



**PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO:
INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE UMA METODOLOGIA
ESTRUTURADA**

António José de Jesus Gomes

Licenciado em Engenharia Mecânica
pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para a satisfação parcial dos requisitos
do grau de mestre em Design Industrial

Dissertação realizada sob orientação de
Paulo Manuel Salgado Tavares de Castro,
Professor Catedrático do Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Novembro de 2008

RESUMO

Este trabalho teve como objectivo avaliar o processo de desenvolvimento de alguns produtos e perceber qual a influência que teria a utilização de uma metodologia estruturada de desenvolvimento de produto.

Uma primeira parte consiste numa introdução ao tema abordando genericamente a temática da inovação e do desenvolvimento de produto. É depois apresentada uma revisão da literatura que a partir dos anos 70 dedica atenção ao tema dos processos de desenvolvimento de produto, propondo várias gerações de metodologias estruturadas.

Com base na experiência profissional do autor, enquanto membro de equipas de desenvolvimento de produto, são apresentados três projectos e analisados pondo em contraste o procedimento adoptado com o procedimento preconizado pelos processos de desenvolvimento de produto estudados.

Da análise, salientam-se as ideias de que, uma abordagem estruturada traria benefícios a todo o processo de desenvolvimento e de que, a transmissão do conhecimento acumulado em conjunto com o conhecimento gerado são fundamentais nos processos de desenvolvimento de produto, actuais e futuros.

ABSTRACT

The present dissertation seeks to evaluate the development process of several products, and to understand the possible influence of the use of a structured methodology for that purpose.

In a first part, a general introduction is presented dealing in particular with innovation and product development, followed by a concise literature review focusing on the literature that since the 70s concerns product development processes and proposes structured methodologies.

Based upon the author's professional experience as member of product development teams, three different projects are presented and analysed, contrasting the procedures adopted in those projects with existing structured methodologies for product development.

The advantages of adopting structured methodologies for the product development process is made clear from the analysis carried out, which also emphasises the value of existing and generated new knowledge for present and future product development processes.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Paulo Tavares de Castro pela sua disponibilidade.

Aos colegas do INEGI, pelo incentivo, troca de ideias e ajuda.

À Liliana e à Diana pelo tempo que não brinquei com elas.

Aqueles que de alguma forma colaboraram na execução deste trabalho.

À Teresa

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	15
ÍNDICE DE TABELAS	19
ACRÓNIMOS	21
GRANDEZAS	22
UNIDADES	23
ELEMENTOS E COMPOSTOS	23
MARCAS COMERCIAIS	24
1 INTRODUÇÃO	27
2 I&D, INOVAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA	29
2.1 Investigação e desenvolvimento e tecnologia	29
2.2 Inovação e inovação tecnológica	30
2.2.1 Inovação tecnológica e desenvolvimento de novos produtos	34
2.2.2 A inovação tecnológica e as empresas	37
3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	41
3.1 Âmbito do projecto de desenvolvimento de produto	42
3.2 Relação produto, processo e organização	44
3.3 Porquê uma metodologia estruturada	45
3.4 Projectar o processo de desenvolvimento de produto	46
3.4.1 Tipos de processo de desenvolvimento de produto	47
3.4.1.1 Processo modular	48
3.4.1.2 Linguagem padrão	49

4	PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXISTENTES MAIS RELEVANTES	51
4.1	Processos de desenvolvimento de produto 1ª geração	51
4.1.1	Ciclo de vida do produto da NASA	52
4.2	Processos de desenvolvimento de produto 2ª geração	55
4.2.1	Modelo <i>Stage-Gate</i>	56
4.3	Processos de desenvolvimento de produto 3ª geração	59
4.3.1	Modelo <i>Stage Gate</i> de 3ª geração	61
4.3.2	Modelo genérico de Karl Ulrich e Steven Eppinger	63
5	PROJECTOS	67
5.1	Desenvolvimento de poste metálico para vinhas	67
5.1.1	A empresa Carmo - breve história	67
5.1.2	Abordagem ao projecto	68
5.1.3	Descrição do produto	70
5.1.4	Instalação e funcionamento	72
5.1.5	Ensaio realizados	73
5.1.5.1	Ensaio mecânicos e simulação estrutural	74
5.1.5.2	Caracterização mecânica dos materiais e revestimentos	77
5.1.6	Projecto do novo poste	83
5.1.6.1	Seleção de materiais, composição dos revestimentos e propriedades mecânicas	84
5.1.6.2	Desenho e cálculo de diferentes geometrias	85
5.1.6.3	Definição do processo de fabrico	89
5.2	Desenvolvimento de equipamentos de iluminação	90
5.2.1	Linha de lâmpadas fluorescentes	93
5.2.2	Sistema de iluminação dos números dos quartos	98
5.2.3	Focos	108
5.2.3.1	Foco Led 01	110
5.2.3.2	Foco Led 02	116
5.2.3.3	Foco Led 03	123
5.2.3.4	Foco Led 04	126

5.3	Desenvolvimento de conceito para expositor de material cerâmico	129
5.3.1	Enquadramento do projecto	129
5.3.2	Desenvolvimento dos conceitos	132
5.3.3	Desenvolvimento do expositor JukeBox	142
5.3.4	Desenvolvimento do expositor JukeBox P	147
6	ANÁLISE DOS PROJECTOS	153
7	CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	163
8	REFERÊNCIAS	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Relação entre os conceitos chave da inovação tecnológica [1]	33
Figura 2.2 – Categoria de novo produto vs grau de inovação [6].....	36
Figura 2.3 – Fases de desenvolvimento do processo de fabrico [9]	38
Figura 4.1 – Modelo <i>Stage Gate</i> [8]	57
Figura 4.2 – Processo de transferência de informação entre tarefas sobrepostas e não sobrepostas [23]	60
Figura 4.3 – Processo <i>Stage-Gate</i> de 3ª geração [20]	62
Figura 4.4 – Processo <i>Stage-Gate</i> de 3ª geração variantes [25]	62
Figura 4.5 – Processo genérico Karl Ulrich e Steven Eppinger [17]	63
Figura 5.1 – Comparação das espessuras de chapa dos postes	71
Figura 5.2 – Comparação das secções dos postes	71
Figura 5.3 – Instalação de poste de madeira no campo	72
Figura 5.4 – Resultados experimentais da aplicação de diferentes forças aos postes no sentido paralelo aos arames	75
Figura 5.5 – Resultados experimentais da aplicação de diferentes forças aos postes no sentido perpendicular aos arames	75
Figura 5.6 – Comparação dos resultados experimentais com os calculados no sentido paralelo aos arames	76
Figura 5.7 – Comparação dos resultados experimentais com os calculados no sentido perpendicular aos arames	77
Figura 5.8 – Curvas de tracção obtidas para os diferentes postes	78
Figura 5.9 – Geometria proposta Carmo 3	86
Figura 5.10 – Deslocamento paralelo	88
Figura 5.11 – Deslocamento perpendicular.....	88
Figura 5.12 – Planta tipo dos corredores dos quartos.....	91
Figura 5.13 – Corte de tecto falso	94
Figura 5.14 – Vista de topo da linha de lâmpadas fluorescentes.....	95
Figura 5.15 – Grampo de fixação	96
Figura 5.16 – Movimentos para montagem da calha	97
Figura 5.17 – Esboço do sistema de iluminação dos números dos quartos.....	99

Figura 5.18 – Led Luxeon I Star	100
Figura 5.19 – Degradação da luz emitida com o aumento da temperatura na junção p-n	101
Figura 5.20 – Vista explodida da solução mecânica final	102
Figura 5.21 – Bloco de alumínio, vista de cima, vista de trás e corte	103
Figura 5.22 – Chapa de suporte dos led	104
Figura 5.23 – Sistema de fixação à parede	104
Figura 5.24 – Corrosão galvânica num bloco de alumínio.....	107
Figura 5.25 – Sistema de iluminação dos números dos quartos no hotel Sheraton Porto	108
Figura 5.26 – Lente	109
Figura 5.27 – Representação típica do padrão de radiação espacial com e sem lente.....	110
Figura 5.28 – Vista explodida foco Led 01	111
Figura 5.29 – Corte foco Led 01	112
Figura 5.30 – Conjunto calha e suporte.....	114
Figura 5.31 – Corredor dos quartos no Hotel Sheraton.....	116
Figura 5.32 – Vista explodida foco Led 02	117
Figura 5.33 – Teste de temperatura foco Led 02.....	119
Figura 5.34 – Corte foco Led 02	120
Figura 5.35 – Pormenor da vedação com O’ring do foco Led 02	121
Figura 5.36 – Pormenor da vedação com vedante em silicone do foco Led 02	122
Figura 5.37 – Ferramenta de corte dos vedantes	123
Figura 5.38 – Vista explodida foco Led 03	124
Figura 5.39 – Corte foco Led 03	125
Figura 5.40 – Corte foco Led 03 com suporte e aro de remate	126
Figura 5.41 – Vista explodida foco Led 04	127
Figura 5.42 – Corte foco Led 04 e suporte para gesso cartonado	128
Figura 5.43 – Cozinha revestida a azulejo branco e listéis decorativos	130
Figura 5.44 – Exemplos de expositores existentes no mercado	131
Figura 5.45 – Painel resumo de apresentação dos conceitos.....	136
Figura 5.46 – Conceito de expositor modelo Double Spin Square	137
Figura 5.47 – Conceito de expositor modelo Double Spin Six	138
Figura 5.48 – Conceito do movimento de troca de listel - Spin	139

Figura 5.49 – Conceito de expositor Modelo Rotativo 8 faces	140
Figura 5.50 – Conceito de expositor modelo Juke Box	141
Figura 5.51 – Planta, vista frontal e vista lateral esquerda do expositor Juke Box	144
Figura 5.52 – Imagem foto-realista do expositor Juke Box	145
Figura 5.53 – Sistema de encaixe das tiras de listéis, furo e caixa de listéis.....	146
Figura 5.54 – Planta, vista frontal e vista lateral esquerda do expositor Juke Box P.....	148
Figura 5.55 – Embalagem para transporte do expositor Juke Box P	149
Figura 5.56 – Imagem foto-realista do expositor Juke Box P	150
Figura 5.57 – Fotografias do protótipo do expositor Juke Box P.....	151
Figura 6.1 – Posicionamento dos produtos Novo para a empresa vs Novo para o mercado.....	155
Figura 6.2 – Fases de desenvolvimento dos projectos vs processos	157

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1 – Fases do ciclo de vida do produto da NASA [18]	52
Tabela 5.1 – Características geométricas.....	70
Tabela 5.2 – Valores de tensão e extensão obtidos nos ensaios	79
Tabela 5.3 – Resultados das análises químicas	80
Tabela 5.4 – Resultados da comparação das análises químicas com algumas normas DIN de aços de construção.....	81
Tabela 5.5 – Espessura e tipo de revestimentos	82
Tabela 5.6 – Composição química hipóteses.....	84
Tabela 5.7 – Características geométricas das geometrias propostas	86
Tabela 5.8 – Características geométricas.....	87
Tabela 5.9 – Dimensões de painéis, panos e tiras de listéis	143

ACRÓNIMOS

AISI	American Iron and Steel Institute
CAD 3D	Desenho assistido por computador tridimensional.
CATIM	Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica
CDR	Revisão dos pontos críticos do projecto, <i>critical design review</i> .
CEMUP	Centro de Metalurgia e Materiais da Universidade do Porto
CNC	Controlo numérico computadorizado
DIN	Instituto Alemão de Normalização
FOR	Revisão das operações de voo, <i>flight operations review</i> .
FRR	Revisão da prontidão para voo, <i>flight readiness review</i> .
I&D	Investigação e Desenvolvimento
INEGI	Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial
Junção p-n	Estrutura fundamental de um díodo formada pela junção metalúrgica de dois cristais, geralmente silício, de natureza P e N.
Led	Díodo emissor de luz, <i>light emitting diode</i> .
LRR	Revisão da prontidão para lançamento, <i>launch readiness review</i> .
LxH	Largura e altura.
MOR	Revisão das operações da missão, <i>mission operations review</i> .
NASA	National Aeronautics and Space Administration
ORR	Revisão da prontidão operacional, <i>operation readiness review</i> .

PDR	Revisão do projecto preliminar, <i>preliminary design review</i> .
PER	Revisão ambiental prévia, <i>pre-environmental review</i> .
pH	Potencial de hidrogénio iónico. Índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio.
PSR	Revisão antes da expedição, <i>pre-shipment review</i> .
SAR	Revisão para aceitação do sistema, <i>system acceptance review</i> .
SCR	Revisão do conceito do sistema, <i>system concept review</i> .
SPA	Do Latim "salute per aqua". Designa habitualmente instalações e serviços onde se fazem tratamentos com água, vapor ou infusões.
SRR	Revisão dos requisitos do sistema, <i>system requirements review</i> .

GRANDEZAS

A	Alongamento
Ø	Diâmetro
Rm	Tensão de ruptura
Rp _{0,2}	Tensão limite de elástico a 0,2% de alongamento.

UNIDADES

cm	centímetro
m	metro
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro
mm ²	milímetros quadrados
MPa	mega Pascal
N	Newton
°C	grau Celsius
W	Watt
μm	micrómetro, <i>mícron</i>

ELEMENTOS E COMPOSTOS

Al	Alumínio
C	Carbono
Cr	Crómio
Cu	Cobre
CuZnPb ₃	Latão - Liga de Cobre, Zinco e Chumbo

Mn	Manganês
Ni	Níquel
P	Fósforo
Pb	Chumbo
S	Enxofre
Si	Silício
Zn	Zinco

MARCAS COMERCIAIS

Carmo France	Empresa do Grupo Carmo, em França.
Carmo Ibéria	Empresa do Grupo Carmo, em Espanha.
Carmo S.A.	Empresa do Grupo Carmo, dedicada à preservação de madeiras.
Cinca	Cinca S.A.. Empresa.
COSMOS	Aplicação de cálculo por elementos finitos.
Galfan	Marca comercial de revestimentos de protecção de aço por galvanização.
Grupo Carmo	Grupo constituído por um conjunto de empresas.
INSTRON	Marca de máquinas de ensaios de tracção.
Lumileds	Marca de leds da Philips.
LUSOMET	Empresa dedicada à comercialização de produtos siderúrgicos.
Obsidiana	Obsidiana, Engenharia e Design Unipessoal Lda.. Empresa.

OSCACER	A OSCACER – César Rola Lda. é um Grupo Nacional dedicado à transformação e comercialização de produtos siderúrgicos. http://www.oscacer.pt/index.html
Papélia	Papélia Lda.. Empresa.
PEM	Marca comercial de parafusos.
Philips	Marca comercial de iluminação.
PolyGalva	Marca comercial de banhos de galvanização de metais.
RETRATAR	Empresa do Grupo Carmo, em Espanha.
Sheraton	Cadeia hoteleira
SolidWorks	Aplicação de desenho assistido por computador.
Technigalva	Marca comercial de banhos de galvanização de metais.
Thyssen	Grupo internacional de tecnologia, em 5 segmentos aço, aço inox, tecnologias, elevadores e serviços.
Windows NT	Sistema operativo da Microsoft.
Zenzimir	Marca comercial de banhos de galvanização de metais.

1 INTRODUÇÃO

A inovação, aos mais diversos níveis, é um dos principais factores de competitividade das empresas. Inovar implica concretizar as ideias em produtos e/ou processos rentáveis e para tal é necessário fazer o seu desenvolvimento.

Nas pequenas e médias empresas a dificuldade em criar um departamento de desenvolvimento de novos produtos acaba por levar à delegação da tarefa noutros departamentos, em acumulação, ou ao recurso a empresas externas subcontratando esses serviços.

Este trabalho teve como objectivo avaliar o processo de desenvolvimento de alguns produtos, desenvolvidos no âmbito de empresas e instituições prestadoras de serviços de desenvolvimento. Foram analisados três projectos, em que o autor da dissertação esteve directamente envolvido e que não seguiram um processo definido ou instituído, no sentido de perceber qual a influência nestes, se tivesse sido utilizada uma metodologia estruturada.

O trabalho foi estruturado de modo a introduzir algumas definições ligadas aos temas da inovação e do desenvolvimento de produto e estudar os processos de desenvolvimento de produto mais relevantes. São apresentados três projectos, numa perspectiva de relato da forma como decorreram, sendo depois analisados à luz dos processos de desenvolvimento de produto estudados.

A adopção pelas empresas de processos de desenvolvimento de produto estruturados e adaptados a cada uma em particular pode ser um instrumento diferenciador num mercado cada vez mais competitivo. O autor espera que o seu trabalho constitua um pequeno passo para esse fim e sirva de motivação para a implementação de metodologias estruturadas associadas ao processo de desenvolvimento de produtos.

A dissertação está organizada em cinco capítulos além desta introdução e da secção de conclusões. No capítulo 2 é abordada em termos gerais e de contexto a investigação e desenvolvimento (I&D), no capítulo 3 é abordada a temática do desenvolvimento de

produto e os capítulos 4 a 6 tratam especificamente os processos de desenvolvimento de produto e sua aplicação aos casos abordados nesta dissertação.

2 I&D, INOVAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA

Webster disse “Nós descobrimos o que já existe, mas que nós desconhecíamos; Inventamos o que não existia antes”.

A inovação pode e deve ser aplicada às mais diversas áreas de actividade, sendo identificada por vezes de acordo com a área a que é aplicada como por exemplo inovação financeira, inovação do modelo de negócios, inovação organizacional, etc..

Tendo em conta o objectivo de discutir adiante os processos de desenvolvimento de produto, quando se fala de inovação, estamos a falar essencialmente de inovação de produtos ou serviços e de inovação de processos, ou seja, de inovação tecnológica.

2.1 Investigação e desenvolvimento e tecnologia

Na origem do processo de inovação tecnológica estão as invenções ou descobertas. As invenções e as descobertas são o resultado de um processo criativo, muitas vezes fruto do acaso e difícil de prever ou planear [1].

Invenções, descobertas e tecnologias provêm do pensamento e da experiência, bem como da investigação e desenvolvimento básico e aplicado. A investigação científica de base caracteriza-se como sendo uma actividade de gerar novos conhecimentos. A investigação científica aplicada tem como missão resolver problemas técnicos específicos. O conhecimento acumulado resultante da investigação científica forma o substrato para muitas, embora não todas, as invenções e descobertas [1].

Quando falamos de investigação e desenvolvimento e de tecnologia, estamos essencialmente a falar de gerar conhecimento e este é essencial para as organizações.

Segundo William L. Miller e Langdon Morris [2], a investigação e desenvolvimento de primeira geração é a procura sem fronteiras de descobertas científicas. A segunda geração muda a sua atenção para a aplicabilidade através da gestão de projectos. A

terceira geração utiliza questionários para determinar necessidades existentes de clientes e tem como alvo o desenvolvimento de tecnologia capaz de criar produtos e serviços que preencham essas necessidades.

A discussão dos conceitos chave sugere ser útil distinguir actividades de resultados. O critério de sucesso para as invenções e descobertas é técnico, mais do que comercial, ou seja, o importante é determinar se realmente se descobriu ou inventou algo até aí desconhecido e provar esse facto. Através das patentes, as invenções e descobertas por vezes permitem aos seus autores criar um potencial de rentabilidade económica através de processos de inovação subsequentes, mas entre a data da invenção ou descoberta, e a criação de uma inovação de sucesso pode existir em significativo intervalo de tempo [1].

Tecnologia refere-se ao conhecimento teórico e prático, características e ferramentas que podem ser utilizadas para desenvolver produtos e serviços, bem como para a sua produção e distribuição. A tecnologia pode ser materializada em pessoas, materiais, processos físicos ou cognitivos, fábricas, equipamentos e ferramentas. Os elementos chave da tecnologia podem ser implícitos, existindo apenas na experiência das pessoas, *know-how*. Deste modo, partes importantes da tecnologia não são passíveis de ser expressas ou codificadas em manuais, receitas ou outras articulações explícitas.

As tecnologias são geralmente o resultado das actividades de desenvolvimento para colocar em prática as invenções ou descobertas. O critério de sucesso da tecnologia é também técnico mais do que comercial, ou seja, o importante é a tecnologia ser capaz de executar o trabalho [1].

2.2 Inovação e inovação tecnológica

Segundo Joe Tidd *et al.* [3], quando falamos de inovação estamos a falar essencialmente de mudança.

A inovação pode ser definida simplesmente como sendo “a exploração com sucesso de novas ideias” (<http://www.berr.gov.uk/dius/innovation/index.html>). Encontram-se na

literatura definições mais elaboradas como a de Baumol (2002) [4], “O reconhecimento de oportunidades de mudança lucrativas e o desenvolvimento dessas oportunidades, fazendo todo o caminho até à sua adoção na prática” ou a de Burgelman *et al* [1], “Inovações são o resultado de um processo de inovação que pode ser definido como sendo o conjunto de actividades executadas com o objectivo de obter novos produtos ou serviços comerciáveis e/ou novos sistemas de produção e distribuição”.

Outra forma de caracterizar a inovação, segundo William L. Miller e Langdon Morris [2], é distinguir entre invenções de ruptura e inovações de fusão.

Invenções de ruptura são baseadas em investigação científica fundamental e levam ao aparecimento de novos mercados que emergem de forma não previsível e são portanto impossíveis de planear.

Inovações de fusão são aquelas que aparecem através da combinação ou fusão intencional de disciplinas ou áreas de conhecimento de modo a criar novas áreas. A biotecnologia, a nano tecnologia e a mecatrónica são exemplos de inovações de fusão. Estas inovações não precisam necessariamente de novo conhecimento fundamental pois aparecem através da combinação com utilidade do conhecimento de disciplinas formalmente separadas.

Nestas definições encontram-se subjacentes três conceitos base que estão permanentemente associados. O primeiro e mais importante é o da mudança e da novidade, ou seja, inovar pressupõe alterar alguma coisa seja ela o produto, o processo ou a organização. O segundo conceito é a ideia de rentabilidade ou de criação de alguma vantagem competitiva em termos de mercado. Esta é a diferença essencial entre a inovação e a investigação e desenvolvimento fundamentais e torna-se o critério chave para avaliação do sucesso. O terceiro conceito aparece em consequência do primeiro, ou seja, para mudar é necessário fazer alguma coisa, desenvolvendo um conjunto de actividades, o que implica que a inovação é um processo e como tal pode e deve ser gerido.

Associados a estes três conceitos aparecem quatro elementos base necessários ao processo de inovação que têm de existir ou ser desenvolvidos: tecnologia, produto ou serviço, mercado e organizações:

- a tecnologia para permitir a execução de determinado produto ou serviço;
- o produto ou serviço para propor ao mercado;
- o mercado para tornar viável a tecnologia e o produto ou serviço;
- as organizações para promoverem o desenvolvimento de todas as actividades inerentes ao processo.

Em alguns casos a tecnologia pode ela própria ser o produto ou serviço a introduzir no mercado.

A principal matéria prima para a inovação é o conhecimento científico, tecnológico e o conhecimento dos mercados e das necessidades dos clientes. Algumas inovações são baseadas em tecnologia, enquanto outras são facilitadas por novas tecnologias.

Inovações tecnológicas são o resultado das actividades de desenvolvimento de produtos ou serviços, processos e mercados. O critério de sucesso da inovação tecnológica é comercial e não técnico. Uma inovação tecnológica de sucesso é aquela que gera retorno para pagar o investimento inicial para o seu desenvolvimento e algum rendimento adicional. Isto requer o desenvolvimento de um mercado suficientemente amplo para esta inovação [1].

O empreendedorismo é impulsionador fundamental do processo de inovação tecnológica. O empreendedorismo tecnológico baseia-se em actividades que criam novas combinações de recursos capazes de tornar possível a inovação, juntando de forma lucrativa o espaço técnico e o comercial. As capacidades administrativas devem ser asseguradas de forma efectiva e eficaz. O empreendedorismo pode ser uma actividade individual ou a combinação de actividades de múltiplos participantes numa organização. O empreendedorismo tecnológico envolve actividades de desenvolvimento de produtos ou serviços, processos e mercados, bem como desenvolvimento de capacidades administrativas [1].

A Figura 2.1 adaptada do livro “Strategic management of technology and innovation” [1], mostra as relações entre os conceitos base do processo de inovação tecnológica, destacando as actividades constituintes do processo e os resultados produzidos.

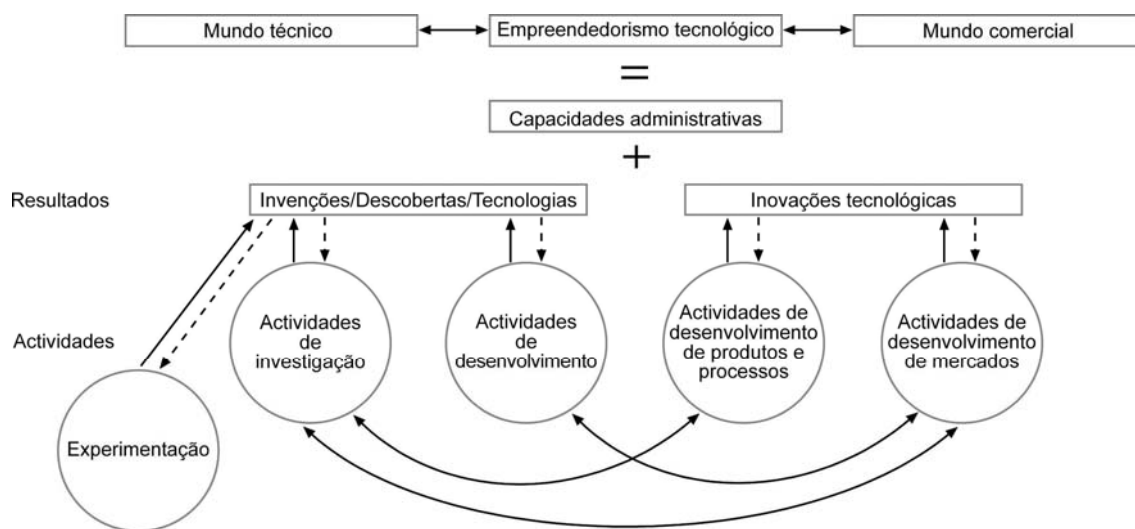


Figura 2.1 – Relação entre os conceitos chave da inovação tecnológica [1]

Como se depreende do acima exposto existe uma ligação muito forte entre as tecnologias existentes ou em desenvolvimento, capazes de materializar um produto ou serviço, e a existência ou criação de mercados interessados na sua utilização.

John Seely Brown [5], comentou “O maior desafio na inovação é ligar tecnologias emergentes com mercados emergentes. Tratando-se apenas de ligar tecnologias emergentes com mercados existentes ou vice-versa, a junção seria relativamente fácil, mas quando ambas estão a emergir é um processo co-evolucionário delicado: à medida que as tecnologias emergem, elas afectam os mercados e à medida que os mercados emergem vão afectar as tecnologias”.

A evolução em paralelo dos diferentes factores chave da inovação, nomeadamente tecnologia, mercado e organização tornam o processo complexo, sendo a gestão do mesmo um grande desafio para as organizações. É aceite de forma generalizada o papel vital da inovação na sobrevivência e crescimento das empresas [4], no crescimento económico e no bem estar a longo prazo das nações, empresas, comunidades e famílias [2], logo, as organizações que estiverem melhor preparadas para gerir a inovação de forma eficaz, organizada como uma actividade sistemática [4], serão aquelas que terão mais possibilidades de sucesso.

2.2.1 Inovação tecnológica e desenvolvimento de novos produtos

Foram identificados a partir da literatura diferentes formas de dividir a inovação tecnológica em grupos ou tipos:

Robert A. Burgelman *et al* [1], dividem a inovação em três tipos:

- Inovações incrementais, que envolvem actividades de adaptação, refinamento e melhoria de produtos, serviços e/ou sistemas de produção e distribuição existentes;
- Inovações radicais, que envolvem produtos, serviços e/ou sistemas de produção e distribuição inteiramente novos;
- Inovações na arquitectura que envolvem a reconfiguração do sistema de componentes que constituem o produto.

Sean R. McDade *et al* [6], referem a divisão da inovação em três grandes grupos proposta por Philip Anderson (1988): inovações incrementais, inovações semi radicais e inovações radicais.

Segundo Robert Dewar *et al* [7], inovações radicais são mudanças fundamentais que representam alterações revolucionárias na tecnologia e inovações incrementais são pequenas melhorias ou simples ajustes na tecnologia existente. A maior diferença entre inovações radicais e incrementais, está no grau de novidade tecnológico incorporado e portanto no grau de novo conhecimento incorporado na inovação. Assim radical e incremental pertencem aos extremos de um continuo e os valores intermédios são os mais difíceis de interpretar, dependendo da experiência e percepção de quem classifica.

Para distinguir o grau de novidade, em novos produtos ou processos podemos ir da melhoria continua do produto, do processo, ou de ambos, até uma alteração completa do produto e do processo.

Cooper [8], identifica diferentes categorias de novos produtos e define o conceito de novidade segundo dois pontos de vista:

- Novo para a empresa, no sentido de que a empresa nunca fabricou ou vendeu este tipo de produto, mas outras empresas já o poderão ter feito;
- Novo para o mercado ou inovador; o produto é o primeiro do seu tipo no mercado.

Robert G. Cooper e Sean R. McDade *et al.* [6, 8] referem um estudo da Booz Allen & Hamilton (1982), que identifica seis categorias de novos produtos:

- Novos para o mundo. Estes produtos são os primeiros do seu tipo e criam todo um novo mercado;
- Novas linhas de produtos. Este tipo de produtos apesar de não ser novo para o mercado, é novo para a empresa em particular. Eles permitem à empresa entrar pela primeira vez num mercado estabelecido;
- Adições a linhas de produtos existentes. Estes produtos são novos para a empresa mas encaixam numa linha de produtos existente que a empresa já produz. Este tipo de produtos pode também representar produto relativamente novo para o mercado;
- Melhoramentos e revisões de produtos existentes. Estes produtos não sendo completamente novos substituem produtos existentes na linha de produtos da empresa proporcionando ao cliente melhores *performances* ou maior valor percebido que o antigo produto;
- Reposicionamentos. Estes são essencialmente novas aplicações para produtos existentes e envolvem o redireccionamento do produto antigo para um novo mercado alvo ou para uma aplicação diferente;
- Redução de custos. São novos produtos projectados para substituir antigos na linha de produtos da empresa possuindo benefícios e performance similares, mas a um custo mais baixo.

