine II (1993: p. 48) "A personalização em massa [...], é a síntese de dois sistemas competitivos de gestão: a produção em massa de bens e serviços individualmente adaptados". Este novo modelo surge em resposta ao aumento da procura de produtos diferenciados que se está a verificar por parte dos consumidores. Na prática é possível a produção de um produto específico para dar resposta à exigência do cliente, sem que com isso haja grandes variações no preço para o cliente, consumidor habitual de produtos de massa.

¹ Gradey (2001) refere o termo *desmassificação* como tendo sido introduzido por Alvin Tofler em 1970

² Esta expressão é utilizada por exemplo no livro de HOPE e HOPE, «Competindo na Terceira Onda»

“Os pioneiros desta nova fronteira na competitividade de negócios estão a ver que a grande variabilidade – mesmo a personalização individual – pode ser obtida a preços que se aproximam, e que por vezes ultrapassam, os da produção em massa” (Pine II, 1993: p. 48). Abrem-se assim novos caminhos para a produção de produtos que antes parecia impossível de serem realizados em grandes quantidades pelas indústrias. Esta impossibilidade residia no facto de que a execução deste tipo de fabricação implicava o aumento de custos de produção.

Facilmente se percebe que as alterações num produto estandardizado e optimizado, numa perspectiva de rentabilização de máquinas e recursos humanos, em que as diferentes versões do mesmo produto estão perfeitamente estudadas, implicam o aumento de custos a todos os níveis.

Na realidade, existem diferenciados tipos de consumidores que estão dispostos a pagar para obter um produto com determinadas características adaptado às suas exigências. No entanto, esses produtos são geralmente de grande custo e alta tecnologia. Na mesma medida, algumas fábricas possuem uma produção flexível que lhes permite estabelecer contratos vantajosos com este tipo de consumidores.

O que se está a verificar actualmente é o alastramento a outras empresas de produção de produtos personalizáveis. Por exemplo, a Levi Strauss & Co. produz um modelo de calças jeans que podem ser feitas por medida com base nas medidas corporais da pessoa/cliente com tempo de entrega de duas semanas aproximadamente.

A base que sustenta a fabricação do produto personalizado reside no equipamento utilizado que pode produzir economicamente quantidades pequenas de produtos. Esta flexibilidade na produção só foi possível com a evolução da tecnologia e com o uso generalizado de sistemas informáticos com realce para o CAD/CAM que permite fabricar rapidamente um produto através de uma tecnologia de base informática. É disso, exemplo, a tecnologia da *prototipagem rápida*³. O mesmo computador onde é projectado o produto pode enviar informação para máquinas computadorizadas de fabrico que interpretam a informação recebida e a transformam numa série de operações físicas que dão origem ao produto ou a componentes do produto. Tal é possível para produtos de fácil fabricação, o mesmo não se pode afirmar relativamente a produtos mais complexos que normalmente envolvem meios de produção mais sofisticados e conseqüentemente mais dispendiosos.

³ Ver sobre isto «Protoclick – Prototipagem rápida», publicação que sensibiliza e alerta todos os sectores industriais e académicos para as novas tecnologias de apoio à concepção e desenvolvimento de produtos.

3.2.5 Principais diferenças entre Produção em Massa e Produção Personalizada

Vejamos, sinteticamente, as principais diferenças entre o sistema de *produção em massa* e o sistema da *produção personalizada* estabelecidas por Pine II (1993, p. 47). A *produção em massa* pretende alcançar a eficiência através da estabilidade e do controlo. Este tipo de produção desenvolve, produz, vende e fornece produtos e serviços para a uma grande maioria de pessoas podendo, por isso, ser comercializados a preços de acordo com essa maioria. Os mercados, grandes e homogêneos, respondem através de procura estável. Os bens e serviços são estandardizados, de custo acessível e possuem uma qualidade aceitável. Os ciclos de vida e de desenvolvimento do produto são geralmente longos.

A *produção personalizada* caracteriza-se pela variedade e personalização dos produtos que oferece, conseguida através da flexibilidade e de respostas rápidas. Porque pretende responder a nichos de mercado, o desenvolvimento, a produção, as vendas e o fornecimento de bens e serviços são feitos através de uma variedade e personalização suficientes, para satisfazer as necessidades desses consumidores. Os produtos e serviços são assim feitos por medida.

A passagem para um sistema de *fabricação personalizada* é considerada o primeiro sinal de que os mercados estão cada vez mais fragmentados e que as empresas precisarão de inventar novas estratégias para responder a esta mudança. A *fabricação personalizada* é assim uma das estratégias que pretendem responder às rápidas mudanças, provenientes das exigências e procuras do cliente, com base nas novas tecnologias que se estão a desenvolver cada vez mais rapidamente. “[...] um dos factores mais importantes da competitividade comercial e industrial é a rapidez de resposta às solicitações do mercado e a velocidade de colocação neste de novos produtos inovadores” (Alves e Braga, 2001: prefácio)

3.3 A Indústria no cenário actual

Devido às exigências cada vez maiores do mercado, o produto continua a assumir cada vez mais importância dentro da empresa. De acordo com Ericsson e Erixon (1999: p. 7), o produto é o coração da empresa. Cada cliente é visto como sendo único com características específicas a que as empresas necessitam de estar atentas para darem respostas adequadas às suas exigências. A velocidade com que se processam as actividades empresariais é cada vez maior. A generalização das novas tecnologias de informação e comunicação estão a dotar as empresas e a sociedade (os indivíduos) em geral de meios que até hoje pertenciam a grandes grupos económicos que conseguiam influenciar e conduzir o mercado por determinados caminhos. O acesso à informação através dos meios de comunicação actual está a alterar a forma como os clientes

estabelecem a sua ligação com os produtos e como as empresas se relacionam com os mercados.

Hoje, compramos numa loja global, onde por vezes é a novidade que impera, outras vezes é o preço. O cliente vê diminuída a faculdade de negociar, por exemplo, o preço, mas vê aumentadas as opções de escolha, de encomenda e de compra. As comunicações por computador permitem a qualquer consumidor, situado em qualquer parte do mundo, comparar as características de cada oferta em qualquer outra parte do mundo no mesmo minuto em que deseja comprar. Esta nova estrutura mercantil permite dotar o cliente das ferramentas necessárias para saciar a sua vontade de compra e exigir novos produtos com novas funções ou estéticas, adequados às suas necessidades específicas.

Os consumidores estão cada vez mais a exigir uma maior variedade de produtos a preços baixos e com disponibilidade imediata (Grady, 1999: p.1). Este poder que o cliente adquiriu em relação ao consumo, está, necessariamente, a provocar alterações nas empresas que têm que recorrer, também elas, às novas tecnologias e ao seu know-how criativo de engenharia e gestão para encontrar as melhores formas de se transformarem, tendo em consideração as constantes e cada vez mais rápidas alterações do mercado e da concorrência, de forma a adequar os seus produtos às exigências dos consumidores.

Os produtos, resultado do constante desenvolvimento e implementação de novas tecnologias, estão se a tornar cada vez mais complexos, mas não necessariamente mais complicados. Aliás, este aumento de complexidade é consequência da necessidade de facilitar e simplificar as tarefas executadas pelos seus utilizadores para obter as funções do produto. Por exemplo, no sector automóvel, a informatização dos veículos é cada vez mais uma realidade que esconde uma maior complexidade, aumentando fortemente as diferenças relativamente às gerações anteriores de veículos. São notórias as melhorias para todos os utilizadores, de que são exemplo a aplicação de sistemas activos e passivos de segurança, dos sistemas de navegação geográfica, de análises dos sistemas eléctricos, electrónicos e mecânicos, etc.

É neste cenário de mudanças tecnológicas, sociais e culturais, que as empresas estão envolvidas. O seu desenvolvimento tem-se verificado no sentido de acompanhar as mudanças tecnológicas, a tendência para mercados globais, ou as novas formas de comunicar e negociar, objectivando a manutenção da competitividade. "Nada é mais importante, nada é mais vital para o sucesso futuro das empresas que operar prosperamente na turbulência deste novo mundo." (Grady, 1999: p.2).

Até há pouco tempo o mercado da *produção em massa* exigia das empresas produtos pouco variados de grande tiragem. Como já vimos, existe uma tendência para substituir este tipo de produção, se bem que de forma não generalizada, pela *fabricação*

personalizada onde impera o produto personalizado. Contrariamente ao que se passava anteriormente, o mercado exige hoje sistematicamente novos produtos às empresas. Estas empresas, que estavam habituadas a um ritmo lento de desenvolvimento e de inserção de novos produtos no mercado, vêem-se hoje confrontadas com novas exigências dos clientes que querem uma grande variedade de novos produtos desenvolvidos e fornecidos em curtos espaços de tempo.

Uma das primeiras indústrias a adaptar-se a este cenário foi a indústria dos computadores pessoais devido, em parte, à constituição modular do produto. Cada computador é constituído por módulos distintos que executam as várias funções e que podem ser agrupados em variadas combinações. Este tipo de estrutura fornece os instrumentos necessários à gestão da complexidade do produto, ao mesmo tempo que possibilita que sejam montados produtos adaptados às necessidades de determinado cliente (Grady, 1999: p. vi).

3.4 Design modular, conceito modular e concepção modular

É frequente, na literatura anglo-saxónica, a utilização dos termos *module*, *modularization*, *modularity*, *modular design*, *modular product* e *product modularity*. Sendo utilizados pela maioria dos autores de língua inglesa, percebe-se que são termos divulgados e conhecidos no meio industrial e académico, apesar de alguns autores reconhecerem que nem sempre é fácil encontrar uma definição clara para cada um deles. Esta ambiguidade é, em parte, acentuada quando nos dispomos a escrever na língua portuguesa sobre o objecto de estudo escolhido. Não querendo assumir a responsabilidade de impor uma regra, gostaríamos no entanto de deixar algumas considerações sobre o uso das expressões *design modular*, *conceito modular* e *concepção modular* em substituição dos termos *modularity* e *modularization* para os quais não existe tradução. Assim, optamos por utilizar a expressão *design modular* quando o assunto é mais abrangente, e se refere às várias fases de desenvolvimento do produto englobando o conceito, a concepção modular, a produção ou o uso do produto modular. O *conceito modular* é utilizado quando se aborda o assunto como ideia ou como síntese, sem preocupações formais ou estruturais. A *concepção modular* é utilizada quando a matéria trata o acto de conceber ou gerar um produto, com o fazer ou estar feito, com o projecto ou com a forma/função, pondo em prática o conceito.

Apesar da nossa tentativa de clarificar o assunto, algumas dúvidas ou questões poderão surgir ao longo do trabalho suscitando outros tipos de interpretação também eles válidos. No entanto, como os termos *design*, *conceito* e *concepção* se encontram profundamente enraizados no âmbito do design industrial onde se insere este estudo, tentamos, sempre que nos parecer adequado empregar as diferentes expressões.

3.5 Módulo, Interface e Arquitectura do produto

Associado ao design modular encontram-se geralmente os conceitos de módulo, interface e arquitectura do produto. Vejamos então de forma resumida, já que voltaremos a eles no decorrer do trabalho, os que significam genericamente os diferentes termos. Gramaticalmente, a palavra Módulo é um substantivo masculino e deriva do Latim *Modulus*. Segundo a definição do Dicionário da Língua Portuguesa Contemporânea (2001: p. 2504), a palavra *módulo* é aplicada em diferentes áreas e quer dizer, entre outras coisas, "[...]medida adoptada para determinar ou regular as proporções das diversas partes de um edifício, [...] quantidade que se torna como unidade de qualquer de qualquer medida; o que serve de medida ou modelo, [...] unidade de mobiliário, de material de construção...elaborada segundo determinadas proporções e destinada a juntar-se ou sobrepor-se a outras unidades análogas, formando um conjunto homogéneo e funcional [...], conjunto de temas ou de matérias de uma determinada disciplina ou área científica que se ministra num centro de formação, numa escola..., [...], unidade separável de uma nave ou veículo espacial destinada a uma missão específica [...]".

Como exemplo de módulos temos vários componentes automóveis como motores, transmissões, equipamento de áudio, jantes, etc. Na electrónica são considerados módulos os processadores, as fontes de alimentação, os circuitos integrados as "motherboards" ou as unidades de disquetes. No software, a informação pode ser agrupada em módulos que podem ser integrados em varias combinações.

A estação espacial internacional é um exemplo de construção através de módulos. Estes módulos são desenvolvidos e construídos separadamente por vários países. A figura 7 mostra os vários módulos que constituem a estação espacial e os países envolvidos no seu desenvolvimento.



Figura 7 - **Estação Espacial Internacional: principais módulos e seus construtores** (<http://www.zenite.nu/index.htm>)

Esta independência, permite que a estrutura vá sendo construída e aumentada à medida que os componentes vão sendo concluídos pelas várias equipas internacionais. Os módulos, devido às suas reduzidas dimensões e à leveza dos materiais, vão sendo transportados por veículos vaivém espaciais. A construção da E.E.I. começou em 1988 com o envio para órbita terrestre dos primeiros módulos e a conclusão está prevista para 2006. Ao todo estão previstos 44 lançamentos que levarão para o espaço todos os módulos e componentes projectados.

Gramaticalmente, a palavra *interface* é um substantivo feminino e deriva do inglês *interface*. Segundo o Dicionário da Língua Portuguesa (2000, p. 849), a palavra *interface* é um substantivo feminino que significa "[...] superfície que delimita dois corpos, espaços ou fases; dispositivo (físico ou lógico) que estabelece a adaptação entre dois sistemas independentes". Deste modo, a *interface* de um corpo é um conjunto de características idênticas que se colocam entre dois ou mais módulos permitindo o seu encontro e relacionamento, servindo também para a sua conectividade.

A *arquitectura do produto* é vista por Baxter (1998: p. 234) como "o estudo das interações entre os módulos e o arranjo físico dos mesmos, constituindo a configuração do produto".

3.6 Os princípios do Design Modular

O design modular apresenta-se como uma estratégia para construir sistemas ou produtos complexos a partir de pequenos subsistemas que podem ser desenvolvidos individualmente, mas que funcionam como um conjunto integrado. Este conjunto não é mais de que a divisão do sistema em módulos funcionais que ligados entre si, por interfaces, definem uma estrutura designada de arquitectura. Cada módulo representa uma unidade funcional, mais ou menos complexa, que conjuntamente com os restantes módulos contribui para o funcionamento de uma estrutura maior. As interfaces especificam em detalhes a interações entre os módulos, a sua ligação e comunicação. Assim, podemos dizer que um sistema modular, é composto por unidades ou módulos que são projectados independentemente para executar uma ou um reduzido número de funções que quando interligados executam as funções principais.

A qualidade do design modular está dependente de uma eficiente divisão da informação em aspectos de design visíveis como as interfaces e invisíveis como os mecanismos internos. O design modular só é benéfico se a divisão for precisa, completa e nada ambíguo. Segundo Anderson (1997: p. 265), é importante que no produto modular a divisão em módulos seja optimizada. Para isso o desenvolvimento de soluções para cada subsistema pode ser atribuído a mais do que uma equipa de trabalho. Devido à independência que os componentes adquirem num sistema modular, a concepção e o desenvolvimento modular pode ser feito paralelamente já que não dependem uns dos

outros.

Num design modular, a divisão da informação em módulos tem em consideração o uso repartido dos módulos por diversas estruturas, ou seja, é feita de modo a que esses módulos possam ser combinados e montados em diferentes produtos ou sistemas com o objectivo de rentabilizar esses módulos. Neste sentido, a padronização ou estandardização dos módulos assume grande importância na conformidade do módulo e das suas interfaces e na medição do desempenho de um módulo relativamente a outro.

A intervenção no design modular, para manutenção, substituição ou actualização, está facilitada, já que o próprio sistema facilita naturalmente acções de intervenção nos diferentes módulos. A definição/determinação deste tipo de aspectos ocorre nas fases iniciais do projecto e é divulgada por todos os envolvidos no desenvolvimento dos componentes modulares. Este tipo de regras do design entra nas três categorias que definem um design modular: a arquitectura do design, as interfaces, e os módulos (Valeri, *et al.*, 2001)

3.7 Design modular na perspectiva de diversos autores

Algumas das abordagens ao design modular, feita por diversos autores, valorizam mais as vantagens para os utilizadores, outras, os benefícios industriais. Segundo Grady (1999: p. 3), a concepção modular envolve a construção/montagem de um produto por um conjunto de módulos. Cada módulo pode ser extremamente complexo internamente, mas exteriormente deve possuir um conjunto de características que definam uma interface que lhes permite uma ligação com outros módulos. Com a montagem de produtos através de módulos em diferentes combinações, uma empresa pode usar o design modular para produzir uma ampla variedade de produtos em curtos espaços de tempo.

Para Ulrich e Eppinger (2000: p. 184), a característica mais importante da arquitectura do produto é o poder que ela tem de ser modular. Uma arquitectura é considerada modular quando cada elemento funcional do produto é exercido por um único módulo físico onde existem e estão definidas as interações entre os diferentes módulos. Este tipo de arquitectura permite que seja alterado ou modificado um dos módulos sem que seja necessário alterar outros para que o produto funcione perfeitamente. Com este tipo de arquitectura os módulos podem ser também desenvolvidos e construídos independentemente uns dos outros.

Pine II (1993: p. 196) refere que o design modular, pela utilização de componentes modulares que podem ser configurados numa grande variedade de produtos e de serviços, é o melhor método para alcançar a fabricação personalizada minimizando custos enquanto se maximiza a personalização de produtos no sentido de alcançar necessidades

específicas dos utilizadores.

Para Otto e Wood (2001: p. 361), os produtos modulares podem ser definidos como artefactos, estruturas de componentes que realizam uma função global pela combinação de distintos blocos ou módulos. Se o conceito modular do produto fizer parte do design conceptual desse mesmo produto, novas aplicações para os componentes desse produto podem ser observadas com objectivo de serem integradas em outros produtos, reduzindo assim os custos e o tempo de desenvolvimento do produto.

Com Kamrani e Salhieh (2000: p. 19), a concepção modular é considerada uma técnica de design que pode ser usada para conceber produtos complexos usando componentes similares. Os componentes usados no produto modular devem possuir características que os permitam ligar entre eles para formar o produto.

O design modular é assim visto como o processo de produzir unidades que executam funções discretas mas que interligados adquirem propriedades que as levam a executar uma variedade de funções importantes. A relação funcional entre os componentes é minimizada, o que faz que possam ser concebidos e produzidos independentemente. Na prática, cada componente desenvolvido para integrar um design modular suportará um ou um conjunto mínimo de funções secundárias. Quando inseridos no sistema estruturante do produto, todos os componentes contribuem para a realização das funções principais. Desta forma, a análise da função principal e a decomposição dessa em funções secundárias é de grande importância e contribui desde as fases iniciais do desenvolvimento do produto para a definição dos diferentes módulos funcionais.

O design modular, ao permitir alterar componentes de um sistema, sem ter que o refazer na sua totalidade, torna os sistemas modulares flexíveis, adaptáveis e capazes de evoluir. Isto cria novas oportunidades para os designers inovarem e competirem no campo do design industrial.

3.8 A complexidade no design modular

O conceito modular é associado à complexidade dos produtos nas mais diversas áreas. O design modular ao permite falar de uma estrutura constituída por um conjunto de módulos interdependentes internamente e dependentes externamente sugere que a complexidade pode ser mais facilmente gerida. De facto, o produto modular está dependente da conectividade que os módulos estabelecem internamente entre si, e beneficia da independência e da autonomia que cada módulo tem, por exemplo, na sua concepção ou produção.

Para Ericsson e Erixon (1999: p. 17), a concepção modular permite gerir a complexidade

da arquitectura do produto. Ou seja, se conseguirmos dividir uma estrutura complexa em pequenas e maneáveis unidades, conseguiremos controlar melhor o processo de design e as actividades da sua produção. A complexidade dum sistema pode ser mais facilmente gerida se esse sistema for dividido em partes menores e em que cada uma terá uma atenção particular.

É conveniente diferenciar os termos complexo e complicado. Analisemos as suas definições. Apesar de os dois termos serem idênticos, convém, para o nosso objecto de estudo definir essa diferença. Diz-se *complexo*, aquilo que abrange ou encerra muitas coisas ou ideias; [...] diz-se dos números que representam unidades diferentes que têm entre si razões conhecidas mas não decimais; [...] conjunto de coisas, factos, circunstâncias que têm certa relação entre si; [...] (Dicionário da Língua Portuguesa, 1999: p.372). Como a definição deixa transparecer, existe um conjunto de coisas que estabelecem relações entre si. Coisas e relações são dois factores importantes para a compreensão da concepção modular que podem ser substituídos respectivamente por módulos e interfaces. Ao termo complicado corresponde palavras como enredado, embaraçado, difícil, entrelaçado e incompatível, o que pressupõe uma maior complexidade entre as coisas e até mesmo um impossível reconhecimento de relações entre elas, adivinhando-se complexas e dependentes. Resumidamente, podemos dizer que “um produto é complicado quando os elementos que o compõem pertencem a numerosas classes diferentes; é complexo se contém um grande número de elementos reagrupáveis mas em poucas classes”. (Munari, 1981: p. 48,). Por outro lado, Dorfles (1972: p. 130) divide complexidade em funcional e estrutural associando a cada uma, respectivamente, o número de operações que se podem realizar com um objecto e o número de componentes usados e reunidos para a construção do mesmo. Assim, podemos dizer que o design modular é aplicado no desenvolvimento de produtos complexos que se podem dividir em conjuntos de elementos funcionais idênticos, possuindo estes conjuntos características que permitem que se liguem e estabeleçam relações entre si.

3.9 Design Modular e Flexibilidade

Os produtos, as empresas e os mercados tiveram comportamentos diferentes ao longo dos séculos fazendo uso de sistemas de produção diferenciados. Na produção em massa, os produtos são standardizados, pouco flexíveis e mantêm os mesmos padrões por muito tempo. No outro extremo está a produção artesanal que oferece flexibilidade e variedade ilimitada, mas encerra em si outro tipo de limitações. No meio encontra-se a fabricação personalizada. Este sistema de produção faz uso da flexibilidade (destreza, agilidade, maleabilidade, etc) do design modular, que pela sua capacidade de mudança e actualização, conseguida através de combinações diferenciadas de módulos, surge como um meio pelo qual o produto se torna flexível e de fácil personalização.

Dentro de uma empresa, uma linha de produtos¹ é considerada mais ou menos flexível consoante o número de opções que o design do produto oferece. A flexibilidade do design do produto depende de variáveis como a complexidade do produto, a frequência com que é produzido, o tempo de desenvolvimento e o ciclo de vida do produto.

3.10 O Design Modular Aplicado

A aplicação de conceitos modulares na resolução de problemas de design exigirá do designer e de todos os intervenientes no processo de desenvolvimento do produto (engenheiros, técnicos de marketing, gestores, etc) um forte empenhamento na compreensão e avaliação do problema para que a solução encontrada seja a mais adequada. Poderá ser uma solução provisória, definitiva, comercial, duradoura ou efémera, mutável, versátil, tecnicamente sofisticada ou simples e económica. A opção por uma determinada solução está dependente de vários factores como funcionais, estéticos, ergonómicos, de manutenção, económicos, ambientais, de produção ou de mercado, que condicionam o próprio design e determinam a aplicação de soluções modulares ou integrais.

Segundo Kamrani e Salhie (2000: p.19-21) o conceito modular pode ser aplicado em três áreas distintas: no design de produtos; nos problemas de design; e nos sistemas de produção. Apesar do objecto de estudo neste trabalho contemplar o produto modular, achamos por bem analisar estes três tipos de concepção modular não só pela sua abordagem ao design modular mas, principalmente, pela sua ligação ao produto. Vejamos resumidamente em que se traduz a aplicação do conceito modular nestas três áreas.

3.10.1 O conceito modular aplicado no design de produtos

A aplicação do conceito modular no design de produtos traduz-se pela divisão do produto em módulos ou componentes com funções específicas que ligados constituem o produto e permitem que ele execute a sua função principal. Estes módulos, quando interligados, contribuem para que o produto execute a função principal, ou funções secundárias, para o qual foi desenvolvido. A concepção modular só é possível em produtos em que a função possa ser dividida em funções secundárias realizáveis por distintos módulos. Este tipo de design permite várias versões de produtos pertencentes à uma mesma linha. Estas versões podem-se diferenciar, por exemplo, pelo seu desempenho e uso. É o caso dos PC's que pela sua composição modular podem ser apresentados em variadas versões.

¹ O conjunto de produtos fabricados por uma empresa pode ser dividido em gamas que podem ser definidas em torno de uma mesma tecnologia, de um mesmo negócio, de um mercado ou de um segmento de mercado. Uma gama é composta por um número de produtos ou serviços que se podem reagrupar em diversos tipos ou linhas de produtos. Cada linha é composta por vários modelos geralmente desenvolvidos a partir de um produto base. A largura de uma gama mede-se pelo número das suas linhas de produtos. A profundidade de uma linha corresponde ao número de produtos que comporta. (Lendrevie *et al.*, 1996: p. 212)

Diferentes tipos de módulos como o processador, o disco rígido, as unidades de memória RAM, o Cd-Rom, a placa gráfica, etc., podem ser aplicados consoante a sua capacidade ou o seu desempenho, formando produtos diferenciados. O mesmo CPU pode ser adquirido com diferentes configurações de acordo com as exigências e os requisitos do utilizador.

3.10.2 O conceito modular aplicado aos problemas de design

O conceito modular aplicado aos problemas de design¹ tem por objectivo a decomposição do problema principal em sub-problemas funcionais nos quais a interacção ou interdependência entre os sub-problemas é minimizada. Assim, uma mudança na solução de um sub-problema deverá conduzir a uma pequena modificação ou a nenhum efeito sobre outros sub-problemas. Embora esta divisão possa resultar em sub-problemas dependentes uns dos outros (o que resultaria num projecto não modular), torna-se evidente que esta operação, permite identificar os mais pequenos problemas tornando, assim, o conjunto de sub-problemas mais fáceis de gerir, facilitando a resolução do problema principal. O passo seguinte, que levará ao projecto, consiste em reunir as partes solucionadas compondo-as de forma coerente de acordo com as características funcionais de cada uma e da forma como se relacionam entre si.

3.10.3 O conceito modular aplicado aos sistemas de produção

A aplicação do conceito modular em sistemas de produção tem como objectivo uniformizar o sistema utilizando máquinas estandardizadas. Na realidade, o que se verifica é que devido a uma larga e variada exigência de produção, fez com que se introduzisse uma multiplicidade de máquinas de características diversas impedindo um padrão de maquinaria modular que facilite a sua inclusão num sistema de produção já montado sem com isso provocar grandes alterações ou custos. Para que possa ser construído um sistema de produção modular, as máquinas deveriam estar classificadas por grupos funcionais que serviriam as várias soluções. Neste caso, a selecção do sistema modular era feita para responder a diferentes requisitos e exigências de produção.

De acordo com Kamrani e Salhieh (2000), é preferível a aplicação do conceito modular simultaneamente às três áreas, ou seja, usando um processo de concepção modular para desenvolver produtos modulares, produzidos por um sistema ou um processo de fabricação também ele modular.

¹ Ver Munari (1981: p.23-50), que sobre a lógica das operações necessárias ao método de projectar, define o problema de design, referindo os sectores onde se encontram esses problemas e analisando o problema sob o ponto de vista da solução.

3.10.4 O conceito modular aplicado à equipa de design

O conceito modular aplica-se a vários campos do sector industrial como parece acontecer com as equipas de trabalho responsáveis pelo desenvolvimento de novos produtos ou pela melhoria de produtos existentes numa empresa. O trabalho de projecto é considerado desde início como trabalho de uma equipa de profissionais e não unicamente de um indivíduo. Para este fim, sobretudo nos projectos de grande complexidade, são reunidos vários grupos de profissionais com o objectivo de estudar, projectar e avaliar. Estes grupos, distintos e independentes de acordo com a sua área de actividade, participam desde as fases iniciais do projecto, contribuindo com os seus pareceres e avaliação. Liderada por um coordenador, esta equipa muda à medida que o processo vai avançando, sendo os grupos de profissionais substituídos por outros com conhecimentos necessários ao desenrolar da fase do momento. A equipa pode incluir consultores externos à empresa. (Araújo, 1995: p. 38). Se fizermos uma analogia deste método de trabalho com o design modular podemos considerar os grupos como os módulos que formam a equipa e que através da sua actividade contribuem, em cada fase do projecto, para que a equipa funcione e execute a sua função principal. A estrutura funcional desta equipa torna-se assim versátil e flexível, de composição variável, podendo ser reestruturada (por exemplo actualizada ou aumentada) em cada fase de projecto.

3.10.5 O conceito modular aplicado ao Homem ou o Homem Modular

O tema da *concepção modular* é abordado por Toffler (1970: p. 98-102) dentro do contexto das relações interpessoais que acontecem em sociedade urbana diferenciando *relações modulares* de *relações totais*, analogamente à *concepção modular* e *concepção integral* aplicada ao produto. Nas cidades, o grau de conhecimento que se estabelece entre indivíduos vizinhos é menor do que o mesmo em pequenas localidades ou comunidades que pode chegar a relações íntimas e pessoais. O que à primeira vista podia parecer negativo, segundo o mesmo autor, não o é de facto. Se este nível de conhecimento fosse um objectivo a atingir pelas pessoas que habitam os grandes centros urbanos, levaria certamente os indivíduos a estados de desequilíbrios emocionais e psicológicos. As relações que se estabelecem entre indivíduos são consideradas relações de natureza *fragmentada*, designadas assim pelo facto de, na grande maioria, só nos interessarmos por fragmentos superficiais da personalidade de cada indivíduo que conhecemos. A relação que temos, por exemplo, com o sapateiro, é uma relação de características funcionais (carácter profissional). Solicitamos -lhe um serviço e esperamos que ele o execute segundo as nossas expectativas, estabelecendo com ele relações de *participação limitada* que se resumem àquelas que têm a ver directamente com a sua actividade profissional, ou seja, não estamos interessados nas suas esperanças, sonhos ou frustrações. O tipo de relação que se estabelece não impede que este tipo de indivíduo seja substituído

facilmente por outro equivalente, sem que isso traga algum tipo de ressentimento. Em suma, aplica-se o princípio modular às relações humanas, em vez de lidarmos com o Homem no seu todo, escolhemos um módulo da sua personalidade e só nele concentramos o nosso interesse. A personalidade do Homem pode ser então vista como um conjunto de módulos configurados de forma individual. No caso do sapateiro, estabelecem-se relações com os módulos, associados à sua actividade profissional e não com todos, o que a acontecer nos levaria a querer a sua amizade, a compartilhar os seus gostos pessoais, a perceber os seus ódios ou a querer compreender as suas emoções.

Este relacionamento é facilitado pelas normas e regras estabelecidas pela nossa sociedade e compreendidas pelos indivíduos que lhes pertencem, que consciente ou inconscientemente condicionam naturalmente a forma dos comportamentos e de comunicação nas relações humanas. O desvio à norma solicita outros módulos que não estão por princípio disponíveis, trazendo com isso dificuldades de relacionamentos.

Nas relações modulares, contrariamente às relações totais, as exigências são estritamente limitadas, ou seja, exigimos simplesmente que o módulo pessoal com que nos ligamos execute bem a sua função. Ao mesmo tempo que não temos interesse em outros módulos da personalidade do indivíduo, também não esperamos que ele acredite, por exemplo, nas nossas ideologias políticas e religiosas, ou partilhe dos mesmos gostos. Em oposição, as relações totais tendem para o conhecimento através de o maior número possível de módulos. "Quanto mais estreitas e totais forem as relações, maior será, por assim dizer, o número de módulos que entram em jogo e maiores serão as nossas exigências." (Tofler, 1970: p. 101).

3.11 Vantagens do design modular

A concepção modular de produtos e sistemas possibilita aos produtores uma gama variada de produtos, que lhes permite responder rapidamente às mudanças, desejos e necessidades dos consumidores. O design modular, confere a designers, engenheiros e gestores, a possibilidade de projectar as funções, a funcionalidade ou a forma dos objectos em módulos independentes. Esta independência poderá dar origem a um maior número de inovações no projecto, pois podem-se criar e testar diferentes soluções de módulos sem a necessidade de alterar a restante estrutura, devendo somente respeitar as interfaces do sistema. Devido à independência que os componentes de sistema modular adquirem, as empresa fornecedoras de módulos vêm a sua actuação, no processo de desenvolvimento de produtos modulares, facilitada podendo, por exemplo, especializar-se em determinados módulos funcionais como acontece nas empresas fornecedoras de componentes para computadores. A figura 8 apresenta o computador da Macintosh, modelo Duplo G4, que de acordo com a crítica (ver revista MacGuia de Novembro de 2002) vale a pena dedicarmos algumas frases, dada as referências às características de

concepção modular e suas vantagens.

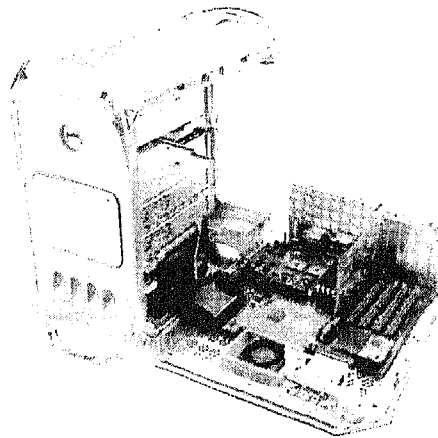


Figura 8 – Macintosh Duplo G4

A qualidade de construção e montagem deste computador é considerada elevada e nada comparável, segundo a revista, à maioria dos computadores actuais que no seu interior “[...] parecem um amontoado de componentes montados de forma aparentemente caótica numa placa de circuito impresso”. Nesta máquina, todos os cabos têm suporte no chassi para que não fiquem à solta dentro da caixa, os espaços para as drives são pequenas caixas que permitem retirar todo o conjunto, de forma a que a montagem de uma drive extra seja feita fora da caixa principal e com bastante mais conforto do que estar a fazer *ginástica* para enfiar um disco para dentro de uma caixa que já se encontra mais ou menos superlotada. O lado direito abre (como se vê na imagem) deixando exposta toda a “motherboard”, permitindo assim a montagem ou a desmontagem rápida de componentes modulares, como placas de expansão ou memória. Outras das vantagens do sistema modular dos computadores, e deste modelo em particular, é a possibilidade de receber componentes de PC e não (como anteriormente) unicamente componentes Mac. Uma clara vantagem para o utilizador, já que os componentes para PC são uma fracção do preço dos exclusivamente para Mac. É assim possível ao consumidor adquirir este modelo com uma configuração base (mais económica) e ir acrescentando material à medida das suas necessidades e disponibilidade financeira, ou seja, personalizar o seu computador.

Para Pine II (1993: p.196), o design modular é o melhor método para se conseguir produzir produtos personalizados, ou seja, pela fabricação personalizada, minimizando custos e maximizando a individualidade do produto. Através da utilização de componentes modulares, uma empresa facilmente configura uma variedade larga de produtos, ou serviços, com a possibilidade de utilizar os mesmos componentes em diversos sistemas.

Vejamos de seguida as vantagens do design modular segundo Kamrani e Salhie (2000:

Redução do tempo de desenvolvimento do produto

A aplicação de concepção modular no design do produto faz com que o produto seja repartido em unidades ou módulos funcionais independentes que ao ligarem-se, através de interfaces conhecidas, formam o produto. A divisão da complexidade do produto em módulos independentes permite que estes sejam desenvolvidos e construídos simultaneamente (desde que as interfaces sejam conhecidas de todos), o que potencia uma redução no tempo de desenvolvimento do produto.

Para Anderson (1997: p. 267), o design modular pode minimizar o risco da utilização de tecnologias novas e não experimentadas, localizando essas tecnologias num módulo "easy-to-replace" (fácil para substituir). Se surgirem problemas, esse módulo pode ser rapidamente acedido para arranjo ou substituição sendo o tempo para essa operação reduzido.

Actualização do produto

Uma estratégia de design modular pode ser orientada para a fácil actualização, minimizando o impacto do módulo obsoleto de certas partes e tecnologias no produto. A possibilidade de renovar o produto através da troca de alguns módulos pode ser dada ao utilizador, ao vendedor ou somente ao fabricante. O fabricante pode apresentar nalguns módulos novos atributos ou tecnologias o que lhe permite gerir e controlar uma verdadeira actualização (Anderson, 1997: p. 267). O conjunto de módulos que compõem o produto modular confere ao mesmo todas as funcionalidades e capacidades esperadas pelo utilizador no momento da aquisição. No entanto, com a evolução das tecnologias alguns componentes podem ficar desactualizados. A concepção modular, tendo presente que, a cada módulo é associada uma função independente, possibilita a melhoria ou actualização do produto de acordo com as exigências do utilizador, bastando para isso a substituição dos módulos. Desta forma, o produto renova as suas qualidades podendo mesmo adquirir novas funções.

Amortização dos custos do produto

Os componentes modulares podem ser usados em várias linhas de produtos, o que significa que o volume de produção de cada módulo é alto. Isto permitirá que a amortização dos custos de desenvolvimento seja feita através de um grande número de produtos.

Qualidade do produto final

O design modular permite que os vários módulos sejam produzidos de forma independente e em simultâneo. Assim, a eficiência dos módulos, poderá ser testada separadamente antes de serem integrados no produto modular. O controlo de qualidade é repartido pelos vários componentes, garantindo uma percentagem maior na qualidade do produto final.

Estandardização dos componentes

O design modular promove a estandardização dos componentes e interfaces. Com isso, reduz os riscos de mau funcionamento que possam advir da interação dos componentes com o resto do produto ou com outros produtos.

Redução no tempo de entrega do produto

O tempo entre a ordem de encomenda até à entrega do produto é reduzido. O uso de uma abordagem modular no design do produto facilita a construção de várias hipóteses de produto. O produto modular pode ser composto por combinação de componentes estandardizados e/ou componentes personalizados (feitos por encomenda). Esta combinação poderá existir numa base de componentes estandardizados à qual se adiciona componentes personalizados. No entanto, o produto modular pode ser só uma combinação de componentes estandardizados. O arranjo destes produtos é feito com a integração de vários módulos estandardizados em várias combinações possíveis para melhor corresponder aos requisitos do utilizador.

Segundo Ericsson e Erixon, (1999: p. 17-18) o desenvolvimento de produtos utilizando o design modular gera efeitos positivos na gama de produtos ou nos produtos e apresenta as seguintes vantagens:

Maior flexibilidade

As mudanças nos produtos, devido a alterações tecnológicas ou por exigência dos mercados, podem ser feitas mais rapidamente, desde que essas mudanças só tenham reflexo em algumas partes do produto.

Desenvolvimento simultâneo do produto e do sistema de produção

Sendo o produto constituído por módulos independentes, todo o trabalho de planificação do produto feito no seu desenvolvimento pode ser usado depois na produção.

Redução no tempo de produção

A independência dos módulos permite que sejam produzidos ao mesmo tempo, ao contrário do outro tipo de produto que é produzido sequencialmente.

Redução de custos

A redução do número de partes e a concentração das funções em módulos pode reduzir os gastos, já que esses módulos podem ser utilizados em variadas estruturas.

3.12 Potenciais Desvantagens do design modular

Semelhança entre Produtos Modulares

Como vimos, uma das vantagens do design modular é a partilha de módulos que este tipo de concepção possibilita entre produtos da mesma linha ou de linhas diferentes. Os módulos podem ser utilizados em mais do que um produto da mesma empresa ou até mesmo ser cedidos para a utilização em produtos de outras empresas, ao abrigo de acordos que têm em vista a redução de custos de desenvolvimento e experimentação como acontece com a indústria automóvel. O problema é que, devido a esse facto, os produtos podem parecer muito semelhantes aos olhos dos consumidores.

A empresa fabricante de automóveis General Motors, é referenciada por Pine II (1993: p. 212), como tendo sido, nos anos setenta, uma empresa muito criticada precisamente por partilhar muitos componentes entre modelos, fazendo com que esses modelos adquirissem demasiadas semelhanças notadas pelos consumidores. Esta prática tem sido experimentada mais ou menos por todos os fabricantes de automóveis. Segundo o mesmo autor, enquanto as empresas americanas parecem insistir em partilhar alguns aspectos mais básicos do design automóvel, os fabricantes japoneses optam por criar maiores opções, nos componentes que mais individualizam os produtos, criando estilos e modas diferentes, adequadas a muitos tipos de clientes.

Facilidade de cópia dos componentes

Uma das características principais do design modular é a possibilidade de reutilização dos mesmos componentes em combinações diferentes devido à facilidade de montagem/desmontagem e manobrabilidade dos módulos pela sua concentração de funções. E, se isto traz vantagens evidentes para as empresa e para os clientes, também torna o design modular mais vulnerável a cópias, por empresas concorrentes, em comparação com o design integral de produto.

Aumento dos Custos Iniciais

Talvez a maior desvantagem da concepção modular é que as fases iniciais do processo podem ser mais difíceis e demoradas. As fases iniciais, do processo de desenvolvimento de um produto de características modulares, obrigam a um esforço suplementar em tempo e consequentemente em custo quando comparado com o desenvolvimento do produto convencional. Como refere Otto e Wood (2001: p. 361) "[...]a actividade inicial de design de produto tenderá a sofrer quando a equipa de design for obrigada a reduzir a velocidade de desenvolvimento para projectar um primeiro produto que possa compatibilizar com produtos subsequentes." É nestas fases que tem de ser definido o tipo e o número de módulos que vão constituir o produto bem como determinar a arquitectura do produto, ou seja, como se vão organizar todos os componentes num produto e numa linha de produtos. Apesar disso, todo este trabalho tende a ser compensado quando o design modular passa à fase operacional utilizando todas as suas potencialidades, de jogo, configuração ou substituição de módulos funcionais. "A concepção modular conduzirá provavelmente e, no final das contas, a poupanças significativas nos custos de produção, além dos outros benefícios, como redução de tempos de entrega, maior variedade de produto e menor custo do produto"(Grady, 1999: p. 102).

4 Produto Modular

4.1 Introdução

Produtos modulares são definidos como máquinas, sistemas, ou componentes que realizam uma função global através da combinação de distintos blocos ou módulos (Otto e Wood, 2001: p. 361). A concepção modular é baseada na montagem de produtos a partir de um número predeterminado de módulos e permite a produção de diferentes produtos pela combinação de diferentes módulos. Uma concepção do tipo modular opera determinando os tipos de módulos que podem ser reunidos para formar vários produtos diferentes reunidos em famílias (Grady, 1999: p. 18)

A concepção modular possibilita a criação de uma família variada de produtos para que com ela se possa, por exemplo, responder rapidamente às necessidades diferenciadas dos consumidores. Os diferentes arranjos físicos e funcionais que se podem conceber, através de variadas combinações de componentes modulares, permitem criar produtos adaptáveis a diferentes requisitos exigidos por diferentes utilizadores. A figura 9 mostra resumidamente um diagrama de produção do produto modular (Grady, 1999, p. 19).

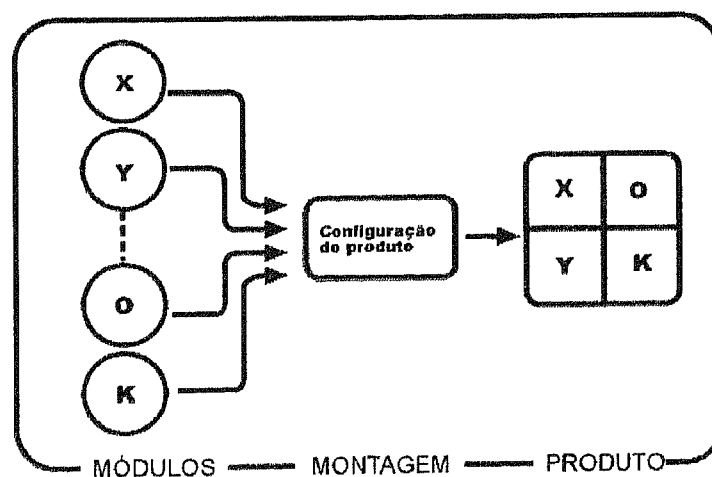


Figura 9 – Produção do produto modular

Outra característica importante do produto modular relaciona-se com o facto de os componentes modulares poderem ser projectados independentemente uns dos outros. Devido a esta independência, fazer inovações no produto pode ser facilitado com a introdução de um novo módulo que permita, por exemplo, novas soluções funcionais. O mesmo pode acontecer com soluções estéticas. Esta independência que a estrutura do produto modular adquire permite, também, criar e testar diferentes soluções funcionais,

desde que os módulos respeitem algumas regras de construção como as interfaces do sistema.

Outro ponto a favor na concepção modular do produto relaciona-se com a maior facilidade em solucionar problemas. Ao surgir alguma anomalia num componente modular, este pode ser intervencionado sem que tal afecte os outros componentes.

Como veremos, a concepção modular requer que seja definida uma arquitectura do produto que por sua vez ajuda a definir a estrutura básica de uma família de produtos (Grady 1999: p. 18). Sobre esta arquitectura são definidos os tipos e a quantidade de módulos iniciais que poderão integrar esse produto bem como as interfaces que irão permitir e facilitar a ligação entre módulos ou a estrutura principal (plataforma) de uma linha de produtos.

As empresas fornecedoras de produtos modulares podem realizar todo o processo, desenvolvendo os módulos e montando o produto ou podem montar o produto com módulos desenvolvidos e produzidos por outras empresas como acontece por exemplo com algumas empresas que montam computadores.

4.2 Desenvolvimento do produto modular

Como vimos, o produto modular caracteriza-se por se poder montar com diferentes módulos, autónomos, desenvolvidos de forma independente, que conferem ao produto uma grande variedade e versatilidade. Mas, para tal, o desenvolvimento deste tipo de produtos implica que sejam pensados desde início do processo de design como sendo estruturalmente modular, tanto no que diz respeito à construção como ao funcionamento. Grady (1999: p. 93) divide o processo de design do produto modular em três fases:

- *Fase de definição da arquitectura do produto;*
- *Fase de concepção e desenvolvimento do módulo;*
- *Fase de montagem do produto.*

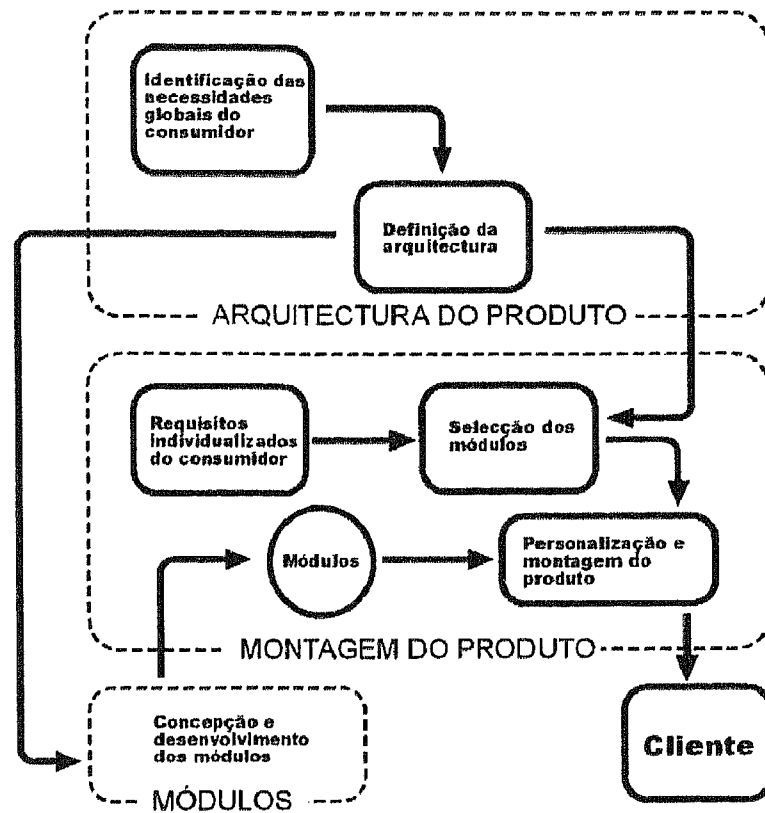


Figura 10 - Design do produto modular (Grady, 1999: p. 94)

Como podemos ver na figura 10, em cada fase do desenvolvimento do produto modular há lugar a determinadas actividades. Tal como num processo convencional de desenvolvimento de produto, o mesmo do produto modular desencadeia-se com base na informação inicialmente recolhida sobre os requisitos e exigências dos potenciais consumidores/utilizadores que se resumem, em grande parte, numa oportunidade de mercado para a empresa. Estes elementos são objecto de análise por parte do designer e da equipa de desenvolvimento do produto que se encarrega de os "transformar" em requisitos do produto. Isto significa, por exemplo, atribuir funções ao produto, dividi-lo em componentes e partes e determinar a sua arquitectura. O processo que conduz à concepção dos módulos e da arquitectura do produto modular é levado a cabo desde o início do desenvolvimento sendo os componentes e sistemas refinados no decorrer do processo (Grady 1999: p. 93).

Da fase de concepção e desenvolvimento dos módulos resultará um conjunto de componentes modulares, com determinadas características físicas e funcionais, disponíveis para montar uma variedade de produtos que poderão formar famílias de produtos. Estes módulos podem ser desenvolvidos pela empresa que monta o produto ou podem ser adquiridos a outras empresas. Tal é possível devido, sobretudo, à autonomia que é definida nas fases iniciais do projecto para cada parte ou módulo, ao qual é atribuída uma função específica. Ou seja, cada módulo adquire uma determinada

importância no conjunto dos componentes, encerrando em si próprio os mecanismos de funcionamento e possuindo interfaces que permitem que seja montado/ligado para trabalhar, conjuntamente com outros, na estrutura definida para o produto.