Na Figura 2.2 abaixo, Sean R. MacDade *et al.* [6] combinam estas categorias de novos produtos com a aproximação de Philip Anderson, acima referida, que divide o grau de inovação em três grupos: incremental, semi-radical e radical. É assumido pelos autores que existe um contínuo dentro de cada de cada grupo, ou seja, para determinada empresa introduzir uma nova linha de produtos ou um produto novo para o mundo é uma inovação radical, embora um produto novo para o mundo seja uma inovação mais radical que introduzir uma nova linha de produtos.

As percentagens apresentadas foram retiradas de um estudo da Booz Allen & Hamilton, New Product Management for the 1980s (New York: Booz Allen & Hamilton, Inc., 1982), referido por Sean R. MacDade *et al.*[6], identificando as seis categorias de inovação de produtos a partir de uma amostra de 700 empresas dos Estados Unidos entre 1976 e 1981. Como se pode observar as categorias mais encontradas foram: Adições a linhas de produtos existentes e Melhoramentos e revisões de produtos existentes.

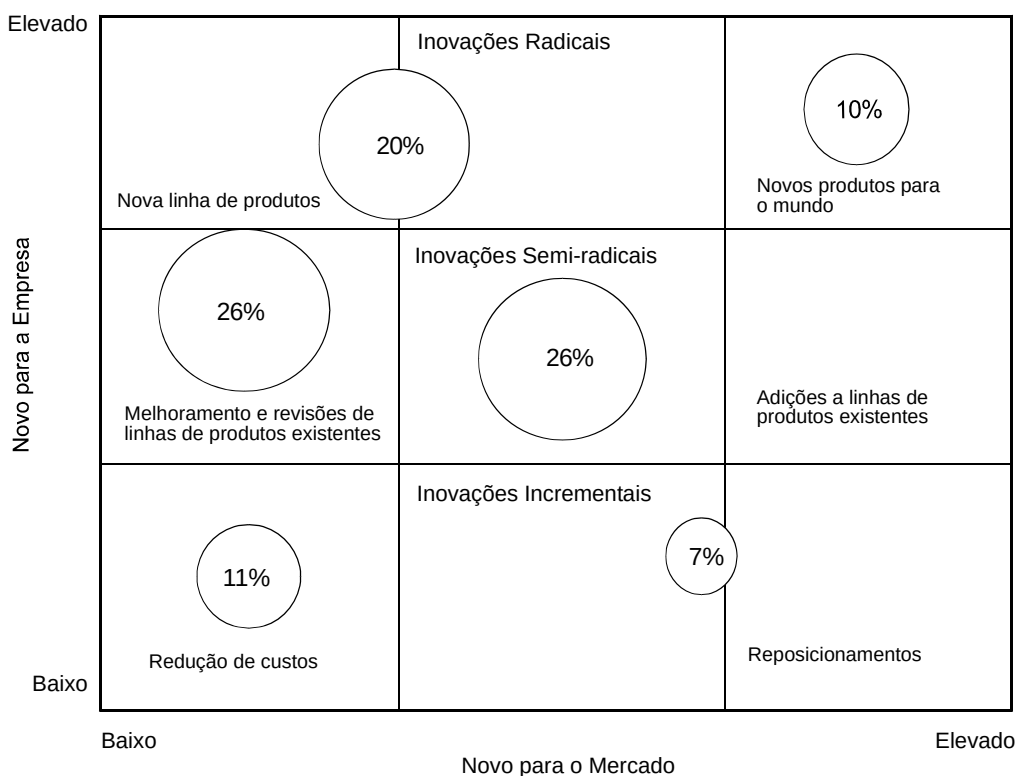


Figura 2.2 – Categoria de novo produto vs grau de inovação [6]

Segundo Cooper [8] a maioria das empresas possui uma mistura de categorias de produtos no seu portfólio, embora indique também que a grande maioria não tem produtos dentro do grupo das inovações radicais.

2.2.2 A inovação tecnológica e as empresas

As empresas e as organizações, como já foi dito, são as responsáveis e principais impulsionadoras do processo de inovação tecnológica. Em economias de mercado, a responsabilidade do estado e de outras instituições públicas limita-se normalmente à regulação dos diferentes sectores de actividade e à promoção de políticas de incentivo e apoio à investigação e desenvolvimento, quer através de programas de incentivo directo às empresas para desenvolverem este tipo de actividades, quer pelo apoio a universidades e institutos de interface que desenvolvam e promovam a transferência de tecnologia para as empresas.

Abernathy e Utterback [9] estudaram o processo de evolução das empresas, a que chamaram Dinâmica da Inovação, utilizando o conceito de unidade produtiva, numa perspectiva de sector de actividade. O seu estudo não foi executado sobre o ponto de vista de uma única empresa, mas sobre o ponto de vista de um sector de actividade ou de uma linha de produtos relacionados, sobre o seu processo de fabrico e toda a estrutura necessária para desenvolver, produzir e comercializar esses produtos.

Estes autores propõem um modelo, Figura 2.3, que relaciona as taxas de inovação do produto e do processo ao longo do tempo em três fases: fluida, de transição e específica.

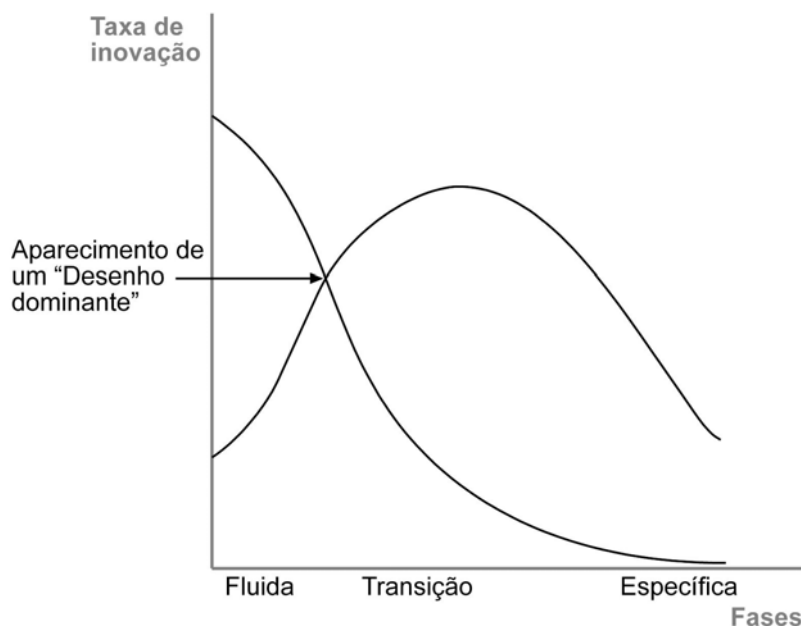


Figura 2.3 – Fases de desenvolvimento do processo de fabrico [9]

A fase fluida caracteriza-se por grandes mudanças em simultâneo e os resultados são incertos no que diz respeito ao produto, processo, posicionamento competitivo da empresa no mercado e estrutura de gestão. Nesta fase de evolução da tecnologia espera-se que a taxa de mudanças no produto seja rápida. Normalmente, dado tratar-se de uma tecnologia emergente, ela é rudimentar, cara e pouco fiável, mas preenche uma lacuna importante para um nicho de mercado [9].

No outro extremo, a fase específica caracteriza-se pela produção de um produto com elevados níveis de eficiência. A relação entre qualidade e custo torna-se a base da competição no mercado. Os produtos estão muito bem definidos e as diferenças registadas nos produtos dos diferentes competidores são normalmente muito menores do que as semelhanças. As ligações entre produto e processo são muito fortes e qualquer alteração num deles é normalmente difícil, dispendiosa e requer a alteração correspondente no outro [9].

A fase de transição une as duas fases anteriores. À medida que o mercado para o novo produto cresce, é necessário otimizar o processo produtivo, reduzindo custos e

delimitando as incertezas próprias da fase fluida. A ligação processo/produto torna-se mais estreita, tarefas realizadas manualmente são automatizadas e um produto ou família de produtos surge do lote inicial de produtos com larga aceitação do mercado tornando-se um produto com desenho dominante.

Um dos conceitos importantes apresentados por J. Utterback [9] é o de desenho dominante. Segundo o autor “um desenho dominante em determinada classe de produtos é, por definição, aquele que ganha a adesão do mercado, aquele que a concorrência e os agentes de inovação são obrigados a adoptar se tiverem a esperança de comandar uma fatia significativa do mercado potencial. Como exemplos de conquista do estatuto de desenho dominante temos as batalhas entre o sistema de gravação de vídeo Beta versus VHS e mais recentemente os entre os formatos de disco óptico Blu Ray e HD DVD, esta última ainda por decidir.

Observa-se neste modelo que os ramos de negócio têm tendência a evoluir com o mercado, tornando mais rígida a sua capacidade de inovação à medida que o mercado cresce.

A inovação numa indústria estabelecida está normalmente limitada a melhoramentos incrementais, tanto nos produtos, como nos processos. Grandes alterações no produto são normalmente introduzidas do exterior e encaradas como rupturas. A sua origem vem normalmente de uma empresa pequena recém-criada, da invasão do mercado por empresas líderes noutras indústrias ou devido à intervenção dos governos, quer pela publicação de regulamentos específicos quer como patrocinadores da mudança tornando-se os primeiros compradores [10].

Segundo Modesto A. Maidique [11] gerir mudanças radicais de tecnologia é o elemento fundamental das tarefas da gestão de topo de uma empresa de base tecnológica. Para ter sucesso, a administração deve atacar de frente o problema da mudança quando surgem novas tecnologias. Compete à gestão de topo proporcionar o ambiente para a assumpção de riscos. O facto de uma empresa operar num ramo de negócio estabelecido não a impede de estar atenta a mudanças radicais e de ser a própria empresa a procura-las.

3 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

O desenvolvimento de produtos complexos e de grandes sistemas é um processo social muito interactivo, envolvendo centenas de pessoas, projectando milhares de componentes interrelacionados e tomando inúmeras decisões ligadas entre si [12].

O objectivo de projectar novos produtos e serviços é satisfazer os clientes, satisfazendo as suas necessidades actuais ou antecipando necessidades futuras.

As empresas que apostam numa estratégia de inovação através do desenvolvimento de novos produtos, procuram o sucesso no mercado, uma melhor utilização de recursos e a renovação da organização.

O desenvolvimento de novos produtos aumenta a competitividade das empresas e organizações através da redução de custos, do aumento da qualidade e muitas vezes da redução do tempo necessário para o produto chegar ao mercado. O impacto que projectos de desenvolvimento efectivamente executados podem ter na utilização de recursos, não só capitaliza esforços de investigação anteriores como alavanca e melhora recursos existentes. Adicionalmente, novos produtos e processos fornecem os meios para a organização superar debilidades do passado e estabelecer uma base mais forte de recursos para o futuro [1].

Deste modo o desenvolvimento de novos produtos pode ser visto a começar e a acabar no cliente [13].

Até há poucos anos atrás, o processo de desenvolvimento de produto estava basicamente focado em definir as características que o produto deveria ter, de modo a que fosse a resposta correcta a determinadas especificações funcionais, sendo estas frequentemente definidas por restrições impostas pelo processo de fabrico. No entanto, o processo de desenvolvimento de novos produtos é hoje em dia olhado de uma forma mais ampla e em vez de se concentrar nas características intrínsecas do produto, tem em conta factores externos, tais como:

- Requisitos dos clientes;

- Qualidade;
- Redução dos custos de produção e controlo;
- Processo de montagem e distribuição;
- Impacto ambiental antes e depois da produção;
- Desmantelamento de produtos, rentabilização e reciclagem;
- Segurança, higiene, ergonomia, entre outros.

Estes factores têm de ser levadas em conta desde o início da concepção de um produto de modo a satisfazer a dinâmica cada vez mais competitiva dos mercados quanto ao preço, qualidade e tempo para chegada ao mercado de um novo produto [14].

Os desejos, em constante mudança, dos clientes têm também de ser satisfeitos, factores envolvendo novas percepções sociais, como a preocupação com o ambiente. Tudo isto tem efeito directo na forma como os produtos têm de ser projectados, produzidos e reciclados e introduz novas formas de olhar para o processo de desenvolvimento de produto.

O entendimento preciso das necessidades dos utilizadores mostrou-se essencial para o desenvolvimento com sucesso de novos produtos comerciais. Infelizmente, os actuais estudos de mercado para produtos muito recentes ou em categorias de produtos caracterizados por mudanças rápidas, como os produtos de tecnologia, não são fiáveis [15].

3.1 Âmbito do projecto de desenvolvimento de produto

Nigel Slack *et al* [13], defendem que em todos os produtos ou serviços podem ser considerados três componentes que deles fazem parte:

- Um conceito – conjunto de benefícios esperados que o cliente está a comprar;

- Um *package* – conjunto de produtos e serviços que fornecem os benefícios definidos no conceito;
- O processo – que define a relação entre a componente produtos e a componente serviços.

Os clientes compram conceitos. Quando um cliente faz uma compra, ele não está a comprar simplesmente um produto ou serviço, mas a comprar um conjunto de benefícios que vão de encontro às suas necessidades e expectativas.

O conceito não é uma lista de peças ou grupos de peças que o cliente compra, mas sim a forma como o cliente, e de preferência também a empresa, seus colaboradores e accionistas, percebem os benefícios do produto ou serviço.

Normalmente, a palavra produto implica um objecto físico tangível, enquanto a palavra serviço implica uma experiência intangível (ex: manutenção). Ao conjunto de produto e serviços associados chama-se o “pacote” que o cliente compra.

Alguns produtos e serviços são fundamentais e não podem ser retirados sem destruir a natureza do pacote. Outros servem para melhorar o pacote e são apelidados de produtos ou serviços de suporte.

Mudando os produtos e/ou serviços fundamentais, adicionando ou subtraindo produtos e/ou serviços de suporte, as empresa fornecem diferentes pacotes e deste modo estão a projectar diferentes produtos e serviços.

O conjunto de componentes que constituem o produto, serviço ou processo são os ingredientes do projecto. Para os transformar num projecto final, eles têm de ser ligados de alguma forma através de uma relação formal entre eles.

A relação entre componentes de um conjunto é o mecanismo através do qual os diferentes elementos são capazes de executar a sua função e deste modo cumprir o conceito original. Esta relação entre componentes vai definir um processo, ou seja, um modo de chegar ao conjunto [13].

O resultado da actividade de desenvolvimento de um novo produto é uma especificação (definição) detalhada do produto ou serviço. Esta especificação (definição) deve incluir

detalhes do conceito global especificando a forma, função e propósito geral do projecto e dos benefícios que ele proporciona, do *package* especificando o conjunto dos componentes individuais do produto e serviços necessários para proporcionar e suportar o conceito e o processo através do qual o projecto vai cumprir o conceito. Para atingir este objectivo o desenvolvimento tem de passar por diversas fases [13].

3.2 Relação produto, processo e organização

Segundo Steven D. Eppinger e Vesa Salminen [12], no estudo do desenvolvimento de produtos existem três domínios relevantes: produto, processo e organização. Em situações de desenvolvimento complexo cada um destes domínios é decomposto de modo a facilitar a gestão da complexidade.

Produto - um produto complexo ou um grande sistema é decomposto em subsistemas e estes por sua vez em sub-montagens e/ou componentes.

Processo – um processo de desenvolvimento complexo é decomposto em fases ou sub-processos e estes em tarefas, actividades ou unidades de trabalho.

Organização – Um grande grupo de desenvolvimento é decomposto em equipas, e estas por sua vez, podem ser decompostas em grupos de trabalho e em responsabilidades individuais.

Uma vez documentada a decomposição, devemos documentar os padrões de interacção entre os elementos decompostos em cada domínio:

- Produto – A arquitectura do produto é definida não só pela decomposição completa deste em componentes, mas também pelas interacções entre eles. As interacções entre componentes podem existir através de interfaces bem identificadas ou aparecem de forma indesejada ou acidental;
- Processo – O processo de desenvolvimento de produto é geralmente um procedimento complexo, envolvendo troca de informação entre várias tarefas de modo a executar o trabalho. A análise do desenvolvimento de produtos

permite estudar a eficiência do desenvolvimento e sugerir melhorias do processo;

- Organização – A estrutura da organização determina quem trabalha com quem e quem reporta a quem, sendo que, o mais importante é conhecer ou determinar os padrões de comunicação entre as pessoas que contribuem para a execução do trabalho de desenvolvimento.

A análise individual dos três domínios apresenta as seguintes vantagens [12]:

- Produto – a análise da arquitectura do produto sugere melhores módulos e fronteiras de sub-montagens, existência de interfaces críticas e identifica oportunidades apropriadas de subcontratação;
- Processo – A análise do processo de desenvolvimento de produto leva a um fluxo de trabalho metódico e à aceleração do processo, reduzindo e focalizando iterações do projecto, identificando falhas dentro do processo e substituindo fluxos de informação desorganizados por procedimentos formais onde necessário;
- Organização – A análise da organização leva a um arranjo efectivo das equipas de trabalho e à formação de equipas interdisciplinares de modo a proporcionar uma boa integração de todo o produto ou sistema.

3.3 Porquê uma metodologia estruturada

De acordo com Donald G. Reinertsen [16], os processos de desenvolvimento de produto da maioria das empresas resultam frequentemente de uma evolução aleatória e não de um projecto consciente. Este processo aleatório de evolução pode produzir soluções bem adaptadas mas é cada vez mais perigoso. A evolução é lenta enquanto o ambiente externo muda rapidamente. Por isso, deve-se mudar para uma abordagem de evolução deliberada, na qual se analisa o processo e se fazem escolhas conscientes.

Uma metodologia estruturada é, segundo Ulrich e Eppinger [17], aquela que permite uma aproximação ao processo passo a passo e normalmente fornece, em cada passo, formulários para anotação da informação chave utilizada e gerada pela equipa de desenvolvimento. Neste pressuposto, apontam três vantagens de utilizar uma metodologia estruturada:

- tornar o processo de decisão explícito;
- fornecer listas para controlo do processo;
- documentar de forma estruturada a história do processo.

Tornar o processo de decisão explícito permite, a todos os elementos da equipa de desenvolvimento, perceber as razões para determinada decisão e reduz as possibilidades de avançar no processo com decisões sem suporte. Ter disponível um conjunto de documentos pré formatados e listas de controlo do processo, assegura que assuntos importantes não são esquecidos. A terceira vantagem é inerente ao facto de existir uma estrutura, que força a geração de documentação, importante para referência futura ou formação novos colaboradores.

Ao desenvolvimento de novos produtos está intimamente associada a ideia de criatividade, de mudança constante e de geração de conhecimento que deve ser controlada. Quando se pretende gerar nova informação, cometendo novos erros, é necessário proteger-se e evitar de cair em erros antigos vezes sem conta. É necessário encontrar uma forma de preservar aquilo que se aprende, sem desencorajar as pessoas de fazerem coisas novas [16].

3.4 Projectar o processo de desenvolvimento de produto

Donald G. Reinertsen [16], defende que é útil pensar que as actividades de projecto contêm ingredientes e métodos. Os ingredientes são o orçamento, os recursos humanos e as tecnologias a utilizar. O método de usar estes ingredientes constitui o processo.

Este processo define que actividades devem ser executadas, qual a sua sequência e quem as deve fazer. Assim, as restrições do processo são:

- o que fazer;
- quando fazer;
- quem vai fazer.

O problema de projectar um processo de projecto é diferente do problema de projectar um processo. A maioria dos processos são projectados para actividades repetitivas porque um processo é uma forma de preservar o conhecimento quando se executa uma actividade. Em contraste, tipicamente somos desorganizados quando executamos uma actividade que só é executada uma vez. Inconscientemente reconhecemos que o esforço para definir um processo para essa actividade não a melhora o suficiente para justificar esse esforço.

A área de desenvolvimento de produto é uma área em que o esforço colocado na definição de um processo é premiado. É um dos poucos processos não repetitivos que garante um processo de projecto cuidado.

A maioria dos processos de fabrico é repetitiva por natureza. Em contraste, quando um processo de desenvolvimento se torna repetitivo deixa de gerar informação, e quando isto acontece deixa de ter utilidade. Deste modo, os que fazem desenvolvimento de produtos devem viver num ambiente de actividades que só se executam uma vez, em que cada projecto é único e diferente do seguinte. Os desafios devem mudar constantemente, pois a mudança é a chave para a geração de informação.

3.4.1 Tipos de processo de desenvolvimento de produto

A generalidade dos processos pode ser dividida em sub-processos de entrada, de processamento e de saída ou seja dados, processamento e resultados.

O processo de desenvolvimento inicia-se com a introdução de um sub-processo que de alguma forma aparece. Este sub-processo representa trabalho que necessita de ser executado e tem como consequência o aparecimento de um segundo sub-processo que consiste em definir que recursos vão executar o trabalho [16]. Definido este sub-processo, outros sub processos vão aparecer até que se obtenha o resultado final.

Ao falar de tipos de processo, numa perspectiva estruturada, estamos a falar do tipo de abordagem que se faz ao processo e aos sub-processos subjacentes.

3.4.1.1 Processo modular

A forma mais simples de combinar estrutura e flexibilidade é criar um processo de desenvolvimento por módulos. Por alteração da utilização e da sequência destes módulos, podemos produzir milhões de possíveis configurações de processos sem perder o controlo.

Uma forma de construir estes módulos baseia-se no método de desenvolvimento de *software* orientado por objectos. Este é o conceito de esconder informação. Esconder informação significa a capacidade de definir propriedades de um objecto, visíveis do exterior, ao mesmo tempo que se escondem detalhes da operação interna. Os objectos podem apresentar uma interface externa bem estruturada, enquanto preservamos a liberdade de projecto na sua estrutura interna.

Uma interface externa bem planeada permite uma grande flexibilidade e é a chave para poder reutilizar objectos [16].

Quando se projecta um processo de desenvolvimento queremos explorar as mesmas propriedades. O interesse é criar blocos normalizados de construção que são definidos numa fase inicial nas suas interfaces. Normalizando as interfaces, pode-se desenvolver a estrutura interna de acordo com as necessidades e requisitos de cada projecto em particular. Como as propriedades externas estão controladas, é possível modificar os métodos internos sem desvirtuar todo o processo de desenvolvimento. Esta flexibilidade

interna de cada módulo é que permite a adaptação às necessidades de cada projecto específico.

Deste modo, é criada uma arquitectura que é tolerante à mudança, pois a maior parte das alterações apenas afectam a estrutura interna dos módulos. Ou seja, um processo modular de desenvolvimento oferece a desejável propriedade de ser simultaneamente bem estruturado e flexível.

3.4.1.2 Linguagem padrão

A aplicação de uma linguagem padrão passa por criar um largo conjunto de processos de topo, a partir de um pequeno número de elementos bem definidos. Esta aproximação é mais subtil pois concentra-se na aplicação sequencial de uma série de padrões mais do que em módulos tangíveis.

Segundo Donald G. Reinertsen [16], se não se entender os padrões subjacentes não se percebe verdadeiramente o processo de projecto. Quando descemos ao nível destes padrões, quebramos barreiras e ficamos a um nível de simplicidade e clareza.

Isto quer dizer que se deve resistir à tendência natural de focar a atenção nas soluções, que são concretas, visíveis e complexas. A atenção deve recair sobre os padrões base que são abstractos e menos visíveis, mas muito mais simples. Um pequeno conjunto de padrões fortes, pode fornecer um elevado grau de complexidade e adaptabilidade sem criar um processo extremamente complexo.

4 PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO EXISTENTES MAIS RELEVANTES

Segundo Jean Thilmany, os princípios utilizados nos processos de desenvolvimento de produto actuais, tem a sua génese na renascença à cerca de 500 anos. Filippo Brunelleschi, Arquitecto da Renascença, a quem se deve a cúpula de Santa Maria del Fiore em Florença, concebida cerca de 1420, inventou uma nova metodologia no processo de projecto composto por seis passos básicos que consistiam em analisar os requisitos do projecto, definir um conceito, executar o desenho detalhado, planear o processo de fabrico, fabricar as peças e montar as várias peças (<http://www.memagazine.org/supparch/medes04/thelight/thelight.html>).

O processo de desenvolvimento de produto é uma parte importante do ciclo de vida do produto, uma vez que as decisões aí tomadas têm o maior impacto no custo e qualidade do produto [18].

Segundo José Varela *et al* [19], os processos de desenvolvimento de produto são catalogados normalmente na bibliografia, por ordem cronológica, de 1ª, 2ª ou 3ª geração.

4.1 Processos de desenvolvimento de produto 1ª geração

O esquema que dá origem aos processos de desenvolvimento de produto de 1ª geração foi desenvolvido pela “National Aeronautics and Space Administration” (NASA) dos Estados Unidos da América, nos anos 60, é conhecido actualmente por processo faseado com revisão, “Phased Review Process” [20].

Os processos de desenvolvimento de produto 1ª geração caracterizam-se por uma estrutura funcional em que a área técnica da empresa é a responsável por orientar o desenvolvimento de novos produtos e a intervenção do *marketing* apenas aparece na parte final do lançamento do produto. Dividem o projecto em fases discretas e

sequenciais de modo a organizar os pontos de revisão e decisão. O avanço para a fase seguinte depende do preenchimento de determinados pré-requisitos. Essencialmente, no final de cada fase, é verificado se o trabalho desenvolvido na fase que está a terminar, foi desenvolvido de forma adequada e se todas as tarefas foram completamente executadas. Assim, estes modelos seguem uma metodologia de controlo e medida, desenhada para assegurar que o projecto se desenvolve de acordo com o previsto e de que cada aspecto do mesmo foi tratado no seu devido tempo [18-20].

4.1.1 Ciclo de vida do produto da NASA

Segundo Lawrence P. Chao *et al.* [18, 21] a NASA tem um ciclo de vida do produto bem definido, composto por 5 fases. Os autores utilizam a designação ciclo de vida e não processo de desenvolvimento de produto uma vez que o modelo contempla a fase de operações que se desenvolverá ao longo de toda vida do produto.

A Tabela 4.1 representa as fases do ciclo de vida do produto da NASA e as principais actividades, documentos necessários e revisões ao longo das fases.

Tabela 4.1 – Fases do ciclo de vida do produto da NASA [18]

Phase	A Preliminary Analysis	B Definition	C Design	D Development	E Operations
Activities	Conceptual Studies Exploration of alternatives	Preliminary Design Concept Solution	Detail Design System Development	Final Design & Development Fabrication Test	Suport Product improvement
Requirment Related Documents	Program Plan Draft System Specification	Baseline System Specification	Segment Specs Element Specs	Maintain Specs	Maintain Specs
Reviews		SSR PDR	CDR	SAR FRR	ORR

Na fase A, Análise Preliminar, inicia-se a definição de especificações através da execução de estudos de conceito e exploração de alternativas. Na fase B, Definição, são refinadas as especificações e determinadas as bases do projecto através da execução de um desenho preliminar e da selecção de um conceito. Nestas duas fases apenas se definem as especificações macro de todo o sistema, sendo na transição da fase B para a fase C que se definem especificações mais detalhadas ao nível dos subsistemas e dos componentes. Durante a fase C, Projecto, são então definidas em detalhe todas as especificações técnicas do sistema através da especificação detalhada de subsistemas e componentes, como resultado da conclusão do desenvolvimento do sistema e do projecto de detalhe. Na fase D, Desenvolvimento, é executado o projecto final que corresponde a um esforço de integração dos diferentes subsistemas e definição de montagens, desenvolvimento dos planos de fabrico, fabrico e teste. A fase E, Operações, corresponde à utilização do produto em que as tarefas desenvolvidas são de manutenção, apoio ao cliente ou ao utilizador e melhoria do produto. As actividades desta fase no caso da NASA são ligeiramente diferentes das actividades da maioria da indústria, dado cada projecto ser único e o número de produtos iguais construídos ser muito reduzido.

As revisões do projecto são os pontos chave de transição ao longo deste ciclo de vida. Lawrence P. Chao *et al.* [21], referem que todos os projectos da NASA se submetem ao processo de revisão técnica do projecto. O programa de revisões aplicado a cada projecto depende da dimensão e complexidade do mesmo, do tipo de produto a desenvolver, um aparelho para enviar para o espaço ou apenas um instrumento para incorporar noutros produtos e do tipo de projecto, um produto novo ou a melhoria de um produto existente, sendo aplicado dependendo de cada caso, um subconjunto da lista de revisões seguinte:

- Revisão do conceito do sistema (*system concept review* - SCR);
- Revisão dos requisitos do sistema (*system requirements review* - SRR);
- Revisão do projecto preliminar (*preliminary design review* - PDR);
- Revisão dos pontos críticos do projecto (*critical design review* - CDR);
- Revisão das operações da missão (*mission operations review* - MOR);

- Revisão ambiental prévia (*pre-environmental review* - PER);
- Revisão antes da expedição (*pre-shipment review* - PSR);
- Revisão para aceitação do sistema (*systems acceptance review* - SAR);
- Revisão das operações de voo (*flight operations review* - FOR);
- Revisão da prontidão para voo (*flight readiness review* - FRR);
- Revisão da prontidão para lançamento (*launch readiness review* - LRR);
- Revisão da prontidão operacional (*operation readiness review* - ORR).

A NASA executa dois tipos de revisão, as revisões formais e as revisões pelos pares.

As principais revisões formais são a Revisão do projecto preliminar (PDR) e a Revisão dos pontos críticos do projecto (CDR). A PDR é executada para assegurar que o trabalho executado na definição do conceito do sistema está preparado para seguir para a fase de projecto detalhado. Executa-se quando o estado do projecto é suficiente para iniciar o fabrico de alguns protótipos e execução de alguns testes, no sentido de que demonstrar se o conceito desenvolvido está de acordo com os requisitos do projecto. A CDR é executada quando o modelo de engenharia está perto da sua conclusão e sempre antes de fixar qualquer parte do projecto ou desenvolver qualquer actividade de fabricação. A CDR deve representar a apresentação completa e compreensível de todo o projecto e é executada para demonstrar que o projecto de detalhe está concluído e é possível iniciar as actividades de fabrico, montagem e esforço de integração. Para a execução das revisões formais existe uma comissão de revisores à qual se juntam elementos das equipas com interesses no projecto. Podem ainda existir auditorias internas ou externas aos projectos por deliberação da administração. Para auxiliar as revisões formais existem linhas guia e documentos normalizados, descrevendo as actividades que tem de ser executadas pelos revisores, a sua ordem e as pessoas indicadas para cada actividade de revisão.

As revisões pelos pares normalmente não são mais do que uma revisão técnica profunda, informal, normalmente executada antes das revisões formais e conduzida no interior da equipa de trabalho que pode conter fornecedores e consultores externos.

Tal como foi referido todas as revisões neste modelo tem um carácter essencialmente técnico, deixando de lado aspectos ligados à estratégia do negócio.

Este modelo foi adoptado por muitas empresas, especialmente aquelas que de algum modo tinham relações com a NASA ou com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

4.2 Processos de desenvolvimento de produto 2ª geração

Tendo como base os modelos para os processos de desenvolvimento de produtos de 1ª geração, foram desenvolvidos os modelos para os processo de desenvolvimento de produtos de 2ª geração aplicados actualmente. Estes esquemas definem processos sistemáticos, denominados *stage-gate*, que servem como guia ao desenvolvimento do produto, desde a geração de uma ideia para um novo produto até ao seu lançamento. O processo de desenvolvimento de produto proposto é sequencial e tal como os processos de 1ª geração tem uma estrutura rígida [19]. Segundo Cooper [8, 20] o modelo proposto, tal como na 1ª geração, consiste em dividir o processo de desenvolvimento de produto em etapas discretas e identificáveis, *stages*, que são precedidas de pontos de decisão a que neste modelo chamam portas, *gates*. Ao dividir em etapas e em portas, que mais não são que um ponto de controlo de qualidade e de decisão, avança/não avança, este modelo normaliza em grande parte as actividades entre cada ponto, ou seja, dentro de cada etapa [20, 22].

A maior diferença entre os processos de desenvolvimento de produto de 1ª e 2ª geração está essencialmente na aproximação multidisciplinar, quer nas acções, quer nas decisões. Cada etapa não é apenas da responsabilidade de um departamento específico, tomando todos os departamentos parte activa na totalidade do processo de desenvolvimento de um novo produto, gerando informação que é incorporada no processo de decisão. Assim, a cada momento é adicionada à parte técnica, informação

financeira, de *marketing*, de fabrico e de outros sectores importantes para o desenvolvimento do projecto [19, 20], e o processo de desenvolvimento do produto torna-se um processo dirigido pelo mercado e focado no consumidor [8].

4.2.1 Modelo *Stage-Gate*

Cooper [8] desenvolveu um modelo a que chamou *Stage-Gate Process*, que é composto por 5 etapas e 5 portas.

Cada etapa contém um conjunto definido de actividades concorrentes, de modo a diminuir o tempo de chegada ao mercado, desenvolvidas de acordo com as melhores práticas da organização e do sector industrial. As actividades de cada etapa são desenvolvidas por equipas multi-funcionais, compostas por elementos dos diferentes departamentos da empresa [18].

As portas são os pontos em que a gestão de topo avalia a continuação do projecto, decidindo se avança para a etapa seguinte, desiste do projecto, suspende o projecto por algum tempo à espera de novos dados, ou se recicla o projecto fazendo-o passar novamente por etapas anteriores. Uma equipa de pessoas com experiência é responsabilizada por guardar as portas, *Gatekeepers*, ou seja, serão responsáveis por em cada porta tomar decisões sobre o andamento do projecto com a ajuda de uma lista de critérios e regras pré estabelecidas [18].

A Figura 4.1 apresenta o modelo de 5 etapas e 5 portas proposto por Cooper [8].

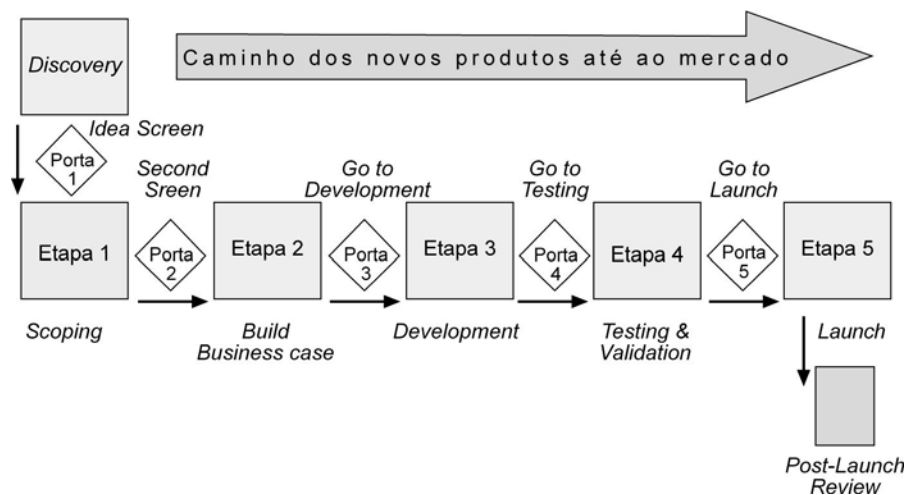


Figura 4.1 – Modelo *Stage Gate* [8]

A etapa prévia, *Discovery*, consiste em, a partir de trabalho de investigação base, executado com o intuito de fazer descobertas científicas e tecnológicas, identificar oportunidades e gerar ideias passíveis de dar origem a um novo produto, colecionando-as. A primeira porta, *Idea Screen*, é um ponto de decisão em que são avaliadas um conjunto de ideias e filtradas de acordo com critérios essencialmente de estratégia da organização e de negócio, tais como, alinhamento estratégico, exequibilidade do projecto, dimensão da oportunidade e atractividade do mercado, vantagens do produto, capacidade para alavancar os recursos da empresa e adequação às suas políticas. Uma decisão para avançar significa o início do projecto e a atribuição de recursos para execução da etapa 1, *Scoping*.

Nesta etapa é executada uma investigação preliminar. Esta investigação é normalmente trabalho de secretária, em que se executam os primeiros estudos técnicos e de mercado, num tempo curto e com custo baixo. Na porta 2, *Second Screen*, e com base na informação recolhida e tratada, é executada uma segunda filtragem e tomada a decisão de avançar para a etapa 2, *Building the Business Case*.

Nesta etapa é executada uma investigação detalhada das ideias em estudo, envolvendo investigação primária, quer técnica, quer de mercado, de modo a criar um plano de negócio que inclui a definição do produto e do projecto, sua justificação e plano de desenvolvimento do projecto. Na porta 3, *Go to Development*, com base no plano de negócios elaborado, é tomada a decisão de avançar ou não para o desenvolvimento executando a etapa 3, *Development*.

Nesta etapa é acompanhada a implementação do plano de desenvolvimento e executado o desenvolvimento físico do produto. Projecto, testes de laboratório com protótipos preliminares devem assegurar que o produto atinge os requisitos em condições controladas. Para projectos de longa duração devem-se prever pontos de controlo e revisões periódicas no plano de desenvolvimento, que não são encarados como portas em que se tomam decisões de avança/não avança mas permitem o controlo do projecto e a sua gestão. No fim desta etapa o resultado é um protótipo testado em laboratório do produto. A ênfase nesta etapa é dada ao trabalho técnico embora decorra em paralelo trabalho de marketing e de preparação das actividades de produção. Na porta 4, *Go to Testing*, é decidido avançar para a execução de testes e validação do projecto, etapa 4, *Testing and Validation*.

Esta etapa, *Testing and Validation*, valida a viabilidade global do projecto, isto é: o produto em si mesmo, o processo de produção, a aceitação pelos clientes e os aspectos económicos associados. É iniciada também a validação externa do produto e do projecto através de actividades como: testes de durabilidade em laboratório, testes de campo, produções piloto, testes de mercado e revisão das análises financeiras e de negócio, tendo em conta dados mais precisos entretanto obtidos. Após o teste e validação do projecto decide-se, na porta 5, *Go to Launch*, se este avança para a etapa 5, *Launch*, de lançamento do novo produto no mercado.

Na etapa 5 implementam-se os planos de produção e de lançamento do produto pelo marketing.

Após algum tempo de comercialização do produto, o projecto do novo produto deve ser encerrado e o produto passa a produto regular da linha de produtos da empresa. É neste ponto que o projecto e a performance do produto é revista, *Post-Launch Review*. Os dados mais recentes sobre retorno do projecto, custos, despesas, lucros e prazos, são recolhidos e tratados para aferir a performance do processo de desenvolvimento do produto.

4.3 Processos de desenvolvimento de produto 3ª geração

Os processos de desenvolvimento de produto de 3ª geração aparecem para fazer face ao desafio derivado da grande velocidade a que se dão as mudanças no mercado e do aumento das competências na área do desenvolvimento de novos produtos [19].

Cooper [20] identifica seis debilidades nos processos de 2ª geração, nomeadamente no processo *Stage-Gate* por ele proposto:

- Os projectos tem de esperar em cada porta até que todas as tarefas estejam concluídas;
- A sobreposição de fases é impossível ou desencorajada pelo modelo;
- Os projectos tem de passar por todas portas e as etapas;
- O modelo não leva à avaliação das prioridades entre projectos e à focalização nos mais importantes;
- Alguns projectos de novos produtos são demasiado detalhados;
- Alguns processos de desenvolvimento de novos produtos tendem a ser burocráticos.

Preston G. Smith e Donald G. Reinertsen [23] defendem que as portas ou portagens, típicas dos processos de 2ª geração, servem para parar o fluxo e não para o acelerar e que os processos *stage-gate* estão orientados principalmente para o controlo e menos para a velocidade. Segundo os autores, a vantagem das portas é proporcionar a oportunidade para que a administração decida se o projecto continua ou pára, sendo que esta é uma prerrogativa que a administração tem a qualquer momento. As desvantagens são o atraso que provocam e os custos associados a cada ponto de controlo obrigatório.

As proposta de Preston G. Smith e Donald G. Reinertsen [23] para aceleração e controlo do processo, passam por sobrepor o máximo de tarefas possível e gerir as tarefas que se encontram no caminho crítico de modo de modo a que estas, por um lado não sofram atrasos que provoquem atrasos em cadeia nas outras tarefas, e por outro atribuindo-lhes

mais recursos ou retirando-lhes requisitos de modo a que estas saiam do caminho crítico. Como é obvio este é um trabalho que só se finaliza com a conclusão do processo uma vez que quando uma tarefa sai do caminho crítico outra toma o seu lugar.

Uma das consequências da aceleração do processo e da sobreposição de tarefas é ter de trabalhar com informação incompleta [20, 23].

Segundo Eppinger [24], o processo de desenvolvimento de produto requer inovação e a inovação requer ciclos complexos de aprendizagem, ou seja, existe informação que só vai estar disponível depois de ser executado trabalho para o qual esta informação era necessária. Esta constatação leva à evidencia de que o processo de desenvolvimento de produto é por natureza um processo iterativo e portanto, a noção de ponto de controlo em que tudo tem de estar concluído gera incompatibilidades.

Na Figura 4.2, é apresentado um esquema adaptado do livro de Preston G. Smith e Donald G. Reinertsen [23], que compara o processo de transferência de informação entre tarefas sobrepostas e tarefas não sobrepostas em relação à variável tempo.

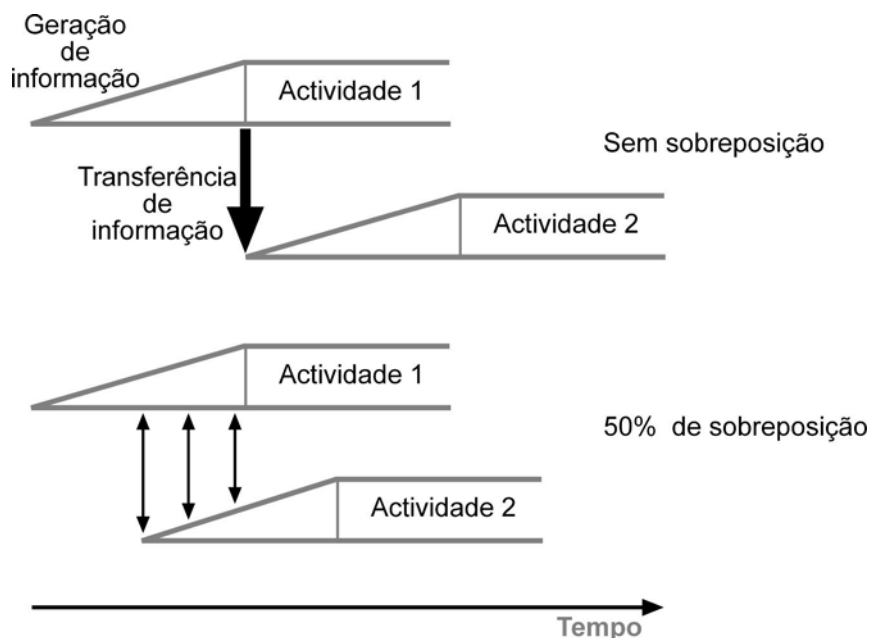


Figura 4.2 – Processo de transferência de informação entre tarefas sobrepostas e não sobrepostas [23]

Tendo em conta as debilidades identificadas surgem os processos de 3ª geração em que o objectivo é obter um processo com maior velocidade e flexibilidade e melhor atribuição de recursos entre os projectos [20].

4.3.1 Modelo *Stage Gate* de 3ª geração

Cooper [20], identifica quatro pontos fundamentais que caracterizam o modelo *Stage-Gate* de 3ª geração:

- Fluidez – O processo deve ser fluido e adaptável com sobreposição de tarefas e etapas fluidas para aumento da rapidez;
- Portas difusas – As decisões de avançar ou não avançar são condicionais e dependem da situação encontrada;
- Focagem – O portefólio de projectos é olhado como um todo, os projectos são colocados por ordem de prioridade e os recursos existentes são distribuídos de acordo com as mesmas;
- Flexibilidade – O sistema não é um *Stage-Gate* rígido. Cada projecto é único e tem o seu próprio caminho ao longo do processo.

Segundo José Varela *et al* [19], o processo proposto por Cooper está baseado num balanço entre detalhe e velocidade sem negligenciar o consumidor em nenhum momento.

Na Figura 4.3, apresenta-se um esquema do processo *Stage-Gate* de 3ª geração. As etapas e as portas são iguais às apresentadas no processo de 2ª geração só que neste processo é proposta a sobreposição entre fases. As portas são difusas, com decisões condicionais simbolizadas na figura pelos vários losangos.

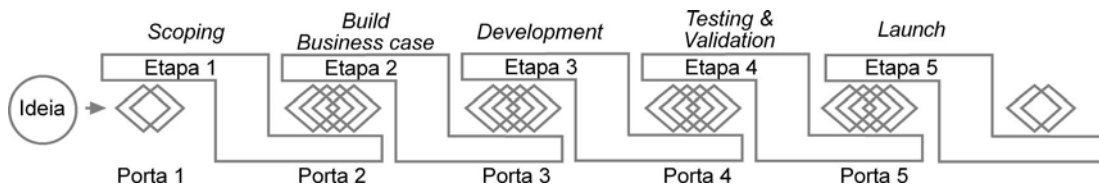


Figura 4.3 – Processo *Stage-Gate* de 3ª geração [20]

No sentido de acelerar o projecto Cooper *et al* [25], propõem a utilização de várias versões do modelo de processo de desenvolvimento de produto em função de três tipos de projectos. Assim para projectos de novos produtos que implicam maiores riscos no seu desenvolvimento é proposto utilizar o processo completo, 5 portas e 5 etapas, para projectos de melhoramento, modificações e extensões do produto, utilizar um processo com 3 portas e 3 etapas, em que as etapas 1 e 2 e as etapas 3 e 4 são agregadas e utilizar um processo de 2 portas e 2 etapas para projectos pedidos por um único cliente e que exigem modificações mínimas.

A Figura 4.4, apresenta um esquema das três variantes do processo.

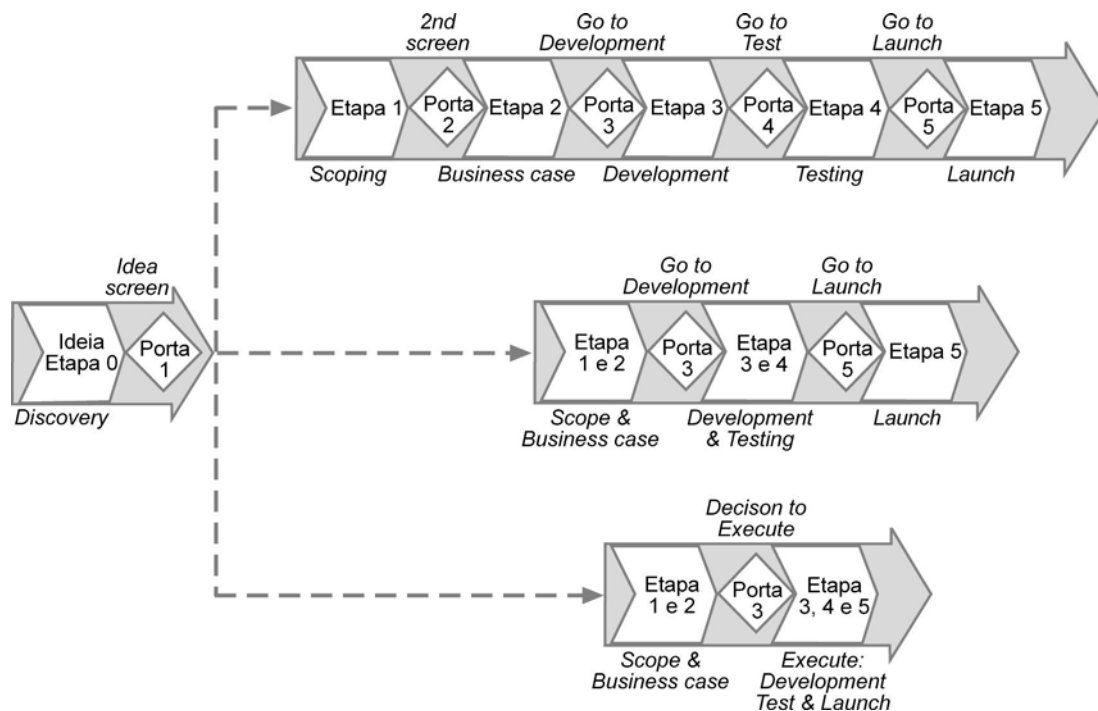


Figura 4.4 – Processo *Stage-Gate* de 3ª geração variantes [25]

4.3.2 Modelo genérico de Karl Ulrich e Steven Eppinger

Karl Ulrich e Steven Eppinger [17] propõem duas formas de olhar para o processo de desenvolvimento de produto. Uma das formas de pensar o processo passa por criar uma série inicial de conceitos alternativos e depois, ir estreitando as opções, aumentando as especificações do produto até que este seja fiável e produzido em série num sistema de produção, sendo as fases definidas pelo estado em que o produto se encontra. A outra forma, passa por pensar o processo como se de um sistema de informação se tratasse. O processo inicia-se com a informação acerca dos objectivos da empresa, capacidades e tecnologias disponíveis, plataformas de produtos e sistemas de produção. Várias actividades processam a informação do desenvolvimento, formulando especificações, conceitos e desenhos de detalhe. O processo conclui-se quando toda a informação necessária para suportar a produção e as vendas estiver executada e comunicada.

Os autores, apresentam no seu livro *Product Design and Development*, um processo genérico composto por seis fases, Figura 4.5.

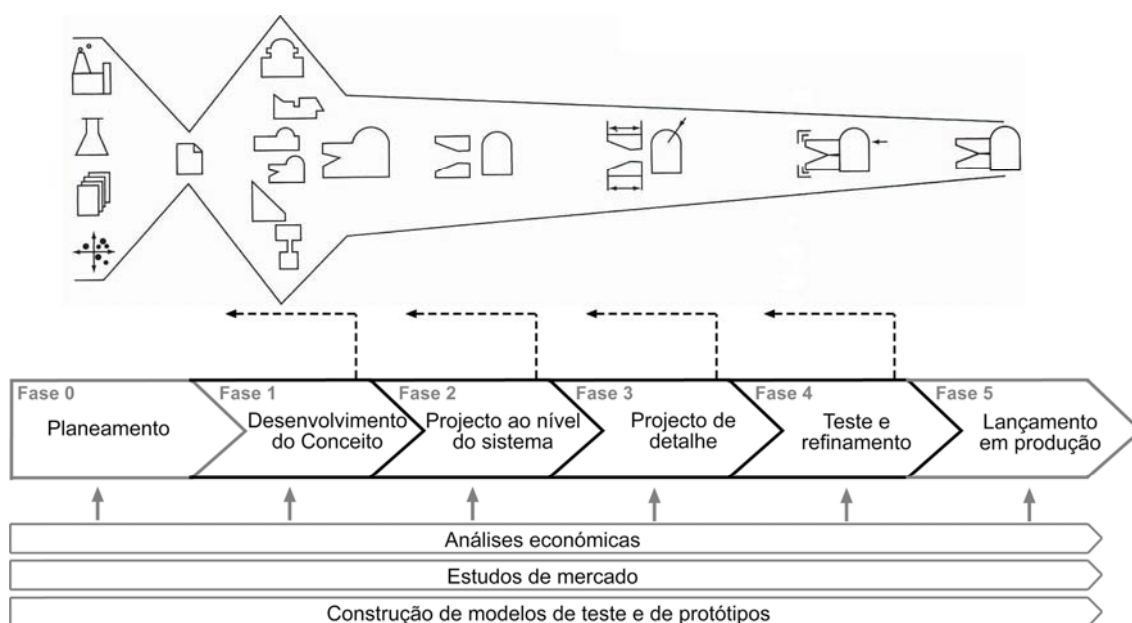


Figura 4.5 – Processo genérico Karl Ulrich e Steven Eppinger [17]

O processo inicia-se por com uma fase de planeamento onde se faz a ligação à investigação e desenvolvimento de tecnologias. Esta fase é muitas vezes referida como fase 0 uma vez que precede a aprovação do projecto e o lançamento do processo de desenvolvimento. Nesta fase executa-se a análise da estratégia da empresa, avalia-se as tecnologias disponíveis e os seus desenvolvimentos e definem-se os objectivos de *marketing*. O resultados deste trabalho de planeamento são documentos com as definições estratégicas de projectos, normalmente chamados de missão do produto.

Na fase 1, Desenvolvimento do conceito, são identificadas as necessidades dos clientes, gerados diferentes conceitos alternativos para o produto, avaliados e seleccionados um ou mais conceitos para continuar o desenvolvimento. Um conceito é a descrição da forma, da função e das características de um produto, normalmente acompanhadas de um conjunto de especificações, uma análise dos produtos da concorrência e uma justificação económica do projecto.

Na fase 2, Projecto ao nível do sistema, faz-se a definição da arquitectura do produto e a decomposição do produto em subsistemas e em componentes. O esquema de montagem final para a produção é também normalmente definido nesta fase. O resultado deste trabalho é um esquema geométrico do produto, a especificação funcional de cada um dos subsistemas e das suas interfaces e um diagrama preliminar do processo de montagem final.

Na fase 3 executa-se todo o projecto de detalhe incluindo a definição, para cada peça, da geometria, das tolerâncias e dos materiais. São ainda identificados todos os componentes normalizados e definidas as especificações das peças a comprar no mercado. São definidos os processos de fabrico e projectadas as ferramentas necessárias para a produção. Como resultado do trabalho desta fase temos um *dossier* completo do produto com toda a documentação detalhada, desenhos, cadernos de encargos, planos do processo de fabrico e montagem e documentos de controlo.

Na fase 4, Teste e refinamento do produto, são construídas e avaliadas várias versões de pré-produção. Com os resultados dos testes são ajustados erros aí detectados e refinadas as especificações do produto. Estas versões de pré-produção permitem também, quando necessário fazer a certificação do produto junto de entidades homologadas para o efeito.

Na fase 5, Lançamento em produção, inicia-se a produção recorrendo às ferramentas e ao processo de fabrico e montagem definitivos. O propósito desta fase é treinar os trabalhadores e ajustar problemas no processo de fabrico que ainda subsistam. A transição entre esta fase e a produção normal é geralmente gradual e acompanha a entrada e aceitação do produto pelo mercado.

Karl Ulrich e Steven Eppinger [17] identificam possíveis adaptações ao processo genérico apresentado, dependendo do tipo de situação que desencadeia o projecto. Assim são identificados cinco tipos de produtos e respectivas adaptações ao processo genérico.

Produtos “puxados” pelo mercado (*market-pull*), são aqueles em que uma empresa decide iniciar o seu desenvolvimento a partir de uma oportunidade que surge no mercado e depois procura as tecnologias apropriadas para satisfazer as necessidades dos clientes. O processo genérico atrás descrito está ajustado a este tipo de produtos.

Produtos “empurrados” pela tecnologia (*technology-push*), surgem quando uma empresa adquire uma nova tecnologia e depois procura no mercado oportunidades para a aplicar. Na fase de planeamento, neste caso, é necessário conciliar tecnologia e oportunidade de mercado e na fase de desenvolvimento do conceito assume-se como obrigatória a tecnologia adquirida.

Produtos plataforma, são aqueles que são construídos em torno de um subsistema tecnológico pré existente chamado plataforma. Neste caso, se a plataforma já existe, a fase de desenvolvimento do conceito assume como obrigatório utilizar a plataforma existente. Se a plataforma não existe, o projecto inicia-se com o desenvolvimento da plataforma e só depois com o desenvolvimento dos produtos que a vão utilizar.

Produtos de processo intensivo, são produtos em que as suas características estão intimamente ligadas ao processo e são por ele definidas. Neste caso, o processo de desenvolvimento deve ser adaptado no sentido de produto e processo serem desenvolvidos em conjunto.

Produtos à medida, consistem em variações ligeiras de configurações existentes e são desenvolvidos em resposta a uma encomenda específica de um cliente. Neste caso a similaridade dos projectos permite um processo de desenvolvimento altamente

estruturado. Relativamente ao processo genérico de desenvolvimento, o processo é detalhado incluindo toda a informação e definição de tarefas para os diferentes passos, como se de um processo de produção se tratasse.

No processo apresentado não são feitas referências a pontos de decisão obrigatória, embora os autores, ao detalhar cada fase do processo genérico, incluam, no final de cada fase, a recomendação de reflectir sobre os resultados e sobre o processo, de modo a validar o trabalho executado, iterar se necessário e executar a melhoria contínua do processo.

O processo de desenvolvimento de produto é um processo iterativo por inerência, uma vez que, em determinados pontos do processo o projectista não dispõe de toda a informação e necessita de assumir ou pressupor de acordo com expectativas que podem estar parcialmente erradas [26]. Quando, mais à frente no processo, a informação correcta ou completa aparece é necessário refazer o trabalho anterior.

Esta perspectiva coloca o processo genérico, apresentado por Karl Ulrich e Steven Eppinger, numa posição diferente em termos de decisão e gestão do processo entre fases relativamente aos modelos *stage gate* tradicionais, ou seja, ao contrário destes modelos é possível voltar para trás uma ou mais fases para refazer trabalho e não é necessariamente imperativo que todas as tarefas de uma determinada fase estejam concluídas para que se inicie a próxima.

5 PROJECTOS

Neste capítulo são apresentados três projectos, nos quais o autor desta dissertação colaborou directamente, inserido nas equipas de desenvolvimento. A selecção em particular destes projectos, deve-se ao facto de cada um, de alguma forma, ser um exemplo particular ao nível do tipo produto, do cliente e da abordagem de projecto e não ter sido aplicado um processo de desenvolvimento institucional. Neste capítulo apenas se apresentam os projectos e a forma como decorreram, sendo a análise dos mesmos, para aferir se a aplicação de uma metodologia de desenvolvimento de produto estruturada teria melhorado a abordagem de alguns dos problemas encontrados, executada no próximo capítulo.

5.1 Desenvolvimento de poste metálico para vinhas

O projecto de desenvolvimento de um poste metálico para vinhas foi executado no âmbito do INEGI – Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, sendo o cliente a empresa Carmo SA.

5.1.1 A empresa Carmo - breve história

O Grupo Carmo é constituído por um conjunto de empresas que desenha e produz produtos em madeira tratada de longa duração para cercas, vinhas, pomares, parques infantis, jardins, postes de telefone ou eléctricos, mobiliário de ar livre, pontes, etc..

A primeira empresa a integrar o que hoje constitui o Grupo Carmo foi a Anglo-Portuguesa de Produtos Químicos, fundada em 1955. Esta empresa desenvolveu, inicialmente, a sua actividade na distribuição de produtos químicos para as indústrias de papel, têxtil e de detergentes.

Paralelamente, especializou-se na preservação industrial de madeiras, nos métodos de tratamento e nos produtos químicos necessários ao mesmo.

Hoje o Grupo é constituído por nove empresas, sendo cinco de cariz estritamente comercial/serviços e as restantes unidades de produção.

Desde sempre o Grupo Carmo optou pela internacionalização, tendo actualmente duas empresas em Espanha, Carmo Ibérica e RETRATAR e uma em França, Carmo France. Simultaneamente desenvolveu uma rede comercial em Itália, Grécia, Marrocos, Alemanha, Bélgica, Inglaterra e Tunísia.

Nesta organização colaboram mais de 250 pessoas, desde a produção até ao pós-venda (<http://www.carmo.com/>).

Em 1980 a Carmo, empresa do grupo, iniciou a sua actividade na preservação industrial de madeiras. Os dois primeiros anos foram orientados para a produção e venda de postes redondos destinados à agricultura (vinhas, cercas, pomares, estufas, etc.) e postes de telefone e electricidade.

Mais recentemente, alargou as suas competências à comercialização de produtos metálicos, complementares e substitutos aos produtos fabricados pelas unidades produtivas do grupo.

Os produtos metálicos representam hoje uma importante percentagem das suas actividades e a prestação de serviços complementa a sua oferta.

5.1.2 Abordagem ao projecto

Como se pode verificar pelo breve historial, a empresa Carmo SA não possuía experiência no fabrico de peças metálicas pois os seus processos de fabrico centravam-se essencialmente no tratamento de madeiras.