Nem todas as fases de desenvolvimento do produto modular têm o mesmo grau de exigência. A fase de definição da arquitectura e a fase de concepção e desenvolvimento dos módulos só acontecem uma vez no começo do processo, o que dizer que só a fase de montagem do produto é realizada varias vezes e isto deve-se à capacidade que o produto modular adquire para responder a uma procura individualizada por parte dos utilizadores. Assim, no desenvolvimento do produto modular e segundo Grady (1999: p. 95), as duas primeiras fases são consideradas decisivas para o design do produto modular e para a definição da sua versatilidade e variedade. Podemos considerar que são fases com princípio, meio e fim.

A fase de construção ou montagem do produto é uma fase dinâmica e acontece repetidamente. Esta fase inicia-se com a encomenda de um produto com determinadas características. A seguir os módulos são seleccionados do conjunto de módulos predefinidos pela empresa (standardizados) resultado da sua fase de concepção em resposta aos requisitos/encomenda de um cliente. O produto modular pode assim ser configurado e montado de várias maneiras em resposta a vários requisitos. Este tipo de produtos ou sub-produtos permitem que uma empresa fique habilitada a produzir e fornecer uma determinada variedade do produto reduzindo com isso, por exemplo, o tempo de desenvolvimento e entrega de cada novo produto. A figura 11 mostra uma paleta plástica design de João Martins, que tem por função o transporte e armazenamento de cargas.

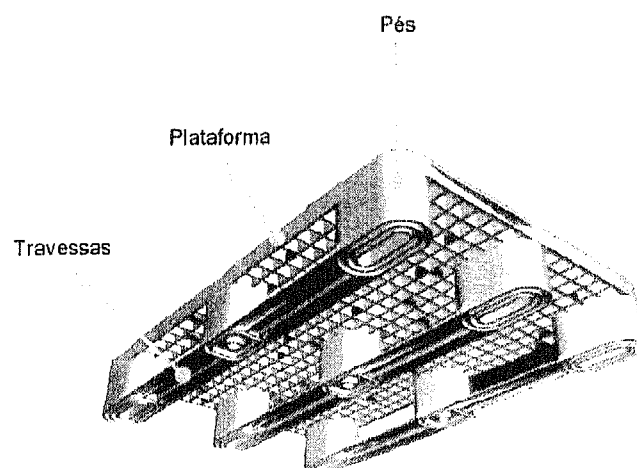


Figura 11 - **Paleta plástica “Domplex”** (Martins, 1998)

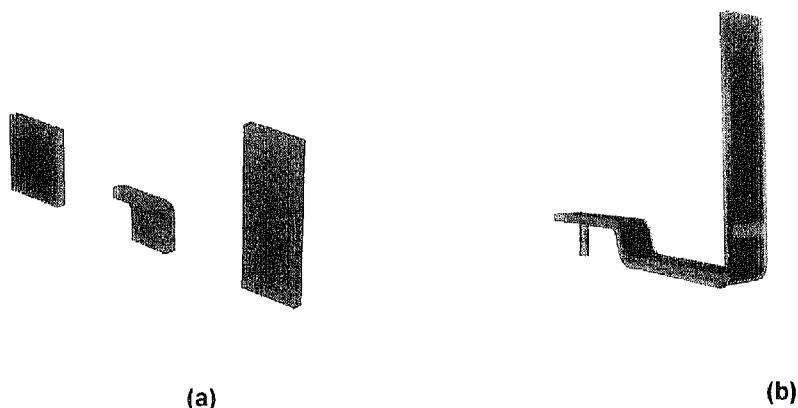
Este produto é constituído por uma plataforma base e por travessas de ligação. A montagem de diferentes módulos de travessa na plataforma confere ao produto mais ou

menos resistência ao suporte de cargas, tanto em transporte como no armazenamento em prateleira. Com esta possibilidade a empresa poderá responder a diferentes necessidades do mercado, que podem ir da paleta simples (plataforma com 4 pés) até à paleta mais resistente (plataforma montada com três travessas). Devido a esta concepção modular, a empresa poderia utilizar um número muito reduzido de moldes e partes de molde para produzir uma variedade de produtos, conseguindo assim produzir uma família de produtos sem um aumento significativo de custos.

4.3 Características dos módulos

Segundo Ericsson e Erixon (1999: p. xi), "um módulo, é simplesmente, um bloco de construção com interfaces definidas[...]". O mesmo é afirmado por Anderson (1997: p. 256), que acrescenta "[...]usualmente, módulos são blocos de construção que podem personalizar um produto pelas várias combinações que podem ser feitas na fase de montagem". Para Otto e Wood (2001: p. 361), "[...]os módulos de produto são definidos como sub estruturas físicas integrais que tem uma correspondência de um módulo para um subconjunto funcional". Baldwin e Clark (2000: p.63-64) afirmam, " [...] módulos são unidades estruturalmente independentes que funcionam em conjunto num mesmo sistema".

Ao oferecer produtos modulares, uma empresa tem a possibilidade de construir produtos através de uma abordagem idêntica à Lego. Utilizando um conjunto de blocos, novos produtos podem ser rapidamente configurados e construídos para satisfazer diferentes exigências. Esta adaptação do produto a diferentes necessidades acontece geralmente na fase de montagem do produto onde são escolhidos os módulos específicos de uma série existente. O conjunto de módulos e componentes modulares disponíveis para a construção de um produto ou uma família de produtos são definidos nas fases iniciais do design do produto. A figura 12 mostra o projecto "U.F.O.- Urban Furniture Oriented" – uma paragem de autocarros modular. (Aparo, 2001)



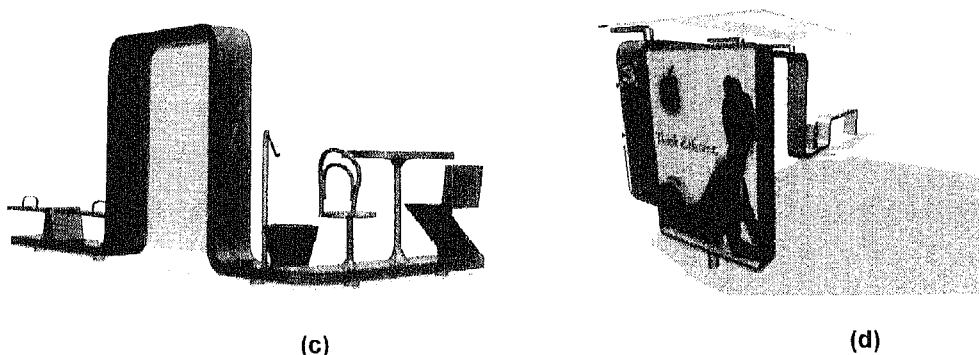


Figura 12 – Projecto UFO; (a) Módulos base; (b) Versão Simples; (c) Versão com módulos específicos; (d) Versão coberta.

Tirando vantagem da sua construção modular este produto pode ser montado em versões simples com os módulos base e em versões mais complexas utilizando para além dos módulos base, módulos específicos. Esta especificidade resulta do ambiente local onde é inserido este produto. A sua versatilidade funcional, estética e de relacionamento com os utilizadores (com módulos de informação multimédia) tem, para além dos objectivos funcionais, objectivos de adaptabilidade do produto à cidade e à sua comunidade reflectindo a essência local que a diferencia de outras gentes e locais. Este design pretende contrariar o cenário actual, em que encontramos o mesmo mobiliário fornecido pela mesma empresa em várias cidades do mundo exactamente com a mesma configuração.

A possibilidade de utilização futura dos módulos deve ser prevista nas fases iniciais de design. Ou seja, a versatilidade e adaptabilidade dos módulos deve encorajar a sua utilização em tantos produtos quanto possível, mesmo em produtos que não façam parte da família de produtos criada. A versatilidade, pode ser aumentada tendo em conta futuras utilizações sem aumentar adicionalmente muito o seu custo, por exemplo, fornecendo variadas possibilidades de fixação de componentes ou disponibilizando portas de ligação e de alimentação subsequentes, bem como outras capacidades de utilização (Anderson, 1997: p. 268). O caso dos computadores é disso exemplo. Geralmente permitem ao utilizador possibilidades futuras de expansão fornecendo ligações adicionais (interfaces) como por exemplo as exteriores para ligação de periféricos, ou interiores como os conectores de ligação de módulos de memória RAM. Uma excepção, ao que acabamos de afirmar, é o caso do iMac 17" da Apple que se apresenta na figura 16. Este computador é composto por uma calota esférica onde está o CPU e as ligações e por um ecrã de 17". Estes dois módulos estão ligados por uma haste articulada de metal que permite rodar e inclinar o ecrã.

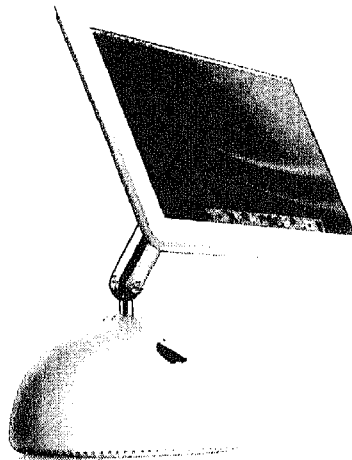


Figura 13 – Imac 17” da Apple

O CPU aloja todos os componentes base de um computador como o processador, a placa gráfica, a memória RAM, e o disco e gravador de DVD's. No entanto, a dificuldade de expansão é apontado como problema. Segundo a revista MacGuia (nº1, nov.02/jan.03, p. 21), "neste tipo de máquina, internamente apenas se pode adicionar memória, talvez trocar o disco, mas pouco mais – tudo o resto tem de ser adicionado externamente, o que encarece o custo de posse deste tipo de computadores".

Vejamos mais em pormenor que factores devem estar presentes na definição e concepção dos módulos.

4.3.1 Interfaces

A definição fundamental de um módulo passa pela atribuição da sua função, pela definição das restrições a que está sujeito, pelos seus atributos e pela definição da sua interface e dos mecanismos de interface. A interface de um módulo refere-se a maneira como o mesmo se pode ligar com outros módulos (Grady, 1999: pp.104-108). A figura 17 mostra esquematicamente essas ligações.

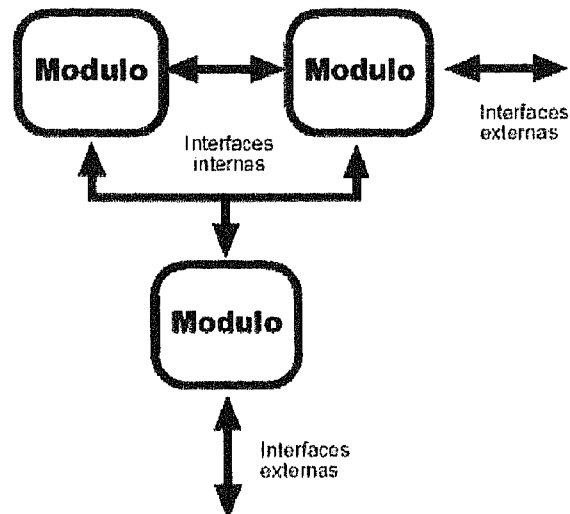


Figura 14 - Ligação dos módulos por interfaces (Grady, 1999: p. 150)

As interfaces dos módulos "hardware" devem permitir uma fácil montagem e desmontagem, enquanto que as interfaces de módulos software devem permitir uma fácil combinação com todas as variantes. Os módulos e as suas interfaces têm que obedecer a padrões para um correcto entendimento entre módulos. A alteração deste padrão estabelecido não pode resultar de uma simples melhoria de um módulo, a menos que a melhoria seja tão boa que justifique uma actualização de um módulo universal e a mudança desse padrão. No entanto, o impacto desta alteração tem que ser considerado em todos os projectos que usam ou planeiem usar esse módulo (Anderson, 1997: p. 269). A alteração das dimensões exteriores de um autorádio para veículo automóvel, por exemplo, só seria aceitável pelas razões acima apontadas. Mas, analisando o que se tem passado, com a mudança dos comandos do rádio para o volante, para mais perto e mais acessível ao condutor ou a mudança do painel de informações para o topo da consola central, que permite um desvio menor de olhar, talvez seja o princípio duma mudança mais profunda.

Segundo Grady (1999: p.104 e 110), os mecanismos de interface podem-se dividir em três categorias: *mecânicos*, *eléctricos*, e de *dados*. As *interfaces mecânicas* dizem respeito às características físicas do módulo como as dimensões, pontos de fixação, etc. As *interfaces eléctricas* dizem respeito ao tipo de alimentação eléctrica que necessita o módulo para funcionar como a voltagem, o tipo de corrente, etc. As *interfaces de dados* dizem respeito às interfaces que permitem a troca de dados.

Cada módulo pode ser definido por um ou mais tipos de mecanismos de interface. A tabela 1 mostra os mecanismos de interface de alguns produtos.

MÓDULOS	MECANISMOS DE INTERFACE
Lâmpada	<i>Mecanismos mecânicos</i> incluem o tipo de ligação (a ligação por rosca é usada na maioria dos países, enquanto a ligação por baioneta é usada em alguns países como o Reino Unido). <i>Mecanismos eléctricos</i> incluem a voltagem e potência necessária
Drive de disquetes	<i>Mecanismos mecânicos</i> incluem as dimensões exteriores, e a posição dos orifícios para aperto dos parafusos. <i>Mecanismos eléctricos</i> incluem a energia necessária e os conectores eléctricos <i>Mecanismos de dados</i> incluem o tipo de ligação de dados (SCSI por exemplo) o cabo de ligação, os canais de dados e a taxa de transferência de dados.
Módulo de software	<i>Mecanismos de dados</i> incluem o tipo de linguagem utilizada na partilha de informações

Tabela 1 - Exemplos de mecanismos de interfaces (Grady, 1999: p. 106)

As interfaces, ao permitirem a ligação entre módulos, contribuem para que o produto execute bem a sua função principal que está dependente não só das funções dos módulos mas também da sua actuação em conjunto. Por isso, as interfaces entre módulos devem ser compatíveis e devem permitir uma correcta ligação. Como o acto de ligar módulos faz parte do processo de montagem, as interfaces devem possibilitar ao operador/utilizador uma identificação clara, que tipo de módulo liga a outro módulo, para que não haja equívocos nas fases de montagem, manutenção ou substituição que possam provocar a danificação da mesma, impossibilitando a ligação do módulo ou mesmo danificando-o. A construção de produtos por módulos independentes ligados por interfaces é segundo Grady (1999, p.150) um método para montar rapidamente produtos, mesmo os mais complexos. Podemos acrescentar a esta conclusão a influência que este método tem na substituição, actualização, aumento ou redução de componentes modulares. A definição das interfaces assume assim grande importância no processo de desenvolvimento dos módulos.

4.3.2 Função do módulo

Cada módulo pode ter uma ou mais funções. Esta função encontra-se no módulo que a realiza através de sistemas internos. Estas funções contribuem, quando solicitadas, para a realização da função principal do produto do qual fazem parte. Como já vimos, cada módulo pode ser desenvolvido independentemente dos outros. Esta particularidade permite pensar o funcionamento de cada módulo de forma autónoma e assim garantir uma maior qualidade de desenvolvimento e produção já que, por exemplo, o funcionamento de cada módulo pode ser testado independentemente dos outros módulos ou do produto

onde vai ser integrado.

4.3.3 Restrições

Os módulos poderão ter restrições, que condicionam o seu correcto funcionamento. A identificação dessas restrições é importante na medida em que estas podem afectar o design do módulo ou a configuração do produto modular (selecção de determinado módulo para determinado produto). Algumas dessas restrições poderão estar relacionadas com a variação da temperatura, o nível de humidade, o limite de forças a que pode estar sujeito o módulo, as variações eléctricas, os níveis de oxidação, etc. As restrições para um "disk drive" por exemplo, incluem, a temperatura de funcionamento, o nível máximo de humidade para um funcionamento satisfatório, as forças que pode sofrer, as variações de voltagem permitidas e o nível mínimo de voltagem gerado pela fonte de energia (Grady, 1999: p.106). Para uma cadeira, algumas das restrições são por exemplo a temperatura de utilização, ou o peso máximo a que pode estar sujeita. Para um determinado software de computador os requisitos mínimos exigidos para que funcione correctamente relacionam-se, por exemplo, com a velocidade do processador, a memória RAM ou a capacidade do disco rígido, representando algumas das restrições.

4.3.4 Atributos

As características operacionais do módulo são referidas como atributos (Grady, 1999: p.105). Por exemplo, os atributos de uma lâmpada incluem a potência. Um dos atributos de um disco duro de computador inclui a capacidade de armazenamento. Numa cadeira estofada, por exemplo, estão incluídos o grau de estofa, o tecido de cobertura, a cor e a durabilidade do tecido. Num módulo de software um dos atributos é a velocidade de operação.

A tabela 2 mostra como o módulo de computador disco duro pode ser definido.

Mecanismos de interface	<i>Mecanismos mecânicos</i> incluem as dimensões exteriores e a posição dos orifícios para aperto dos parafusos. <i>Mecanismos eléctricos</i> incluem a energia necessária e os conectores eléctricos <i>Mecanismos de dados</i> incluem o tipo de ligação de dados (SCSI por exemplo) o cabo de ligação, os canais de dados e a taxa de transferência de dados.
Funções	Armazenamento de dados
Restrições	Temperatura máxima de funcionamento, nível máximo de humidade, máximas forças, voltagem e oscilações de energia admissíveis.
Atributos	Capacidade de armazenamento de dados, o tempo médio para ocorrência de falhas e a velocidade média de registo e leitura de dados.

Tabela 2 - Exemplo de especificação do módulo disco de computador (Grady, 1999, p.109)

4.3.5 Módulos “hard” e “soft”

Segundo Grady (1999, p. 19) existem pelo menos dois tipos de módulos: “hard” e “soft”. A designação de módulos “hard” provém da designação de produtos “hard”. Os produtos “hard” são considerados produtos que têm uma presença física e que são fáceis de visualizar. Os produtos modulares pertencentes a esta classe são construídos a partir de um conjunto de módulos “hard”. Como exemplo, podemos citar o mobiliário. A figura 15 mostra o sistema modular de mobiliário de escritório “eleven22” da empresa USM. Este sistema é composto por elementos individuais que podem ser combinados de acordo com a configuração pretendida e segundo as funções e funcionamento desejado.

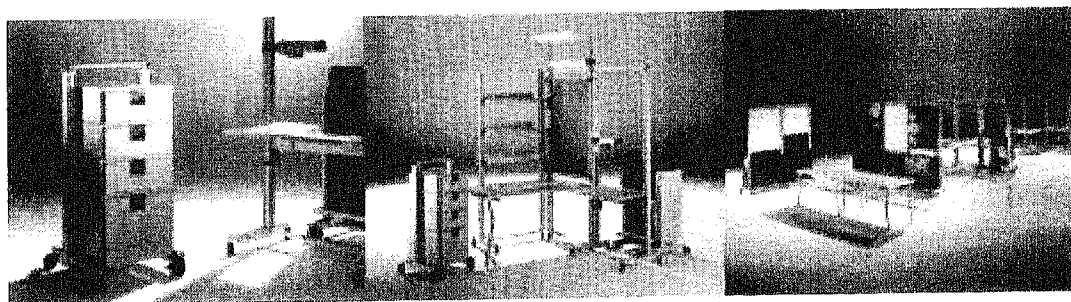


Figura 15 - Sistema modular “eleven22” da USM (Página www.usm.com)

O conceito fundamental deste sistema apoia-se na estrutura vertical tipo “frame” na qual as superfícies de trabalho, como prateleiras, tampos de mesa ou divisórias são montadas. Segundo a empresa, a concepção modular do sistema “eleven22” permite criar um escritório adaptável, capaz dar resposta a todas as exigências de trabalho. Devido às

inúmeras possibilidades de configuração, este sistema permite também uma contínua transformação do espaço de trabalho.

Os módulos “soft” são considerados módulos em que existe uma presença física muito limitada (Grady, 1999: p. 20). Como exemplo deste tipo de módulos pode-se citar o software de computador, os produtos financeiros, os seguros, as relações com os clientes e os serviços. Da mesma forma que os produtos “hard” são construídos a partir de módulos “hard”, os produtos “soft” utilizam na sua construção um conjunto de módulos “soft”. O sistema operativo Microsoft Windows CE é construído por vários módulos “soft” que podem ser montados e podem ser configurados para dar uma aplicação particular. Isto permite que esse sistema operativo possa ser usado numa variedade larga de produtos, incluindo computadores de bolso, caixas registadoras ou telefones inteligentes (Grady, 1999: p. 20).

Os produtos também podem ser compostos por ambos os tipos de módulos, sendo nestes casos designados por produtos “mixed”. Os produtos “mixed” são produtos que combinam os dois tipos de mecanismos, uns mais físicos, outros menos, como os informáticos para desempenharem a sua função principal. Por exemplo, um sistema de travagem de automóvel era no passado geralmente um dispositivo mecânico. Com a integração do ABS, do sistema de travagem ficou a fazer parte um processador de computador, memória e software. Este tipo de produto é composto por módulos “hard” representados pelos componentes físicos e por módulos “soft” representado pela aplicação informática que permite a gestão do sistema de antibloqueio de travagem (Grady, 1999: p. 20).

A figura 16 apresenta um esquema simplificado de um telefone celular em que se podem distinguir os dois tipos de módulos apresentados anteriormente.

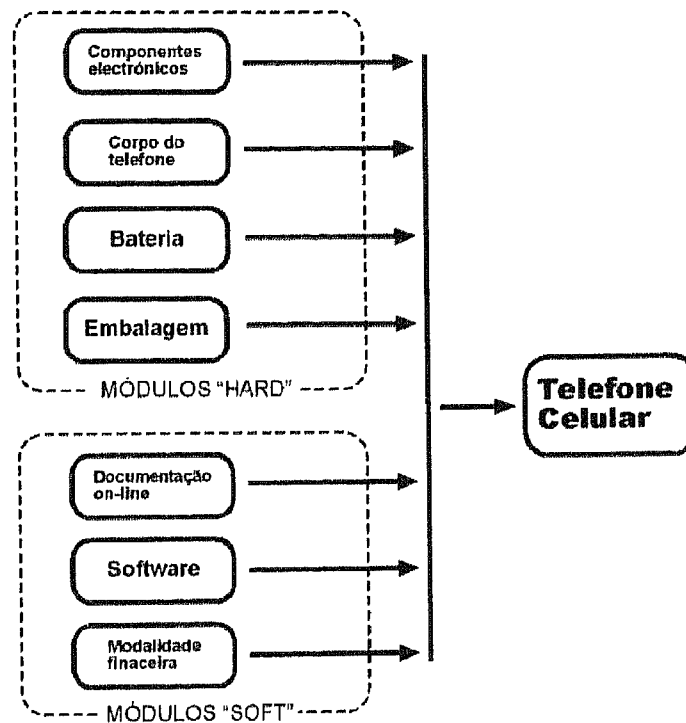


Figura 16 - **Distribuição modular de um Telefone Celular** (Grady, 1999: p. 21)

Neste caso, temos como módulos "hard" os componentes electrónicos, o corpo do telefone, a bateria e a embalagem. Como módulos "soft" temos a documentação on-line, o software e o tarifário. Os tipos de módulos apresentados são combinados dando origem à arquitectura de um telefone celular. Cada tipo de módulo apresenta um número de variantes disponíveis. Por exemplo, existem baterias de mais ou menos autonomia que o utilizador poderá adquirir e vários tarifários disponíveis como opção. Estas variantes de módulos terão em comum as interfaces que lhes permitem estabelecer a ligação com os outros módulos que compõem o produto. Assim, facilmente o utilizador pode adquirir, por exemplo, outra bateria e substituí-la sem dificuldade.

4.4 Integradores de módulos e fornecedores de módulos

No âmbito do design industrial, não podemos deixar de referir a classificação que Grady (1999: p. 18) faz sobre as empresas que trabalham com produtos modulares. Estas empresas são classificadas segundo dois tipos: *integradoras de módulos* e *fornecedoras de módulos*. "Cada empresa pode decidir ser uma empresa integradora ou fornecedora, ou ambas se desejar" (Grady 1999: p.18). A classificação integradoras refere-se às empresas que utilizam na produção (montagem) dos seus produtos componentes ou módulos construídos por outras empresas que poderemos entender como empresas fornecedoras.

Os dois tipos de empresas têm objectivos diferentes. Enquanto a empresa que integra na sua produção módulos de outras empresas pretende que as exigências dos clientes possam ser satisfeitas reduzindo o tempo de entrega, com custos mais baixos e qualidade superior, sobre as empresas fornecedoras de módulos recai a responsabilidade de produzir módulos compatíveis com outros módulos, nomeadamente que possuam interfaces estandardizadas. Garantindo isso, estas empresas possuem geralmente uma grande liberdade no design do módulo (Grady, 1999: p. 43-44).