Com o aparecimento de postes metálicos no mercado a cota de mercado dos postes em madeira diminuiu e para a empresa tornou-se vital ter capacidade de oferecer aos seus clientes as duas opções, poste em madeira e poste metálico.

A marca Carmo é identificada no mercado como marca de qualidade pelo que, o poste metálico a ser desenvolvido, teria de oferecer garantias de qualidade, bom funcionamento e durabilidade acima da concorrência de modo a manter o estatuto da marca.

A Carmo, contactou o INEGI no sentido de obter a colaboração deste para execução do projecto de um novo poste metálico.

No INEGI foi criada uma equipa base de projecto constituída por três Engenheiros com diferentes áreas de especialização: materiais, cálculo estrutural e simulação por elementos finitos e processos de conformação plástica. Durante o decorrer do projecto esta equipa recorreria ao apoio de outros técnicos, internos ou externos, de acordo com as necessidades.

O primeira tarefa da equipa foi entender o funcionamento de um poste para vinhas nomeadamente: onde é aplicado, qual a sua função, como é cravado, quais os esforços que tem de suportar, que tipo de solos e climas vão receber o poste. A partir deste conhecimento, da experiência da Carmo do mercado e das expectativas dos clientes dos postes para vinhas, foi definida a forma de abordar o projecto.

Foi então decidido fazer *benchmarking* com diferentes postes metálicos existentes no mercado, comparando as características técnicas mais relevantes de modo a permitir estabelecer um objectivo para a especificação final do novo poste.

Foram seleccionados pela empresa Carmo nove postes diferentes representando sete marcas e modelos representativos da concorrência a nível mundial. Por razões de confidencialidade são omitidos os nomes e marcas dos postes analisados, aparecendo estes identificados por um número de 1 a 9.

Foram adquiridas no mercado algumas amostras, posteriormente entregues no INEGI para ensaio. Dos nove postes foi decidido testar, em alguns dos ensaios, apenas sete uma vez que para dois deles (6 e 8) não existiam amostras suficientes para executar todos os testes.

5.1.3 Descrição do produto

O produto é constituído por uma chapa dobrada de modo a formar um perfil de secção constante aberta ou fechada. O comprimento varia de acordo com as marcas. Os postes analisados situavam-se entre 1,8 e 2,31 m, existindo no entanto no mercado outros comprimentos. A espessura da chapa utilizada variava entre os 1,18 e 1,6 mm. Os postes possuem a partir de determinada altura a contar da base, furos que permitem a passagem de arames sendo a sua distribuição, normalmente desfasada entre dois lados opostos do poste. Na Tabela 5.1, Figura 5.1 e Figura 5.2, são apresentadas as principais grandezas geométricas: espessura da chapa, secção e atravancamento e a altura do primeiro furo.

Tabela 5.1 – Características geométricas

Poste	Comprimento total	Altura 1º.furo	Espessura	Secção	Atravancamento
	[m]	[m]	[mm]	[mm ²]	[mm x mm]
1	2,31	0,93	1,5	166,0	54,0 x 30,8
2	1,8	0,74	1,6	200,0	51,1 x 34,4
3	2	1,04	1,5	192,5	48,6 x 37,6
4	2	0,81	1,5	194,4	50,5 x 37,9
5	2	0,99	1,18	137,3	39,2 x 30,7
7	1,8	0,8	1,5	191,4	51,9 x 34,2
9	2,1	1,14	1,475	179,6	47,5 x 28,5

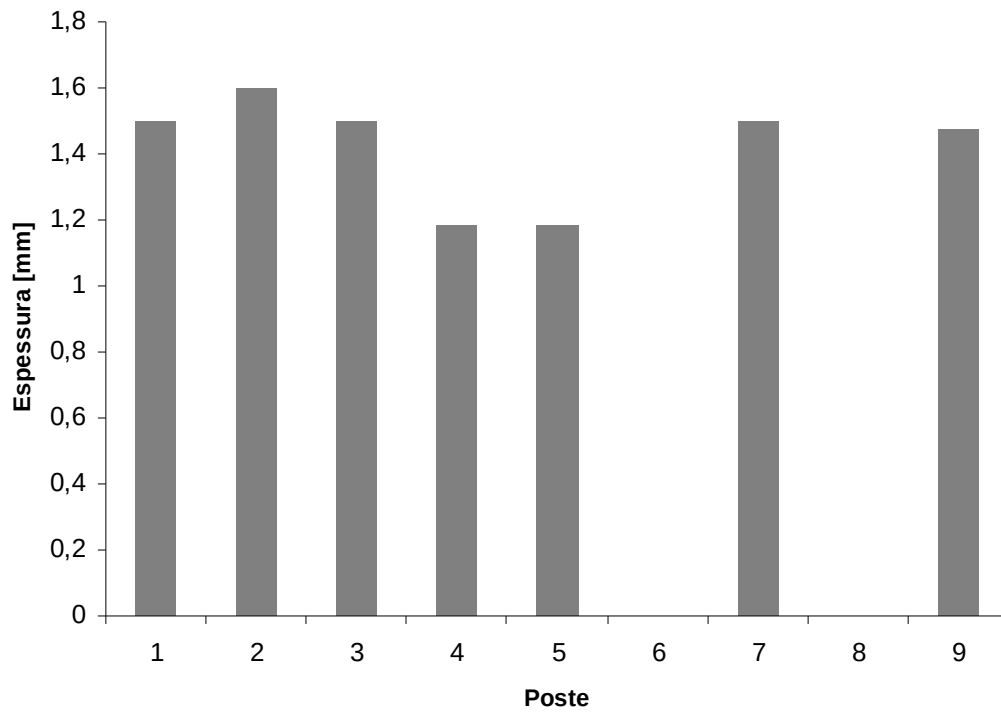


Figura 5.1 – Comparação das espessuras de chapa dos postes

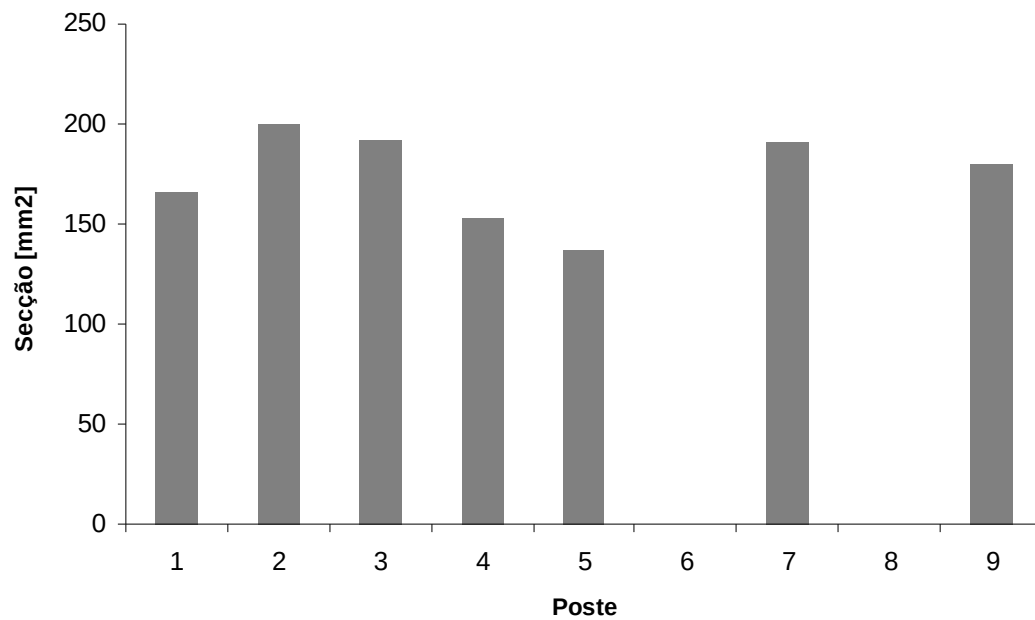


Figura 5.2 – Comparação das secções dos postes

5.1.4 Instalação e funcionamento

Os postes são cravados no solo cerca de 0,5 m com uma máquina acoplada a um tractor que exerce sobre o topo do poste uma força de impacto alternada idêntica a um martelo pneumático. São colocados de maneira a formar uma linha recta, e orientados de forma a que os furos para passagem dos arames fiquem alinhados nessa direcção a que chamamos direcção dos arames. A distância entre postes depende da vinha a plantar e varia entre os 3 e 5 m. No topo de cada fila de postes é cravado um poste, normalmente mais resistente, que é espiado para o solo e através de arames e esticadores amarrados a este que, ao ser puxado, estica os arames que correm nos furos dos postes ao longo de toda a fila. A vinha quando crescer vai formar uma parede vegetativa ao longo desta direcção.

Na Figura 5.3 pode-se observar a instalação de um poste em madeira, em tudo idêntica à utilizada para os postes metálicos.



Figura 5.3 – Instalação de poste de madeira no campo

Na instalação identificou-se que uma das acções críticas é a operação de cravação. O poste tem de resistir aos impactos sucessivos provocados pela máquina de cravação sem deformar e penetrar em solos de vários tipos, que vão desde argilas a xistos.

Em funcionamento identificaram-se duas direcções principais fundamentais para análise. A direcção dos arames, em que o poste tem de resistir às forças provocadas pelo tencionar dos arames e pelo peso da vinha que é amarrada aos arames, e a direcção perpendicular aos arames, que tem de resistir às forças provocadas pela incidência do vento na parede vegetativa.

Outro factor crítico é a durabilidade do poste e a sua resistência à corrosão uma vez que a empresa Carmo desejava dar uma garantia de 20 anos para o poste. Este tempo foi definido tendo em conta a duração de uma vinha, 15 a 30 anos, e as garantias dadas pelos outros fabricantes para postes metálicos ou de madeira. Os postes são instalados em diferentes climas, por vezes junto ao mar, e cravados em solos de com pH variável desde ácido a alcalino.

5.1.5 Ensaios realizados

A partir da análise dos factores críticos de instalação e funcionamento, decidiu-se quais os ensaios a realizar com os postes escolhidos no mercado para, com estes dados, projectar um poste que se posicionasse como o melhor do mercado e, ao mesmo tempo, fosse competitivo ao nível de preço.

Foi então decidido realizar ensaios mecânicos para determinação de curvas tensão versus deslocamento, segundo as duas direcções de solicitação, paralela e perpendicular à direcção dos arames.

Para caracterização dos diferentes materiais em chapa utilizados na fabricação dos perfis e respectivos revestimentos de protecção contra a corrosão, decidiu-se realizar ensaios de tracção para caracterização mecânica à tracção e determinação da curva

tensão-extensão, análises metalográficas para análise química dos revestimentos, análises por espectrometria de emissão para determinação das composições químicas e provetes metalográficos para determinar as espessuras dos revestimentos.

Uma vez que a validação, em termos estruturais, da solução a propor ao cliente seria realizada recorrendo a ensaios de simulação estrutural, através de cálculo por elementos finitos, decidiu-se também simular todos os postes, de modo a comparar os respectivos resultados com aqueles a obter experimentalmente, e assim validar o processo de cálculo.

5.1.5.1 Ensaios mecânicos e simulação estrutural

Foram realizados ensaios mecânicos sobre sete dos postes metálicos em análise, no sentido de avaliar o seu comportamento quando solicitados nas duas direcções principais (paralela e perpendicular à direcção dos arames). Para a determinação das curvas força *versus* deslocamento foi utilizada uma máquina de ensaios universal INSTRON 4208. Os ensaios foram processados a uma velocidade do travessão da máquina de 10 mm/min. O ensaio foi realizado considerando que a distância entre o solo e o 1º furo era de 230 mm, e a aplicação da carga foi feita a 1020 mm do solo. De modo a permitir a realização dos ensaios nestas condições foi adaptada uma estrutura existente no INEGI, à qual os postes eram apertados, simulando uma situação de encastramento no solo. A estrutura permitia ainda o posicionando o poste relativamente à máquina de ensaios de acordo com os valores acima apresentados. Deste modo o ensaio foi normalizado e permitiu a comparação de resultados entre os diferentes postes. As Figura 5.4 e Figura 5.5 representam, respectivamente, o deslocamento obtido por aplicação de forças de 200, 400 e 600 N, na direcção paralela e na direcção perpendicular aos arames. Os postes 6 e 7 não foram ensaiados por não existirem exemplares em número suficiente. Alguns dos postes apresentaram deformação plástica antes de se aplicar a forças superiores a 200 N pelo que não se apresentam resultados.

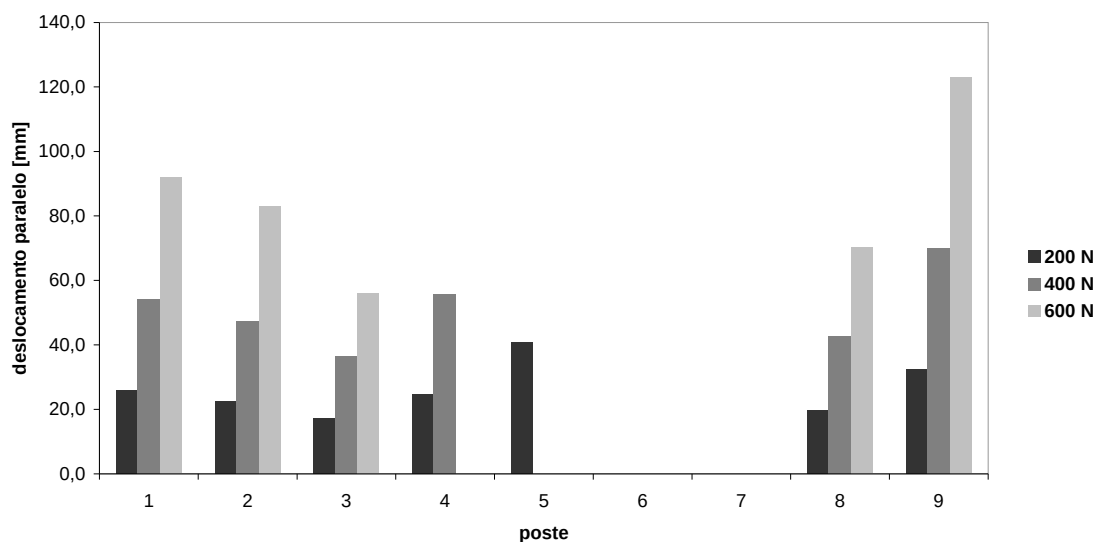


Figura 5.4 – Resultados experimentais da aplicação de diferentes forças aos postes no sentido paralelo aos arames

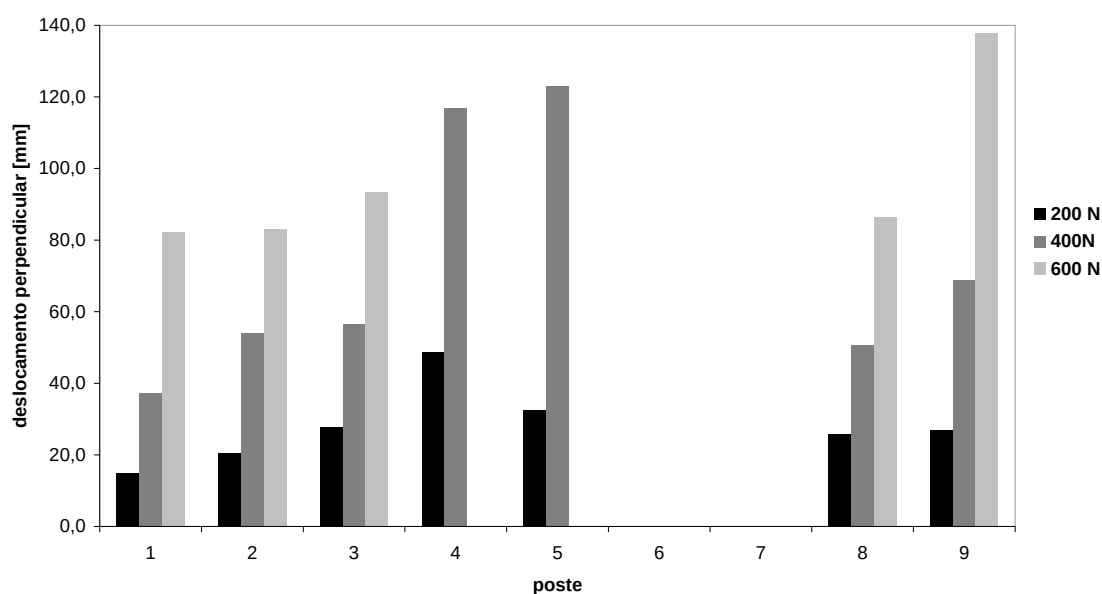


Figura 5.5 – Resultados experimentais da aplicação de diferentes forças aos postes no sentido perpendicular aos arames

Foram realizados ensaios de simulação estrutural sobre modelos dos postes metálicos existentes no mercado, no sentido de avaliar o seu comportamento quando solicitado

nas duas direcções principais (paralela e perpendicular à direcção dos arames), tal como nos ensaios mecânicos. Para a realização deste trabalho foram utilizados computadores baseados em Windows NT, software de CAD 3D (SolidWorks) e programas de cálculo por elementos finitos (Cosmos).

A comparação destes valores com os obtidos experimentalmente permitiu uma validação dos resultados para a direcção paralela aos arames com um erro admissível máximo de 10%. Para a direcção perpendicular o erro foi um pouco maior devido ao comportamento da geometria para a solicitação imposta, flexão e torção. Nas figuras Figura 5.6 e Figura 5.7 apresenta-se a comparação entre os resultados experimentais e os simulados, nos sentidos paralelo e perpendicular aos arames, para uma força aplicada de 200 N.

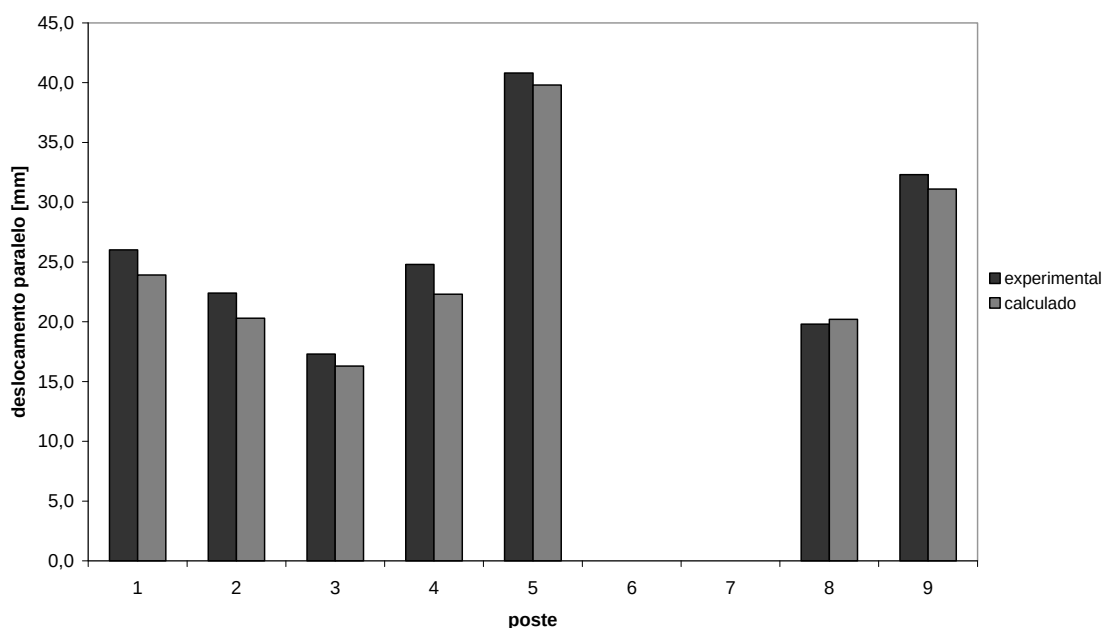


Figura 5.6 – Comparação dos resultados experimentais com os calculados no sentido paralelo aos arames

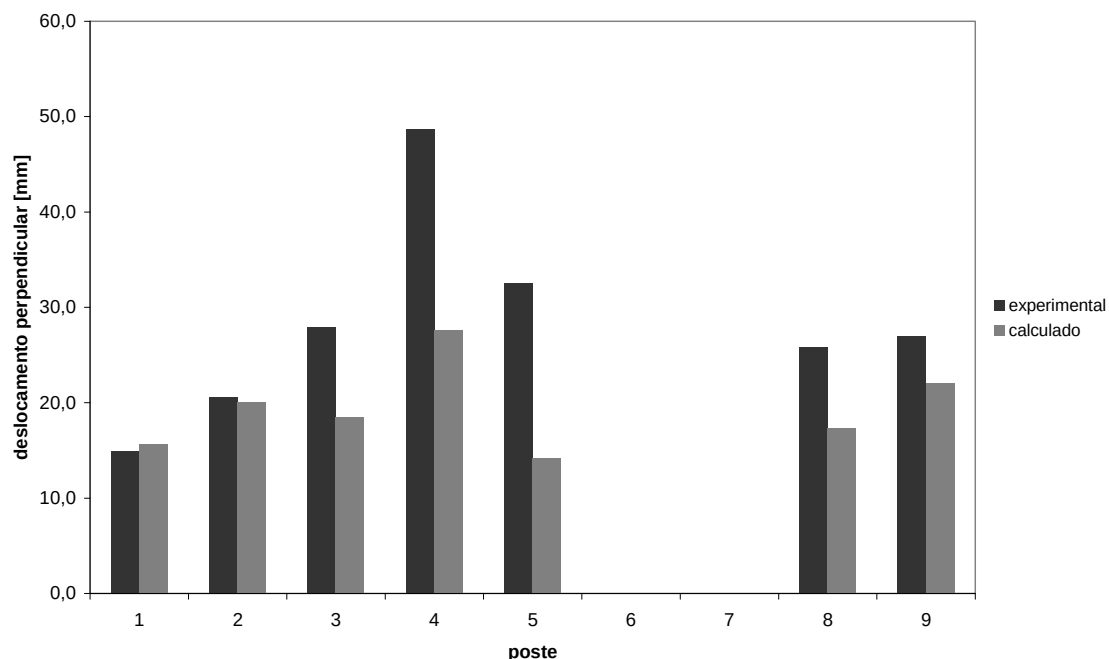


Figura 5.7 – Comparação dos resultados experimentais com os calculados no sentido perpendicular aos arames

5.1.5.2 Caracterização mecânica dos materiais e revestimentos

Foram sujeitos a ensaio 9 materiais provenientes de igual número de postes de diferentes geometrias. Dos postes foram extraídos provetes com geometria diversa não normalizada. Em três dos postes só foi possível extrair provetes rectos. Alguns dos provetes foram sujeitos a uma planificação que no entanto se considerou sem influência no resultado final do ensaio do material à tracção.

Para a determinação das curvas foi utilizada uma máquina de tracção INSTRON 4507 equipada com um extensómetro de alta resolução da INSTRON. Os ensaios foram realizados a uma velocidade do travessão da máquina de 5 mm/ min.

Na Figura 5.8 estão representadas as curvas tensão-extensão dos ensaios realizados. Como se pode observar existe uma elevada dispersão de resultados evidenciando a existência de vários materiais e/ou vários níveis de encruamentos dos materiais ensaiados. Para cada poste foram ensaiados 2 provetes.

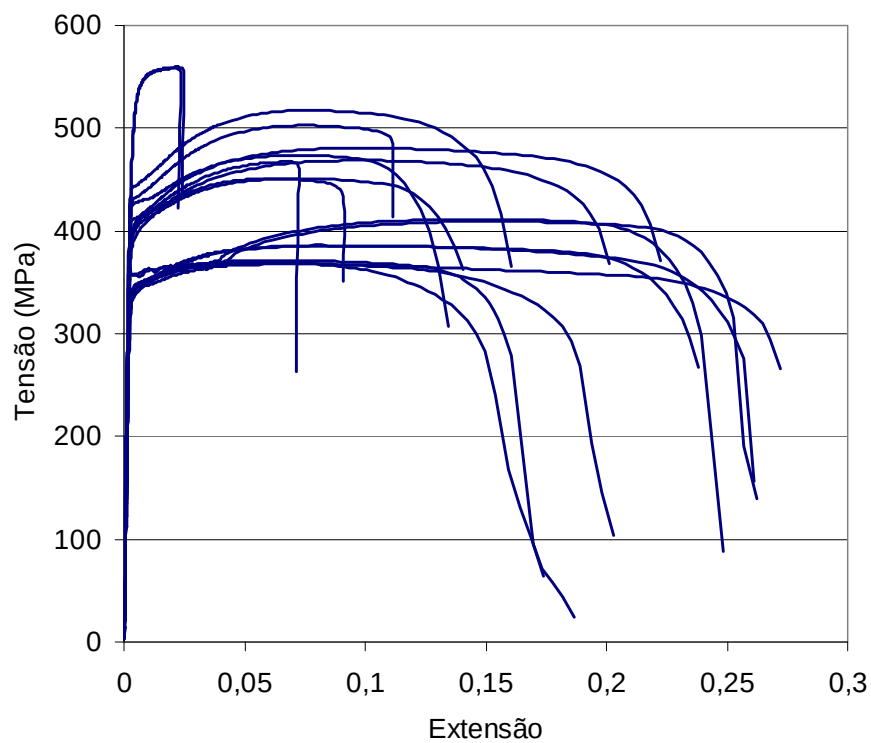


Figura 5.8 – Curvas de tracção obtidas para os diferentes postes

Na Tabela 5.2 encontram-se resumido os valores obtidos para a tensão limite de elasticidade (a 0,2% ou cedência nos casos em que ocorre e que se encontram devidamente referenciados), tensão de rotura e extensão após rotura.

Tabela 5.2 – Valores de tensão e extensão obtidos nos ensaios

Poste	Tensão Limite de Elasticidade	Tensão de Ruptura	Extensão após ruptura
	Mpa	Mpa	%
1	437	510	16
2	335	386	20
3	395	475	20
4	400	451	11
5	344	369	23
6	357*	410	21
7	348	374	16
8	420	470	9
9	515	559	2**

* Tensão de cedência ** Ruptura fora do extensómetro

Os resultados evidenciam, a menos de um ou outro caso, que os materiais ensaiados apresentam níveis de resistência diferentes o que traduz a possibilidade da existência de materiais diferentes e necessariamente níveis de encruamento diferentes. Convém referir que o material do Poste 9 apresentou ruptura fora do extensómetro em todos os ensaios realizados. Este facto reduz o valor da extensão após ruptura apresentado pelo material e deve-se à conjugação de dois factores: o nível de encruamento apresentado pelo material e a geometria do provete (provete recto). No entanto, a forma que apresenta a curva de tracção permite supor que os valores da tensão limite de elasticidade, tensão de ruptura e deformação uniforme não foram significativamente influenciados pelo tipo de provetes utilizados.

A análise metalográfica para determinação da composição química dos revestimentos foi feita por microscopia electrónica de varrimento e microanálise por dispersão de energias no CEMUP, Centro de Metalurgia e Materiais da Universidade do Porto,

tendo-se determinado que todos os revestimentos são constituídos por zinco quase puro, apenas com vestígios de alumínio no material do Poste 4. Em termos microestruturais, os resultados das análises metalográficas apresentam microestruturas típicas de aços de baixo teor de carbono, com diferentes teores de ferrite e perlite, mas sem qualquer particularidade especial.

Os resultados das análises químicas podem ser observados de uma forma condensada na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Resultados das análises químicas

Poste	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Al
1	0,16	<0,0	0,52	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
2	0,03	<0,0	0,26	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
3	0,17	<0,0	0,50	0,02	0,02	0,01	0,01	0,05
4	0,08	<0,0	0,30	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
5	<0,00	<0,0	0,22	0,01	0,00	0,02	0,02	0,02
6	0,06	<0,0	0,28	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04
7	0,06	<0,0	0,28	0,02	0,00	0,01	0,01	0,04
8	<0,00	<0,0	0,23	0,01	0,00	0,02	0,02	0,03
9	0,08	<0,0	0,28	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05

A comparação dos resultados das análises químicas de cada poste com a composição química de aços segundo a norma DIN 17100, sugere que os aços em causa poderão ser dos tipos indicados na Tabela 5.4. É no entanto possível que se possam encontrar normas mais adequadas às análises realizadas. A análise dos resultados e a sua comparação com as normas permite realçar que os teores de silício são sempre muito baixos (traços ou vestígios), que os aços são todos calmados ou especialmente calmados ao alumínio, que os teores de carbono são sempre muito baixos, com excepção dos

Postes 1 e 3, e que os teores de fósforo e enxofre estão muito abaixo do que a normalização prevê.

Tabela 5.4 – Resultados da comparação das análises químicas com algumas normas DIN de aços de construção

Poste	Norma DIN	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al
1	U Ro St 37-2	<0,17	Traços	0,2-0,5	<0,05	<0,05	>0,02
2	USt 23	<0,08	Traços	0,2-0,4	<0,025	<0,035	>0,02
3	U Ro St 37-2	<0,17	Traços	0,2-0,5	<0,05	<0,05	>0,02
4	St 22	<0,10	Traços	<0,45	<0,035	<0,035	>0,02
5	USt 23	<0,08	Traços	0,2-0,4	<0,025	<0,035	>0,02
6	St 22	<0,10	Traços	<0,45	<0,035	<0,035	>0,02
7	St 22	<0,10	Traços	<0,45	<0,035	<0,035	>0,02
8	USt 23	<0,08	Traços	0,2-0,4	<0,025	<0,035	>0,02
9	St 22	<0,10	Traços	<0,45	<0,035	<0,035	>0,02

A determinação da espessura dos revestimentos foi feita recorrendo a amostras longitudinais e transversais montadas em resina e sujeitas a polimento metalográfico. O resultados das medições efectuadas com recurso a ocular filar instalada em microscópio metalográfico podem ser observados na Tabela 5.5. Na mesma tabela, pode concluir-se que em todos os casos o revestimento é feito essencialmente com zinco, existindo no caso do Poste 4, a presença de alumínio.