Para as empresas fornecedoras de módulos, um determinado módulo pode servir para integrar vários produtos de várias empresas, podendo baixar por isso os custos de produção e conseguir uma maior qualidade do produto. As empresas que montam produtos modulares podem recorrer também a várias empresas procurando o componente/módulo (por exemplo em preço ou desempenho) que melhor possa servir o seu produto. É o caso da Apple que equipa o novo iMac com colunas de som SpeakerPro da Harmon Cardon, especialista em sistemas de áudio (ver figura 20) .

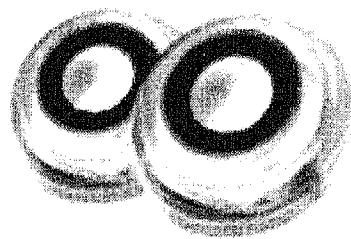


Figura 17 - **Colunas de som SpeakerPro da Harmon cardon**

Desta forma o investimento em investigação é menor, caso fosse também produtora desses módulos, podendo-se concentrar na qualidade de produção e montagem assim como estar em permanente actualização.

Facilmente se percebe que a indústria dos computadores pessoais é um bom exemplo deste tipo de organização. Em grande parte, os vendedores de computadores adquirem a outras empresas uma variedade de diferentes módulos para construírem os seus computadores (chamadas linhas brancas). Desta forma podem oferecer configurações básicas, disponibilizando aos utilizadores, como opção, mais uns quantos módulos com características e preços diferentes, como gravadores de cd's ou placas gráficas de vários marcas e fornecedores. Assim, o utilizador pode escolher o que mais lhe convém de acordo com as suas exigências e disponibilidade económica.

4.5 Arquitectura do Produto

A arquitectura do produto refere-se ao layout do produto (Otto e Wood 2001: p. 360). No

caso do produto modular, o sistema que se forma a partir de um conjunto de módulos origina uma estrutura. Esta estrutura designa-se de *arquitetura do produto* e não é mais do que a organização estrutural de todos os componentes físicos do produto. Esta estrutura, sendo modular, permite a independência dos elementos e a integração das funções. Vejamos mais detalhadamente qual a importância da arquitetura do produto na definição do produto modular. Segundo Ulrich e Eppinger (2000: p. 182), um produto pode ser definido em termos físicos e funcionais. Os *elementos funcionais* representam as operações individuais e transformações que contribuem para o desempenho global do produto. Por exemplo, numa impressora, alguns dos elementos funcionais são armazenamento de papel e comunicação com o computador. Os *elementos funcionais* normalmente são descritos sob a forma de esquema antes de serem reduzidos a tecnologias específicas, componentes, ou princípios de funcionamento físicos.

Os *elementos físicos* de um produto são as partes, os componentes, e sub-montagens que implementam as funções do produto. Os elementos físicos vão se tornando cada vez mais definidos à medida que o processo de desenvolvimento vai progredindo. Alguns elementos físicos são ditados pelo conceito do produto, outros são definidos durante a fase de especificação do produto. A figura 18 ilustra uma impressora deskjet (Ulrich e Eppinger, 2000. p. 181). Esta impressora possui um conceito de produto que envolve um dispositivo de tinta térmico, implementado por um cartucho de impressão. Este elemento físico é associado ao conceito de produto e faz parte da especificação inicial.

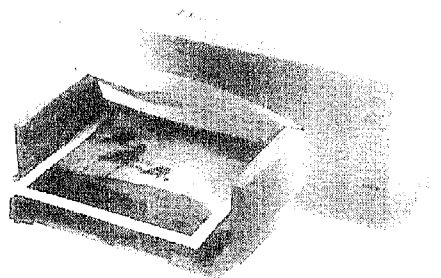


Figura 18 - Impressora Deskjet Hewlett Packard

Os elementos físicos de um produto são tipicamente organizados em vários blocos, módulos ou "chunks"¹.

¹ Este termo é utilizado nos Estados Unidos da América onde, segundo Ulrich e Eppinger, (2000: p. 183), obteve popularidade entre as grandes fábricas Norte Americanas. Cada módulo é constituído por um conjunto de componentes que implementam as funções do produto. A arquitetura do produto trata da forma como os elementos funcionais do produto são arranjados em módulos e como esses módulos são organizados e interagem (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 183). Podemos dizer que, definir a

arquitectura do produto não é mais do que planejar ou projectar a estrutura física e funcional, podendo reunir também, na nossa opinião, factores estéticos e ergonómicos. Parte deste planeamento passa por definir o número de módulos que irão fazer parte desse produto e as suas características físicas e funcionais, sendo atribuído funções específicas a cada um e determinando as características das interfaces que vão permitir ligar os módulos entre si, formando um sistema funcional.

A arquitetura do produto é definida durante o desenvolvimento do conceito do produto, e começa a ter expressão logo nas fases iniciais de projecto. No entanto, quando o produto novo for uma melhoria de um conceito de um produto existente, então a arquitetura do produto está definida (Valeri *et al.*, 2001). No caso do produto modular, após a definição da arquitetura do produto, o processo prossegue com o desenvolvimento dos módulos que podem, como já vimos, ser desenvolvidos simultaneamente devido à independência que estes componentes adquirem num sistema modular.

A definição da arquitetura do produto é um das decisões de desenvolvimento que maior impacto tem na capacidade da empresa oferecer, eficazmente, uma elevada variedade de produto (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 182). Esta variedade de oferta pode influenciar de forma positiva o tempo de concepção e desenvolvimento, a variação de custos, a capacidade de direccionar o produto a vários segmentos de mercado, a manutenção do produto e a sua actualização.

Quanto à estandardização das partes, segundo Anderson (1997: p. 16), qualquer arquitetura do produto precisa de elementos estandardizados (módulos) e o sistema de ligação dos módulos (interfaces). Sem esta estandardização, a personalização do produto pode não ser eficiente. Facilmente se entende que o processo de configuração se tornaria muito mais difícil e complicado, sem alguma uniformização de componentes com consequências negativas na economia e rapidez no fabrico.

4.5.1 Arquitetura integral vs modular

Autores como Otto e Wood (2001), Ulrich e Eppinger, (2000) ou Baxter (1998), dividem a arquitetura do produto em dois tipos: *integral* e *modular*. Vejamos as principais diferenças entre estes dois tipos.

Para Otto e Wood (2001: p. 360), " [...]uma arquitetura do produto integral é definida por estruturas físicas onde todas as sub-funções do produto estão concentradas num único ou num número muito reduzido de elementos físicos. Isto quer dizer que todo o funcionamento do produto está concentrado numa única estrutura, ou seja, um único bloco físico desempenha as várias funções". A figura 19 mostra produtos baseados numa arquitetura do produto integral. Os produtos são compostos por vários componentes

fixos. A cada componente é associada uma sub-função. O conjunto dessas funções secundárias contribui para a execução da função principal.

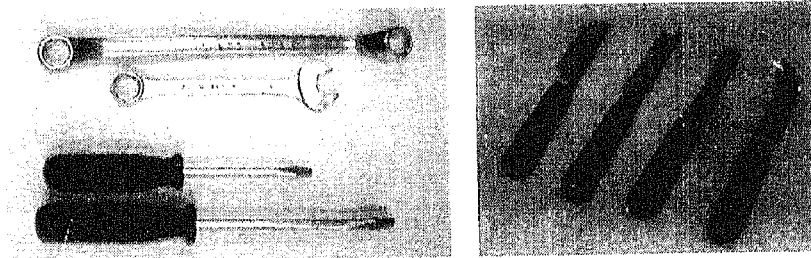


Figura 19 - Exemplos de produtos integrais (Otto e Wood, 2001: p. 360)

Uma das razões que leva à adopção de uma arquitectura do produto integral tem a haver com o facto de considerar que muitos elementos funcionais podem ser combinados em poucos elementos físicos, com objectivo preciso de reduzir as dimensões do produto (Baxter, 1998: p. 234). Uma das características de uma estrutura integral é que as interfaces entre blocos ou não estão bem definidas ou então não existem, reforçando a ideia de produto como bloco único. A principal desvantagem apontada a este tipo de arquitectura é a sua pouca versatilidade no que toca às alterações ou modificações no produto. Essas operações, feitas num dos elementos, podem produzir efeitos noutros, ou mesmo em toda a estrutura, dada a dependência de todos os elementos físicos e funcionais que constituem o produto. Como consequência, a manutenção ou a substituição de partes torna-se mais difícil, levando mais tempo e conduzindo a um aumento de custos. A *arquitectura integral* está mais indicada para elevado volume de produtos onde o custo não necessita de ser reduzido pela partilha de subsistemas com outros produtos (Otto e Wood, 2001: p. 361). Segundo Ulrich e Eppinger (2000: p. 184), para podermos considerar um produto detentor de uma arquitectura integral, este deve possuir uma das seguintes propriedades:

- *Elementos funcionais do produto são implementados usando mais do que um "chunk";*
- *Um só "chunk" implementa muitos elementos funcionais;*
- *As interacções entre "chunks" são deficientemente definidas, podendo ser incidentais à função primária do produto.*

Segundo Baxter (1998: p. 234) a arquitectura modular de um produto caracteriza-se por a sua estrutura se poder dividir em módulos com as seguintes características:

- *Cada módulo exerce um ou alguns elementos funcionais de forma completa, ou seja, não existem funções compartilhadas entre dois ou mais módulos;*
- *As interacções entre blocos são bem definidas e geralmente são*

fundamentais para a realização da função principal do produto.

Esta divisão permite que os módulos sejam independentes, concentrando neles funções secundárias ou auxiliares que servem, quando solicitadas, a função principal que o produto executa. Segundo Ulrich e Eppinger (2000: p. 184) a arquitectura mais modular é aquela em que cada elemento funcional do produto é implementado por exactamente um “chunk” físico e em que as interacção entre “chunks” são bem definidas.

Cada módulo assume assim uma determinada importância no conjunto de partes que constituem o produto modular podendo ser usado, como sabemos, num único produto ou em vários. Este potencial permite reduzir custos e tempos de desenvolvimento quando, por exemplo, se executa um processo de re-design de produtos existentes ou mesmo na evolução para novos produtos onde se podem utilizar os mesmos módulos, que poderá acontecer entre outras, por razões estéticas, funcionais, ergonómicas ou de produção entre outras.

A tabela 3 compara os dois tipos de arquitectura do produto, a modular com a integral, e apresenta algumas das razões que devem ser tidas em conta no momento da decisão.

	PROS	CONTRAS
Modular	Permite uma melhor reconfiguração do sistema ou produto Aumenta a variedade de componentes e a rapidez de lançamento no mercado de novos produtos Permite uma melhor manutenção e serviço dos componentes	Pode fazer os produtos parecerem muito similares Pode reduzir o desempenho dos produtos O design modular pode ser mais caro que o design integral
Integral	Design mais difícil de copiar Equipa de desenvolvimento mais concentrada Menos problemas de interface entre componentes Aumento do desempenho do produto Possível redução do custo do produto	Impede a diferenciação do produto na fase de montagem Reduz a variedade de produtos que podem ser produzidos

Tabela 3 - Comparação entre arquitecturas de produto (Otto e Wood, 2001: p. 362)

Ulrich e Eppinger (2000: p. 183) apresentam, como exemplo de cada um dos tipos de arquitectura, um produto com funções de travão e de mudanças numa bicicleta. A figura 20 apresenta o design tradicional do produto.

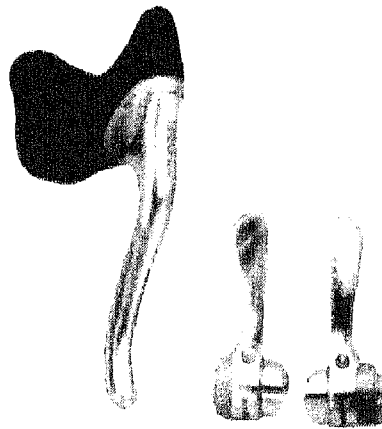


Figura 20 - **Modelo modular de travão e mudanças da Shimano** (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 183)

As funções de controlo de mudanças e de travagem são atribuídos a módulos distintos que podem estar montados na bicicleta em locais separados. Este produto mostra uma arquitectura modular do produto. A figura 21 mostra o mesmo produto mas de arquitectura mais integral.

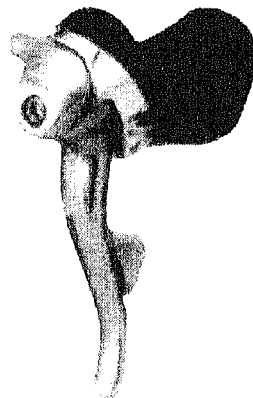


Figura 21 - **Modelo integral de travão e mudanças da Shimano** (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 183)

As funções de mudanças e de travão estão concentradas num mesmo módulo. O surgimento deste produto de arquitectura integral foi motivado por preocupações aerodinâmicas e ergonómicas. No entanto, se considerarmos a bicicleta como o produto principal, os manípulos de design modular e integral podem assumir o papel de módulos constituintes do produto. Estes módulos montados na estrutura principal do produto e com funções específicas, contribuem para que a bicicleta execute bem a sua função principal, já que dificilmente podemos considerar uma bicicleta convencional sem travões e mesmo sem mudanças.

O desenvolvimento de um produto modular ou integral pode também ser uma opção comercial. Nalguns mercados, um produto de concepção modular pode ser desejável como os sistemas de áudio formados por diversos componentes, noutros mercados os consumidores podem preferir um produto integral ou pelo menos de aparência integral (Anderson, 1997: p. 257). Vejamos como. A concepção modular no produto pode estar à vista ou estar oculta. Os sistemas de áudio, por exemplo, são um produto em que os consumidores podem escolher os vários componentes entre leitores de Cd's, amplificadores, sintonizadores de rádio ou colunas de som e simplesmente ligá-los para formar um conjunto funcional. Por outro lado, os equipamentos de áudio designados de micro são sistemas de som com as funcionalidades do anterior mas de aspecto integral. Apesar da aparência integral, no seu interior está um produto montado por módulos estandardizados. Os computadores pessoais são vistos também como um produto formado por um conjunto de módulos que inclui por exemplo o monitor, o teclado ou a unidade de processamento. Esta unidade, por sua vez, oculta uma concepção modular que pode combinar, por exemplo, vários tipos de processador, placa gráfica ou memórias.

4.5.2 Tipos de arquitectura modular

Para Anderson (1997: p. 267), uma arquitectura modular tem que ser desenvolvida baseada em critérios de divisão do sistema em sub-sistemas ou sub-funções e tem que ser optimizada no que diz respeito ao consumidor, à fabricação, aos custos, aos serviços, aos riscos, à distribuição, às vendas e oportunidades futuras.

Segundo Ulrich e Eppinger (1995: p. 184) a arquitectura modular pode ser dividida em três tipos: "slot", "bus" e "sectional" que se diferenciam no modo como as interacções entre módulos estão organizadas.

Pine II (1993: p. 200-208), por outro lado, não considera a arquitectura modular "slot" e acrescenta a "mix" e mais três tipos: *partilha de componente* "component-sharing modularity", *troca de componente* "component-swapping modularity" e *por ajustamento* "cut-to-fit-modularity". Vejamos a seguir as principais diferenças entre estes tipos de arquitectura modular apresentados pelos autores citados.

4.5.2.1 Arquitectura modular tipo "slot"

Numa arquitectura modular "slot", cada uma das interfaces do módulos é de um tipo diferente dos outros, de forma que os vários módulos no produto não podem ser trocados. A figura 22 mostra esquematicamente essa diferença. Um rádio automóvel é um exemplo de um módulo numa arquitectura deste tipo. O rádio implementa exactamente uma função, mas a sua interface é diferente de qualquer outro componente do veículo (por exemplo,

rádios e velocímetros têm diferentes tipos de interfaces que os permite ligar ao painel de instrumentos ou consola central, não podendo ser trocados de lugar).

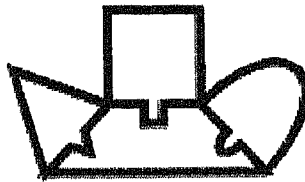


Figura 22 - **Arquitectura modular tipo "slot"** (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 184)

4.5.2.2 **Arquitectura modular tipo "bus"**

Numa arquitectura modular tipo "bus", há uma estrutura comum na qual se pode ligar/montar vários tipos de módulos pelo mesmo tipo de interface. A figura 23 ilustra esquematicamente essa estrutura. Os sistemas de iluminação em série são exemplo deste tipo de arquitectura modular. O que distingue uma concepção modular tipo "bus" é que uma estrutura estandardizada permite a variação em tipo, número e localização dos módulos que pode receber (Pine II, 1993: p. 206).

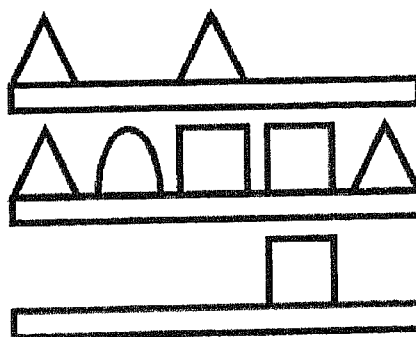


Figura 23 - **Arquitectura modular tipo "bus"** (Pine II, 1993: p. 201)

A figura 24 apresenta o projecto conceptual concebido pela IDEO de um protótipo de um espaço de trabalho modular em forma de cubo (página www.ideo.com). Este cubo permite ao seu utilizador seleccionar os componentes de um conjunto de partes e criar um espaço baseado nos seus gostos e estilos de vida. Do conjunto de módulos base disponíveis ao utilizador deste espaço, fazem parte módulos de assentos, computadores, modulos prateleira ou módulos e iluminação. O conjunto de módulos mais 'caprichosos' inclui uma rede, um aquário, e uma roda de hamster. Do processo de desenvolvimento do produto, fizeram parte, segundo os autores, os conceitos de design adaptável, humor e optimismo numa tentativa de encontrar soluções para os problemas dos espaços reais de trabalho.

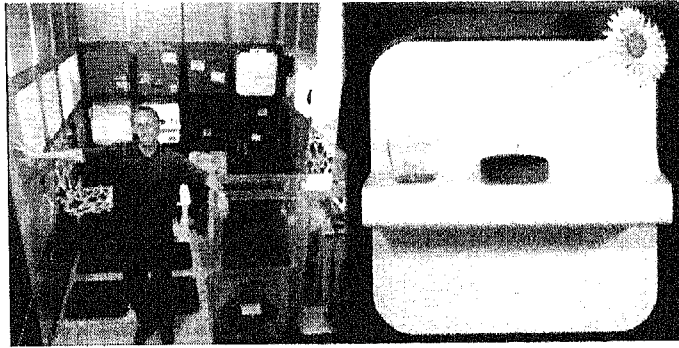


Figura 24 - Dilbert's "Ultimate Cubicle" e módulo prateleira

4.5.2.3 Arquitectura modular tipo "sectional"

Este tipo de arquitectura modular caracteriza-se por todos os módulos possuírem interfaces idênticas, e por não existir nenhuma estrutura base na qual todos os módulos ligam. A montagem é feita ligando os módulos uns aos outros de maneira aleatória como mostra a figura 25. Como exemplo de uma arquitectura modular "sectional", pode-se referir os sistemas de sofás, divisórias de escritório ou os conhecidos blocos de construção lego. Os módulos lego ligam-se entre si através de um sistema de encaixe cilíndrico estandardizado. Este encaixe ou interface, sendo idêntico em todos os módulos, permite que os mesmos se liguem uns aos outros facilitando a construção de inúmeras estruturas. Este tipo de arquitectura modular permite um maior grau de variedade e personalização.

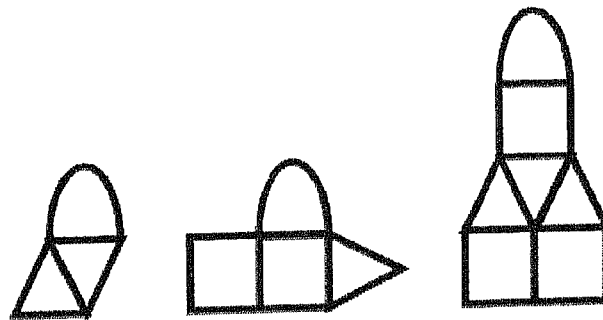


Figura 25 - Arquitectura modular tipo "sectional" (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 185)

As arquitecturas do tipo "slot" são as mais comuns das arquitecturas modulares porque, para a maioria dos produtos, cada módulo possui uma interface individualizada/única que permite a ligação entre esse módulo e o resto do produto (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 185). As arquitecturas do tipo "bus" e do tipo "sectional" são consideradas úteis para situações nas quais o produto tem que variar amplamente de configuração, em que os módulos podem interagir de modo estandardizado com o resto do produto. Estas situações podem

surgir quando todos os módulos tiverem o mesmo tipo de alimentação, ligação ou troca de sinal.

4.5.2.4 Arquitectura modular por partilha de componente

Neste tipo de arquitectura modular, o mesmo módulo é usado (ou partilhado) em diferentes produtos. Várias estruturas usam o mesmo, formando diferentes variantes de produto pertencentes a diferentes famílias como se mostra esquematicamente na figura 26

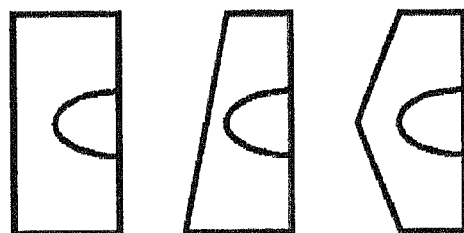


Figura 26 - **Arquitectura modular por partilha de componente** (Pine II, 1993: p. 201)

A figura 27 mostra um produto de arquitectura modular do tipo acima indicado. Este carrinho de passeio modular da "Bebé Confort" é constituído por módulos de passeio de bebé designados por, alcofa, "baby coque" e assento que são usados em diferentes modelos de chassis por meio de um sistema patenteado "Modulo Clip", (figura 28) que permite fixar instantaneamente todos os elementos apartir de um mesmo chassis.

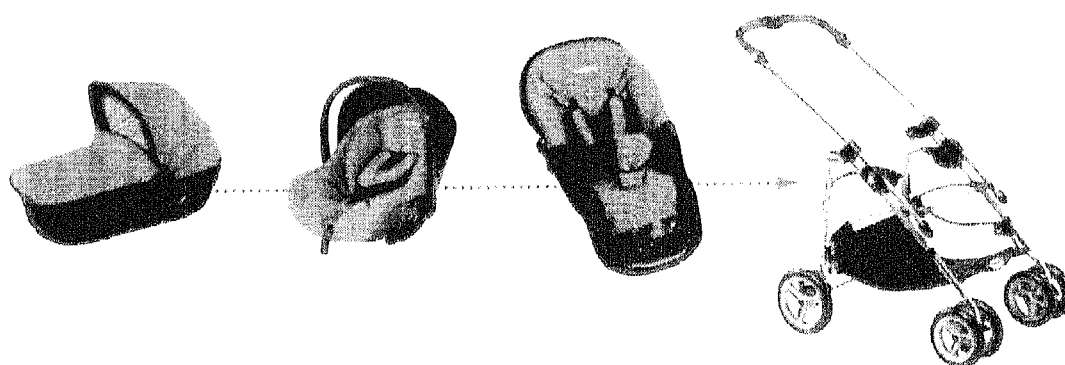


Figura 27 - **Alcofa, "baby coque", assento e chassis "Trophy Air 6" da Bébé Confort**



Figura 28 - Sistema módulo clip da Bebê Confort

Este produto respeita os princípios do design modular, em que cada módulo possui uma função específica e que ligados, executam em conjunto a função principal de passeio. Cada módulo de passeio é usado de acordo com a idade do bebe respeitando as posições ergonômicas mais aconselhadas para cada idade, desde os primeiros meses até aos primeiros anos.

4.5.2.5 Arquitetura modular por troca de componente

Neste tipo de arquitetura, o produto pode ser personalizado com vários módulos que podem ser trocados. Diferentes módulos podem ser ligados ao mesmo produto básico, criando tantas variantes do produto quantos módulos houver para trocar. Num automóvel podem ser montados diferentes autorádios por exemplo. Esta variedade de produto poderá criar uma família de produtos. A figura 29 mostra a mesma plataforma a receber diferentes módulos.

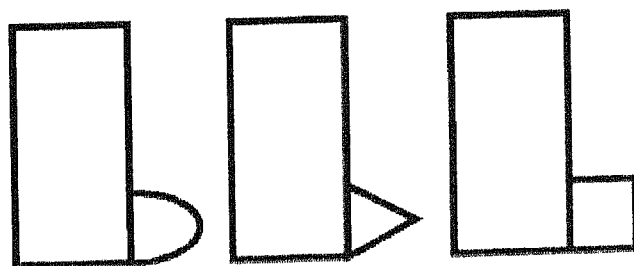


Figura 29 - Arquitetura modular por troca de componente (Pine II, 1993, p. 201)

Um exemplo de um produto com este tipo de arquitetura é o modelo "Quattro" da Black and Decker. As figuras 30 e 31 apresentam um produto modular que engloba uma arquitetura do tipo descrito acima. Este produto, constituído por quatro módulos possibilita a execução de pelo menos três funções principais. O módulo base por si só

possui diversas características funcionais. Possui o motor, as baterias, o dispositivo de ligar/desligar e relaciona-se directamente com o utilizador por contacto manual. Os outros três módulos, o módulo de furar e aparafusar, o módulo de lixa e o módulo de serra, em ligação com o módulo base, executam as funções principais.



Figura 30 - **Modelo “QUATTRO” da Black and Decker** (página www.blackanddecker.com)



Figura 31 - **Funções do modelo “QUATTRO” da Black and Decker** (página www.blackanddecker.com)

Para além da funcionalidade dos módulos podemos verificar, neste produto, a importância da estandardização da interface que permite a ligação dos três módulos de função ao módulo base e que sendo igual facilita, por exemplo, a substituição dos módulos pelo utilizador, reduz o número de acessórios, diminui os custos de produção, diminui a ocorrência de erros etc.

4.5.2.6 Arquitectura modular por ajustamento

Neste tipo de arquitectura modular, um ou mais componentes é continuamente variável dentro de limites fixados. (Pine II, 1993: p. 202). A figura 32 mostra os mesmos módulos ligados a uma plataforma que varia de forma.

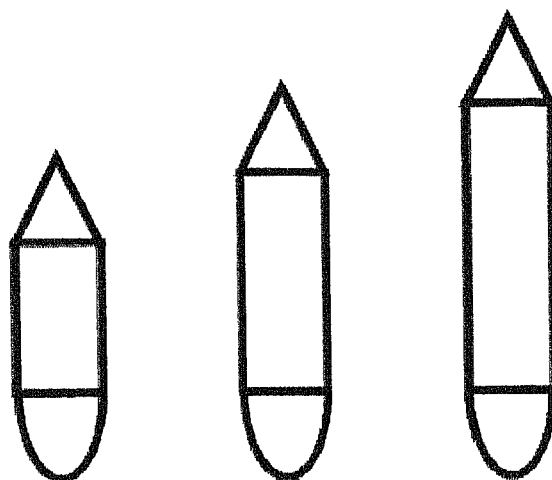


Figura 32 - **Arquitectura modular do tipo cortar para encaixar** (Pine II, 1995, p. 201)

A figura 33 mostra um projecto modular design de Erwan et Ronan Bouroullec que engloba uma arquitectura do tipo acima descrito. Os designers desenvolveram uma série de oito elementos em poliestireno que se ligam e se encaixam em tubos (o comprimento da casa depende do número de elementos que se decidir instalar) formando um túnel. Os elementos modulares, bem como os materiais utilizados, permitem uma instalação lúdica, um transporte rápido, conciliando leveza com isolamento.

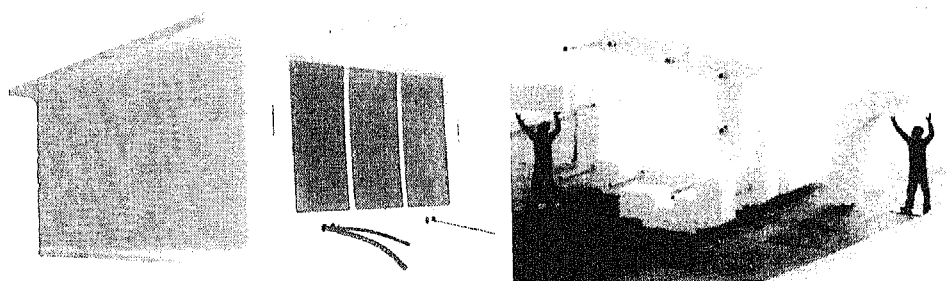


Figura 33 - **Villa Noailles: “Un Petit Maison intéressant à habiter”** (Revista Intramuros, nº 100: p.58)

4.5.2.7 **Arquitectura modular por mistura**

Neste tipo de arquitectura modular, os componentes misturam-se de tal forma que é difícil identificá-los (Pine II, 1993: p. 204). Este tipo é comparável a uma mistura de cores que nem sempre é possível identificar com exactidão quais as cores que estão envolvidas, participaram ou foram adicionadas. A figura 34 ilustra esquematicamente uma arquitectura modular por mistura.

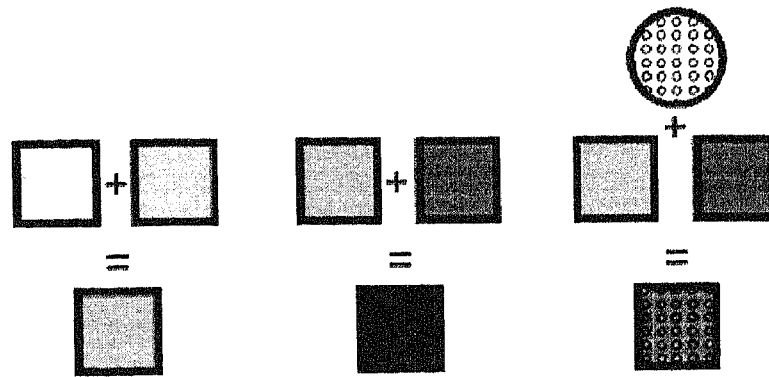


Figura 34 -Arquitetura modular por mistura (Pine II, 1993, p. 201)

4.5.3 Implicações do tipo de arquitectura

A opção por uma determinada arquitectura do produto depende de vários factores. No caso da opção recair na arquitectura modular, questões como dividir o produto em módulos, que funções atribuir a cada módulo, que disposição irão ter esses módulos ou que tipo de arquitectura modular melhor serve o design do produto, são algumas das questões que se colocam. O tipo de soluções encontradas em resposta a estas questões terá implicações em mudanças no produto, variedade do produto, estandardização de componentes, desempenho do produto, fabricação do produto e na gestão do seu desenvolvimento (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 186). Segundo os mesmos autores, a determinação da arquitectura do produto por uma empresa depende também da estratégia de marketing, das capacidades de fabricação, e da gestão do desenvolvimento de novos produtos.

Vejamos a seguir, em mais pormenor, algumas das implicações da escolha de uma arquitectura do produto.

4.5.3.1 Mudanças no produto

Um produto de concepção modular permite que os módulos possam ser mudados ou alterados no processo de desenvolvimento, sem que isso afecte necessariamente o design de outros módulos. Tal não acontece num tipo de arquitectura integral, em que a mudança num bloco funcional pode ter influências em vários elementos funcionais requerendo mudanças noutros módulos. Como vimos, os módulos são os elementos físicos de maior importância na estrutura do produto devido à sua autonomia. A organização dos módulos é determinada pela arquitectura do produto estando as mudanças no produto sujeitas ao tipo de arquitectura adoptada.

Segundo Ulrich e Eppinger (1995: p. 186-190) as mudanças no produto modular podem ocorrer por diversas razões.

Actualização (Upgrade)

Por motivos de evolução tecnológica ou por necessidade (funcional ou estética, ou outra) do utilizador, alguns produtos podem ver as capacidades melhoradas através da actualização dos seus módulos. É o caso, por exemplo, dos computadores pessoais.

Ampliação (Add-ons)

Muitos produtos são vendidos numa versão básica à qual, consoante a necessidade ou a disponibilidade económica, o utilizador pode acrescentar componentes. Estes componentes podem ser adquiridos junto do fabricante do produto básico ou a outros fabricantes especializados. Este tipo de mudança é comum na indústria de computadores pessoais aos quais, por exemplo, podem ser acrescentados mais dispositivos de memória RAM para aumentar a sua capacidade.

Adaptação

Alguns produtos, para serem utilizados em ambientes ou situações diferentes, permitem adaptações. Alguns produtos eléctricos, por exemplo, podem-se adaptar para poderem funcionar electricamente tanto com uma tensão de 220 volt como 110 volt, bastando para isso deslocar um dispositivo. Alguns automóveis podem funcionar tanto a gasolina como a gás, bastando para isso uma adaptação através de um dispositivo de controlo.

Uso

No decorrer do uso normal do produto, alguns elementos físicos desgastam-se ou avariaram-se. Num produto modular a substituição dos componentes danificados é facilitada e contribui para prolongar a vida útil do produto. Por exemplo, os x-actos permitem substituir as lâminas. Pneus e muitas peças de motor de automóvel podem ser substituídos para prolongar a vida do produto principal.

Consumo

Alguns produtos consomem materiais (consumíveis) que podem ser repostos. É o caso dos toners das fotocopiadoras, dos tinteiros de impressão das impressoras a jacto de tinta, dos rolos das máquinas fotográficas, tubos de cola de silicone para pistolas de cola, ou das baterias para relógios. Devido ao design modular destes produtos, estes módulos são facilmente substituíveis.

Flexibilidade em uso

Alguns produtos podem ser configurados pelo utilizador de forma a dotar o produto de

outras capacidades. Por exemplo, muitas máquinas fotográficas podem ser usadas com vários tipos de lentes; canas de pesca podem acomodar diferentes configurações de carretos.

Reutilização

Ao querer renovar um determinado produto, uma empresa pode mudar só alguns elementos funcionais, mantendo o resto do produto intacto. Por exemplo, os fabricantes de electrodomésticos podem actualizar uma linha de produtos mudando, por exemplo, a interface que estabelece com o utilizador e o manual enquanto reutiliza mecanismos internos.

4.5.3.2 Variedade do produto

A variedade de produtos refere-se a série de modelos de produto ou às versões que uma empresa pode produzir num determinado período de tempo em resposta à procura de mercado (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 187). Os produtos construídos através de uma concepção modular podem oferecer mais facilmente variedade sem provocar grandes alterações no sistema produtivo. Por exemplo, a Swatch produz uma grande variedade de modelos de relógio a custos relativamente baixos por utilizar diferentes combinações de componentes em módulos estandardizados. A figura 35 mostra três modelos de relógios Swatch da linha Suba 200 que é composta por 6 versões de relógios que se diferenciam pela montagem de módulos diferentes como as braceletes, os mostradores ou os ponteiros em outros módulos estandardizados como a caixa, em alumínio.

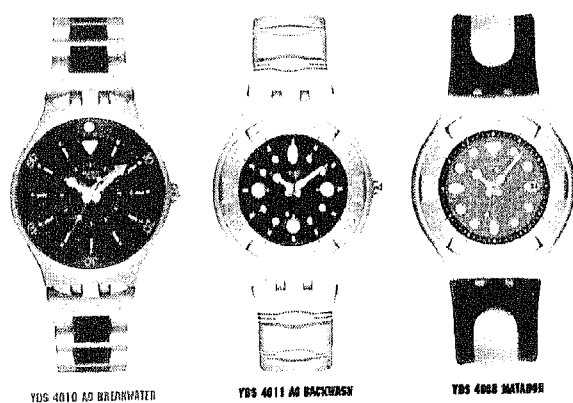


Figura 35 -Modelos de relógio Swatch da linha Scuba 200

4.5.3.3 Estandardização dos componentes

Estandardização de um componente é o uso do mesmo componente ou "chunk" em múltiplos produtos (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 188). Quando um módulo executa uma

função que pode ser usada em produtos diferentes, então esse módulo pode ser estandardizado. A estandardização permite que o mesmo módulo possa ser fabricado em grandes quantidades. Isto pode conduzir a uma redução de custos de produção e a um aumento da qualidade. Por exemplo, o módulo que contém o mecanismo dos relógios Swatch é idêntico para muitos modelos de relógios. A estandardização do componente também pode acontecer exterior à empresa produtora quando os produtos de vários fabricantes usam uma plataforma ou componente do mesmo fornecedor. Por exemplo, uma bateria de relógio é feita por um fornecedor e de uso normalizado nas linhas de produtos de vários fabricantes.

4.5.3.4 Desempenho do produto

O desempenho de um produto mede-se pela qualidade com que esse produto executa ou implementa as funções previstas (Ulrich e Eppinger, 1995: p.188). Como características típicas do desempenho de um produto temos a velocidade, a eficiência, a precisão ou o ruído. Uma arquitectura integral pode facilitar a optimização das características de desempenho. Uma arquitectura integral permite eliminar a redundância através da função partilhada e permite, ao compactar geometricamente os componentes, minimizar o volume que um produto ocupa. Tal função de partilha e também o facto de compactar minimiza os materiais que se usam, reduzindo potencialmente o custo de fabrico do produto (Ulrich e Eppinger, 1995: p. 188).

4.5.3.5 Gestão do Desenvolvimento de produto

O desenvolvimento específico do módulo pode ser atribuído a uma equipa de trabalho dentro da empresa ou a um fornecedor externo. Neste caso, a empresa que monta o produto modular não tem encargos e preocupações com a produção dos módulos e prefere confiar a produção de módulos a empresas que asseguram a garantia de qualidade do módulo. No caso de o processo ser interno, a equipa de desenvolvimento do produto fica com a responsabilidade da construção do módulo e da resolução de interacções entre componentes dentro do módulo e da definição da geometria e das interfaces. Neste processo, outros factores devem ser tidos em conta como as interacções funcionais e as relações entre módulos ou entre módulos e a plataforma. Se um elemento funcional é implementado em duas ou mais plataformas diferentes, como em algumas arquitecturas integrais, o desenvolvimento necessitará de coordenação entre os diferentes grupos de trabalho e as informações devem ser cruzadas. No design do produto modular, e dada a independência que os módulos adquirem, tal relacionamento entre equipas, que têm à sua responsabilidade o desenvolvimento de diferentes módulos, está confinado a um entendimento sobre as interfaces e geometrias. Arquitecturas modulares e integrais também procuram estilos de gestão de projecto diferentes. As abordagens modulares necessitam de um cuidadoso planeamento durante a fase de especificação do produto

(Ulrich e Eppinger, 1995: p. 189).

4.6 Produto modular e o aumento da variedade

Como sabemos, o aumento da variedade do produto trás custos acrescidos. No entanto, para Grady (1999: p. 96) a variedade, que o produto modular proporciona, não influencia negativamente o custo de desenvolvimento do produto. Como se pode verificar na figura 36, o aumento da variedade nos produtos modulares não aumenta o custo, contrariamente aos produtos de concepção convencional.

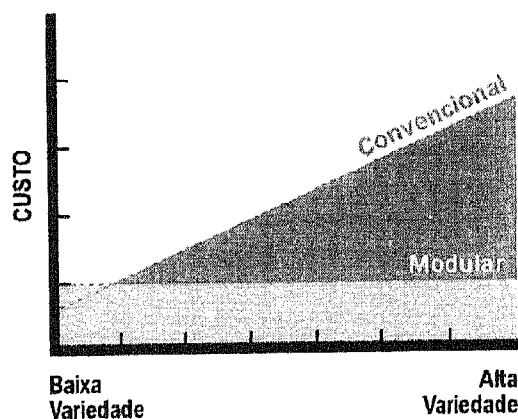


figura 36 - Custos de desenvolvimento de produto (Grady, 1999: p.96)

Como referido, a concepção modular do produto envolve o design de uma arquitectura modular que possibilita a criação de um família de produtos. Com arranjos diferentes e a partir de um conjunto de módulos compatíveis conseguem-se criar uma série de produtos com diferentes características. Segundo Grady (1999: p.96) uma das razões para que os custos não aumentem com o produto modular tem a ver com os clientes. Quando um novo pedido do cliente é recebido, os módulos são montados rapidamente para formar o novo produto. Isto elimina a passagem por fases inteiras do processo de design do produto, e elimina custos adicionais de desenvolvimento dum novo produto, resultando numa variedade alta de produto a baixo custo.

A variedade do produto depende do número dos módulos e das combinações que se podem fazer com eles. Grady (1999), para demonstrar esta variedade, apresenta o exemplo de um produto modular designado por "Nippondenso Panel Meter". Este produto divide-se em 6 tipos diferentes de módulos, apresentando-se cada módulo em versões que variam de 1 a 4 como se constata na tabela 4.

TIPO DE MÓDULOS	NUMERO DE VERSÕES
Fundido	3
Terminal	4
Bi-metal	4
Regulador de voltagem	3
Base	1
Veio	2

Tabela 4 - Módulos do “Nippondenso Panel Meter” (Grady, 1999: p.97)

Considerando que todos os módulos são compatíveis entre si, o número de configurações possível é de 288, calculando-se da seguinte forma:

$$3 \times 4 \times 4 \times 3 \times 1 \times 2 = 288$$

Como se constata, mesmo com uma quantidade reduzida de módulos e versões, o número de combinações é alta. Desta forma, consegue-se responder com 288 versões do mesmo produto a 288 solicitações diferentes.

Se, por exemplo, aumentássemos o número de versões do módulo *Terminal* de 4 para 10, o número de combinações possível aumentava para 720.

$$3 \times 10 \times 4 \times 3 \times 1 \times 2 = 720$$

Assim, com um aumento relativamente pequeno da oferta de um dos tipos de módulos ou do número de versões de cada módulo, as possibilidades de variação do produto aumentam substancialmente.

Segundo Grady (1999: p.97), se houver n tipos de módulos numa linha de produtos, cada um com y módulos disponíveis o número de possíveis configurações do produto é igual a y^n . O aumento da variedade do produto pode ser obtido pelo aumento do tipo de módulos funcionais ou pelo aumento do número de versões de cada um desses módulos, como se ilustra na tabela 5.

TIPO DE MÓDULOS	VERSÕES	CONFIGURAÇÕES DO PROD.
n	y	y^n
6	2	$2_6=64$
6	5	$5_6=15,625$
6	10	$10_6=1,000,000$
10	2	$2_{10}=1,024$
10	5	$5_{10}=9,765,625$
10	10	$10_{10}=10,000,000,000$

Tabela 5 -Numero possível de configurações do produto (Grady, 1999: p.98)

Se os módulos forem bem desenhados a sua utilização pode ser feita em variados produtos. Adicionalmente, múltiplos do mesmo módulo podem ser usados no mesmo produto, como, por exemplo, os módulos de memória RAM no computador.

Segundo Anderson (1997: p. 258), minimizar os diferentes tipos de módulos reduz processos de fabrico, custos e tempo. Similarmente, maximizar a quantidade do mesmo módulo permite vantagens relativamente à redução de custos.

4.7 Definição da arquitectura do produto ou processo de architectar

A definição da arquitectura do produto tem por objectivo criar uma estrutura que possa acomodar antecipadamente as exigências do cliente para aquela categoria do produto (Grady, 1999: p. 151). Se um produto pertencer à categoria dos telefones, poderemos antecipar algumas das exigências futuras dos clientes. Eles quererão, para além de fazer as convencionais chamadas, mandar e receber e-mails, ter múltiplas linhas de telefone, poder pesquisar na Internet, ou poder participar numa vídeo-conferência. Ao identificarmos futuras funções do produto associadas a requisitos do consumidor, poderemos depois associar cada uma a um módulo e serem trabalhadas independentemente. Assim, num produto modular, estes novos módulos podem ser incorporados no produto em qualquer altura acrescentando novas funções ou em substituição de módulos obsoletos.

Para determinar a arquitectura de produto, Grady (1999: p. 151-154), considera um conjunto de famílias de produtos pertencentes a uma categoria de produto como a dos telefones. Depois divide as funções do produto modular em três grupos: *nucleares*, *sobrepostas* e *individuais*. As *funções nucleares* formam o grupo das funções que são comuns a todas as famílias de produtos numa determinada categoria de produtos ou estão presentes em toda a categoria e que podem identificar aqueles produtos que pertencem à mesma categoria. O segundo grupo engloba as *funções sobrepostas* que fazem parte de duas ou mais famílias de produtos na mesma categoria de produtos. O grupo das *funções*

individuais pertence a uma única família de produtos numa categoria de produtos. A figura 37 mostra esquematicamente como estes três tipos de funções se colocam numa categoria de produtos.

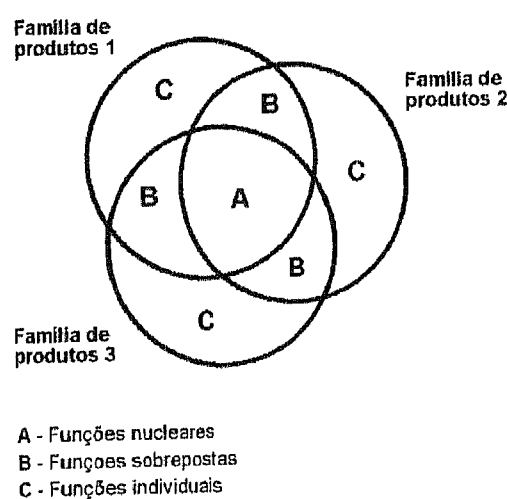


Figura 37 - As várias funções numa categoria do produto (Grady, 1999, p. 152)

As funções *nucleares* formam a base da categoria de produto. As funções *sobrepostas* são comuns através de produtos diferentes enquanto as funções *individuais* aplicam-se a um único produto. A figura 38 mostra o ponto de partida para se chegar aos vários tipos de funções.

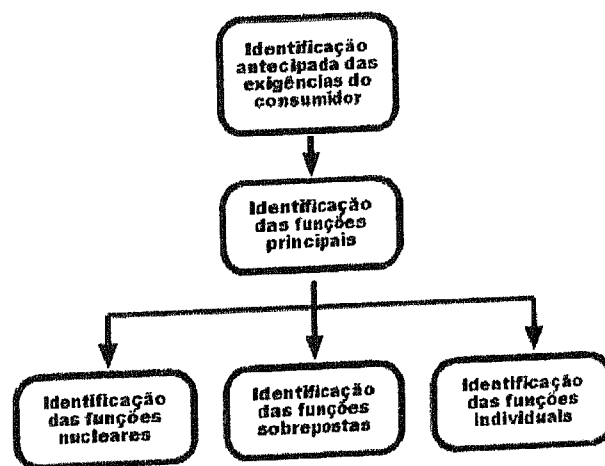


Figura 38 - Identificação de funções (Grady, 1999: p. 153)

O processo desencadeia-se com a identificação das exigências dos consumidores para o novo produto que vão dar origem à definição das funções gerais do produto. Estas funções podem ser então divididas nos tipos de funções descritos. A cada tipo de funções

vai corresponder um conjunto de módulos.

Grady (1999: p. 157-158) identifica uma série de passos que segundo ele levam à determinação da arquitectura de um produto e identificação dos módulos. Estes passos são considerados pelo autor como uma abordagem possível e um mecanismo de ajuda a este processo. A determinação da arquitectura do produto e dos módulos está dependente da passagem pelas seguintes fases:

- *Identificação da categoria do produto;*
- *Identificação dos requisitos dos potenciais consumidores e oportunidades de mercado;*
- *Identificação da estrutura completa do produto;*
- *Associar os requisitos dos consumidores a funções (ou sub-funções);*
- *Associar funções (ou sub-funções) a potenciais módulos;*
- *Consolidar e definir os módulos;*
- *Identificar as características dos módulos e os fornecedores dos mesmos.*

Cada fase pressupõe uma série de pequenos passos que produzem informação e dados necessários para que o processo de determinação da arquitectura do produto seja facilitado e executado correctamente.

Por outro lado, Ulrich e Eppinger (2000: p. 190) e Otto e Wood (2001: p. 370-377) apresentam o processo de construção da arquitectura do produto modular de forma mais simples que, tendo presente os objectivos deste trabalho, passamos a descrever. O processo desencadeia-se da mesma forma, ou seja, o objectivo principal consiste em traduzir as necessidades dos consumidores em características físicas e funcionais do produto modular. Para alcançar este objectivo, vários módulos devem ser identificados com o tipo de produto (Otto e Wood, 2001: p. 370). O resultado desta actividade dá-nos uma geometria aproximada do produto, a descrição dos módulos principais e a informação sobre as interacções principais entre módulos (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 190) Assim, ambos autores recomendam 4 passos que são:

- *Criar um esquema do produto ou a estrutura funcional do produto;*
- *Agrupar os elementos do esquema em módulos;*
- *Criar um esquema geométrico;*
- *Definir as interacções (fundamentais e incidentais) entre componentes e as características detalhadas dos desempenhos.*

As funções e os componentes permitem definir um processo básico para conceber a arquitectura do produto. Este processo poder-se-à considerar um método de desenvolvimento do produto com o objectivo de, nesta fase, encontrar uma geometria adequada do produto bem como a base de definição dos módulos e as suas interacções.

Vejamos então algumas considerações que pensamos poderem ajudar num processo prático de design do produto modular tendo presente que funções são operações ou actividades desempenhadas/executadas pelo produto e que os componentes são responsáveis pela execução dessas funções (Otto e Wood, 2001: p. 370). Por exemplo, a função de uma faca de cozinha é cortar alimentos e é composta por dois componentes: a lâmina e o cabo.

Passo 1: Criar uma estrutura do produto com base nas funções

O primeiro passo consiste em criar um diagrama da estrutura funcional do produto onde são representados as entradas/saídas do que o produto faz. Esta fase acontece após a definição do conceito do produto. Neste esquema serão representados os elementos constituintes do produto. A figura 39 apresenta o exemplo do esquema de funcionamento de uma impressora.