Tabela 5.5 – Espessura e tipo de revestimentos

Poste	Espessura Média (Micrómetros)	Espessura máxima/Mínima (Micrómetros)	Revestimento dos topos	Tipo de revestimento
1	61	48-92	Sim	Zinco
2	17	15-27	Não	Zinco
3	68	48-121	Sim	Zinco
4	33	29-39	Não	Zinco + Al
5	22	18-26	Não	Zinco
6	20	18-22	Não	Zinco
7	22	19-26	Não	Zinco
8	26	19-37	Não	Zinco
9	26	15-38	Não	Zinco

Foram executados ensaios de corrosão no CATIM, em câmara de nevoeiro salino, para verificar os níveis de corrosão de cada material. O nível mais baixo de corrosão branca, que corresponde ao desaparecimento global do zinco, foi por ordem crescente: Poste 8; Poste 7; Poste 5 e Poste 4.

Os postes menos afectados pela corrosão vermelha, mais grave e que corresponde ao desaparecimento localizado da camada sacrificial de Zinco, foram: Poste 8; Poste 7 e Poste 5.

Para aumentar o significado destes ensaios, chegou a ser proposto a determinação da perda de peso percentual. Uma vez que não foram pesados os provetes antes do ensaio, não foi possível efectuar este cálculo, tendo-se decidido não repetir os ensaios de corrosão.

As conclusões dos ensaios em termos de resistência à global à corrosão foram as directamente resultantes da respectiva análise de resultados:

- Melhor poste – Poste 8
- 2º melhor poste – Poste 7
- 3º melhor poste – Poste 5 e Poste 4

Como os ensaios foram realizados em câmara de nevoeiro salino e não no solo, a conclusão final, resultante das reuniões realizadas com os responsáveis da Carmo, teve em conta a imagem que cada poste tinha no mercado.

Os postes 8 e 7, apesar dos bons resultados nos ensaios em câmara salina, tem má fama no mercado, e portanto a correlação entre os ensaios e o comportamento nos solos pode ser duvidosa.

O poste 4, apesar de mais dispendioso por ter uma espessura de revestimento maior, aproximadamente $33\mu\text{m}$, é dos que tem melhor comportamento em campo e credibilidade no mercado dos postes de vinhas. Como o seu comportamento nos ensaios de corrosão é dos melhores, admitiu-se que, em termos de resistência à corrosão, o melhor seria seleccionar um aço com características semelhantes mas com um revestimento de $30\mu\text{m}$ de ligas de zinco alumínio (Galfan).

5.1.6 Projecto do novo poste

A equipa de projecto, depois de avaliada a concorrência, as condicionantes e as diferentes possibilidades, iniciou o projecto do novo poste. As principais tarefas desenvolvidas nesta fase foram: selecção de materiais, composição dos revestimentos e propriedades mecânicas; desenho e cálculo de diferentes geometrias; definição do processo de fabrico e escrita do relatório final.

5.1.6.1 Selecção de materiais, composição dos revestimentos e propriedades mecânicas

A solução adoptada para seleccionar os aços foi fazer uma pesquisa, junto de possíveis fornecedores de aços, indicando-lhes não as normas, mas especificações próprias de acordo com os resultados das análises químicas e ensaios efectuados.

Com base na análise dos resultados dos ensaios de tracção uniaxial, análises metalográficas e determinação da composição dos materiais e revestimentos, ensaios mecânicos sobre os postes existentes e de reuniões com responsáveis da Carmo as conclusões foram as seguintes:

Para o material do novo poste deve ser seleccionada uma das três hipóteses apresentadas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Composição química hipóteses

	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al
Hipótese 1- U Ro St 32-2	< 0,16%	< 0,01	< 0,5%	< 0,05%	< 0,05%	> 0,02%
Hipótese 2 – St 22	< 0,08%	< 0,01%	< 0,45%	< 0,035%	< 0,035%	> 0,02%
Hipótese 3	< 0,08%	< 0,01%	0,2 – 0,4	< 0,035%	< 0,035%	> 0,02%

Os revestimentos devem ser em liga Zn-Al, vulgo Galfan, que garantem melhor aderência ao material base, mais capacidade de deformação nas operações de perfilagem e uma resistência teórica à corrosão superior aos revestimentos contendo apenas zinco (tipo Polygalva, Technygalva, Zenzimir, etc...) e com espessura de 30µm.

O material base deve garantir as seguintes propriedades mecânicas:

- Tensão limite elástico - $R_{p0,2}$ 350 – 400 MPa;
- Tensão de ruptura - R_m 400 – 450 Mpa;

- Alongamento - A%16% – 20%.

O mínimo de 16% de alongamento foi imposto para garantir a processabilidade por conformação plástica e a integridade dos revestimentos.

Esta tarefa foi realizada, contactando 3 fornecedores; Thyssen, OSCACER e LUSOMELT. Apenas a empresa LUSOMELT deu resposta positiva a esta consulta.

A Carmo estabeleceu entretanto novos contactos, tendo identificado no mercado três materiais propostos por um fornecedor. Foi executado, a pedido da Carmo, a determinação da composição química e a determinação de espessuras do revestimento de três amostras fornecidas pelo fabricante de modo a dissipar algumas dúvidas sobre o material proposto à Carmo. Nos ensaios efectuados, constatou-se que apesar das composições químicas obedecerem às sugestões propostas pela equipa de projecto, o revestimento era de 20µm e portanto inferior aos sugeridos 30µm. Posteriormente o fornecedor apresentou amostras com o revestimento especificado que foram aprovadas.

5.1.6.2 Desenho e cálculo de diferentes geometrias

O objectivo desta tarefa era encontrar uma solução geométrica para o novo poste, diferente de qualquer outra existente no mercado, passível de ser executada em perfiladora e que apresentasse um comportamento tal que a posicionasse como uma referência do mercado.

Foram analisadas três geometrias diferentes denominadas: Carmo 1; Carmo 2 e Carmo 3. O método de análise consistiu em executar simulações estruturais das geometrias propostas, em condições idênticas às utilizadas para análise dos postes existentes e com o mesmo tipo de aferição.

Tendo em consideração a simulação estrutural realizada para os postes existentes foi utilizada uma força de referência de 200N.

Para se poder fazer uma comparação correcta dos resultados foram identificadas as grandezas geométricas (espessura, secção e atravancamento) apresentadas na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Características geométricas das geometrias propostas

Poste	Compr, total	Altura 1º,furo	Espessura	Secção	Atravancamento
	[m]	[m]	[mm]	[mm ²]	[mm x mm]
Carmo_1	1,8	0,75	1,5	180	59,9 x 34,9
Carmo_2	1,8	0,75	1,5	180,2	51,9 x 35,9
Carmo_3	1,8	0,75	1,5	185,1	52,0 x 36,0

Das simulações efectuadas resultou que a geometria Carmo 3, Figura 5.9, era a que apresentava melhor comportamento global e deveria ser alvo de refinamento de modo a dar origem à proposta final.

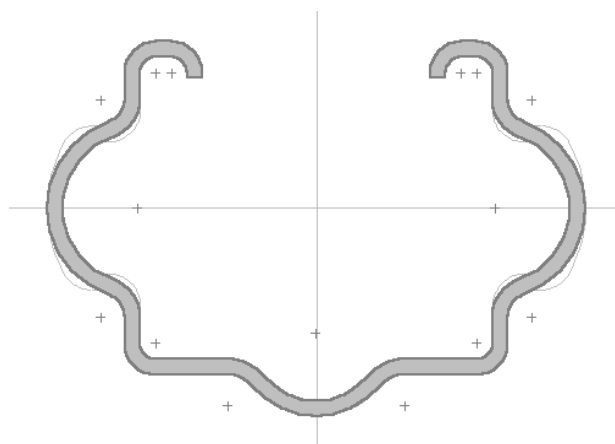


Figura 5.9 – Geometria proposta Carmo 3

A geometria final, proposta denominada Carmo 4, foi desenhada partindo da proposta prévia Carmo 3, de modo a partir de uma chapa plana de 125 mm de largura. Esta medida foi utilizada para otimizar o consumo e o corte da matéria-prima, dadas as larguras normais das bobines de chapa.

As grandezas geométricas (espessura, secção e atravancamento) apresentadas na Tabela 5.8 em comparação com os valores identificados nos postes existentes.

Tabela 5.8 – Características geométricas

Poste	Compr, total [m]	Altura 1º,furo [m]	Espessura [mm]	Secção [mm ²]	Atravancamento [mm x mm]
1	2,31	0,93	1,5	166,0	54,0 x 30,8
2	1,8	0,74	1,6	200,0	51,1 x 34,4
3	2	1,04	1,5	192,5	48,6 x 37,6
4	2	0,81	1,5	194,4	50,5 x 37,9
5	2	0,99	1,18	137,3	39,2 x 30,7
7	1,8	0,8	1,5	191,4	51,9 x 34,2
9	2,1	1,14	1,475	179,6	47,5 x 28,5
Carmo-4	2	1,00	1,5	187,5	53,2 x 36,0

Na Figura 5.10 e na Figura 5.11, são apresentados para as duas direcções principais anteriormente identificadas, os valores obtidos e os corrigidos pelo factor secção para a solução final proposta, bem como os valores anteriormente obtidos para os postes existentes.

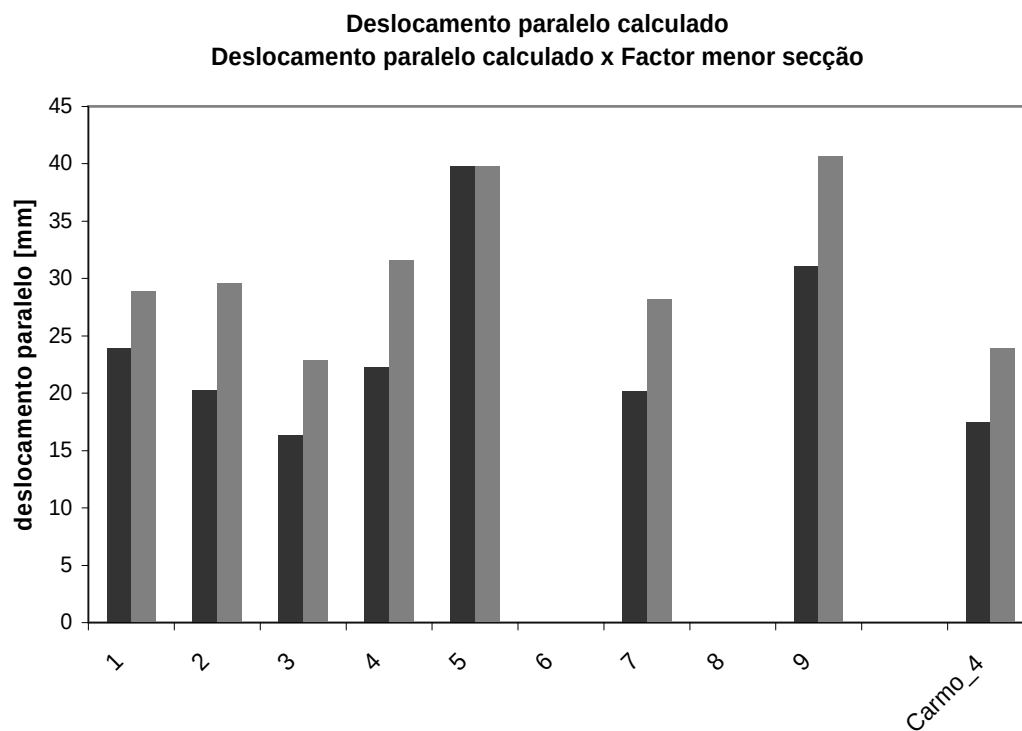


Figura 5.10 – Deslocamento paralelo

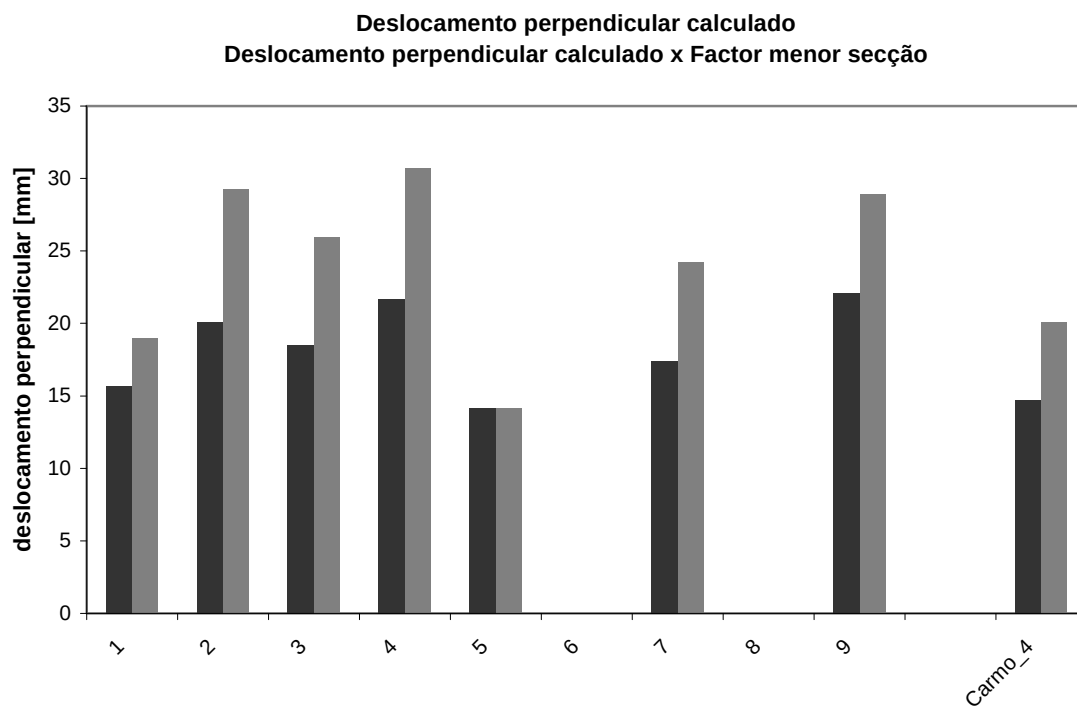


Figura 5.11 – Deslocamento perpendicular

5.1.6.3 Definição do processo de fabrico

Uma das questões que foi objecto de debate e análise desde o início do projecto foi a escolha do processo de fabrico. Tendo em conta os postes existentes no mercado, as quantidades a produzir e as funções base do produto foi decidido utilizar como processo base de fabrico a conformação plástica através de perfiladora. Este processo foi escolhido por ser um processo com capacidade de funcionar em contínuo, de forma automática com grandes cadências de produção e boa repetibilidade.

Esta pré-selecção permitiu orientar a selecção de materiais e o projecto do novo poste, acima descritas, sendo no final especificado todo o processo de fabrico, processo base e processos complementares.

A instalação especificada deveria conter os seguintes componentes base:

- Desenrolador
- Endireitador
- Ferramenta (s) de corte
- Ferramenta de estampagem
- Posto de corte em comprimento
- Secção de perfilagem
- Posto de descarga.

Todos estes componentes são montados em linha e poderão ter um grau de automatização maior ou menor dependendo das cadências pretendidas, quantidade de mão-de-obra a utilizar, total de investimento e soluções técnicas existentes no mercado.

O controlo da máquina deveria permitir executar de forma fácil a alteração do comprimento total dos postes bem como o número de furos e distância entre eles.

Ficou em aberto a situação relativa à disposição dos furos se estes seriam simétricos ou alternados. Esta decisão foi tomada pela Carmo e a chamada de atenção para este problema deve-se à possibilidade desta implicar com o número de ferramentas de corte à entrada da linha. Para pesquisa de fornecedores deveria ser utilizada a disposição alternada pois, à partida, seria a mais dispendiosa. Em contrapartida, permite uma versatilidade acrescida no que diz respeito ao posicionamento dos furos pois, uma vez implementada esta solução, permite executar os furos e os comprimentos do poste à medida do cliente de uma forma fácil e eficaz.

Os factores atrás mencionados são interdependentes e foram alvo de estudo e decisão por parte da Carmo que, contactou vários fornecedores para o fabrico e colocação em serviço da linha completa.

5.2 Desenvolvimento de equipamentos de iluminação

O projecto de desenvolvimento de equipamentos de iluminação foi executado no âmbito da empresa Obsidiana Engenharia e Design Unipessoal Lda., sendo o cliente a empresa Papélia Lda..

A Papélia fornece soluções de iluminação aos seus clientes, executando o projecto integrado de iluminação de espaços ou de edifícios. Na maior parte dos casos a sua equipa de projecto encontra e propõe equipamentos existentes no mercado. No entanto, os Arquitectos responsáveis pelos projectos, ou os próprios clientes, por vezes, solicitam soluções específicas, adaptadas a um determinado espaço. Quando tal acontece a Papélia tenta encontrar parcerias para desenvolver produtos para tais aplicações. Foi neste âmbito que a Obsidiana foi contactada para desenvolver e fornecer as componentes mecânicas dos equipamentos destinados à iluminação dos corredores de acesso e identificação dos números dos quartos do hotel Sheraton do Porto.

A proposta inicial previa o desenvolvimento de dois produtos, “Linha de lâmpadas fluorescentes” para iluminação dos corredores e equipamento iluminado para identificação do número dos quartos, utilizando Led’s como fonte de luminosa.

Os dois produtos destinavam-se a um espaço que se desenvolve ao longo de um corredor intercalado por halls de acesso aos quartos.

Na Figura 5.12 abaixo, apresenta-se um esquema da configuração tipo dos corredores incluindo a indicação dos materiais utilizados nos revestimentos e tipo de iluminação pretendidos. A tipologia base é constituída por um corredor que entronca num hall, com paredes revestidas a madeira, que dá acesso a dois ou quatro quartos, seguido de um corredor de comprimento correspondente à largura de dois quartos. No fim deste, aparece um novo hall e assim sucessivamente. Com o corredor confronta uma galeria técnica vertical fechada por portas de vidro fosco. No início e fim dos corredores e quando aparecem outros elementos como, por exemplo, elevadores ou portas de acesso às escadas de emergência, existem variantes da configuração base.

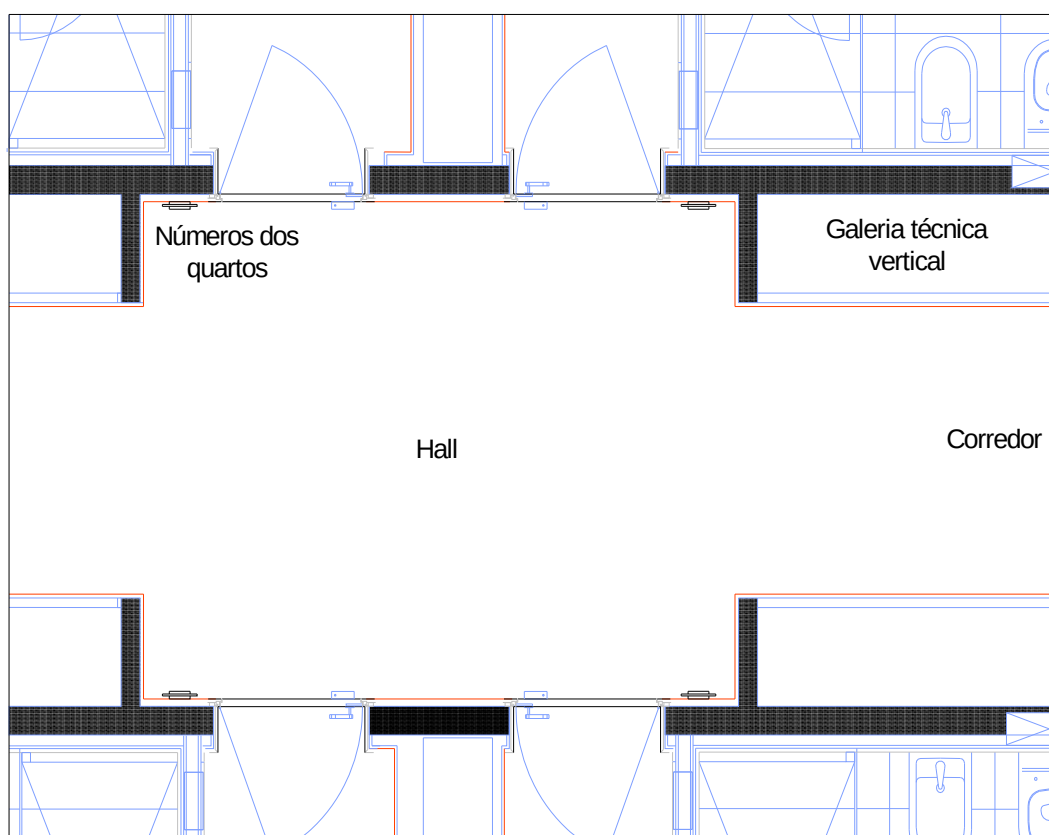


Figura 5.12 – Planta tipo dos corredores dos quartos

A iluminação em cada *hall* é composta pela luz proveniente dos sistemas de identificação dos números dos quartos. Para os corredores estavam previstas linhas de lâmpadas fluorescentes, escondidas no interior de sancas no tecto. A luz deveria sair através de uma abertura reduzida, de modo a ser rasante às portas de vidro, criando um efeito de espelho e um ambiente de luz difusa e ténue.

O produto “Linha de lâmpadas fluorescentes” foi desenvolvido e realizado um protótipo de teste. Entretanto, quando a equipa de projecto do hotel verificou a compatibilidade entre os projectos das várias especialidades, verificou que o atravancamento das condutas de ventilação não deixava espaço disponível para instalação da solução projectada tornando-se necessário projectar uma solução alternativa.

Assim, surgiu a ideia de executar a iluminação do corredor de acesso aos quartos através de focos embutidos no pavimento que, ao projectarem a luz para as portas de vidro dariam um efeito semelhante ao pretendido. Uma vez que o espaço disponível no chão era reduzido e que este equipamento partilhava o mesmo espaço que o sistema de identificação dos números dos quartos, foi proposto recorrer à mesma tecnologia (Led’s) e desenvolver um terceiro produto, um foco de embutir, denominado “Led 01”.

Identificou-se à posteriori que este produto poderia ser aplicado no SPA do hotel dando origem a uma versão estanque denominada “Led 02”.

Estes produtos uma vez desenvolvidos foram fabricados, aplicados no hotel e noutros espaços por solicitação de outros clientes da Papélia, o que levou à produção de várias séries com melhorias incrementais entre elas de modo a corrigir erros, melhorar o processo de fabrico e montagem e adaptar a solução às diferentes situações de aplicação.

A Obsidiana ficou responsável pelo desenvolvimento do projecto mecânico dos componentes, selecção de materiais e processos de fabrico e acabamento e a Papélia pela selecção dos componentes eléctricos, electrónicos e ópticos e desenvolvimento dos *drivers* para o comando.

A seguir descreve-se como decorreu cada projecto e como foram abordados e solucionados os vários problemas que surgiram durante o seu desenvolvimento e implementação.

5.2.1 Linha de lâmpadas fluorescentes

Como já foi referido, anteriormente, para iluminar os corredores de acesso aos quartos, estava prevista a utilização de sancas no tecto falso em que seriam colocadas linhas de lâmpadas fluorescentes.

O desenvolvimento deste produto devia obedecer aos seguintes requisitos iniciais:

- O tecto falso devia obedecer ao desenho proposto pelo Arquitecto (Figura 5.13);
- A lâmpada não devia ser visível;
- As operações de montagem, desmontagem e manutenção deveriam ser simples e não interferir com o tecto falso;
- A luz devia ser rasante às portas de vidro de revestimento da galeria técnica vertical;
- O espaço entre lâmpadas consecutivas devia ser o mínimo possível de modo a que a cortina de luz visível fosse continua.

Foram fornecidos desenhos de arquitectura para o arranque do projecto que documentavam o corredor e o hall dos quartos, a posição do tecto falso e a dimensão e o posicionamento da abertura para saída da luz.

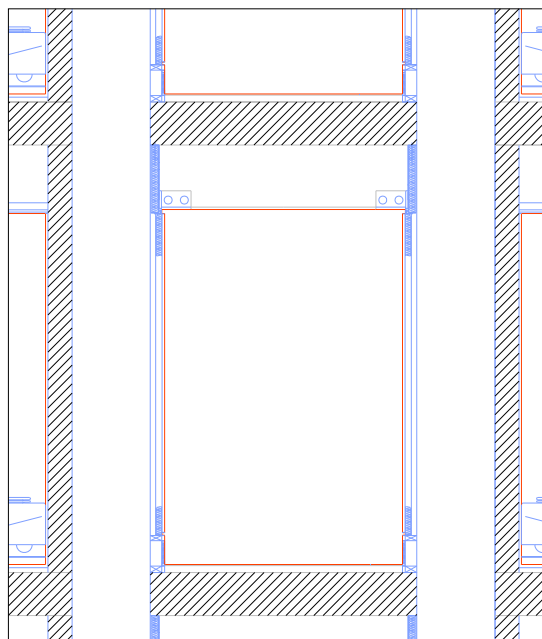


Figura 5.13 – Corte de tecto falso

Tendo em conta o desenho do tecto falso, era necessário projectar uma armadura especial que permitisse respeitar a sua forma e responder aos requisitos acima enunciados. A maior dificuldade encontrada foi o espaço para acesso, dado este ser muito reduzido, apenas 60 mm.

Desde o primeiro momento surgiu a convicção de que a solução passaria por uma calha, à semelhança das armaduras convencionais, em chapa pintada, com as funções de suporte do material eléctrico e reflexão de luz e um sistema de fixação.

O material eléctrico seleccionado pela Papélia foi a lâmpada fluorescente T5 da Philips, devido à qualidade da luz emitida e ao seu reduzido diâmetro e balastros electrónicos capazes de comandar duas lâmpadas. Estes têm a vantagem de proporcionar um arranque rápido sem necessidade de arrancador.

As lâmpadas estão disponíveis no mercado com as potências de 14, 21, 28 e 35 Watt ao que correspondem respectivamente os comprimentos de 549, 849, 1149 e 1449 milímetros.

De modo a garantir a compatibilidade da solução com os diferentes comprimentos de corredor existentes no hotel e os comprimentos normalizados das lâmpadas, foi estudada a modularidade do produto. O objectivo desta tarefa era fabricar o número mínimo de calhas diferentes e garantir uniformidade no espaçamento ou sobreposição das lâmpadas.

Foi executada uma pesquisa de mercado para encontrar suportes adequados à lâmpada, compatíveis com a solução em desenvolvimento. Devido à facilidade de montagem, dimensão e preço, foi seleccionado um suporte para encaixe rápido, numa abertura rectangular executada para o efeito na chapa da calha e fixação com um parafuso.

A solução encontrada, Figura 5.14, é composta por grampos, a fixar às paredes antes da colocação do tecto falso e calhas em chapa de aço pintadas de branco para suporte das lâmpadas, balastros e reflexão da luz.

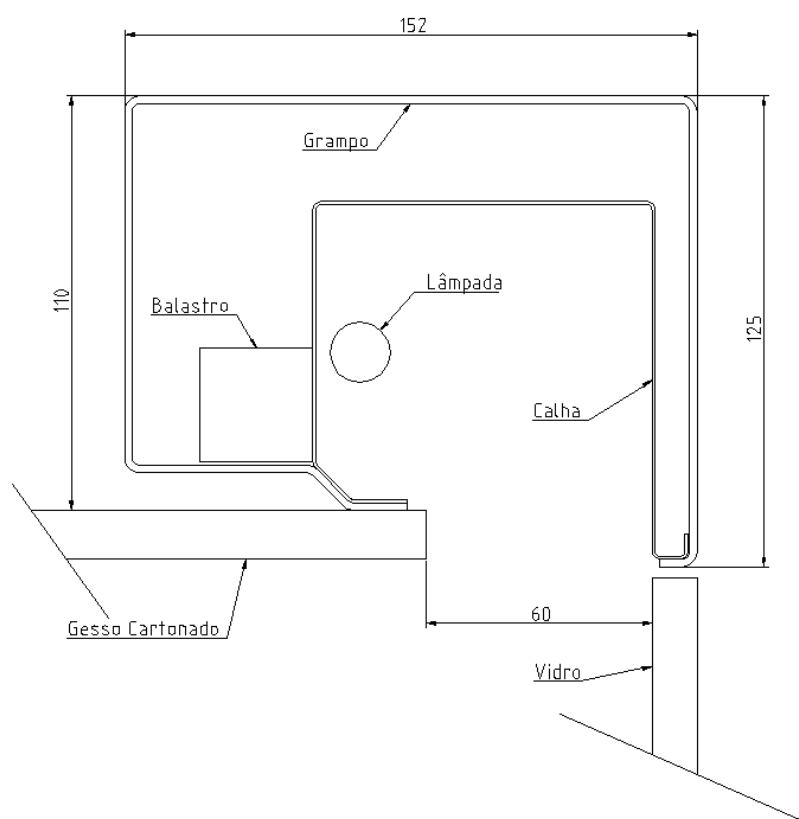


Figura 5.14 – Vista de topo da linha de lâmpadas fluorescentes

A geometria do grampo, Figura 5.15, foi projectada de modo a permitir a fixação à parede através de dois parafusos a qualquer distância do tecto, o que torna a solução independente do pé direito sem tecto falso do edifício. Para facilitar a instalação em obra os furos de fixação são oblongos de modo a permitir o ajuste na vertical para nivelar todos os grampos ao longo do corredor com ajuda de instrumentos laser utilizados normalmente na construção civil. O nivelamento de todos os grampos era essencial uma vez que o gesso cartonado do tecto falso encosta no grampo junto à zona da abertura da sanca.

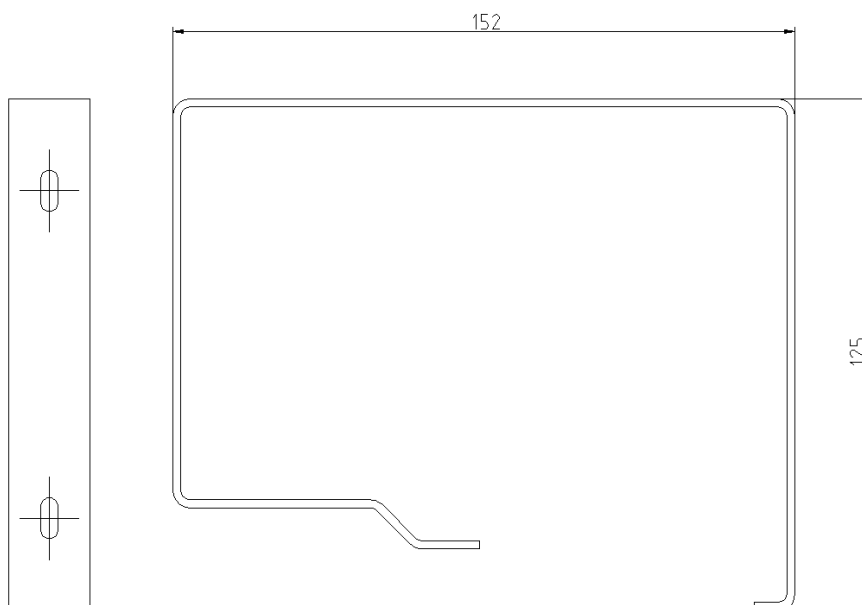


Figura 5.15 – Grampo de fixação

Foi previsto construir o grampo em chapa de aço galvanizado de 2mm de espessura e largura de 20 mm. O processo de fabrico especificado foi o corte do planificado em puncionadora CNC e posterior quinagem, uma vez que as quantidades previstas não justificavam o fabrico de uma ferramenta para corte e dobragem em prensa.

A calha seria construída em chapa de aço “zincor” de 0,8mm de espessura, pintada de branco. A chapa seleccionada, “zincor”, é uma chapa de aço corrente que tem um revestimento de zinco para protecção contra corrosão, adequado a receber uma pintura posterior. A configuração geométrica da calha foi projectada de modo a que esta se ajuste no grampo, através do contacto das faces inclinadas de ambos. A calha chega à

posição de funcionamento, através do peso próprio e dos equipamentos eléctricos nela aplicados. Para que este ajuste fosse eficiente, optimizou-se a distribuição de massas, variando a posição do balastro.

A instalação do equipamento seria feita em duas fases. Os grampos, com a função de suporte e posicionamento das calhas, são montados na obra a quando da montagem do tecto falso. Na montagem deste e antes de aplicar o gesso cartonado é necessário montar uma série de acessórios e pendurais em que posteriormente se fixa o gesso cartonado. Os pontos de fixação promovidos pelos referidos acessórios tem de estar nivelados, sendo portanto executada na mesma altura a fixação e nivelamento dos grampos. É também nesta altura distribuída e fixa a cablagem de alimentação eléctrica para pontos pré definidos no projecto, ficando pré-posicionados chicotes com fichas de encaixe rápido na sua extremidade para fácil montagem e desmontagem. Após teste das cablagens é colocado o gesso cartonado e são executados todos os acabamentos. Por fim, numa segunda fase, são colocadas no interior das sancas, as calhas já com todo o equipamento montado e electrificado. Num ponto pré-definido, sensivelmente a meio do comprimento da calha, existe um chicote com encaixe rápido, em tudo idêntico ao que ficou pré-montado no tecto falso, para estabelecer a ligação eléctrica.

Como é visível na Figura 5.14 o atravancamento da calha em termos gerais é superior à largura da abertura da sanca (60 mm). Para proceder à montagem da calha é necessário inseri-la rodada e depois deixar que esta desça através do peso próprio e se ajuste no grampo. A Figura 5.16 apresenta o esquema exemplificativo dos movimentos necessários para a montagem.

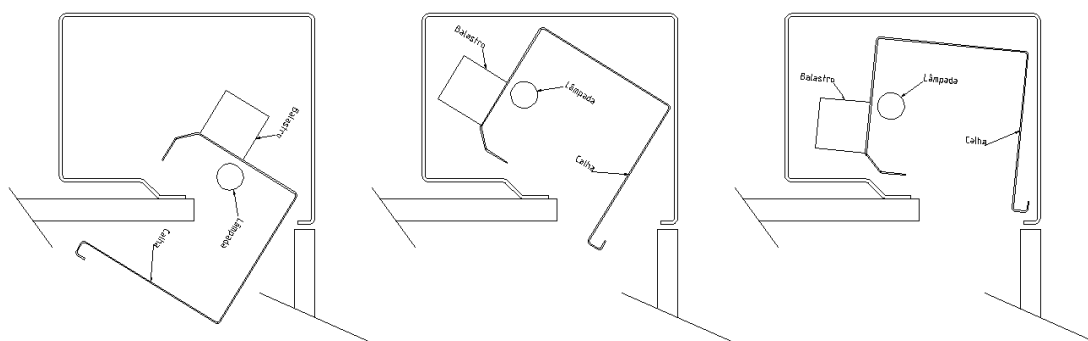


Figura 5.16 – Movimentos para montagem da calha

Foram executados protótipos de teste à escala real em tudo iguais ao produto que se previa para a série, para testar a montagem e desmontagem do equipamento, a qualidade e o efeito da luz emitida.

Este equipamento possui atributos interessantes para aplicação em espaços comerciais e de habitação. Atingiu-se no desenvolvimento deste projecto os objectivos inicialmente propostos para o produto tais como: abertura necessária na sanca do tecto falso reduzida, luz emitida rasante à parede, fácil manutenção e montagem e lâmpada não visível. A optimização final, testes de campo e planeamento da produção não chegou a ser executada uma vez que se decidiu não aplicar este equipamento no hotel. Foi no entanto, ainda ao nível de protótipo, aplicado com sucesso num pequeno espaço comercial e no corredor de uma habitação unifamiliar.

5.2.2 Sistema de iluminação dos números dos quartos

Para o equipamento de identificação dos números dos quartos o Arquitecto responsável propôs um desenho, definindo a geometria da peça, materiais e acabamentos.

O esboço do desenho do equipamento, Figura 5.17, consistia num paralelepípedo de alumínio interceptado por um vidro quadrado de 10 mm de espessura ao longo do seu comprimento. O vidro seria fosco em toda a área da face posterior com excepção do número que identifica o quarto. No interior do paralelepípedo teria de ser colocada uma fonte de luz que se propagasse através da espessura do vidro, iluminando-o.

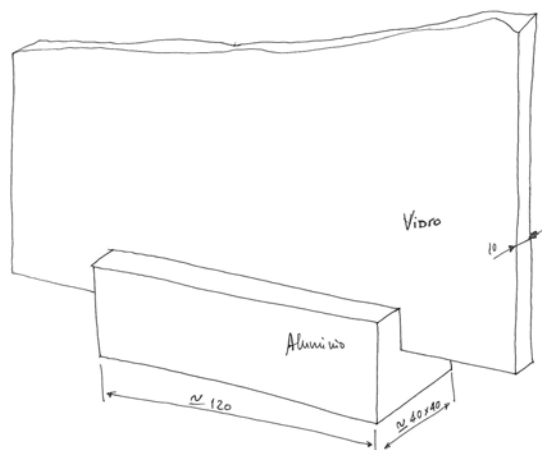


Figura 5.17 – Esboço do sistema de iluminação dos números dos quartos

O desenvolvimento deste produto devia obedecer aos seguintes requisitos iniciais:

- Obedecer às dimensões aproximadas e formas do desenho definido pelo Arquitecto;
- Encontrar uma solução que permitisse uma distribuição uniforme de luz por todo o vidro com baixa intensidade luminosa;
- O bloco deveria ter acabamento idêntico a um alumínio anodizado bruto;
- O equipamento devia funcionar 24 horas por dia;
- Não ser necessária manutenção regular.

Após análise do desenho e dos requisitos iniciais, a Papélia propôs a utilização de led's como fonte de luz. Os principais factores que levaram a esta proposta foram a durabilidade média dos led's, 100 000 horas, intensidade luminosa emitida adequada ao pretendido e dimensões do equipamento eléctrico reduzidas. A elevada durabilidade evita operações de manutenção, factor importante para um equipamento que vai funcionar 24 horas por dia. As dimensões reduzidas foram essenciais para respeitar as dimensões definidas pelo Arquitecto. A proposta previa a utilização de 4 led's no interior do bloco de alumínio, sendo o comando executado por *drivers* a esconder no

tecto falso ou na galeria técnica adjacente ao hall dos quartos e foi aceite pelo Arquitecto.

Quando a Obsidiana foi envolvida no processo estas decisões já estavam tomadas e competia-lhe desenvolver a solução mecânica, seleccionar materiais, processos de fabrico e acabamento. A Papélia ficou responsável pela selecção dos componentes electrónicos e ópticos e desenvolvimento dos *drivers* para o comando.

Os componentes seleccionados pela Papélia foram os seguintes: Led Luxeon I Star, Figura 5.18, com potência de 1W fornecidos pela empresa Lumileds actualmente Philips Lumileds Lighting Company (<http://www.philipslumileds.com/>).



Figura 5.18 – Led Luxeon I Star

O *driver* de comando utilizado nos testes iniciais foi adquirido à Philips tendo depois a Papélia desenvolvido um *driver* específico para comandar dois equipamentos ao mesmo tempo. As principais vantagens obtidas foram ao nível do preço e da distribuição de cabos até ao local de instalação do equipamento.

Na utilização de led's com a potência de 1 Watt, a principal restrição, tendo em conta o bom funcionamento ao longo do tempo, está relacionada com o controlo da temperatura na junção p-n do díodo à base do led. Na Figura 5.19 pode-se observar a percentagem de perda de luz emitida ao longo do tempo de utilização para temperaturas na base do led de 55°C, 85°C e 100°C correspondendo respectivamente às temperaturas de 71°C, 101°C e 116°C na junção p-n. Como se pode verificar a perda de luz aumenta com o

aumento da temperatura, e o próprio led pode avariar antes das 100 000 horas de duração estimadas.

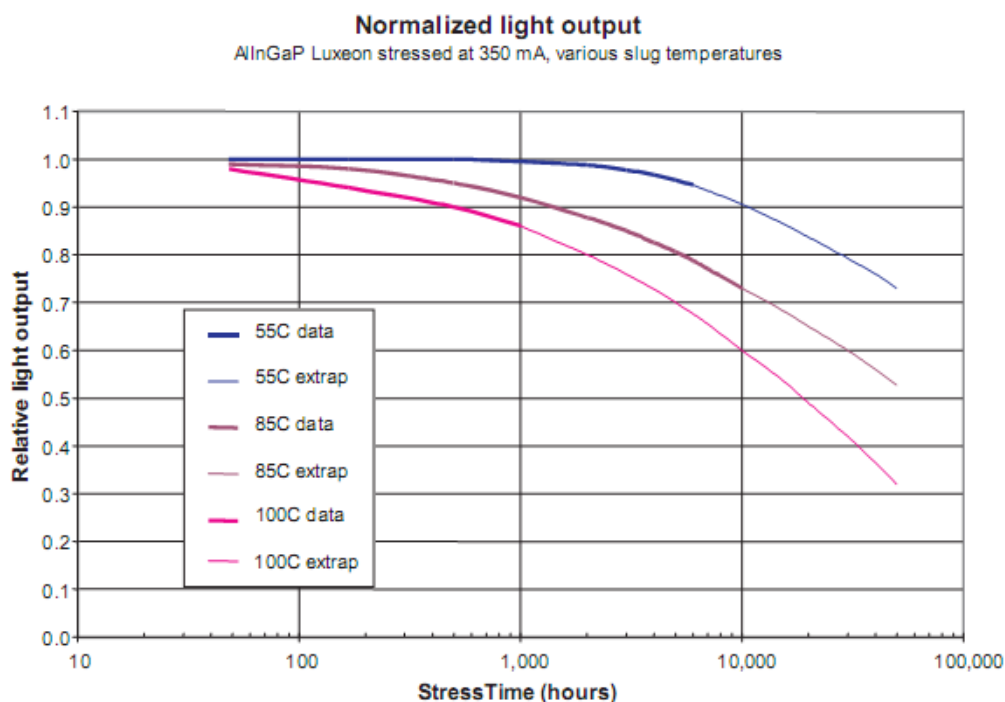


Figura 5.19 – Degradação da luz emitida com o aumento da temperatura na junção p-n

Esta restrição implica, na maioria das aplicações, a construção de um dissipador de calor, colocado em contacto com a base do led, de modo a garantir temperaturas de funcionamento na junção p-n abaixo dos 70°C.

Uma vez que o acabamento pretendido para o bloco era de alumínio anodizado bruto, e o alumínio é bom dissipador de calor, a pré-selecção dos materiais recaiu de imediato sobre este material.

A solução mecânica a desenvolver, além dos requisitos iniciais enunciados, devia resolver vários problemas nomeadamente, controlo da temperatura de funcionamento, montagem dos 4 led's, fixação do equipamento à parede, ligação eléctrica e fixação do vidro. A solução devia ainda ser fácil de fabricar, acabar, montar e a um preço competitivo.

Uma vista explodida da solução mecânica final é apresentada na Figura 5.20 abaixo.

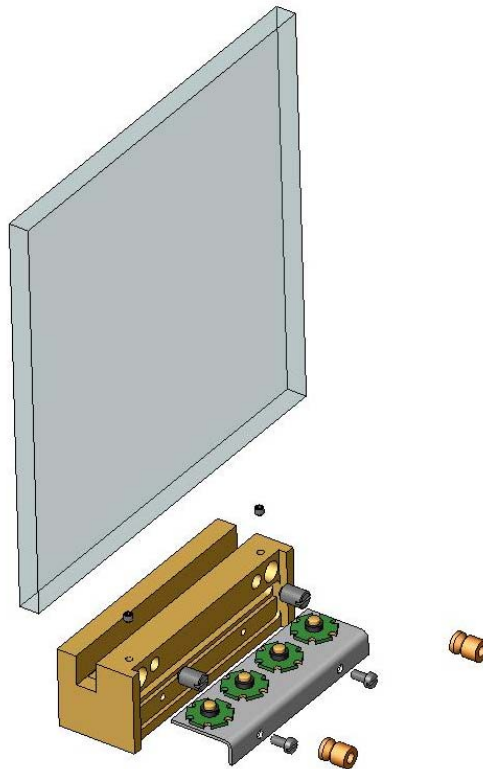


Figura 5.20 – Vista explodida da solução mecânica final

A solução mecânica final era composta por um bloco de alumínio obtido a partir de barra quadrada 40x40 mm, um vidro de 200x200x10 mm, uma chapa de suporte dos led, dois pernos de fixação à parede e pelos parafusos de fixação dos diferentes componentes.

O bloco de alumínio, era obtido a partir do corte em comprimento de barra de secção quadrada com 40 mm de lado. As principais funções a desempenhar, para além do aspecto estético, eram servir de estrutura de suporte do vidro e dos componentes eléctricos, permitir a fixação à parede e dissipar o calor proveniente dos led. Este bloco foi projectado para ser fresado em duas faces, Figura 5.21. Na face superior foi projectado um rasgo com 15 mm de profundidade para inserir o vidro e dois furos roscados para os parafusos que prendem o equipamento. Na face posterior foram

previstos vários rasgos a diferentes profundidades, executados dois furos de guia e quatro furos roscados. O rasgo menos profundo, rompe toda a parte posterior da peça deixando apenas dois apoios e criando deste modo um canal para passagem de ar, por convecção natural, entre o equipamento e a parede, arrefecendo deste modo a parte de trás do equipamento. O rasgo mais profundo intercepta o rasgo aberto na vertical e permite a entrada da chapa de suporte dos led. O rasgo intermédio permite o posicionamento em profundidade da referida chapa. Dois dos furos roscados são para os parafusos de fixação da chapa e os outros dois para os parafusos de fixação do vidro. Os furos de guia são para encaixe dos pernos de fixação à parede.

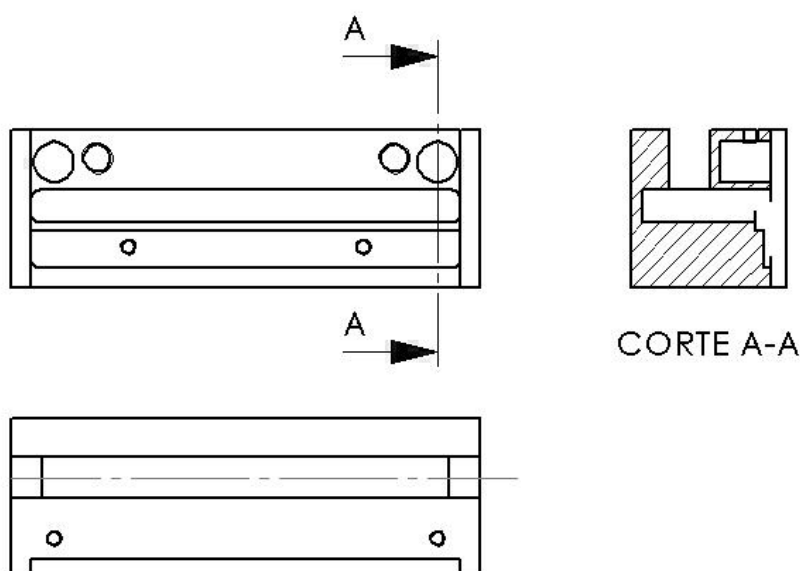


Figura 5.21 – Bloco de alumínio, vista de cima, vista de trás e corte

A chapa de suporte dos led, é um perfil em L obtido através da quinagem de uma chapa de alumínio rectangular. O planificado da chapa foi obtido por corte em puncionadora CNC. Os led são colados na chapa de suporte com uma cola que promove a boa condutibilidade térmica entra a base do led e a chapa de alumínio. Na Figura 5.23 apresenta-se a chapa de suporte dos led após colagem e electrificação. A sua montagem no conjunto faz-se através de uma ligação aparafusada que, além da fixação, promove o contacto da chapa com o bloco de alumínio, promovendo a transferência de calor para este e criando deste modo um dissipador com maior área.

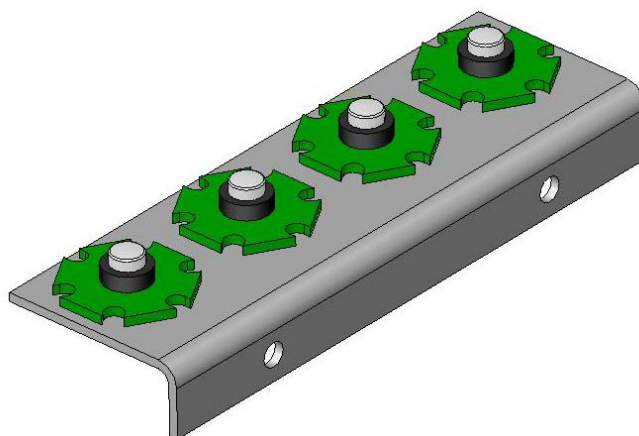


Figura 5.22 – Chapa de suporte dos led

Para fixação à parede utilizou-se uma solução, em tudo idêntica a uma das soluções típicas para fixação de acessórios de casa de banho Figura 5.23. O sistema é composto por dois pernos cilíndricos, parafusos de ligação à parede, furos de guia e suporte no bloco de alumínio e parafusos de fecho. Os pernos têm um furo passante coincidente com o seu eixo para passagem do parafuso de ligação à parede de madeira e um rasgo em V no perímetro para fixação do bloco de alumínio por aperto dos parafusos de fecho.

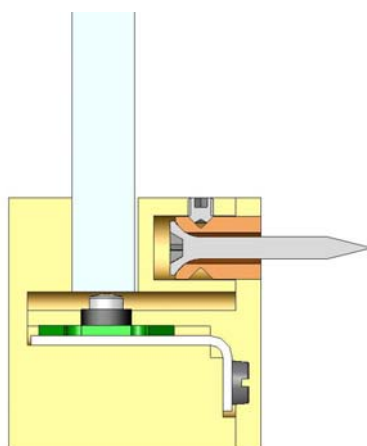


Figura 5.23 – Sistema de fixação à parede

Uma vez definida a solução mecânica e os processos de fabrico e montagem, executou-se a selecção final dos materiais.

Os materiais seleccionados para os diferentes componentes não tinham exigências especiais, com excepção do material para o bloco de alumínio que devia permitir uma anodização de qualidade e ser fácil de maquinar. Foi consultado um catálogo técnico de um fornecedor de ligas de alumínio do qual sobressaíram duas séries a 2000 e a 6000. Para o perfil quadrado de 40mm de lado estavam disponíveis normalmente em stock as ligas 2011-T3, 2030-T4, 6063-T5 e 6082-T6. A liga 6063-T5 é indicada pelo fabricante como muito boa para qualquer tipo de anodização e para obter brilho superficial após maquinagem. A aparada gerada nas operações de maquinagem é considerada regular, ou seja, é uma liga que se maquina com facilidade embora não seja das melhores. A liga 2011-T3 por exemplo, é muito boa para maquinagem mas é considerada má para anodizado decorativo. As outras duas ligas apresentam uma situação intermédia relativamente às referidas sendo as ligas da serie 6000 sempre mais indicadas para receber o acabamento anodizado. Uma vez que a principal característica, tendo em conta a geometria e a função da peça, é ser decorativa, a liga seleccionada foi a 6063-T5.

Para a chapa de suporte dos led foi utilizada chapa de alumínio comercial da série 1000 em formato normalizado 2000x1000 mm.

O material seleccionado para os pernos de fixação à parede foi o latão CuZnPb₃. Esta liga foi seleccionada devido à facilidade e aptidão para o torneamento.

Os parafusos de fixação são elementos normalizados e foram seleccionados a partir de catálogos de fabricantes. Todos os parafusos metálicos tem protecção anti-corrosão corrente uma vez que vão funcionar num ambiente pouco agressivo. Para a fixação do vidro foram seleccionados parafusos de nylon de modo a que estes não danifiquem o vidro e se possa tirar partido da elasticidade do material no aperto do vidro por atrito.

Foram executados protótipos para teste funcional e amostras de vários tipos de acabamento anodizado, entretanto apresentadas ao Arquitecto responsável para aprovação. Foi decidido dar a aprovação para iniciar o fabrico, ficando apenas pendente a selecção do acabamento.

Foi seleccionado um fornecedor para maquinar as peças com fornecimento da matéria prima. Para execução do acabamento foi seleccionada uma empresa especializada em anodização.

A empresa responsável pela maquinagem contactou o seu fornecedor habitual de ligas de alumínio e foi informada por este que a liga 6063-T5 estava esgotada e iria demorar algum tempo a estar disponível, propondo para entrega imediata a liga 2011-T3. Sem consultar o responsável do projecto, o fornecedor aceitou a proposta e iniciou o fabrico.

O Arquitecto, entretanto, decide que o acabamento deveria mudar de anodizado bruto para cromado brilhante.

Estas decisões levaram à necessidade de encontrar uma solução que permitisse aproveitar as peças já fabricadas e responder à solicitação de mudança de acabamento.

Colocavam-se várias dificuldades. As ligas de alumínio são difíceis de cromar e a liga em que as peças foram construídas, tendo em conta a sua composição, é das menos indicadas. Por um lado, para que o cromado fique brilhante é necessário que a superfície a revestir seja polida e fique com aspecto brilhante pois qualquer risco ou porosidade vai reflectir-se no final, por outro, a cromagem das ligas de alumínio exige um processo de deposição de diferentes camadas prévias para que a liga de alumínio não seja atacada por corrosão galvânica. A composição química da liga determina a capacidade de polimento e de recepção das camadas prévias, e a da liga 2011-T3 não é a mais adequada.

Após uma pesquisa de fornecedores encontrou-se, com alguma dificuldade, um fornecedor que se propôs a polir os blocos de alumínio e fazer a respectiva cromagem. O processo foi difícil pois apareceram muitas peças com pequenos pontos de corrosão galvânica o que implicava serem lixadas, polidas e revestidas outra vez. Algumas das peças sofreram ataques mais severos, Figura 5.24, e não tiveram recuperação possível.



Figura 5.24 – Corrosão galvânica num bloco de alumínio

Depois de várias tentativas conseguiu-se reunir o número de peças necessário para instalação no hotel e iniciou-se a montagem dos diferentes componentes que decorreu sem incidentes.

Para facilitar a montagem na obra foi fabricado um *gabarit* para montagem dos pernos. Este consistia num bloco de alumínio em que foi cortada a parte frontal de modo a ter acesso, por este lado, aos furos em que os pernos encaixam. Foi executado um furo roscado na base, para poder acoplar um pé ajustável em altura. Assim, o operador, ajustando a altura do pé relativamente ao chão obtinha a altura de fixação correcta, com um nível em cima do *gabarit* ajustava a horizontal, colocava os pernos nos furos do *gabarit*, os parafusos e com uma aparafusadora eléctrica fazia a fixação.

Na Figura 5.25 abaixo pode ver-se um dos equipamentos instalados no hotel.



Figura 5.25 – Sistema de iluminação dos números dos quartos no hotel Sheraton Porto

5.2.3 Focos

Como referido anteriormente para iluminar os corredores foi necessário projectar uma solução alternativa à linha de lâmpadas fluorescentes. Foi apresentada ao Arquitecto uma amostra de um foco de embutir que recorria à tecnologia led. Este foco era construído em aço inoxidável escovado e utilizava para fonte de luz três led's convencionais de baixa potência. Na parte frontal para tapar os led tinha uma peça em acrílico fosco e para isolamento de todo o conjunto era utilizado silicone.

A dimensão, a forma e o material utilizado eram interessantes no entanto, a quantidade de luz e a distância a que esta era projectada era baixa.

Decidiu-se então projectar um equipamento para embutir no pavimento que utilizasse led's idênticos aos utilizados no sistema de iluminação dos números dos quartos.

O desenvolvimento deste produto devia obedecer aos seguintes requisitos iniciais:

- Desenho da face visível, material e acabamento idênticos ao produto de referência apresentado;

- Dimensão visível o menor possível;
- Ser encastrável no pavimento ao nível do topo da alcatifa;
- Encontrar uma solução que permitisse projectar a luz até ao topo das portas de vidro de revestimento da galeria técnica vertical;
- O equipamento devia funcionar 24 horas por dia;
- Não ser necessária manutenção regular.

Após análise dos requisitos iniciais, a Papélia propôs, para cada foco, a utilização de um led de 1 W da mesma referência do utilizado no sistema de iluminação do número dos quartos Figura 5.18. Para promover a projecção de luz foi escolhida uma lente que a Lumileds propõe para funcionar em conjunto com o led Luxeon I Figura 5.26.



Figura 5.26 – Lente

Os principais factores que levaram a esta proposta foram, tal como para o sistema de iluminação do número dos quartos, foram a durabilidade média dos led's, 100 000 horas, intensidade luminosa emitida adequada ao pretendido e dimensões do equipamento eléctrico reduzidas. A lente foi seleccionada pois permite modificar o modo como a luz é projectada. Na Figura 5.27, podemos observar a representação típica do padrão de radiação com e sem lente.

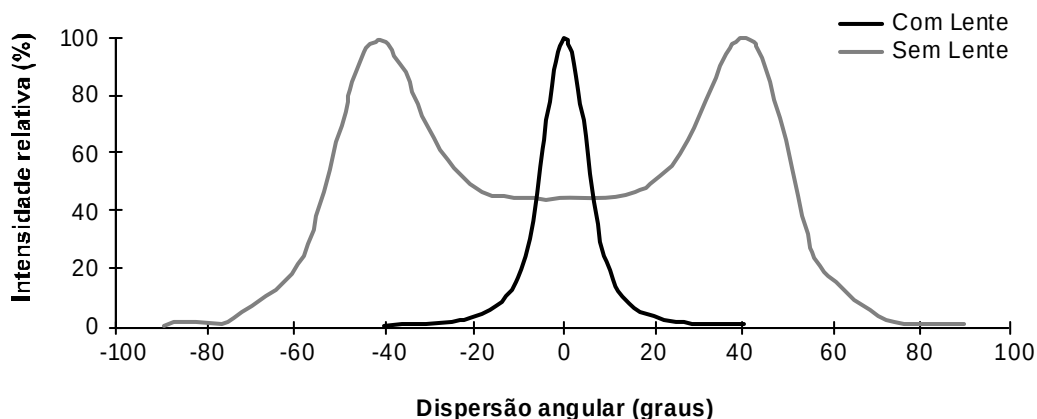


Figura 5.27 – Representação típica do padrão de radiação espacial com e sem lente

Como se pode observar pela comparação das curvas da Figura 5.27, a lente concentra a radiação emitida pelo led num cone de abertura total de cerca de 60° e o led sem lente dispersa a radiação por uma abertura total de cerca de 150° com uma depressão na parte central.

O *driver* de comando utilizado nos testes iniciais foi o mesmo que foi utilizado para teste do sistema de iluminação do número dos quartos, tendo depois a Papélia desenvolvido um *driver* específico para comandar sete focos. As principais vantagens obtidas foram ao nível do preço e da distribuição de cabos até ao local de instalação do de cada equipamento.

5.2.3.1 Foco Led 01

A solução mecânica a desenvolver, além dos requisitos iniciais enunciados, devia resolver vários problemas nomeadamente, controlo da temperatura de funcionamento, montagem do led's e cabos de alimentação, fixação da lente, fixação do equipamento no pavimento e ligação eléctrica. A solução devia ainda ser fácil de fabricar, acabar, montar e a um preço competitivo.

Uma vista explodida da solução mecânica final do foco denominado Led 01 é apresentada na Figura 5.28 abaixo.



Figura 5.28 – Vista explodida foco Led 01

A solução mecânica final era composta por um corpo, uma lente, um led, um dissipador, dois O’ring, silicone, cabo eléctrico e ficha de ligação.

O corpo é uma peça axisimétrica, em aço inoxidável com as funções estética e de suporte de todas as outras peças. No corpo, pelo exterior, é colocado um O’ring para fixar o foco, apenas por encaixe e ajustamento, num suporte específico, descrito à frente, para cada local de aplicação. Pelo interior, encaixa a lente por ajuste radial sendo depois colada pelo interior com silicone. O led é electrificado e colado ao dissipador com uma cola que promove a boa condutibilidade térmica entre a base do led e o topo do dissipador. Pelo sistema de encaixe e ajustamento acima descrito, o dissipador fixa-se ao corpo e o corpo ao suporte, através dos O’rings neles incorporados. Na Figura 5.29 podemos observar um corte do foco Led 01 montado. O silicone, o cabo eléctrico e a ficha de ligação não são apresentados na figura.