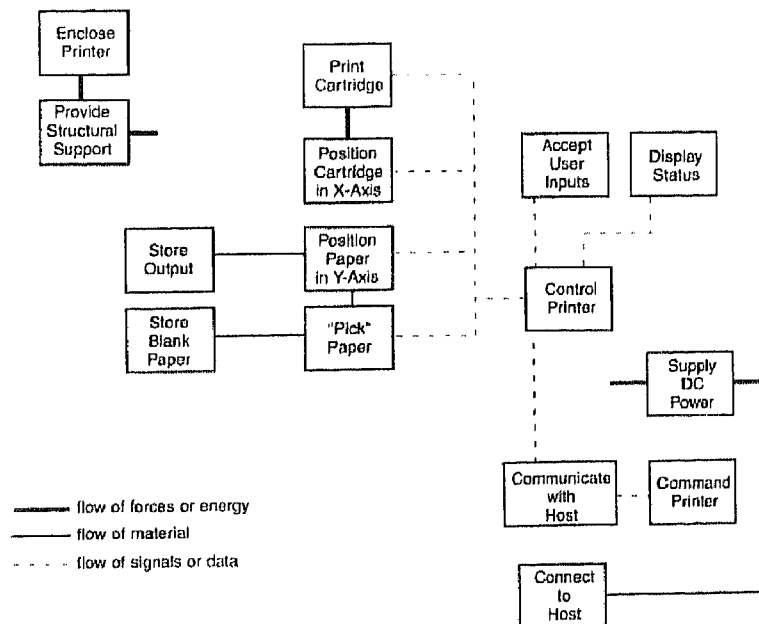


Figura 39 - **Esquema funcional de uma impressora** (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 191)

Neste diagrama, são apresentados os componentes constituintes do produto bem como o tipo de dependência (representada por uma linha interrompida) que definirá a interface dos módulos. Esta é uma forma de apresentar e de comunicar os componentes que formam o produto e as suas relações, bem como as várias sub funções/operações que são necessárias para o produto executar a sua função principal. Cabe ao designer encontrar outras formas de o fazer, utilizando para isso as ferramentas que tem à sua disposição. Este passo tem por objectivo começar a formar o produto mas sem preocupações de

pormenor ou de detalhe. O esquema e os esboços, surgem como mais uma ferramenta de trabalho de carácter não definitivo no processo de design do produto, ou seja, ainda não existem preocupações físicas ou materiais com os vários componentes. O esquema inicial pode dar origem a outros esquemas com outras alternativas de componentes que se irão reflectir no design do produto. As opções que se tomam e que dão origem ao esquema, como a escolha dos elementos funcionais e o seu arranjo, em parte definem a arquitectura do produto (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 192).

Passo 2: Agrupar os componentes em módulos

O desafio do passo 2 corresponde ao agrupar dos componentes identificados no 1º passo em módulos. Após criar uma ou mais estruturas válidas o próximo passo trata de agrupar as sub-funções em blocos. Esses blocos tornar-se-ão nos módulos para a montagem do produto. Nesta fase os elementos são agrupados de uma forma natural ou intuitiva de acordo com a sua dependência de outros componentes. Durante a escolha dos grupos de componentes, deve-se ter o cuidado de definir os limites do módulo. As interacções entre módulos são preferidas. Ao simplificar as interacções, cada módulo será tão independente quanto possível. Esta independência fornecerá maior flexibilidade e liberdade a cada bloco. As interacções entre módulos sendo simples reduzem a possibilidade de problemas ou falhas. A figura 40 mostra como foram agrupados em 9 módulos os vários componentes que constituem a impressora.

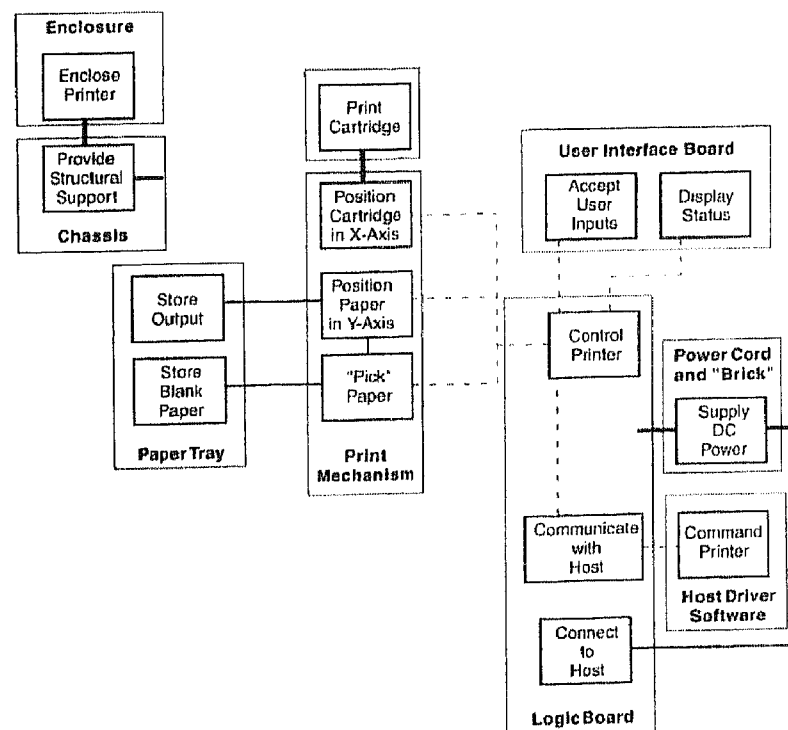


Figura 40 - **Componentes da impressora agrupados em módulos** (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 193)

Outros arranjos poderiam ser possíveis dando mais ou menos módulos. Em situações extremas pode acontecer que os vários elementos podem corresponder cada um a um módulo (neste caso teríamos 15 módulos) ou todos os elementos serem integrados num único módulo, obtendo-se um produto de arquitectura integral. Cabe a quem lidera o processo de desenvolvimento do produto encontrar razões para o fazer.

Como se corre o risco de considerarmos muitas combinações possíveis o que permitiria obter umas centenas, o melhor é, segundo Ulrich e Eppinger (2000: p. 192), começar por associar a cada elemento do esquema o seu próprio módulo, para então agrupar sucessivamente elementos e criar novos módulos.

Passo 3: Criar um primeiro esquema geométrico

Este esquema geométrico pode ser criado em 2D ou 3D, usando para isso desenhos, modelos virtuais produzidos por computador, ou modelos físicos (de papelão ou espuma por exemplo). A figura 41 mostra, como resultado dos esquemas apresentados anteriormente, o layout da impressora com a forma geométrica simplificada do arranjo dos módulos principais que compõem o produto e que foram definidos nos passos anteriores.

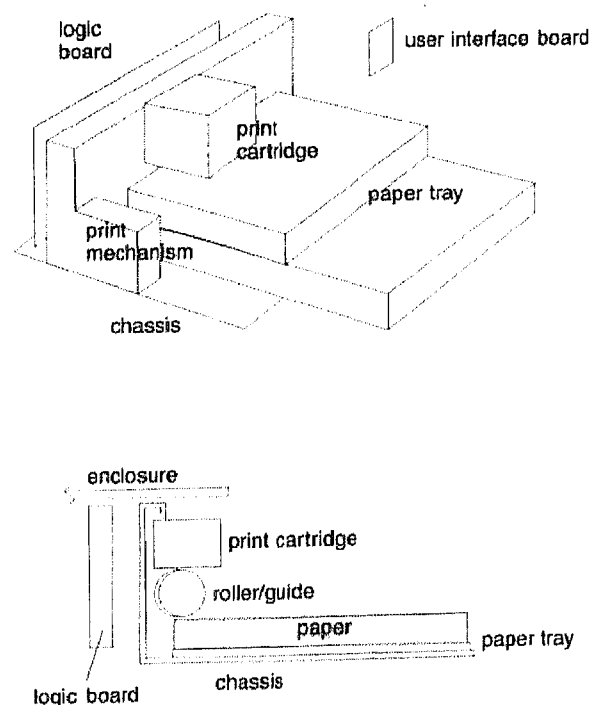


Figura 41 - **Layout geométrico da impressora** (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 195)

Nesta fase podemos estudar melhor as relações que se vão estabelecer entre módulos, as interfaces, e também trabalhar na forma/arranjo dos módulos que irão influenciar as dimensões do produto, a estética e o seu relacionamento com o utilizador. Também nesta fase, vários arranjos podem ser testados para no final se seleccionar o que melhor corresponde ao conceito inicial. Deste modo obtém-se um plano geométrico informe, conhecido como um diagrama de blocos dos módulos do produto, também conhecido como o desenho da configuração de montagem do produto. Entre o passo 2 e 3 outros passos intermédios poderão ser dados. Em primeiro lugar que seja criado um esquema (organograma) que apresente a hierarquia da arquitectura do produto a partir da estrutura dos módulos funcionais, onde surge em primeiro a identificação do produto, seguindo-se a identificação dos módulos principais e só depois os componentes que fazem parte de cada módulo. Este esquema representará graficamente a organização dos vários módulos e componentes do produto bem como as relações existentes entre eles. Em segundo lugar, esquematizar em desenho 2D ou 3D o layout do produto, partindo de arranjos simples e experimentando até os mais complexos, mexendo para isso com os componentes principais do produto. No processo de definição do layout do produto pesam vários critérios como os funcionais de produção, estéticos ou ergonómicos (Otto e Wood, 2001: p. 375).

Passo 4: Identificação das interacções fundamentais e acidentais

Segundo Ulrich e Eppinger (2000: p. 195) existem duas categorias de interacções entre módulos que são designadas por *interacções fundamentais* e *interacções acidentais*. As primeiras são interacções que permitem a ligação entre módulos. Estas interacções são planeadas e estudadas durante o desenvolvimento da arquitectura do produto e as suas consequências são previstas e fundamentais no funcionamento do sistema. As *interacções acidentais* surgem devido ao funcionamento ou implementação dos elementos funcionais ou por causa do arranjo geométrico dos módulos. São exemplo, as vibrações ou o aquecimento provocados por algum tipo de módulo. Estas interacções podem trazer inconvenientes a outros módulos e terão que ser previstas.

Para Otto e Wood (2001: p. 376) as interacções entre módulos são definidas depois de ser criado o layout geométrico do produto modular. A definição das interacções tem dois objectivos principais. Um é definir especificações para gerar, incorporar, construir protótipos ou testar cada módulo. Outro é garantir que os diferentes módulos, quando o desenvolvimento é atribuído a vários indivíduos, possam ser compatíveis. Ao definir as interacções ficamos a saber se os módulos se vão relacionar através de interfaces materiais, eléctricas, por sinal ou outras.

Geralmente, 4 tipos de interacções entre módulos são investigados:

- *Interações materiais*: sólidas, líquidas ou por gás que permitem a ligação entre um módulo e outro;
- *Interações eléctricas*: energias que são transmitidas ou protegidas entre módulos;
- *Interações de informação*: sinais (táctil, acústico, eléctrico, visual, etc.) que é processado de um módulo para outro;
- *Interações formais/espaciais*: dimensões geométricas, tolerâncias, e restrições que têm que ser mantidas entre módulos.

Como todo o processo de design do produto, também este pode sofrer, nas várias fases, avanços e retrocessos que poderão modificar alguns dos aspectos do produto para melhorar as características diversas do seu design.

4.8 O produto modular na estratégia da empresa (alguns exemplos)

IBM

Em 1964, a IBM desenvolveu o Sistema 360 que consistia numa família de computadores de diferentes tipos e aplicações, que utilizavam o mesmo conjunto de informações e podiam compartilhar periféricos. A equipa de desenvolvimento do Sistema 360 dividiu o projecto de processadores e periféricos em informações visíveis e ocultas. As regras visíveis foram estabelecidas e reforçadas num escritório central, fazendo com que os módulos das máquinas funcionassem quando juntas. Com essa abordagem e a possibilidade de compatibilidade com os softwares existentes, a IBM obteve um enorme sucesso comercial e financeiro para a companhia e seus clientes. A modularidade também aumentou os domínios da IBM a longo prazo, já que várias empresas passaram a produzir módulos compatíveis à suas máquinas, como impressoras, terminais, memórias, softwares e eventualmente até mesmo CPU's (Valeri, *et al.*, 2000).

Mercedes-Benz

A conceito modular foi implantada na Mercedes-Benz, no Alabama, num projecto de um utilitário desportivo. Em vez de gerir um complexo sistema de fornecedores, de algumas centenas, a empresa estruturou o produto em módulos de grande capacidade e em pouca quantidade. O "cockpit", por exemplo, incluía "air bags", ar condicionado, coluna de direcção, volante, etc., formando um módulo separado, que era fornecido pela Delphi Automotive Systems. A Delphi, por sua vez, é responsável pela gestão dos fornecedores dos componentes do "cockpit". As especificações da Mercedes-Benz tornaram-se visíveis para os fornecedores coordenarem as actividades dos seus sub-fornecedores (VALERI, *et al.*, 2000).

Kodak

Com produtos de concepção modular, a Kodak nos anos 90 venceu a concorrência com a Fuji e aumentou sua participação no mercado. A Kodak desenvolveu diferentes modelos com uma plataforma comum. Entre 1989 e 1990, a empresa redesenhou os seus produtos de modo a que compartilhassem módulos e processos de produção comuns, que resultou na redução do tempo de desenvolvimento de produto e baixos custos. Este tipo de concepção modular foi citado anteriormente como arquitectura modular por troca de componente, mas também é conhecida como plataforma de produtos (VALERI, *et al.*, 2000)

4.9 Implantes ortopédicos de concepção modular

Nos últimos anos, a substituição de articulações (anca, joelho, cotovelo, etc.) tem sido realizada com bons resultados clínicos. Contudo, existem incertezas quanto aos factores relacionados com o paciente e com as características das próteses que podem influenciar o desempenho da substituição da articulação [Lurdes, 1998]. Duas linhas distintas de investigação têm sido exploradas. A primeira, de carácter puramente biológico, baseia-se no estudo e caracterização da resposta dos tecidos ao implante. A segunda abordagem, de carácter mecânico, consiste na análise do tipo de implante ou prótese de anca envolve, geralmente, a caracterização da sua componente femoral, nomeadamente a sua geometria e propriedades mecânicas [Simões, 1998].

Durante muitos anos a substituição de articulações tem sido feita com geometrias convencionais, ou seja, de geometrias não modulares. Contudo, com o conhecimento adquirido com sistemas modulares da prótese total de anca, os benefícios da modularidade foram rapidamente aplicados a outro tipo de próteses, nomeadamente às próteses do joelho e do ombro [Marlowe et al., 1997]. Por exemplo, o primeiro sistema modular da prótese do cotovelo foi desenvolvido em meados de 1980. Esta prótese visava a versatilidade intra operativa e o melhoramento visual durante procedimentos de revisão [Moeckel et al., 1992].

A modularidade de implantes e prótese aumenta as opções dos cirurgiões ortopedistas, assim como a redução do inventário que é necessário manter no hospital, no fabricante ou no distribuidor. Permite ainda ao cirurgião seleccionar a prótese mais adequada à condição patológica do paciente. Este tipo de sistemas é preferido por muitos ortopedistas na substituição total da anca. Há, aparentemente, algumas vantagens na utilização de próteses do tipo modular e [Marlowe et al., 1997: pp. 158]. De facto, este tipo de próteses permite ao cirurgião a escolha apropriada do comprimento do "pescoço" e o diâmetro da esfera durante a cirurgia, facilitando uma reconstrução mais precisa. Outra vantagem reside nas possibilidades de selecção de materiais para a cabeça e para o "pescoço". O

cirurgião pode tirar partido da baixa rigidez e elevada resistência à fadiga da liga de Ti-6Al-4V para a haste da prótese, e da elevada resistência ao desgaste inerente à utilização de uma cabeça numa liga Co-Cr-Mo. A modularidade na área das próteses pode ser relativamente à geometria combinada com materiais mais adequados a uma aplicação específica. A figura 42 ilustra próteses de anca modulares [Marlowe et al., 1997].

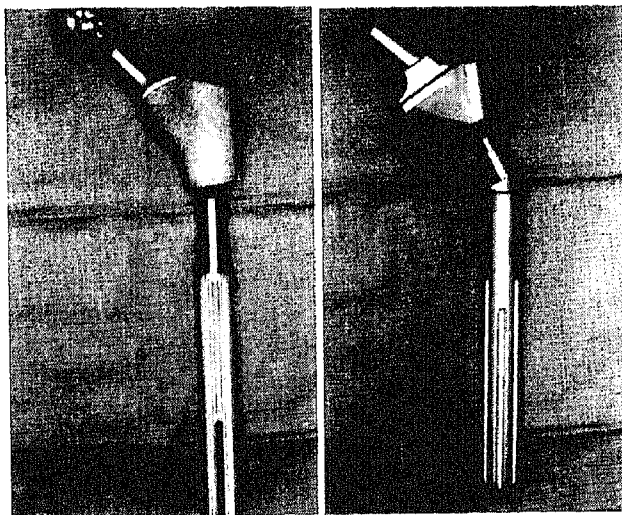


Figura 42 – Próteses Modulares

5 Design de produtos

5.1 Introdução

O desenvolvimento do produto é o processo de transformar uma ideia de produto num conjunto de instruções para a sua produção (Baxter, 1998: p. 21). Esta parece ser a forma mais simples de ver a actividade de design de produtos. No entanto, esta actividade é muito mais complexa. O processo é geralmente desencadeado por decisões apoiadas numa série de argumentos que justificam o desenvolvimento de um novo produto. Um novo produto surge, geralmente, como resposta a um problema ou para satisfazer as necessidades e desejos dos consumidores/utilizadores identificados pela empresa, pelo designer ou por outros profissionais com responsabilidade no processo de desenvolvimento. Estes argumentos serão, mais tarde, fazer parte dos requisitos do projecto, uma espécie de limites ou condicionantes que são equacionados nas fases iniciais do processo e que acompanham todo o desenvolvimento.

Para a obtenção de um resultado positivo, o processo deve ser materializado por fases ou etapas, em que cada fase representa um avanço no desenvolvimento do novo produto. À medida que as várias fases vão sendo cumpridas, o projecto vai adquirindo maior detalhe no que diz respeito à sua definição conceptual, física, funcional, ergonómica ou outra.

Este modo de trabalhar condiciona, na nossa opinião, de forma positiva, a actuação do designer que é regulada por uma metodologia de trabalho, ficando sujeito à execução de um plano estratégico e obrigado ao cumprimento de prazos.

O sucesso do seu trabalho está dependente do sucesso dos seus produtos no mercado para o qual são desenvolvidos traduzindo-se pela maior ou menor aceitação do produto pelo consumidor. O designer de produtos bem sucedido é aquele que consegue pensar com a mente do consumidor (Baxter, 1998: p. 21). Quer isto dizer que o designer, através da sua capacidade de análise, pesquisa e investigação e baseado nas informações provenientes de acontecimentos sociais, culturais e económicos, deverá ser capaz de interpretar variantes como necessidades, sonhos, desejos, valores e esperanças do consumidor e ser capaz de transformá-las em produtos.

5.2 O processo de desenvolvimento do produto

O processo de desenvolvimento de produtos é frequentemente exposto como um processo complexo e de complexa gestão que envolve várias actividades. O processo de desenvolvimento do produto pode ser definido como uma sucessão de passos que transformam um conjunto entradas num conjunto de saídas. Particularmente, na indústria,

o processo de desenvolvimento do produto é uma sucessão de passos ou actividades que uma empresa aplica para conceber, projectar e comercializar um produto (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 14).

Segundo Baxter (1998: p. 16), o processo inicia-se com a exploração de várias ideias para o novo produto. Nesta exploração são geralmente utilizados mecanismos de gerar ideias como o "brainstorming" ou o "brainwriting"¹. Estas ideias, apresentadas por exemplo sobre a forma de esboços, são analisadas e o seu potencial avaliado. Vários sectores da empresa, como a gestão, o marketing, a produção ou sector comercial são convidados a opinar sobre essas mesmas ideias. Quando alguma dessas ideias for considerada como tendo potencial para resultar num produto, o processo segue com a definição da *especificação da oportunidade* e da *especificação do projecto*. A *especificação da oportunidade* refere-se aos objectivos comerciais do produto, focalizados numa oportunidade comercial. Deve especificar as características que o produto deve apresentar, em termos comerciais, para aproveitar essa oportunidade. (Baxter, 1998: p. 126). A especificação do projecto ou do produto engloba as questões técnicas para o novo produto. Este documento torna-se o padrão de referência para a comparação de todas as alternativas geradas durante o desenvolvimento do projecto. Assim, os conceitos, as configurações e os protótipos podem ser avaliados em relação a esse padrão, para se seleccionar as melhores alternativas (Baxter, 1998, p. 18). O passo seguinte resume-se ao projecto conceptual onde se produzem vários conceitos para depois se proceder à selecção daquele que melhor poderá responder as especificações. A terceira fase inicia-se com o teste de mercado feito com o conceito seleccionado anteriormente. Se este conceito for bem sucedido, ou seja bem aceite por parte de quem avalia, passa-se à configuração do produto.

Como as várias fases não se encerram à medida que se vão passando, podem surgir outras alternativas. Essas alternativas podem levar a um recuo no processo, sendo necessário rever as fases anteriores para criar novas especificações do projecto. Estas alterações devem ser novamente testadas. Passado esse teste, o projecto entra na fase de detalhe com a definição mais precisa do produto e dos seus componentes, planos de fabricação e montagem. Chegados a esta fase, o projecto já reuniu elementos suficientes para a produção de um protótipo para teste. Com a aprovação do protótipo, o produto fica pronto para entrar em produção.

¹ O *Brainstorming* e *Brainwriting* são dois métodos de criatividade utilizados no desenvolvimento de novos produtos. Resumidamente, o primeiro consiste em reunir a equipa de projecto numa ou mais sessões para a produção do maior número de ideias para o problema proposto. As ideias vão sendo compostas ou modificadas oralmente pelos vários intervenientes para mais tarde serem analisadas e avaliadas e seleccionadas. O segundo método é uma evolução do primeiro, onde a produção de ideias feita individualmente por escrito. Durante o processo, e ao fim de algum tempo, os intervenientes têm acesso às ideias dos outros gerando mais ideias.

O processo de desenvolvimento do produto tende a não ser um processo contínuo, ou seja, as actividades não seguem uma linha recta, mas ao contrário são definidas por avanços e retornos, pois uma decisão tomada numa determinada etapa pode afectar a alternativa anteriormente adoptada, tendo que ser revista (Baxter, 1998: p. 15). Um processo assim implica a vantagem de se poder compor um grande número de hipóteses em cada etapa do desenvolvimento, podendo ser seleccionada sempre a mais vantajosa. Deste modo, a qualidade dos resultados tende a ser maior com reflexos na qualidade do produto final.

Vejamos em mais pormenor as fases mais importantes por que passa o desenvolvimento de um novo produto, com base na interpretação que fazemos do assunto, apresentado por Baxter (1998) e por Ulrich e Eppinger (2000: p. 13-20).

5.2.1 Planeamento do projecto

Esta é a fase zero do desenvolvimento do produto. Esta fase começa com a definição da estratégia da empresa que inclui os desenvolvimentos tecnológicos e objectivos comerciais (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 17). Nesta fase é especificado a necessidade de um novo produto, ou seja, são definidas as justificações para o surgimento de um novo produto. Esta fase pode incluir pesquisas de mercado, a caracterização do mercado alvo para o produto, análise dos concorrentes, elaboração da especificação da oportunidade (objectivos comerciais do produto) e a especificação do projecto (definição técnica dos objectivos do produto), os objectivos de negócio, as suposições e as restrições ao desenvolvimento do novo produto. Nesta fase são analisadas e tratadas as várias informações colhidas em trabalho de pesquisa e investigação sobre o produto, o mercado e a empresa, que vão ajudar a tomar determinadas decisões sobre o projecto antes de se iniciar o processo de desenvolvimento. Esta é considerada uma fase importante pois reflecte-se em todo o processo. Todo o tempo e esforço gastos nesta fase para a tomada de decisões correctas será economizado posteriormente, pois quaisquer correcções em fases mais adiantadas do projecto, são mais demoradas e dispendiosas (Baxter, 1998: p. 123)

5.2.2 Desenvolvimento de conceitos ou projecto conceptual

O conceito define-se pela descrição da forma, função e características do produto e pode ser acompanhado por informações dos produtos concorrentes e pela justificação económica para o desenvolvimento do novo produto. Nesta fase são identificadas as necessidades do mercado alvo, são gerados e analisados vários conceitos para o produto e um ou mais desses conceitos são seleccionados para posterior desenvolvimento e teste (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 17). Nesta fase, a capacidade criativa é a mais solicitada na produção e na análise de um grande número de conceitos para o novo produto

concluindo-se com a selecção do melhor conceito para ser desenvolvido nas fases seguintes. O projecto conceptual tem por objectivo produzir princípios de projecto para o novo produto. (Baxter, 1998: p. 175)

5.2.3 Configuração do projecto

Seleccionado o conceito e determinadas as principais características técnicas e comerciais, dá-se início à fase de configuração do produto. Esta fase inclui a definição da arquitectura do produto e a decomposição do produto em subsistemas e componentes (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 17). Os objectivos desta fase passam por encontrar o melhor layout do produto, especificar a função de cada subsistema e componente e produzir esquemas ou diagramas que demonstrem a composição do produto. Como podemos ver na figura 43, esta fase é complementada com a informação sobre o processo de montagem, os tipos de materiais e processos de fabrico a serem usados na produção. O conjunto de informações reunidas nesta fase, como os desenhos técnicos, pode ser organizado num documento conhecido como memória descritiva. Outro dos resultados práticos de desta fase é a construção do protótipo do produto para teste e análises de falhas.