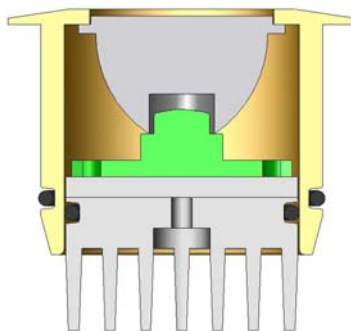


Figura 5.29 – Corte foco Led 01

O corpo foi projectado de forma a poder ser fabricado por torneamento CNC a partir de varão circular normalizado existente no mercado. O material utilizado foi o aço inox AISI 304. Este material foi seleccionado devido ao aspecto final da peça, resistência à abrasão e à corrosão.

O dissipador foi projectado para ser obtido em duas fases. A parte axisimétrica, ajuste do diâmetro exterior, canal para o O’ring e furo central, por torneamento e as ranhuras para passagem dos cabos eléctricos e formação das alhetas por fresagem. Tendo em conta as principais funções desta peça, servir de apoio ao led e dissipar o calor gerado por este para manter a temperatura na junção p-n controlada, o material seleccionado foi, dadas às suas propriedades de condutibilidade térmica, alumínio comercial da série 1000 sob a forma de varão circular de diâmetro normalizado.

Foram criadas alhetas no dissipador, de modo a aumentar a área de contacto com o ar e, por esta via, aumentar a capacidade de dissipação de calor. Na Figura 5.29 pode-se observar que no projecto inicial do dissipador, as alhetas foram projectadas de modo a que a sua espessura se reduzia da base para a ponta. Este desenho permitiria uma melhor circulação do ar e abria a hipótese de fabricar os canais por forjamento, o que seria muito mais rápido do que a fresagem. Uma vez que estava previsto fabricar apenas 5000 unidades, a hipótese de recorrer ao forjamento foi colocada de lado devido ao preço das matrizes ser elevado e ser sempre necessário recorrer ao torneamento para fabricar o canal do O’ring e o furo de passagem dos cabos eléctricos. Após consulta de possíveis fornecedores e discussão do processo de fabrico, surgiu a hipótese de utilizar uma serra circular motorizada como ferramenta do torno CNC. A utilização desta ferramenta

implicava aceitar alterar dois pontos do desenho original. A base dos rasgos deixaria de ser plana e passava a ter um arco de raio igual ao raio máximo da serra circular admitida pelo torno CNC e as alhetas deixavam de ter variação de espessura. Estas duas alterações na geometria da peça prejudicavam a dissipação de calor, mas tinham como vantagem a simplificação do processo de fabrico uma vez que este passava a ser feito numa só máquina. Foram efectuados testes de temperatura com dissipadores produzidos em torno CNC e as temperaturas obtidas estavam dentro do exigido pelo que se decidiu aceitar a alteração de geometria proposta pelo fornecedor.

Os O’ring são elementos normalizados e foram seleccionados a partir de catálogos de fabricantes.

A colagem da lente ao corpo foi feita utilizando silicone por vazamento, que após cura evita a entrada de poeiras e líquidos que possam ser derramados sobre o foco. Esta não é, no entanto, uma solução estanque pois não permite a imersão do foco.

Para executar a colagem foi preparado aproximadamente 500 ml de silicone por lote. Juntava-se silicone líquido com o catalizador, nas proporções indicadas pelo fabricante do silicone, e misturava-se bem. Depois colocava-se o silicone numa câmara de vácuo para desgaseificar a mistura. Carregavam-se duas seringas de 250 ml e, com estas, depositava-se uma porção de silicone no interior do corpo, junto ao bordo da lente, de modo a que este escorresse, nivelando-se a toda a volta. Os corpos com as lentes posicionadas no seu interior eram previamente dispostos em tabuleiros em posição invertida. Uma vez depositado o silicone estes eram colocados numa mufla à temperatura de aproximadamente 40° C para acelerar a cura. Este processo teve de ser executado por lotes. O silicone utilizado começa a curar logo que se adiciona o catalizador e, embora sem atingir a cura completa, começa a ficar viscoso e sem as características de fluidez que garantam o preenchimento a toda a volta da lente. Esta condicionante implica que apenas se possa preparar a quantidade de silicone para o tempo de aplicação estimado. Outra condicionante é o espaço nos tabuleiros e na mufla que limitam a quantidade a produzir em cada lote. Às condicionantes acima apresentadas, acrescia o facto de por vezes a lente flutuar, saindo da sua posição e vertendo silicone para o exterior, o que obrigava a descolar a lente após a cura, retirar o silicone da lente e do corpo e voltar a efectuar o processo.

O projecto do foco não fica completo sem o projecto dos suportes que, tal como foi referido acima, permitem a sua aplicação num local específico.

A primeira aplicação para o foco Led 01 destinou-se ao pavimento dos corredores do hotel Sheraton no Porto, como foi referido anteriormente. O material escolhido, pelo Arquitecto responsável pela obra, para o revestimento do pavimento dos corredores foi a alcatifa. À data de início do projecto, ainda não estava seleccionada a alcatifa específica a utilizar, o que significava que a espessura, dado importante para o projecto, era desconhecida. Para além desta condicionante existia também a hipótese do foco ser utilizado noutros locais com outro tipo de revestimentos e, portanto, com diferentes espessuras.

Os principais problemas a resolver, uma vez que os focos seriam instalados no pavimento, era o acesso dos cabos de ligação e posicionamento dos *drivers* de comando, de modo a permitir a fácil montagem e acesso para manutenção. Para os resolver foram desenvolvidas duas peças para pré instalar na obra, uma calha de pavimento e um suporte Figura 5.30.



Figura 5.30 – Conjunto calha e suporte

As peças foram projectadas para funcionar em conjunto, tendo a calha de pavimento as funções de posicionamento do suporte e de canal de passagem dos cabos eléctricos, e o

suporte as funções de alojamento do foco e posicionamento em altura. As peças foram projectadas de forma a que a calha de pavimento podia ter comprimento variável e o suporte a altura acima da calha de pavimento. Esta variação permitia acomodar variações de distâncias à parede ou outro local para passagem dos cabos e variações da espessura dos revestimentos.

A calha de pavimento foi projectada para ser produzida recorrendo à tecnologia de corte em puncionadora CNC e quinagem tendo em conta o custo de produção e a quantidade de produção estimada. O material seleccionado foi chapa de aço aluminizada de 1,5 mm de espessura, tendo em conta a função, o custo e as características de resistência à corrosão.

O suporte foi projectado para ser produzido por torneamento a partir de varão e o material seleccionado foi aço de construção corrente uma vez que não existiam restrições do ponto de vista estrutural. Estas peças foram posteriormente zincadas para protecção da corrosão. Estas opções foram feitas pelas razões já indicadas para a chapa de pavimento.

Para instalação no hotel foram produzidos duas calhas de diferentes comprimentos e dois suportes de altura diferente, conseguindo com estes modelo resolver todas as situações de instalação do foco Led 01 no hotel.

Foram inicialmente fabricados protótipos para teste com a altura estimada da alcatifa. Mais tarde, depois da selecção final da alcatifa, foi rectificada a altura e dada ordem de produção para a série.

A Figura 5.31 mostra uma vista do referido corredor depois de concluída a obra.

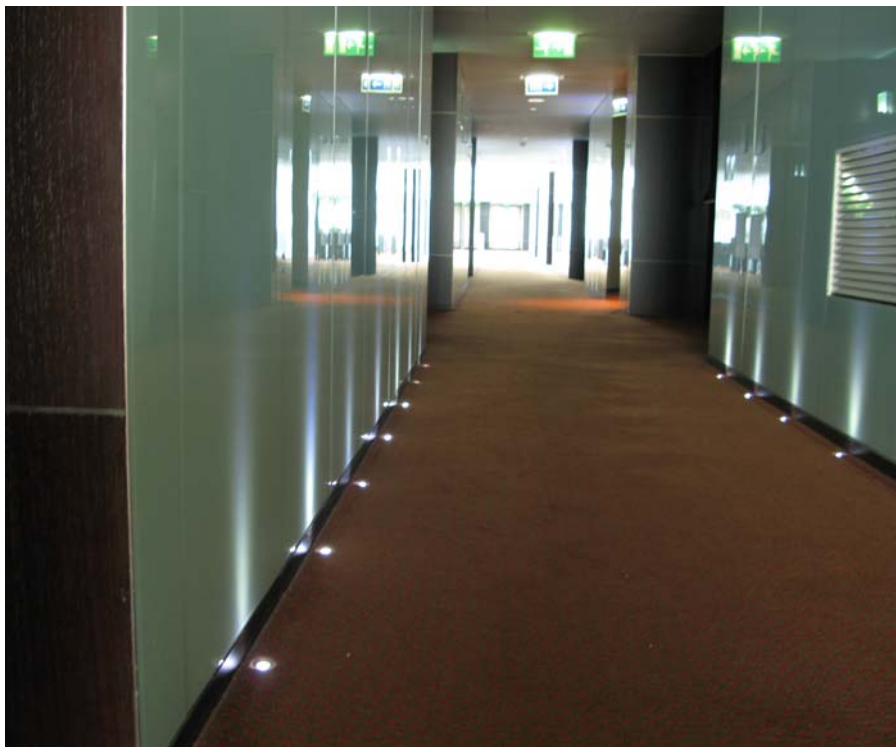


Figura 5.31 – Corredor dos quartos no Hotel Sheraton

5.2.3.2 Foco Led 02

O foco denominado Led 02, foi desenvolvido, para aplicação no SPA do hotel, essencialmente para responder a um requisito que a versão Led 01 não respondia, ser estanque. A solução mecânica a desenvolver, deveria portanto, responder a todos os requisitos e possuir todos os atributos da versão 01 e ser estanque.

Abaixo na Figura 5.32 apresenta-se uma vista explodida da solução mecânica final do foco Led 02.

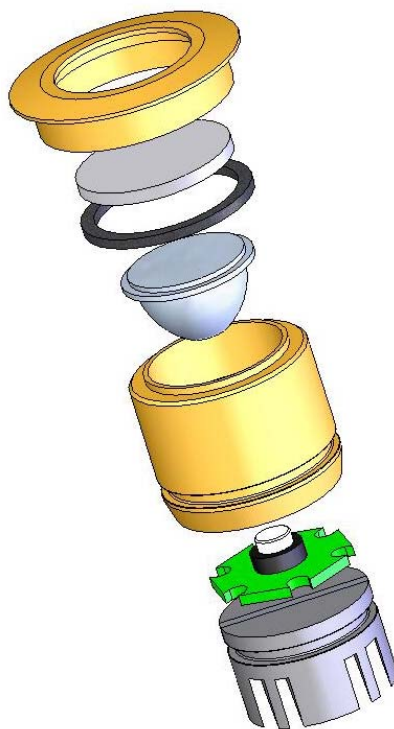


Figura 5.32 – Vista explodida foco Led 02

A solução mecânica final era composta, começando pelo topo, por uma tampa, um vidro, um vedante, uma lente, um corpo, um led, um dissipador, três O’ring, cabo eléctrico e ficha de ligação. Na Figura 5.32 não estão representados os O’ring, o cabo eléctrico e a ficha de ligação.

Os principais pontos fracos da versão 01 eram a lente em acrílico ficar exposta à abrasão e ao ataque químico dos produtos de limpeza, e o processo de colagem da lente com silicone ser moroso e pouco fiável. Assim, para garantir a estanqueidade da parte superior e a protecção da lente decidiu-se aplicar um vidro. Para fazer o efeito de protecção da lente bastaria intercalar o vidro entre a lente e a parte superior de um corpo com geometria semelhante à versão 01. No entanto, para garantir a estanqueidade foi necessário colocar um vedante entre o vidro e a parte superior, posicioná-lo e apertá-lo, o que implicou a divisão do corpo da versão 01 em duas peças corpo e tampa que roscam uma na outra e garantem o aperto. Uma vez montadas as peças tampa, vidro, vedante e corpo temos uma solução idêntica ao corpo da versão 01 estanque na parte superior e com a lente protegida. A vedação entre corpo e dissipador é feita pelo O’ring que faz também a ligação por aperto. Para garantir a estanqueidade total faltava vedar a

entrada do cabo eléctrico. Foram inventariadas possíveis soluções que passavam essencialmente por utilizar colas para preencher o espaço que restava no furo após passagem do cabo eléctrico.

Entretanto a Papélia indicou que tendo em vista a homologação do equipamento o cabo deveria ser diferente da versão 01 e também ele de categoria estanque. Este novo cabo tinha um revestimento exterior cilíndrico e ocupava um diâmetro superior ao cabo da versão Led 01.

Em conversa com o técnico da empresa responsável pelo torneamento das peças para o Led 01, ele propôs-se a experimentar fazer um canal de dimensões reduzidas no topo do furo de passagem do cabo para alojar um O'ring que fizesse a vedação entre o dissipador e o cabo eléctrico. Tendo em conta a má experiência com o silicone na versão 01, a solução do O'ring pareceu muito interessante e decidiu-se fazer protótipos para experimentar. O aumento do diâmetro do cabo e necessidade de o guiar de modo a que a sua flexão não provocasse perdas de estanqueidade levaram a abdicar de alhetas na parte central do dissipador. Pelos testes de temperatura executados na versão 01, percebeu-se que o dissipador estava sobredimensionado, no entanto, fizeram-se com os protótipos novos testes de temperatura e testes de estanqueidade com imersão completa do equipamento. Os resultados foram positivos em ambos os testes pelo que se decidiu aprovar a solução e passar à produção. Na Figura 5.33 é apresentado um gráfico do teste de temperatura de duas amostras.

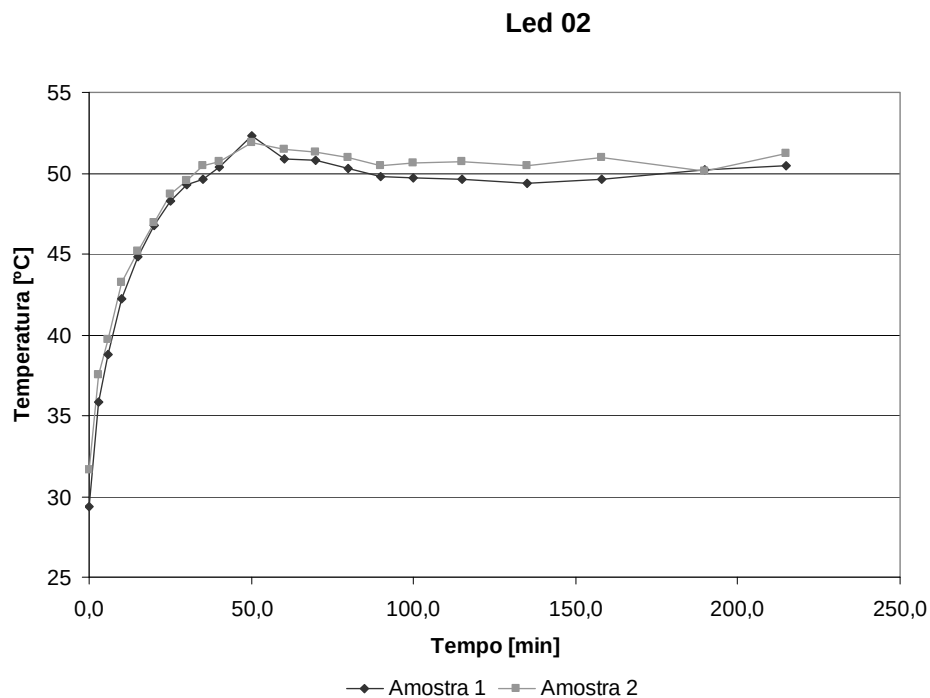


Figura 5.33 – Teste de temperatura foco Led 02

Como se pode observar a temperatura sobe durante aproximadamente os primeiros 50 minutos de funcionamento estabilizando em torno dos 50 °C. A diferença de comportamento entre as duas amostras apresentadas é mínima uma vez que as curvas andam praticamente sobrepostas.

Na Figura 5.34 é apresentado um corte do foco Led 02. As interferências visíveis na figura são relativas às peças roscadas ou aos vedantes que foram representados na sua condição de máximo material.

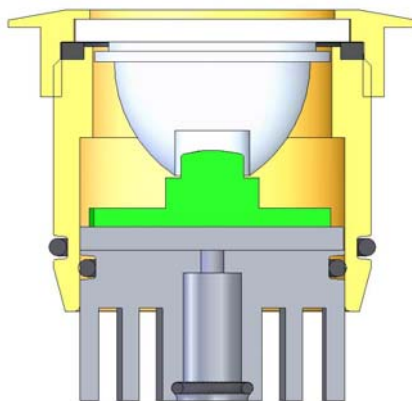


Figura 5.34 – Corte foco Led 02

Os processos de fabrico e os materiais para peças equivalentes, são iguais aos utilizados na versão 01, e foram seleccionados exactamente pelas mesmas razões.

O vidro foi sempre encarado como um componente a adquirir a um fornecedor. Os primeiros contactos efectuados com vidrarias da região obtiveram a resposta negativa dada a dimensão e características do vidro. Após vários contactos foi encontrada uma vidraria que se disponibilizou para fazer protótipos e dar um orçamento para execução de 5000 unidades. Os protótipos foram cortados manualmente e embora tivessem o acabamento do bordo muito mau, devido a terem sido cortados a partir de vidro previamente temperado, permitiram executar os ensaios. O orçamento para corte e tempera dos vidros foi de 8€ por unidade o que tornava o projecto economicamente inviável. Uma vez que o vidraceiro alegava dificuldades tecnológicas para justificar o preço apresentado foi iniciada uma pesquisa junto de fabricantes de peças similares. Começou-se por pesquisar junto dos fabricantes de lentes para óculos e daí conseguiu-se chegar a produtos de catálogo para filtragem de luz protecção de equipamentos de iluminação. Nestes produtos surgiu a hipótese, orçamentada em 4€ por unidade, de um vidro de diâmetro ligeiramente superior, o que implicava modificar o foco aumentando o seu diâmetro. Quer o preço, quer as implicações de aumento de diâmetro, colocavam esta hipótese de lado. Até aqui nenhum dos contactos foi com um fornecedor com capacidade de produção de acordo com as nossas especificações. Foram entretanto feitas algumas pesquisas na Internet e encontrou-se um fornecedor nos Estados Unidos que, contactado através de correio electrónico, forneceu logo o orçamento, enviou

documentação técnica sobre os tipos de vidro disponíveis, ajudou a seleccionar o mais indicado, tendo em conta as características de funcionamento do produto e preço do vidro e ofereceu de forma gratuita protótipos para teste em que apenas foi necessário pagar o transporte. As amostras recebidas foram aprovadas e encomendou-se 5000 unidades a um custo de 0,5 dólares por unidade, mais custos de transporte e de transferência bancária.

Para fazer a vedação do vidro, estava inicialmente previsto utilizar um O'ring. No entanto um erro de projecto detectado após encomenda dos vidros, inviabilizou esta solução e foi necessário produzir um vedante específico para o efeito. Na Figura 5.36 pode-se observar que o O'ring projectado, está posicionado de forma a que a linha de encosto da parte superior coincide com o espaço de folga entre o vidro e a tampa.

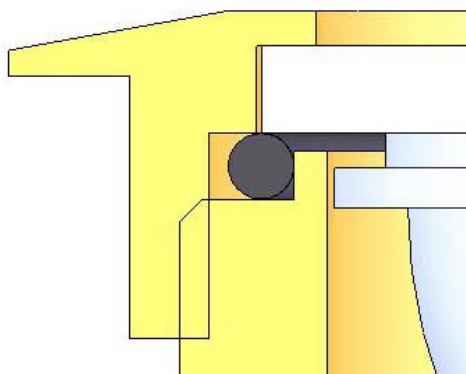


Figura 5.35 – Pormenor da vedação com O'ring do foco Led 02

A colocação nesta posição foi pensada pelo projectista de modo a colocar olhando apenas para as possíveis entradas de fluido e não para o bom funcionamento do sistema de vedação. Assim, tendo em conta a flexibilidade do material do O'ring, sempre que exista uma variação da altura da caixa ou da espessura do vidro, mesmo que dentro das tolerâncias especificadas, podemos ter uma abertura. Para corrigir este defeito, bastaria que o projectista tivesse aumentado ligeiramente o diâmetro do vidro, passando a vedação a fazer-se por assentamento do O'ring em dois planos, no vidro e no corpo.

Para resolver o problema foi projectado um vedante circular de secção rectangular em silicone. Como se pode observar na Figura 5.36, o vedante passa a assentar nos dois planos e, embora não seja a solução ideal devido a tocar também na tampa, tendo em conta a flexibilidade do silicone seleccionado, permitiu efectuar a vedação.

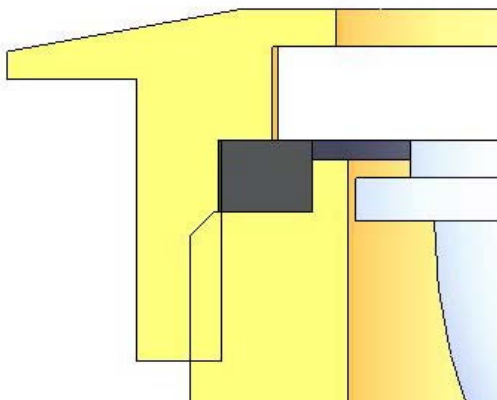


Figura 5.36 – Pormenor da vedação com vedante em silicone do foco Led 02

Para produzir o vedante foi contactada uma empresa especializada que apresentou um orçamento inoportuno para a produção das 5000 unidades necessárias. Decidiu-se então cortar os vedantes por laser a partir de tela de silicone com 1,5 mm de espessura, de modo a evitar a execução de uma ferramenta de corte. O corte por *laser* faz-se através de múltiplas passagem do feixe até cortar toda a espessura. Dado o número de passagens ser elevado os bordos de corte tendem a ficar queimados na parte superior devido à radiação sucessiva de cada passagem e a secção tende a ficar trapezoidal em vez de rectangular. Depois de executar um primeiro lote verificou-se que o tempo de produção era muito elevado e que a qualidade dos vedantes não era a melhor. Assim sendo após alguns testes com laminas, projectou-se e fabricou-se uma ferramenta de corte, de geometria simples e de fácil fabrico, que se adaptou a uma prensa para executar os restantes vedantes.



Figura 5.37 – Ferramenta de corte dos vedantes

A ferramenta é constituída por uma parte superior executada em varão de aço, em que foram torneadas duas laminas concêntricas para efectuar o corte e uma parte inferior em nylon que servia de mesa de apoio. A parte superior tem um furo que vai da parte frontal até ao meio da duas laminas para injectar ar comprimido e fazer a ejeção do vedante após o corte e um furo roscado na parte superior para fazer ligação à prensa. Embora os vedantes fossem cortados um a um com presença obrigatória de um operador este processo apresentou-se como o mais eficaz em termos de custo e de qualidade.

Para instalação do foco Led 02 foram desenvolvidos vários suportes específicos para cada local, tal como aconteceu para a versão 1.

O foco Led 02, entre outros locais, foi aplicado no SPA do hotel Sheraton e numa praça da cidade de Vizela.

5.2.3.3 Foco Led 03

O desenvolvimento do foco Led 03 decorre de se ter identificado pontos de melhoria, sendo portanto uma versão optimizada do foco Led 02.

Na montagem do Led 02 verificou-se que por vezes ao colar o led no dissipador este não ficava centrado e ao montar existia interferência com a lente pois os eixos ficavam desalinhados. Verificou-se também que o que limitava a entrada do conjunto led dissipador era o encosto do led na lente e esta por sua vez no vidro. A parte em que a lente contacta o led é bastante sensível, e se o equipamento fosse manuseado sem o devido cuidado podiam existir danos. Um dos pontos a corrigir, como já foi dito acima era a vedação da parte superior.

Abaixo na Figura 5.38 apresenta-se uma vista explodida da solução mecânica final do foco Led 03.

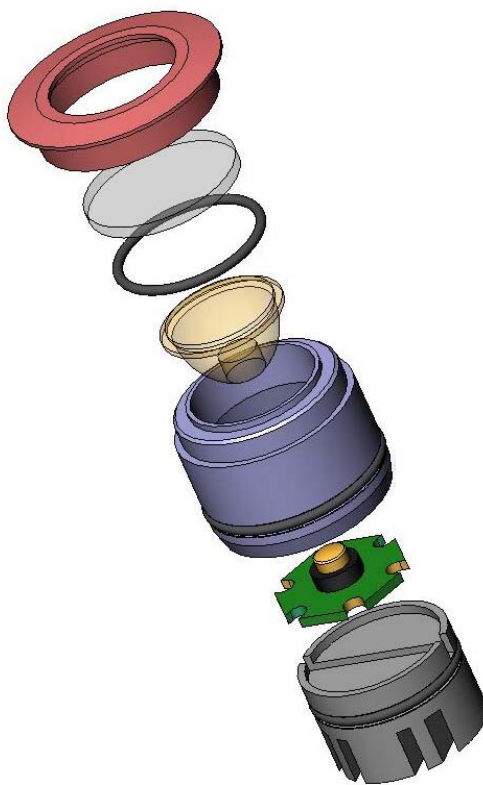


Figura 5.38 – Vista explodida foco Led 03

A solução mecânica final era composta, começando pelo topo, por uma tampa, um vidro, um O'ring, uma lente, um corpo, um led, um dissipador, três O'ring, cabo

eléctrico e ficha de ligação. Na Figura 5.38 não estão representados o O'ring de vedação na entrada do cabo eléctrico, o cabo eléctrico e a ficha de ligação.

Como se pode verificar na Figura 5.39 abaixo, a vedação da parte superior foi resolvida aumentando o diâmetro do vidro para que o o'ring vedasse apenas segundo uma linha no vidro e outra linha no corpo. De modo a centrar o led durante a operação de colagem ao dissipador foi aumentado o diâmetro deste e criada uma caixa que permite a centragem. Este aumento de diâmetro facilitou ainda as operações de soldadura dos cabos eléctricos ao led ao permitir um raio de dobragem do cabo maior que na versão anterior. Devido ao aumento de diâmetro do dissipador o corpo também teve de aumentar de diâmetro. Materializou-se um batente para limitar a entrada do dissipador e alinhou-se o diâmetro exterior do corpo com a tampa de modo a que depois de montadas as duas peças pareciam apenas uma.

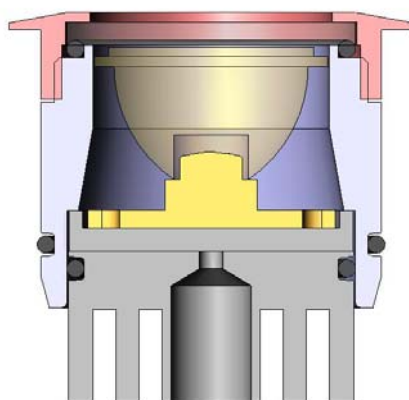


Figura 5.39 – Corte foco Led 03

Tal como para as outras versões foram projectados diferentes suportes adequados à aplicação nos diferentes locais. Alguns dos locais em que se pretendia aplicar este equipamento não permitiam a colocação do suporte por trás do revestimento e a sobreposição que a aba da tampa faz é muito reduzida. Assim foi projectado um conjunto constituído por um suporte e um aro de remate, apresentados na Figura 5.40 , para aplicar nestas situações.

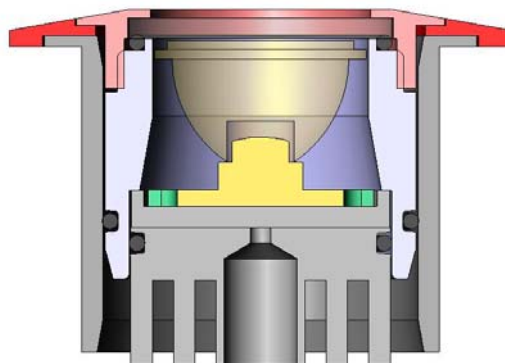


Figura 5.40 – Corte foco Led 03 com suporte e aro de remate

Ambas as peças eram obtidas por torneamento. O material do suporte poderia ser aço com acabamento zincado ou aço inoxidável. O material do aro era aço inoxidável igual ao material da tampa.

5.2.3.4 Foco Led 04

O desenvolvimento do foco Led 04 decorre de um pedido específico para um hotel em Lisboa. Pretendia-se iluminar o hall de entrada de cada quarto com um foco idêntico em aspecto e iluminação às versões anteriores. Este deveria ser específico para embutir em tecto de gesso cartonado e apresentar um preço mais baixo que as séries anteriores.

Tendo em conta a experiência com as versões anteriores definiu-se a seguinte estratégia. O corpo deveria ser uma peça única para tornar o produto mais barato. Uma vez que o produto se destinava a instalação no tecto não era necessário proteger nem colar a lente, uma vez que apenas pessoal especializado terá acesso ao foco e o problema de derrame de líquidos não se coloca. Todas as soluções tendo em vista a estanqueidade do equipamento também deixam de ter interesse.

Abaixo na Figura 5.41 apresenta-se uma vista explodida da solução mecânica final do foco Led 04.

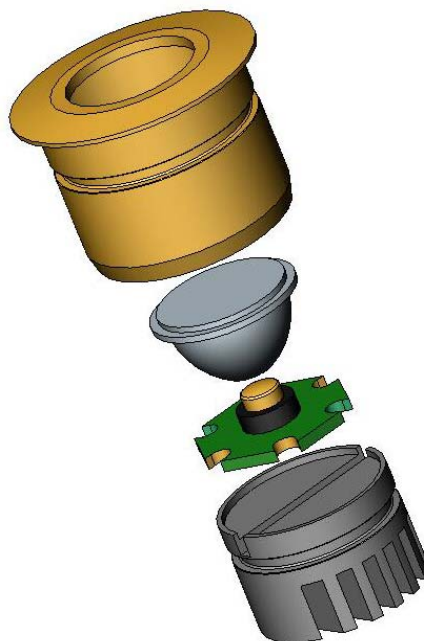


Figura 5.41 – Vista explodida foco Led 04

A solução mecânica final era composta, começando pelo topo, por um corpo que integra a parte superior, uma lente, um led, um dissipador, dois O’ring, cabo eléctrico e ficha de ligação. Na Figura 5.41 não estão representados os O’ring, o cabo eléctrico e a ficha de ligação.