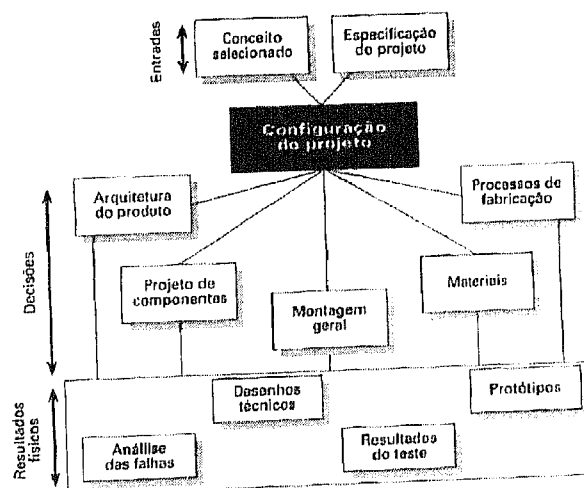


Figura 43 - Entradas e resultados da configuração do projecto (Baxter, 1998: p. 233)

5.2.4 Projecto pormenorizado

Esta fase inclui a especificação completa da geometria do produto, dos materiais e tolerâncias de todos os componentes do produto e a identificação de todas as partes estandardizadas que serão adquiridas exteriormente para a construção do produto (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 17). Cada componente será definido por um conjunto de informações sobre os materiais a utilizar e os processos de produção. A figura 44 mostra esquematicamente o conjunto de elementos que intervêm nesta fase, as decisões que se

tomam e os resultados que se obtêm. Desta fase deverá resultar a informação necessária sobre o processo de produção e montagem do produto, informação essa que servirá para garantir a qualidade de fabricação e o respeito pelas especificações do produto.

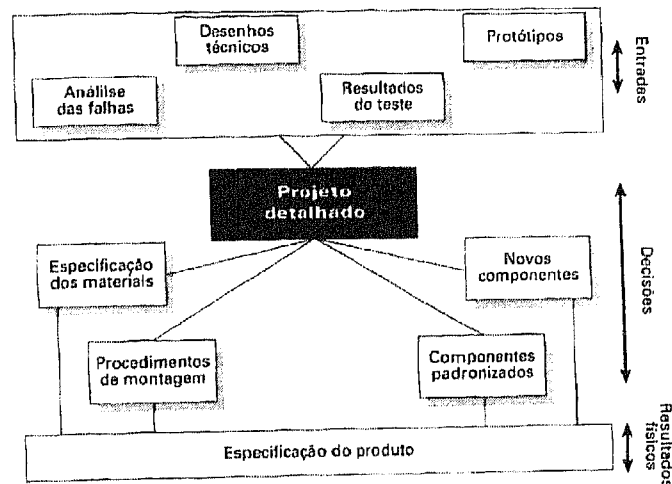


Figura 44 - Entradas e resultados do projecto detalhado (Baxter, 1998, p. 233)

Terminada esta fase, o projecto entrará nas fases finais de teste e refinamento. A produção de uma pré-série do produto, por exemplo, antecede a produção em série e tem por objectivo testar as várias operações de fabricação e montagem do produto. Estes pré-produtos podem ser utilizados para verificar se o produto está de acordo com as especificações e pode servir ainda para ser testado junto de potenciais utilizadores ou vendedores. A informação proveniente desses testes poderá confirmar o especificado ou poderá servir para produzir novos protótipos com outras afinações.

O processo conclui-se com a fabricação e montagem do produto, sendo utilizado o sistema de produção previsto.

5.3 Sucesso e fracasso dos produtos

Ao iniciar um processo de desenvolvimento do produto, uma das questões mais importantes que se coloca é precisamente a de saber se as decisões que se tomam no decorrer do processo são as mais correctas para a elaboração de um produto com sucesso. Este sucesso pode-se medir pelo grau de aceitação dos potenciais utilizadores que fazem parte do mercado alvo do novo produto. Quanto maior for o acolhimento do mercado mais fácil se torna o retorno dos investimentos e a obtenção de lucros para a empresa.

O sucesso do novo produto não pode estar dependente da sorte ou da capacidade de

adivinhar qual o caminho mais correcto. Ele tem que ser fruto de um processo de desenvolvimento do produto por etapas e da qualidade do trabalho produzido em cada uma dessas etapas.

A qualidade deve estar presente em todas as acções e decisões que se tomam, no relacionamento com os intervenientes, bem como na apresentação e partilha da informação relativa ao novo produto.

Vários factores contribuem para o sucesso de um novo produto. Segundo Baxter (1998: p.8) o factor mais importante e talvez o mais óbvio, está na diferenciação do produto em relação aos seus concorrentes no mercado e apresentar aquelas características valorizadas pelos consumidores. Desta forma podemos dizer que um produto que apresente mais qualidade na função, na sua estética, na sua construção, no seu relacionamento com o utilizador e que seja ecologicamente correcto (tanto na sua produção como no final do seu ciclo de vida), tem mais hipóteses de sucesso que os que se diferenciam por aspectos menos relevantes e de menor importância.

Outro factor apontado pelo mesmo autor está na colocação no mercado de novos produtos antes dos concorrentes (Baxter, 1998: p. 8), o que pressupõem um trabalho de pesquisa e investigação sobre mercados e tendências de mercado. Os estudos de viabilidade técnica e económica, realizados antes do desenvolvimento, são outro dos factores que podem contribuir para que um produto tenha mais hipóteses de ser bem sucedido.

A construção de uma boa especificação do projecto é outro dos factores que contribuem para o sucesso do novo produto. A especificação vai sendo definida no decorrer do processo de desenvolvimento do produto através da recolha de informações em todas as fases, que poderão ser úteis para os ensaios do novo produto.

No processo de desenvolvimento de novos produtos, um certo grau de incerteza e de risco está presente em todo o processo. No início do processo, a incerteza é grande não se sabendo, por exemplo, como vai ser o produto o final, quanto irá custar o seu desenvolvimento, que meios técnicos estarão envolvidos, etc. Necessariamente, os investimentos iniciais devem ser adequados a essa fase, correndo-se o risco de se perder tempo e dinheiro em ideias que não têm qualquer viabilidade. O designer é possuidor de ferramentas e conhecimentos que ajudam a reduzir ou evitar o investimento que se faz na produção de, por exemplo, um protótipo ou um molde. Os programas de computador, que permitem visualizar o produto em 3D, são uma preciosa ajuda na definição e visualização do novo produto, podendo este, ser testado virtualmente no mercado, junto de potenciais consumidores. Algumas das aplicações informáticas actuais permitem inclusive fazer simulações de enchimento de moldes ou testar a resistência de determinada estrutura. Os

esboços, as maquetas e os modelos feitos, utilizando diversos materiais baratos, são outro meio que o designer tem ao seu dispor para que com ele possa desenvolver, numa fase inicial, as suas ideias permitindo com esses elementos que outros as possam interpretar no sentido de avaliar o seu potencial. Se o produto se mostrar promissor nesta fase, pode-se aumentar o valor da aposta, porque o grau de incerteza foi reduzido (Baxter, 1998: p. 9).

O manual de gestão de design do CPD (1997: p. 53) faz referência no capítulo sobre as causas do êxito e do fracasso dos produtos a uma prática de projecto que nos parece ser importante de assinalar. Para os autores, a gestão integral de um projecto de desenvolvimento de produto deve atender aos seguintes pontos:

- *Ter um plano dos produtos e do mercado-alvo;*
- *Possuir suficientes alternativas;*
- *Seleccionar ideias mais promissoras e compatíveis com as possibilidades da empresa;*
- *Organizar eficazmente o desenvolvimento do produto para ser mais rápido e executado com menos custos, diminuindo ao máximo todas as incertezas.*

O projecto modular “606 Universal Shelving System” da Vitsoe parece ser um bom exemplo de um produto de sucesso. Apesar de não sabermos que práticas estiveram envolvidas na concepção e desenvolvimento deste produto e que metodologias foram utilizadas, o tempo de vida do produto, por si só é razão suficiente para falarmos de sucesso. Este sistema de prateleiras desenhado por Dieter Rams foi desenvolvido para a Vitsoe em 1960 e desde então tem sido produzido continuamente. A figura 45 mostra o sistema de prateleiras e a figura 46 algumas das configurações possíveis adaptadas a diferentes funcionalidades e espaços.

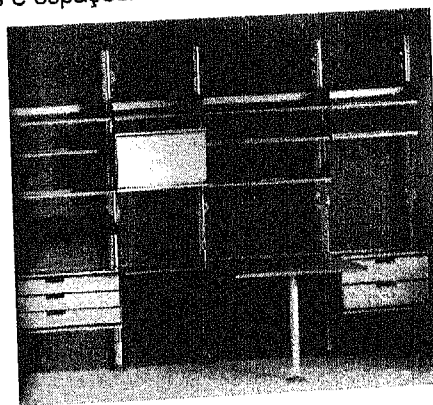


Figura 45 – Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe

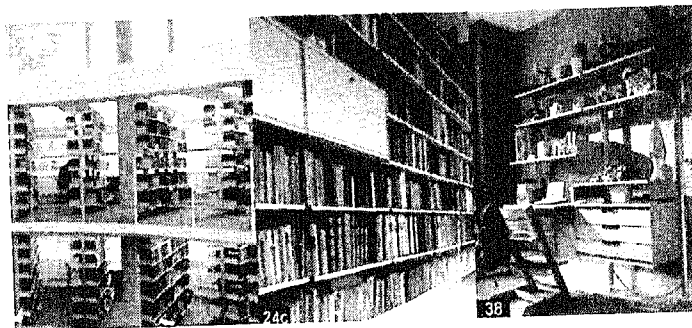


Figura 46 - Exemplos de diferentes configurações do Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe (página www.vitsoe.com)

Os factores que levam à contínua produção parecem prender-se com aspectos de intemporalidade - o produto não está associado a uma época ou uma moda - à mobilidade e à constante evolução. A figura 47 mostra um dos mais recentes módulos criados por este sistema para uma mesa de apoio.

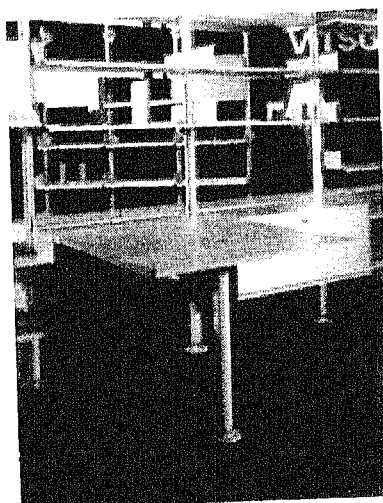


Figura 47 - Nova módulo para o Sistema 606 (página www.vitsoe.com)

A integração deste módulo tem por objectivo o aumento da funcionalidade do sistema de prateleiras. Esta tampa de mesa permite a instalação de um posto de trabalho com a possibilidade de colocação de um monitor e teclado.

6 Design Modular e aprendizagem

6.1 Introdução

No decorrer da investigação sobre a concepção modular de produto vários foram os projectos modulares encontrados, criados com o objectivo de dar a conhecer às crianças as possibilidades combinatórias de objectos tridimensionais. Em todos eles, os princípios do design modular são postos ao serviço da educação de crianças e jovens de várias idades. Jogar, criar, montar, seleccionar, construir, são algumas das actividades praticadas, por este grupo especial de utilizadores, pelo uso dos objectos constituídos por módulos. "O jogo ou o brinquedo devem estimular a imaginação, não devem ser terminados ou acabados (como acontece com algumas miniaturas perfeitas de automóveis verdadeiros) porque assim não permitem a participação de quem os tem". Munari (1981, p. 252). Para além de desenvolver capacidades criativas e de destreza manual nas crianças, pensamos que a utilização destes objectos poderá sensibilizar estes futuros consumidores para a necessidade de um melhor consumo, mais racional e menos emotivo em menos quantidade e em mais qualidade. "Quanto mais nós tentarmos compensar a culpa da falta de disponibilidade para conviver mais com os filhos dando-lhes bens materiais, mais vamos alimentando a sua voracidade consumista.[...] Impressionante a quantidade de objectos reluzentes com que nos deixamos fascinar e que são meros lixos, gadgets sem sentido, que nada acrescentam às nossas vidas." (Borges, 2002: p.30)

O produto modular pode proporcionar também as actividades de grupo já que possibilita que a montagem dos componentes e a construção possa ser partilhada entre indivíduos. Assim, através do produto modular a relação entre indivíduos pode ser aprofundada através da troca de componentes modulares para aplicação em produtos idênticos ou mesmo diferentes que podem receber diferentes módulos devido a interfaces standardizadas. Assim, parece-nos que a utilização de brinquedos modulares nas faixas etárias mais baixas influencia positivamente o crescimento dos mais jovens desenvolvendo capacidades, entre outras, de compreensão, investigação, análise, crítica, decisão e experimentação. "A mente fica elástica, o pensamento dinâmico. O indivíduo criativo". Munari (1981, p. 254). Pensamos ser esta uma boa aplicação dos princípios do design modular e por isso apresentamos aqui alguns desses projectos para crianças. Consideramos que este será também um campo a explorar pelo designer no desenvolvimento futuro de produtos educativos.

6.2 Exemplos

A figura 48 e 49 apresentam um projecto de um centro de diversão para crianças dos 3

aos 9 anos de idade.

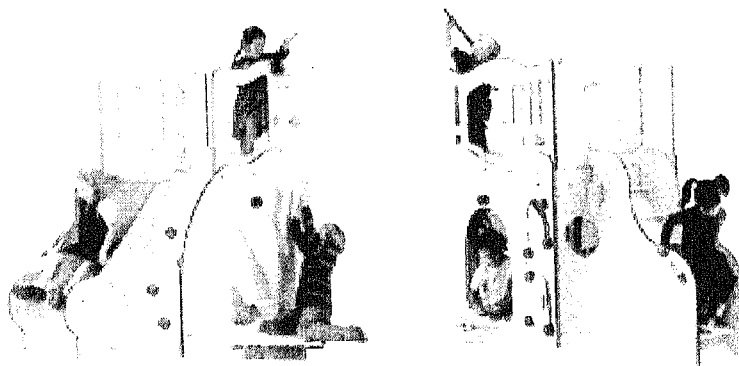


Figura 48 – “**PlaySpace**” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9.(página www.justplayin.com/deluxe.asp)



Figura 49 – “**PlaySpace**” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9.(página www.justplayin.com/deluxe.asp)

Este sistema de construção modular permite mudanças através de, por exemplo, a adição de escadas, de escorregas ou de um segundo chão com barreiras de segurança para protecção dos lados e barreiras abertas para o acesso aos degraus ou a outros módulos. A ligação de várias unidades permite a ampliação do centro e da área de diversão.

A Figura 50, apresenta algumas construções feitas com peças pertencentes ao conjunto de construções “Tinkertoys”. Este conjunto de peças é composto por esferas, cilindros e cubos furados onde se encaixam pequenos varões cilíndricos possibilitando enumeras construções.



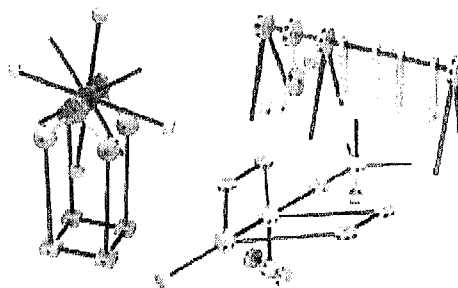


Figura 50 – Construções “Tinkertoys”

O Tangram é um puzzle chinês de sete peças geralmente construído em cartão ou madeira existente em vários tamanhos.(figura 51). O nome *Tangram* pode derivar de *Tang*, a palavra que significa *chinês* nalgumas partes da china (em honra ao período da sua história conhecida como a Dinastia Tang), e *gram* significando *algo escrito* (como um telegrama ou um diagrama). Existem livros chineses sobre o Tangram do início do século passado, mas o puzzle propriamente dito existe provavelmente há muito mais tempo e é hoje conhecido em todo o mundo (Millington, 1997: p. 17)

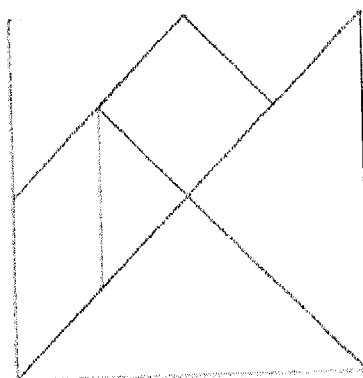


Figura 51 -Tangram

Com este puzzle podem ser feitas enumeras figuras estilizadas como pessoas, animais, casas, etc., a partir das sete peças que compõem o puzzle com a forma de triângulos, quadrados e losango. A figura 52 mostra alguns exemplos. No Tangram, contrariamente ao convencional puzzle de peças, em que muitas peças se encaixam umas nas outras de um único modo, estas sete peças podem juntar-se entre si de inúmeros modos.

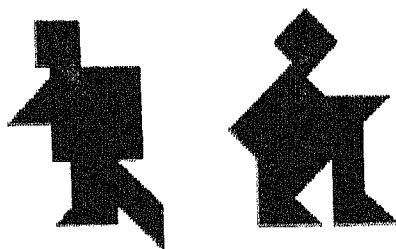


Figura 52 - **Exemplo de figuras Tangram: Carteiro e Rapaz a ler** (Millington, 1997: p. 16)

Com o jogo de componentes modulares da linha Robotix tem-se a possibilidade de se construir pelo menos 4 modelos diferentes de veículos lunares. Estas construções são sugeridas por um manual de montagem que acompanha o produto. Este manual apresenta diagramas detalhados para a montagem do "Lunar Launcher" (figura 53).

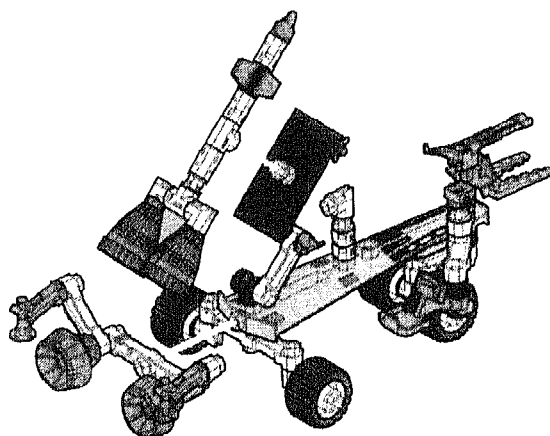


Figura 53 - **Modelo Lunar Launcher da linha Robotix**

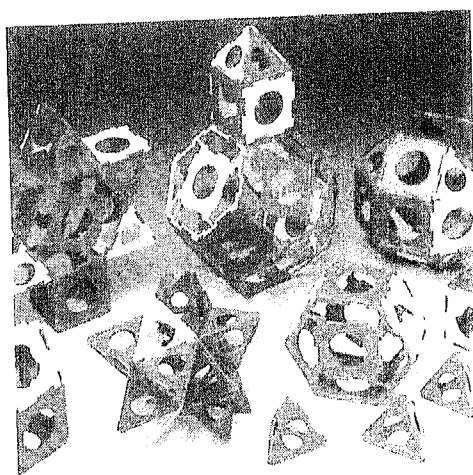


Figura 54 - **Construção Tridimensional Forma a Forma da Majora**

O jogo de construções tridimensionais (figura 54) utiliza três módulos diferentes: um triângulo; um quadrado; e um hexágono. Com estes módulos, são sugeridos alguns volumes que podem ser construídos, mas como outras possibilidades de construção de construção, também este permite às crianças a possibilidade de explorarem por tentativa e erro o simples e o complexo, permitem imaginar, criar, aprender...

A figura 55 apresenta algumas das peças de um jogo também ele de características modulares. É um jogo, que segundo Munari (1981: p. 254), encontrou muita aceitação junto das crianças. Este jogo é formado por sessenta folhas de acetato com o formato de 15 x 15 cm. Cada uma destas folhas tem impressa, numa cor diferente, imagens de, por exemplo, uma árvore, uma floresta, um muro, uma ponte, nuvens, chuva, um sol, rochas, uma silhueta humana, um carro, uma janela, etc. Todas estas imagens podem ser combinadas por sobreposição, por os acetatos serem transparentes e incolores. "A criança, perante estas folhas, compreende logo o que pode fazer e fá-lo sem que alguém dê explicações. Primeiro fará composições lógicas, depois divertir-se-á a compor coisas [...] O jogo marcha à velocidade do pensamento, a mente está em continua acção [...] tudo se faz e desfaz [...] o que conta é a possibilidade combinatória, mudar sempre, experimentar". (Munari, 1981: p. 254). As combinações possíveis são alguns milhares.

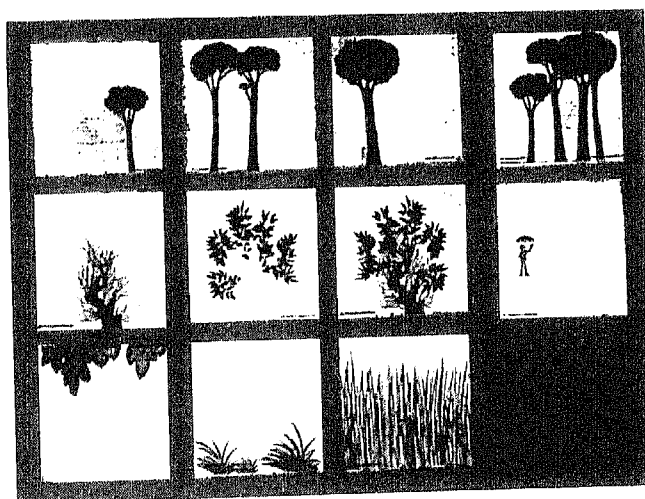


Figura 55 - **Jogo de acetatos** (Munari, 1981, p. 246)

7 Estudo de caso (Reflexão teórica)

7.1 Introdução

Este capítulo pretende ser a reflexão teórica que servirá de base ao estudo de caso futuramente proposto. Aponta questões e preocupações, que não são abordados de forma directa pelos autores estudados anteriormente, mas que julgamos poderem ser uma consequência lógica do estudo feito neste trabalho. Estas são algumas reflexões que nos arriscamos a fazer com base nos conceitos estudados anteriormente e também nas leituras auxiliares tidas ao longo de um percurso académico e profissional na área do design. O projecto, pretende também ele ser um exercício exploratório e por isso será trabalhado, naquilo que poderemos considerar a primeira fase, ao nível dos conceitos que se irão relacionar com o tema principal da investigação e com aquilo que pensamos poderem ser novas abordagens do design, com benefícios para os utilizadores e sem prejuízo para quem tem a responsabilidade de os por em prática, ou seja, em produção.

7.2 Design modular e o consumidor/utilizador

"Todo o design está vocacionado para um objectivo. Somente as nossas perguntas mudam. Já não inquirimos: 'Como é que fica?' ou 'Como funciona?'. Agora estamos mais interessados na resposta a: 'Como se relaciona?'"(Papanek, 1995, p. 9).

Como referido anteriormente, o design de um novo produto nasce da identificação das necessidades dos utilizadores. Esta é uma condição primordial na justificação de um novo design. Melhor do que ninguém o utilizador sente e tem consciência das suas próprias necessidades, construindo muitas vezes os seus próprios modelos informes em resposta a cada uma das suas necessidades e desejos. É neste sentido que deveremos trabalhar as soluções de design que passam pela criação de produtos, sistemas ou serviços. Se pensarmos em termos modulares, a ideia consiste em dividir esse conjunto homogéneo de necessidades, em módulos independentes e encontrar uma solução formal, funcional e de relaciona meto num sistema modular. Podemos considerar este sistema como uma solução básica, estandardizada, com características de adaptabilidade e versatilidade suficientes para dar respostas a necessidades daquele utilizador . Esta procura de soluções personalizáveis deverá partir de uma relação próxima entre o utilizador e o designer que poderá interpretar essas necessidade e transformá-las em soluções comercialmente viáveis. As novas tecnologias de informação e comunicação proporcionam um aproximar de interesses e sobretudo conseguem aproximar de uma forma muito objectiva pessoas com interesses comuns. Neste caso, o designer que trabalha na procura de soluções e o utilizador que tem necessidade dessas soluções.

As soluções básicas parecem ser um bom ponto de partida para reflectirmos sobre o usar e o fazer. A referência a estes sistemas básicos ou primários é no sentido da integração de funções básicas ou primárias que satisfaçam as necessidades reais também elas básicas ou primárias. Mas o design do produto terá que se diferenciar e uma das formas de o fazer passa pela concepção modular. Fazer mais aparentemente com menos parece-nos ser um bom slogan. E o design modular, como vimos, tem todo o potencial para responder a este conceito.

As relações que estabelecem entre os utilizadores e o produto modular são de facto de cumplicidade em que um modifica e o outro se deixa modificar. Estas mudanças passam por montar, construir, modificar, alterar, criar, inovar, actualizar, substituir, ampliar ou personalizar. Só por si, estas actividades conferem ao utilizador o poder de decidir sobre o que quer e como quer aliado sempre às suas necessidades presentes. Quanto às necessidades futuras cabe ao designer bem como a outros intervenientes no processo de desenvolvimento de produtos identificá-las e transforma-las em novas especificações de projecto com reflexos no conjunto de módulos.

Este tipo de abordagem poderá lembrar os conceitos de "Bricolage" ou o "faça você mesmo" mas devido à velocidade com que hoje fazemos as coisas e ao tempo cada vez mais racionado, parece-nos que se poderá afastar dessa forma de relacionamento com o produto. A actuação do utilizador poder-se-à limitar à identificação da necessidade e à selecção da entidade que melhores condições lhe dará na procura e instalação da solução. No entanto com a intervenção do utilizador na selecção do produto final poderemos passar a ter expressões como o *faça você também* ou *ajude-nos a fazer* e vez do *faça-você-mesmo*.

Através de um design modular poderemos conceber produtos baseados nas necessidades reais do utilizador. Este não necessita de adquirir um produto com as funcionalidades que não precisa no momento mas sabe que tem a possibilidade de o poder fazer mais tarde se necessitar. As razões que determinam esta actuação podem ser de ordem económica, espacial, funcional ou estética. O consumidor não adquire, porque a solução completa/total excede a sua disponibilidade económica, porque não tem espaço ou porque simplesmente não precisa. O design modular poderá fornecer ao utilizador a possibilidade de escolha segundo as suas opções assentes nas suas reais necessidades, usufruindo de outras funções à medida que reconhece que a inclusão de novas partes poderá ajudá-lo no seu trabalho, lazer, aprendizagem, comodidade, funcionalidade, etc. O design modular poderá travar o consumismo exagerado do utilizador? Talvez, se o utilizador for obrigado a pensar e reflectir sobre as suas reais necessidades em relação a um conjunto de hipóteses que lhe são oferecidas pelo produto modular. É tudo uma questão de cultura educacional.

O utilizador poderá encontrar a versatilidade do sistema modular num serviço oferecido pelo fornecedor de produto que disponibiliza meios humanos e técnicos (físicos ou virtuais) para fazer a sugestão de montagem mas também a manutenção e a substituição desse produto ou sistema. Desta forma, o utilizador tem a possibilidade de possuir/adquirir um produto mutável que se modifica segundo as suas necessidades momentâneas ou futuras.

Podemo-nos questionar também sobre a necessidade da compra e da posse do produto como Papanek (1995) fez no capítulo "Alugar, não comprar". No que diz respeito aos computadores, a ideia de alugar e não comprar parece fazer sentido devido à rapidez com que ficam desactualizados. O mesmo se pode dizer relativamente aos veículos automóveis, em que o utilizador deixa de ser proprietário do produto para passar a ser utilizador de um serviço que não só fornece o bem, como se encarrega da sua manutenção, reparação, seguro, e substituição por um novo produto ao fim de algum tempo. De facto, o risco de as coisas se tornarem desactualizadas parece ser maior agora de que em qualquer outra década.

Outro dos factores que pode levar a outra forma de obter o produto que não seja pela compra é a necessidade momentânea ou de carácter efémero. Nestes casos, o utilizador poderia alugar ou pedir emprestado os módulos que precisava para que o seu produto pudesse adquirir determinada característica. Para além da forma e da função dos objectos está implícito no empréstimo uma relação interpessoal que pode também ser modular como vimos. Os módulos implicados nesta relação poderiam ser os relacionados com a amizade, o que faz cumprir um dos objectivos actuais do design: a socialização. Outras das possibilidades é a partilha de objectos. Este conceito de partilha, em vez de posse poderia ser aplicado também ao produto modular. Determinados mecanismos, quer pelo seu custo quer pela sua utilização esporádica, poderiam ser adquiridos e partilhados por um grupo de utilizadores. Devido a interfaces standardizadas, esses módulos, poderiam ser utilizados numa família de produtos distribuídos por vários utilizadores. Evitava-se assim que cada utilizador tivesse que ter um mecanismo igual a todos os outros que iria só utilizar em situações específicas, não estando em utilização o restante tempo. Este tipo de actuação requer que o produto e designer do produto tenham essas preocupações na criação de conceitos e no processo de desenvolvimento. Neste caso, o produto deveria ser possuidor de características que permitissem que os objectos fossem usados por várias pessoas, o que obrigaria a repensar o design do produto nas suas mais variadas vertentes.

Aparentemente, o produto modular parece efémero. A sua constituição permite que seja modificado na sua forma, no seu funcionamento ou no relacionamento, vindo renovadas ou alteradas as suas capacidades. Por outro lado o produto permanece intacto na sua essência ou no seu conceito inicial para continuar a manter as especificações que lhe

deram origem. Só assim se mantém a mesma designação do produto. No entanto, julgamos que o produto base deverá possuir um nível de qualidade total (fabrício, materiais, estética, funções, ergonomia...) elevado para que possa manter o potencial de ser modular durante mais tempo.

As vantagens para quem produz ou fabrica o produto modular são reconhecidas como vimos durante a exposição do assunto. Para o utilizador, a vantagem principal apontada está na possibilidade de obter um produto à medida das suas necessidades em tempos de entrega reduzidos, adquirindo o poder de o actualizar ou modificar. E este poder está hoje alargado com a possibilidade de cada um poder escolher, nesta aldeia global, os módulos que mais lhe interessam junto dos mais variados fornecedores, sabendo desde logo que uma das características dos módulos é precisamente os produtores reconhecerem padrões na concepção dos módulos, mantendo interfaces universais para uma utilização em ambiente global. A possibilidade de contratar alguém para fazer a montagem, poderá dar azo à criação de novos serviços de apoio, acompanhamento ou manutenção.

Com a relação que se pode estabelecer entre o utilizador e o produto modular é provável que o utilizador aprenda mais sobre o produto e seja capaz de efectuar alterações, o que diminuirá igualmente o afastamento entre o produto e o utilizador, e permitirá a improvisação e o aperfeiçoamento no modo de funcionamento e estética particular, contrariando a tendência dos produtos que , "[...]sob o disfarce da 'utilidade', foram roendo a nossa capacidade de memorizar, recordar, imaginar, fazer musica, inovar e até mesmo o próprio desejo de o fazer (Papanek, 1995: p. 209).

7.3 Design modular e o meio ambiente

"As verdadeiras necessidades das classes consumidoras foram postas de lado para serem substituídas por desejos induzidos por via artificial. As eventuais consequências daquilo que inventamos, projectamos, fazemos, compramos e usamos resultam todas na diminuição dos recursos, nos factores de poluição e de aquecimento global do planeta" (Papanek, 1995: p. 160). Cada vez mais esta ideia que parecia ser isolada é hoje difundida por muitos. Denis (2000: p. 219) por exemplo afirma "Não resta dúvida de que o modelo consumista da prosperidade pela expansão contínua da produção e das vendas é insustentável a longo prazo. Em alguns aspectos, já atingimos há muito tempo os limites do equilíbrio e ingressamos na contagem regressiva para o esgotamento desse ou daquele recurso natural."

A alternativa poderá passar por um design mais versátil a adaptável e o produto modular parece ser uma dessas alternativas. Ao dividir-se em módulos independentes e com um grau de autonomia grande proporcionam uma flexibilidade maior do produto do que aqueles de concepção integral, como vimos. Isto poderá levar os

consumidores/utilizadores a reflectir e a tomar decisões mais acertadas sobre aquilo que necessitam verdadeiramente comprando menos coisas ou explorando uma série de alternativas para não comprar. Esta parece ser uma via para o desenvolvimento sustentado. Segundo Papanek (1995: p. 205) a maneira mais fácil de poupar recursos naturais e energia e reduzir o desperdício é usar menos (consumir menos, comprar menos). Não nos parece que haja com esta ideia um retrocesso no tempo a movimentos ambientalistas anti-consumismo, mas somente um apelo a um consumo responsável e consciente das consequências pós e pré produtivas.

A troca em vez de compra poderá ser uma alternativa. Determinados módulos poderão ser trocados entre indivíduos já que as interfaces são estandardizadas e permitem a ligação em diferentes produtos. Outra das vantagens do produto modular com consequências positivas para o meio ambiente é a possibilidade de os utilizadores poderem adquirir módulos para substituir os que se deterioraram, terminaram a sua vida útil ou dos quais nos cansámos esteticamente. Desta forma evitava-se a substituição do produto na sua totalidade. " Se é verdade que as ameaças ambientais mais graves advém do consumo indiscriminado de matérias-primas e do acúmulo de materiais não degradáveis descartados como o lixo, então o aperfeiçoamento de sistemas de reciclagem e de reaproveitamento deve-se tornar uma prioridade para o design ao nível industrial."(Denis, 2000: p. 219).

Associado ao design modular estão também os conceitos de montar e desmontar sabendo nós que a concepção do produto através de uma arquitectura modular facilita isso mesmo. Como já vimos, a facilidade de montagem e desmontagem trás vantagens para o utilizador e para o produtor. Mas a ideia de desmontagem é também associada à ideia de produto ecologicamente correcto. O projecto de produtos modulares facilita assim a separação, no final da vida útil do produto, de componentes para a reciclagem como facilita também a reutilização de peças, como acontece na indústria automóvel onde o projecto de novos veículos tende a reduzir o numero de materiais diferentes utilizados na sua construção bem como a utilização de componentes de montagens (rebites, cavilhas, etc.) que facilitem a separação de partes para substituição, arranjo, reciclagem ou reutilização e a redução de elementos que não se coadunam com a tecnologia desmontável (colas, soldas, etc.).

E é no projecto de novos produtos que o designer tem responsabilidade de fomentar o projecto responsável. Este projecto deverá ter em conta o uso de materiais não poluentes e que utilizem baixo consumo de energia na sua transformação, a facilidade de manutenção e substituição de módulos e o potencial de reutilização e reciclagem no final do ciclo de vida.

A alteração nos produtos no sentido do projecto mais responsável não parece suficiente.

Os hábitos de consumo também têm que mudar, e aqui, apesar de não ser explícito a intervenção do designer, este poderá no entanto influenciar através do projecto conceptual (sem preocupações comerciais) os consumidores no sentido de alertar para estas preocupações e apelar a um tipo de consumismo que responsabiliza o consumidor e que o retire do ciclo em que está envolvido. O desafio parece grande para todos e sobretudo para aqueles que têm responsabilidades na criação de novos produtos. "O aparecimento de uma nova estética constituída por considerações ambientais e ecológicas será imprevisível em termos de forma, cor, textura e variedade, e ao mesmo tempo, incrivelmente excitante. (Papanek, 1995: p. 272)

8 Conclusões

Podemos concluir que no decorrer deste trabalho, a figura do utilizador/consumidor surge no centro do projecto do produto modular. A economia global e os mercados globais estão a mudar, bem como as estratégias dos negócios empresariais, centrando toda a actividade no consumidor como a peça principal da nova economia. O sucesso dos produtos e das empresas pode ser aquilatado na sua capacidade e habilidade em responder depressa às exigências dos consumidores com inovações e novas tecnologias aplicadas aos produtos e serviços. Neste cenário, as empresas que conseguem oferecer maior variedade de produtos, associada a uma versatilidade e desempenho mais elevado, parecem conseguir resultados mais positivos e sobretudo estarem sempre prontas para as mudanças.

A vantagem competitiva de produtos e empresas poderá não advir, no entanto, da criação de uma personalização dos produtos ou serviços mas sim na oferta de valor acrescentado e individualizado para cada cliente individual. Parece não importar muito que técnica de fabricação personalizada é usada. A diferenciação e a vantagem competitiva parecem continuar a passar por uma inovação constante e criação de valor nos produtos e serviços, e de investimento não só em tecnologia mas, nas pessoas envolvidas no desenvolvimento do produto, na produção, no marketing, na assistência pós-venda, no atendimento, etc., cujo o saber fazer, a experiência e a flexibilidade não podem tão facilmente ser copiadas.

Um dos factores que contribuem para as empresas continuarem a ser competitivas, relaciona-se com a sua capacidade de produzir produtos que possam ser rapidamente configurados para oferecer potencialidades distintas dos produtos da concorrência. Ao desenvolver novos métodos e técnicas que lhes permitam reagir/responder rapidamente às mudanças exigidas em produtos com base em tendências de mercado, estão a encurtar o ciclo de desenvolvimento do produto, permitindo-lhes ganhar mais competitividade económica. Isto requer que as tarefas necessárias para desenvolver produtos sejam feitas em paralelo (design/engenharia simultânea), começando nas fases iniciais de desenvolvimento do produto. Desenvolvendo estas técnicas, as empresas poderão rapidamente projectar mudanças nos novos produtos, mudar partes de um produto, ou mudar a forma de produção/construção criando novas versões de um produto. A concepção modular pode dar os meios necessários às empresas para projectarem produtos modulares e processos industriais modulares que possam responder rapidamente às necessidades do mercado.

Projectar um produto modular pode ser feito usando técnicas de desenvolvimento de produto convencionais, mas será mais vantajoso o uso de uma metodologia de

desenvolvimento que possa utilizar, na sua máxima força, o conceito de arquitectura modular de produtos, contribuindo para uma redução do tempo de desenvolvimento do produto.

Usar o conceito modular no design do produto significa decompor o problema central/principal de design em sub-problemas, funcionalmente independentes, nos quais a interacção ou interdependência entre eles são minimizadas. O conceito de design modular tenta estabelecer uma técnica de decomposição que reduz a interacção entre módulos e a complexidade, ao mesmo tempo que cria mecanismos de interface que facilitam a sua ligação e interacção. Assim, um design modular pode ser definido como um design que decompõe um problema em partes que são o mais possível independentes umas das outras.

O design modular é visto como um processo que em primeiro produz unidades que executam funções menores, que depois de interligadas e agrupadas, executam uma variedade de funções maiores. A concepção do produto modular dá importância à minimização das interacções entre componentes, permitindo que os componentes sejam projectados e produzidos independentemente uns dos outros. O desenvolvimento dos módulos pode estar atribuído a empresas especializadas em determinada tecnologia, sendo o processo de montagem reservado exclusivamente a outras empresas vocacionadas e especializadas nesse processo.

O estudo realça a importância não só dos módulos, que têm a responsabilidade de executar as funções, mas também das interfaces que permitem a ligação entre os módulos, e o modo como todos os módulos e componentes modulares se organizam numa estrutura ou sistema modular, dando origem à arquitectura do produto que pode ser de vários tipos, como vimos, com implicações na variedade e versatilidade do produto modular.

As vantagens para o utilizador parecem ser evidentes a avaliar pela possibilidade de actualização do produto modular de que são exemplo os computadores pessoais. No entanto, parece-nos que no design generalizado do produto não só a componente técnica terá vantagens em ser modular, como a componente estética poderá ser valorizada no sentido de o conceito modular estar presente também nesse aspecto, já que muitas das substituições dos produtos dão-se por esse motivo. A concepção modular ao permitir prolongar a vida útil do produto, com actualizações por um lado e com aumento da versatilidade por outro, contribui para reduzir a quantidade de desperdícios que se produzem com a substituição integral do produto e também os recursos energéticos e de matérias primas que se utilizam na concepção de novos produtos.



9 Referências

9.1 Bibliografia Referenciada

- ALVES, Fernando; BRAGA, Fernando – Protoclick: Prototipagem Rápida, 2001.
- ANDERSON, David M; PINE II, Joseph B. – Agile Product Development for Mass Customisation: How to Develop and Deliver Products for Mass Customisation, Niche Markets, JIT, Build-To-Order and Flexible Manufacturing. McGraw-Hill, 1997.
- APARO, Ermano – Projecto realizado no âmbito do curso Master em Design da Domus Academy. Milão: 2000.
- BALDWIN, Carliss; CLARK, Kim – Design Rules: The power of Modularity. MIT Press, 2000.
- BAXTER, Mike – Projecto de Produto. S. Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1998.
- BORGES, Adélia – Designer não é personal trainer e outros escritos. S.Paulo: Rosari, 2002.
- CENTRO DE DISEÑO INDUSTRIAL S. A. - Manual de gestão de Design. Lisboa: CPD, 1997.
- DENIS, Rafael Cardoso – Uma Introdução à História do Design. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.
- DORFLES, Gillo – Introdução ao Desenho Industrial. Lisboa: Edições 70, 1972.
- ERICSSON, Anna; ERIXON, Gunnar - Controlling Design Variants: Modular Product Platform. Society of Manufacturing Engineers, 1999.
- GRADY, Peter – The Age of Modularity. Adams and Steele Publishers, 1999.
- GRADEY, Jean – Nova Economia Novo Mito?. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.
- HOPE, Jeremy; HOPE, Tony – Competindo na Terceira Onda. Editora Campus
- KAMRANI, Ali; SALHIEH, As' ed – Product Design for Modularity. Kluwer Academic Publishers, 2000.
- LENDREVIE, Jacques; LINDON, Denis; DIONÍSIO, Pedro – Mercator : Teoria e Prática do Marketing. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1996.
- LURDES, M., 1998, Estudo dos factores de influência na selecção das próteses de anca. Tese de Mestrado em Engenharia Biomédica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- MALDONADO, Tomás – Design Industrial. Lisboa: Edições 70, 1991.
- MARTINS, João – Projecto desenvolvido no âmbito do curso de Pós-Graduação em Design industrial GSA/CPD. Lisboa: CPD, 1998.
- MILLINGTON, Jon - Tangrams. Lisboa: Editora Replicação, Lda: 2000.
- MARLOWE, D. E. , J. E. Parr, M. B. Mayor - Modularity of Orthopedic Implants (Ed.), American Society for Testing and Materials, 1997.
- MOECKEL, B. H., Dines, D. M., Warren, R. F., Altchek, D. W., 1992, Modular

hemiarthroplasty for fractures of the proximal part of the humerus, J. of Bone and Joint Surgery, 74A (6), pp. 884-889.

MORAES, Dijon de - Limites do Design. São Paulo: Studio Nobel, 1997.

MUNARI, Bruno - Das Coisas Nascem Coisas. Lisboa: Edições 70, 1981.

OTTO Kevin N.; WOOD Kristin L.; Product Design. Prentice Hall, 2000.

PAPANEEK, Victor - Arquitectura e Design. Lisboa: Edições 70, 1995.

PINE II, B. Joseph - Mass Customisation: The New Frontier in Business Competition. Harvard Business School Press, 1993.

SIMÕES, J. A., 1998, Estudo da componente femoral de uma prótese de anca de rigidez controlada, Tese de Doutoramento em Engenharia Mecânica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

TOFFLER, Alvin - Choque do Futuro, Do Apocalipse à Esperança. Lisboa: Edição Livros do Brasil Lisboa, 1970

ULRICH, Karl T.; EPPINGER, Steven D. - Product Design Development. McGraw-Hill, 2000.

VASILEIOU, Evangelos - Revista Intramuros nº100, 2002, pag. 161.

WHITELEY, Nigel - O Designer Valorizado. ARCOS - Design cultura material e visualidade. Rio de Janeiro: ESDI, 1998.

9.2 Bibliografia de Apoio

AA VV - Design em Aberto, Lisboa: CPD, 1993.

ARAÚJO, Mário - Engenharia e Design do Produto, Lisboa: Universidade Aberta, 1985

BONSIEPE, Gui - Teoria e Prática do Design Industrial. Lisboa: CPD, 1992.

DORMER, Peter - Os Significados do Design Moderno. Lisboa: CPD, 1995.

BAUDRILLARD, Jean - A Sociedade de consumo. Lisboa: Edições 70

BELL, Judith - Como Realizar um Projecto de Investigação. Lisboa: Gradiva, 1997

BONSIEPE, Gui - Design: do Material ao Digital. Florianópolis: FIESC/IEL, 1997.

BRANDES, Donna; Phillips, Howard, Manual de jogos educativos. Lisboa: Moraes editores

ECO, Umberto - Como se Faz uma Tese em Ciências Humanas. Lisboa: Editorial Presença, 1997.

WHITELEY, Nigel - Design For Society. London: Reaktion Books Ltd, 1993.

GIDDENS, Anthony - O Mundo na Era da Globalização. Lisboa: Editorial Presença, 2000.

LIDA, Itiro - Ergonomia: Projeto e Produção. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda, 1990.

MANZINI, Ezio - A Matéria da Invenção. Lisboa: CPD, 1993.

NEGROPONTE, Nicholas - Ser Digital. Lisboa: Editorial Caminho, 1996.

OSBORN, Alex F. - O Poder Criador da Mente: Princípios e processos do pensamento criador e do "Brainstorming". São Paulo: Ibrasa, 1987.

9.3 Sites na Internet

INTERNATIONAL COUNCIL OF SOCIETIES OF INDUSTRIAL DESIGN:

[<http://www.icsid.org>]: "Industrial Design". [<http://www.icsid.org/iddefinition.html>]. 28 de Março de 2002

LEGO: [<http://www.lego.com>]

MELO, Eduardo: "Globalização". [<http://dossiers.publico.pt/>]. Artigo.

[http://dossiers.publico.pt/cimeiras2002/html/00.sabermas_o_que_e_global.html] 4 de Fevereiro de 2002

"DESIGN FLEXIBILITY/MODULARITY". [<http://homepages.msn.com/PlayingFields/chowdhnm/Flexibility.html>].

"ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL". <http://www.zenite.nu/index.htm>

"ESTAÇÃO ESPACIAL INTERNACIONAL". <http://spaceflight.nasa.gov/station/>

VALERI, Sandro; PARANAGUÁ, Leonardo; ROZENFELD, Henrique: "Produto Modular".

[http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/ProdutoModularv2.htm]. 8 de Novembro de 2001.

ULRICH, Karl; EPPINGER, Steven: [<http://www.ulrich-eppinger.net>]. 23 de Fevereiro de 2002

ULRICH, Karl: [<http://grace.wharton.upenn.edu/~ulrich/>]. 8 de Novembro de 2001

JUST PLAY – INNOVATIVE INDOOR PLAY: [<http://www.justplayin.com/deluxe.asp>]

ZANIC DESIGN: [<http://www.zanicdesign.com/html/travertine.htm>]

BLACK & DECKER: [<http://www.blackanddecker.com>]

VITSOE: [<http://www.vitsoe.com>] 606 Universal Shelving System.

USM: [www.usm.com]

TINKERTOYS: [<http://www.moonsplayandlearn.com/tinkertoys.htm>]

ROBOTIX: [<http://learningtoys.com>]

Figura 35 -Modelos de relógio Swatch da linha Scuba 200 78

figura 36 - Custos de desenvolvimento de produto (Grady, 1999: p.96) 80

Figura 37 - As várias funções numa categoria do produto (Grady, 1999, p. 152) 83

Figura 38 - Identificação de funções (Grady, 1999: p. 153) 83

Figura 39 - Esquema funcional de uma impressora (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 191) 85

Figura 40 - Componentes da impressora agrupados em módulos (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 193) 87

Figura 41 -Layout geométrico da impressora (Ulrich e Eppinger, 2000: p. 195) 87

figura 42 – Próteses Modulares 91

Figura 43 - Entradas e resultados da configuração do projecto (Baxter, 1998: p. 233) 95

Figura 44 - Entradas e resultados do projecto detalhado (Baxter, 1998: p. 233) 96

Figura 45 – Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe 98

Figura 46 - Exemplos de diferentes configurações do Sistema Universal de prateleiras 606 da Vitsoe 99

Figura 47 - Nova módulo para o Sistema 606 da Vitsoe 99

Figura 48 – “ PlaySpace” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9 101

Figura 49 – “PlaySpace” - espaço interior de lazer para crianças dos 3 aos 9 101

Figura 50 – Construções “Tinkertoys” 102

Figura 51 –Tangram (Puzzle de 7 peças) 102

Figura 52 - Exemplo de figuras Tangram: Carteiro e Rapaz a ler 103

Figura 53 - Modelo Lunar Launcher da linha Robotix 103

Figura 54 - Construção Tridimensional Forma a Forma da Majora 103

Figura 55 - Jogo de acetatos 104