Tal como para as outras versões era necessário projectar um suporte adequado ao local de aplicação, neste caso o gesso cartonado do tecto. A construção do tecto obriga a que apenas depois da instalação do gesso cartonado, se façam os furos para os suportes dos focos. Esta é portanto, uma das situações em que não se consegue colocar e fixar o suporte por trás do gesso cartonado. Por outro lado o gesso cartonado tem um comportamento mecânico muito particular e que era desconhecido da equipa de projecto. Foram estudadas diferentes soluções que não eram satisfatórias pois implicavam aros de remate na parte superior do corpo de diâmetro muito grande. Uma vez que um dos objectivos era a redução do custo colocou-se a hipótese de utilizar o furo do gesso cartonado directamente.

Entretanto decidiu-se contactar um instalador experiente de gesso cartonado, para validar a hipótese anterior ou sugerir outras soluções. Na reunião o instalador, eliminou

de imediato a hipótese de utilizar directamente o furo do gesso cartonado, uma vez que, os furos são executados com uma serra craniana que não garante tolerância suficiente no diâmetro e deixam o bordo incerto. Quando confrontado com possíveis suportes, suas vantagens e inconvenientes, sugeriu um suporte muito simples para ser colado com uma massa habitualmente utilizada no gesso cartonado que permite fazer também o remate do bordo. Na Figura 5.42 pode observar-se um corte do foco Led 04 e suporte para gesso cartonado.

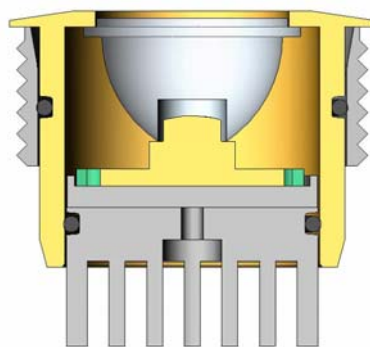


Figura 5.42 – Corte foco Led 04 e suporte para gesso cartonado

Como se pode verificar na Figura 5.42 o número de componentes foi reduzido ao mínimo e todas as peças são de geometria simples para executar em torno CNC. Manteve-se, no dissipador, a caixa para centragem do led durante a montagem. O suporte é ranhurado na parte exterior para que a massa de colagem possa aderir melhor e impedir movimentos axiais.

Foram executados protótipos, testados e apresentou-se uma proposta ao promotor do hotel. Uma empresa concorrente apresentou uma proposta entendida pelo cliente como mais interessante, e o produto não chegou a ser construído em quantidade.

5.3 Desenvolvimento de conceito para expositor de material cerâmico

O projecto de desenvolvimento de conceito para expositor de material cerâmico foi executado no âmbito da empresa Obsidiana Engenharia e Design Unipessoal Lda., com a colaboração do Designer Carlos Aguiar, sendo o cliente do projecto a empresa Cinca – Companhia Industrial de Cerâmica, S.A..

Este projecto surge após a Cinca ter contratado um consultor especialista em *marketing*, que assumiu a direcção do departamento de marketing da empresa, com o objectivo de reestruturar o departamento e dinamizar toda essa área a nível internacional.

5.3.1 Enquadramento do projecto

A Cinca é uma empresa que se dedica essencialmente à produção e comercialização de revestimentos cerâmicos para pavimentos e paredes, interiores e exteriores.

“Com um total de cerca de 690 funcionários ao seu serviço, a CINCA possui hoje um total de 6 unidades de produção, entre as quais se incluem duas unidades de fabrico de grés vidrado e não vidrado, uma unidade dedicada ao porcelanato vidrado e duas de azulejo, uma das quais dotada de 3º fogo e unidade de rectificação de ladrilhos. Possui ainda uma fábrica de ladrilhos de grés extrudido. A sua capacidade máxima de produção actual ronda os 11.500.000 m² por ano, distribuída entre 3.850.000 m² de grés vidrado e não vidrados, 1.500.000 m² de porcelanato vidrado, 4.800.000 m² de azulejo e 3º fogo e cerca 1.350.000 m² de ladrilhos extrudidos.”

“Os produtos cerâmicos CINCA permitem criar um ambiente personalizado e elegante, qualquer que seja o espaço em que são aplicados - casas de banho, cozinhas, stands de automóveis, centros comerciais, etc., ao que acresce a imensa vantagem de exigirem muito pouca manutenção e de serem um produto natural, resistente ao fogo e não alergénico.” (http://www.cinca.pt/main.php?tbl=_trubricas&id=40).

Um dos produtos da Cinca é a série de azulejos designada de Brancos (http://www.cinca.pt/main.php?tbl=_trubricas&id=12). Esta série é composta por azulejos de cor branca e pérola, de diferentes formatos e acabamentos. Em conjunto com os azulejos base são propostos diferentes listeis decorativos com cores e motivos variados. Estes listeis ajustam-se à largura dos diferentes formatos e existem em várias alturas. Na Figura 5.43 abaixo podemos observar um ambiente típico, obtido pela conjugação de azulejos e listeis.



Figura 5.43 – Cozinha revestida a azulejo branco e listeis decorativos

No mercado existem expositores de material cerâmico que as diferentes marcas de azulejos utilizam para promover os seus produtos nas lojas. Embora sejam as marcas a suportar o custo dos expositores, com o tempo, dado que diferentes marcas utilizam os mesmos modelos de expositor, os lojistas começam a misturar produtos de diferentes marcas no mesmo expositor.

Os expositores existentes são compostos normalmente por um conjunto de painéis, de composição fixa, que por rotação ou translação ficam à vista do cliente. Na Figura 5.44

podemos observar dois exemplos de expositores existentes no mercado (<http://www.expositoresalcora.com/>) (<http://www.fabrindex.pt/produtos.htm?idfam=1>).

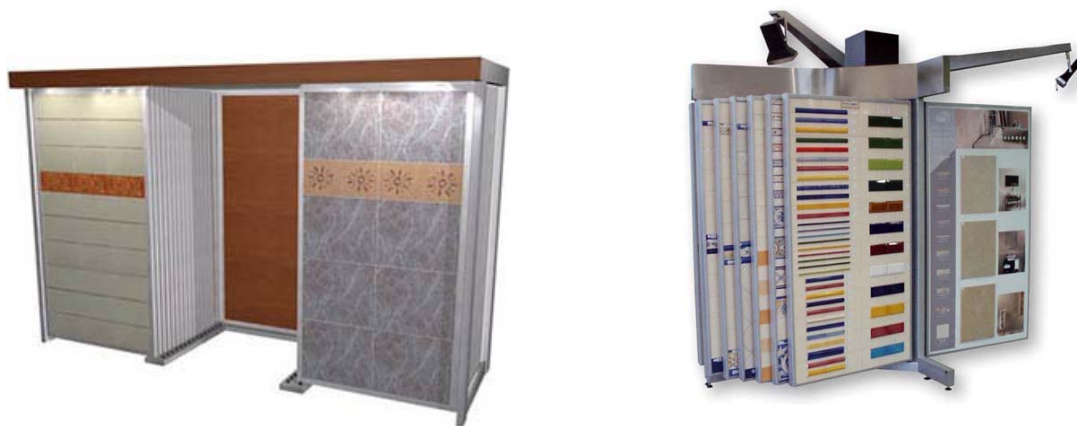


Figura 5.44 – Exemplos de expositores existentes no mercado

Existem também expositores de composição fixa que recriam em todo ou em parte um ambiente de instalação. Os expositores existentes, têm um número de painéis limitado e, uma vez que estes têm composição fixa, é impossível ao cliente observar na loja todos os formatos e acabamentos da série Brancos, conjugados com as diferentes possibilidades de listéis. Observou-se que as lojas têm habitualmente em exposição uma composição fixa, um formato com determinado acabamento e determinado listel. Para mostrar as outras possibilidades de listéis os vendedores utilizam o catalogo ou uma amostra solta. Nesta situação o cliente perde a noção da escala, o que dificulta a sua escolha.

Neste enquadramento, a Cinca, num processo de geração de ideias, identificou a oportunidade de construir um expositor exclusivo da marca, adaptado à série Brancos. Este expositor deveria ser construído apenas para a Cinca e permitir que o utilizador experimentasse diferentes combinações de listéis com os diferentes formatos e acabamentos da série Brancos.

5.3.2 Desenvolvimento dos conceitos

A Obsidiana propôs-se a desenvolver conceitos que permitissem a exposição de uma quantidade razoável de formatos e acabamentos da série Brancos e em que o utilizador interagisse com o expositor, de modo a experimentar as diferentes combinações de listeis possíveis.

Foram desenvolvidos quatro conceitos que foram apresentados à Cinca através dos painéis apresentados nas figuras abaixo.

Para chegar às diferentes propostas de conceito, foi executado um estudo da série Brancos, nomeadamente em termos de modularidade dos formatos, projecção das dimensões em largura e altura das faces de exposição, definição das alturas da primeira e segunda tira de listeis e possibilidades de conjugação de listeis. Foram ainda executadas visitas a lojas de exposição de material cerâmico, para ver o enquadramento em que apareciam os expositores e estudados os expositores existentes.

Na Figura 5.45 mostra-se o painel resumo que apresenta, a escala reduzida, todos os conceitos desenvolvidos. Aos conceitos foram dados nomes para identificação cada um. Da esquerda para a direita aparecem sucessivamente os modelos Double Spin Square, Double Spin Six, Rotativo 8 faces e Juke Box.

Na Figura 5.46 apresenta-se o conceito denominado Double Spin Square. Este expositor destina-se a estar afastado das paredes na sala de exposição de modo a permitir o acesso a todas as faces. Tem 4 faces de exposição que formam um quadrado e em cada face tem um duplo sistema de rotação que permite ao utilizador mudar de listel.

O expositor teria altura total de 2,20 m e roda num círculo de 1,5 m de diâmetro. As 4 faces permitem 12 panos de exposição de Brancos de 75 cm de largura, 3 por face, intercalados por listeis cuja altura poderia variar dos 3 aos 10 cm. Na parte superior existe um disco de remate do expositor em que se identifica a marca.

Uma das vantagens deste modelo, está associada à reduzida área ocupada, tendo em conta o impacto que a peça tem ao poder ser observada de vários pontos da loja.

Uma das desvantagens deste conceito está no número de faces reduzido. A ideia, neste caso, era montar em cada face um formato e um acabamento ou orientação distinto em cada pano.

O número de listéis previsto para cada sistema de rotação é de 6, o que permite expor até 48 tiras de listéis diferentes. Caso se opte por coordenar a tira de listéis da parte superior do painel com a tira da parte inferior, passamos a ter a possibilidade de ter em exposição 24 tiras de listéis.

Na Figura 5.47 apresenta-se o conceito denominado Double Spin Six. Este conceito, tal como o anterior foi desenvolvido para estar no meio da sala de exposição e ser o centro das atenções. Tem 6 faces de exposição que formam um hexágono e cada face possui um duplo sistema de rotação, descrito à frente, para mudar de listel.

A altura total prevista é de 2,20 m e roda num círculo de 1,7 m de diâmetro. As 6 faces permitem 18 panos de exposição de Brancos de 60 cm de largura, 3 por face, intercalados por listéis cuja altura pode variar dos 3 aos 10 cm. Na parte superior existe um disco de remate em que se identifica a marca.

Este expositor, quando comparado com o anterior, tem um porte superior, com mais impacto e, embora ocupe um pouco mais de área, oferece mais panos de exposição mantendo as vantagens do Double Spin Square

O número de listéis previsto para cada sistema de rotação é de 6, o que permite opções em tudo idênticas ao primeiro modelo apresentado.

O conceito desenvolvido para o sistema de troca e selecção de listéis era composto por um prisma hexagonal, cujo eixo seria pendurado na estrutura de suporte dos painéis, de modo a que, por gravidade, a tira de listéis seleccionada ficasse na posição correcta. Assim, para mudar de listel e estando de frente para o painel, o utilizador teria de empurrar uma alavanca lateral para trás e depois roda-la 60° até aparecer um novo listel, deixando depois que a parte visível encaixasse à face do painel por gravidade. Na Figura 5.48 apresenta-se o conceito do esquema de funcionamento “Spin”.

Na Figura 5.49 apresenta-se o conceito denominado Rotativo 8 faces. Este conceito inspira-se numa porta rotativa idêntica às utilizadas na entrada de alguns hotéis e edifícios públicos.

O expositor seria composto por um eixo vertical e um conjunto de três estruturas em cruz, fixas e dispostas em altura. Intercaladas nas estruturas fixas existiam duas estruturas com capacidade de rotação, também em cruz, que serviam para colocar as tiras de listéis.

A altura total prevista é de 2,25 m e a área de implantação é formada por um círculo de 1,6 m de diâmetro. Disponibiliza 8 faces, que permitem 24 painéis de exposição de Brancos, 3 por face, com de 60 cm de largura, intercalados por listéis cuja altura poderia variar dos 3 aos 10 cm. A altura dos listéis, em cada montagem tem de ser igual em todas as faces, podendo variar apenas da secção inferior para a superior. Na parte superior existe um disco de remate em que se identifica a marca.

O utilizador, neste conceito, tem apenas de rodar os suportes de listéis inferior e superior até alinhar as tiras de listéis com o formato e acabamento que pretende observar.

A grande vantagem deste conceito é dispor de 8 painéis. Esta vantagem é penalizada pela menor quantidade de listéis possíveis de visualizar por face, 4 em cada secção.

Os três conceitos anteriores são formalmente muito parecidos, uma vez que todos se inscrevem num círculo e tem na parte superior a identificação da marca. Foram pensados para serem construídos com uma estrutura interna, que teria a função de suporte das placas em que os azulejos são colados e a função de promover os movimentos previstos. Na proposta todos os movimentos apontados são de acção manual, embora a automatização da rotação global do expositor fosse possível.

Estão também pensados para ter faces de exposição de dimensões, altura e largura fixas. Uma vez que os formatos, bem como os listéis, variam em largura e altura, para manter a dimensão final fixa é necessário cortar os azulejos dos extremos, o que dificulta a montagem dos painéis.

Na Figura 5.50 apresenta-se o conceito denominado Juke Box. Este conceito aproxima-se mais dos expositores existentes combinando painéis de correr com painéis rotativos. Este expositor está pensado para estar encostado a pelo menos uma parede ou algo que cubra a parte de trás, como por exemplo outro expositor, podendo mesmo ser num canto de uma sala de exposições.

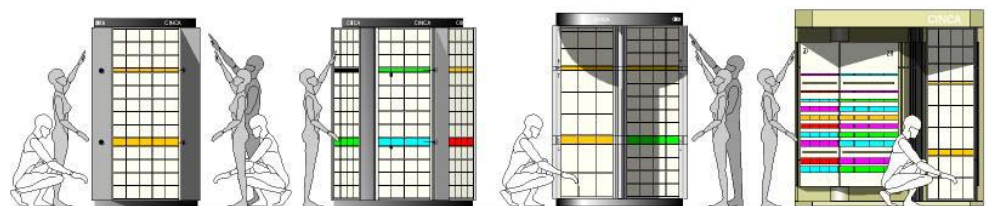
A altura total prevista é de 2,30 m e a área de implantação é um rectângulo de 1,8 por 1,3 m. A exposição dos “Branços” é feita na face frontal de 7 painéis deslizantes. Cada face é dividida em 3 panos de modo a intercalar as tiras de listéis. Nos 4 painéis rotativos são expostas as tiras de listéis até ao máximo de 96 tiras, 12 por face.

Neste conceito o utilizador retira a tira de listéis que pretende visualizar do painel rotativo e coloca-a no painel de brancos. Pode, assim, simular os diferentes listéis nos diferentes “brancos”, tendo apenas como restrição a largura do formato que está a testar e a altura do listel que tem de ser compatíveis com o espaço para encaixe.

Estes conceitos foram apresentados e entregues à Cinca, em reunião convocada para o efeito. Alguns dias mais tarde a Cinca comunicou à Obsidiana a intenção de desenvolver e prototipar o conceito JukeBox.

A selecção deste modelo deveu-se essencialmente à quantidade de materiais possível de expor e à sua aparência mais convencional.

Expositores de revestimentos cerâmicos para CINCA SA



A reprodução deste documento, total ou parcial, a divulgação a terceiros, directa ou indirecta, sem a autorização da CINCA SA, de qualquer tipo constitui infracção da lei, sendo a autoria e a edição da Obsidiana Lda, fica desde já reservada, nos termos da legislação em vigor de protecção da propriedade intelectual e dos direitos de autor.

Proposta de conceito para expositor de revestimentos cerâmicos para CINCA SA

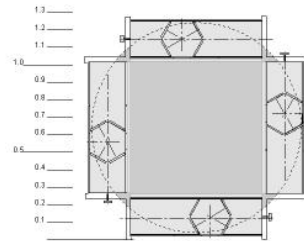
Fevereiro de 2000

Desenvolvimento e design por Obsidiana / Carlos Aguiar

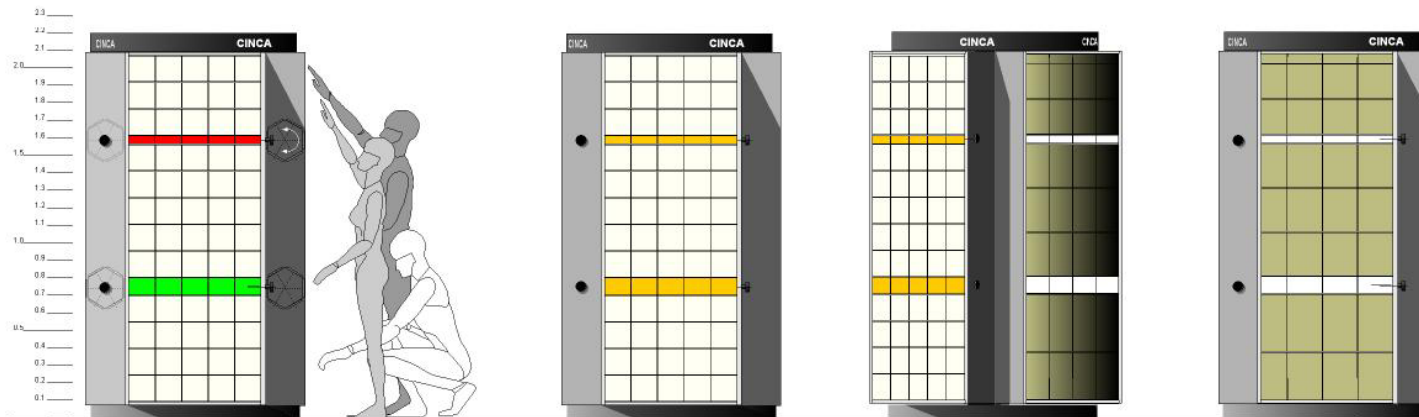
Figura 5.45 – Painel resumo de apresentação dos conceitos

4

Modelo DoubleSpin Square



Modelo	DoubleSpin Square
Atravancamento	2,20m altura / 1,50m diâmetro
Panos de exposição de azulejo	12 total
Tipo 1	4
Dimensão (altura / largura)	45 x 75 cm
Tipo 2	6
Dimensão (altura / largura)	75 x 75 cm
Tipo 3	6
Dimensão (altura / largura)	60 x 75 cm
Tiras de exposição de listras	48 total (6 em cada mini-rotativo horizontal) (12 hipóteses em cada tramo vertical 6 de cada altura)
Tipo 1	24
Alturas	para listras de 3 a 10 cm
Dimensão (altura / largura)	3,5,6,8,10 x 60 cm
Tipo 2	24
Alturas	para listras de 3 a 10 cm
Dimensão (altura / largura)	3,5,6,8,10 x 60 cm

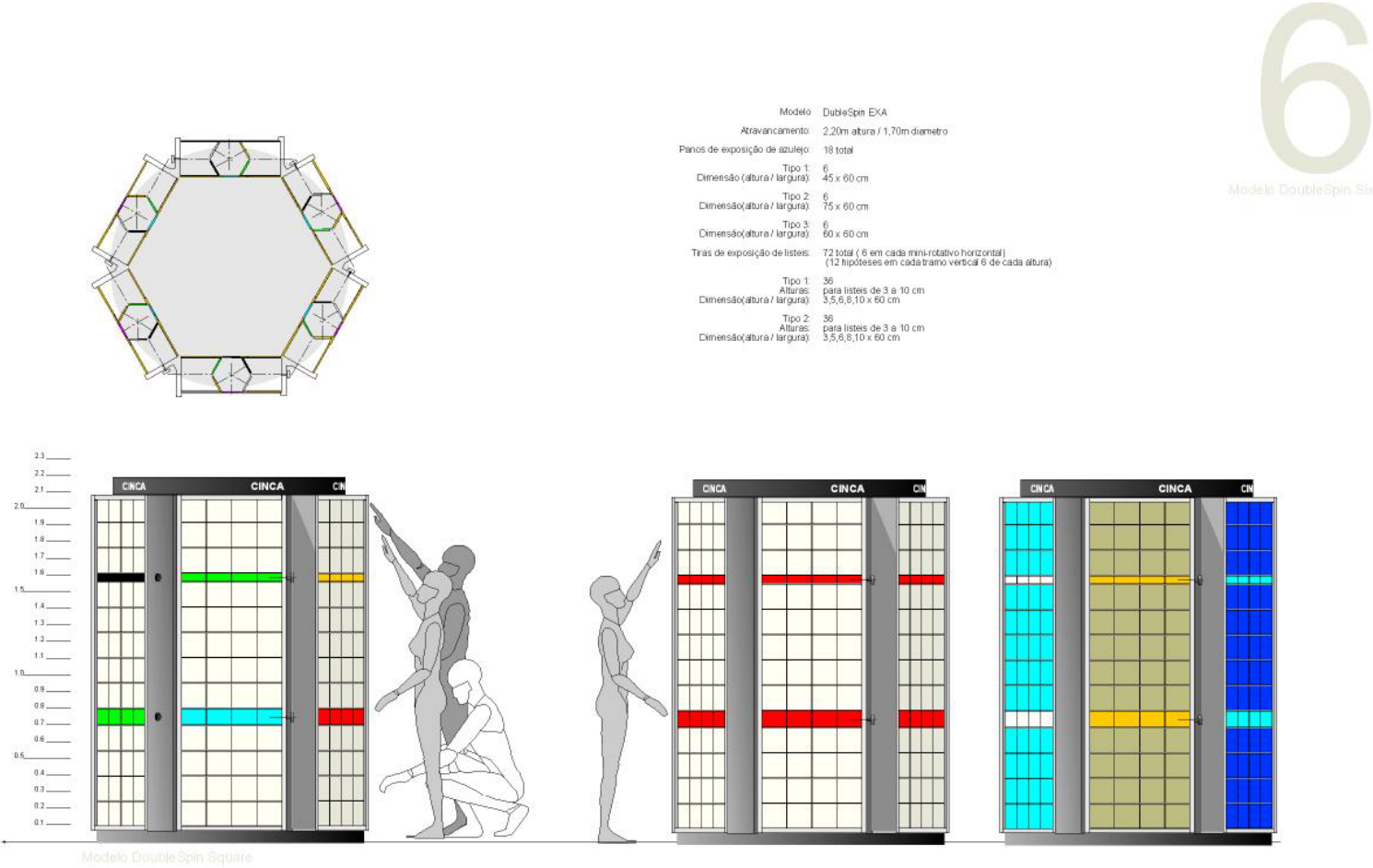


A reprodução deste documento, total ou parcial, a divulgação a terceiros, directa ou indirecta, bem como a utilização para CINCA, SA de qualquer dos conteúdos desenvolvidos, sem a autorização expressa da OBSIDIANA Lda, é, a desde já vedada, no âmbito da legislação em vigor de protecção à propriedade intelectual e aos direitos de autor.

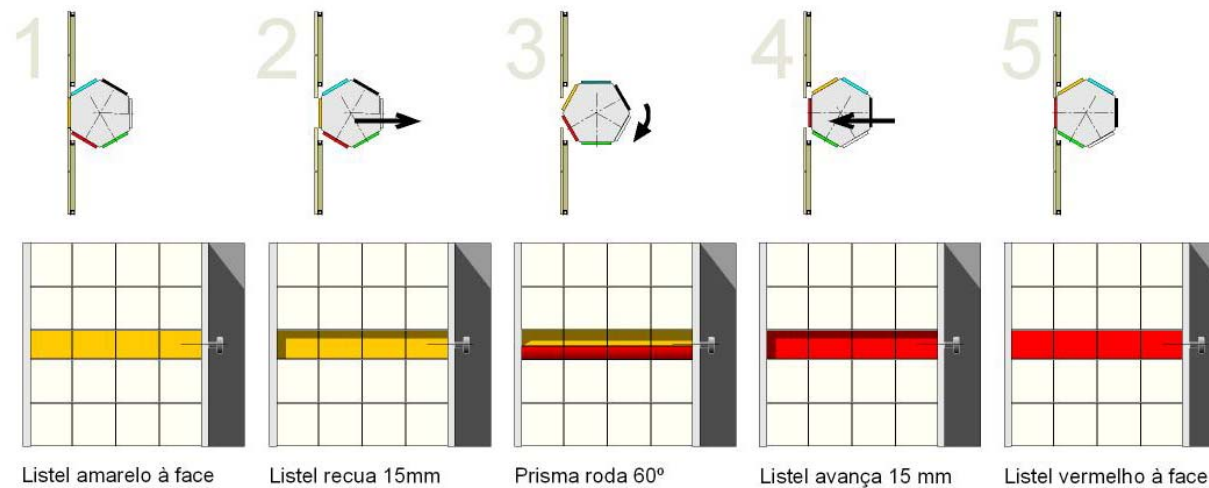
Proposta de conceito para expositor de revestimentos cerâmicos para CINCA SA
Desenvolvimento e design Obsidiana / Carlos Aguiar

Modelo DoubleSpin Square • Escala 1:20
Fevereiro de 2000

Figura 5.46 – Conceito de expositor modelo Double Spin Square



Sistema Spin

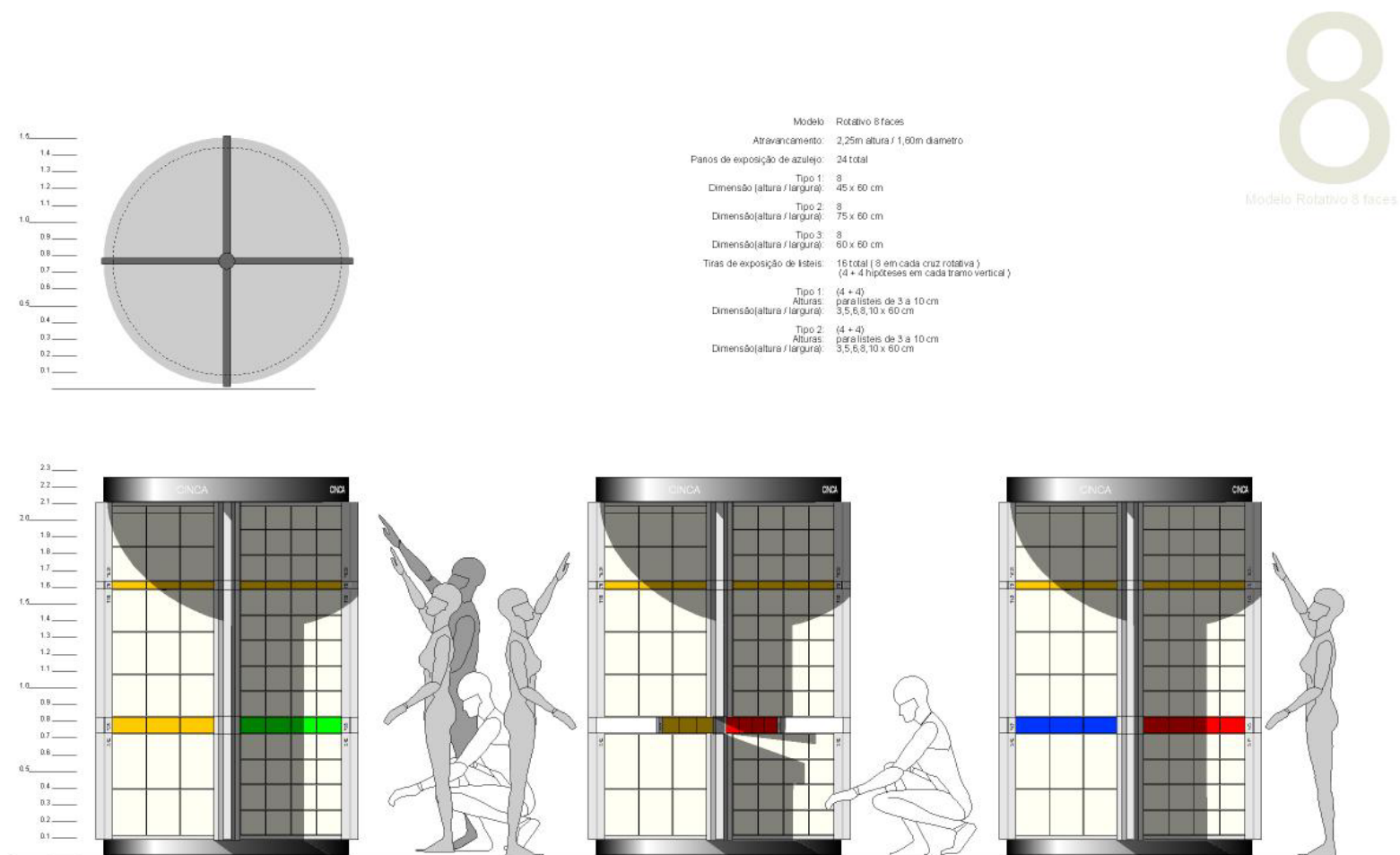


A reprodução deste documento, total ou parcial, a divulgação a terceiros, directa ou indirecta, bem como a utilização para CINCA SA de qualquer dos conceitos desenvolvidos, sem a autorização expressa da OBSIDIANA Lda, fica desde já vedada, nos termos da legislação em vigor de protecção à propriedade intelectual e aos direitos de autor.

Proposta de conceito para expositor de revestimentos cerâmicos para CINCA SA
Desenvolvimento e design por Obsidiana / Carlos Aguiar

Fevereiro de 2000

Figura 5.48 – Conceito do movimento de troca de listel - Spin



A reprodução deste documento, total ou parcial, a divulgação a terceiros, direta ou indirecta, bem como a utilização pela CINCA SA de qualquer dos conteúdos desenvolvidos, sem a autorização expressa da OBSIDIANA LDA, fica desde já vedada, nos termos da legislação em vigor de protecção à propriedade intelectual e aos direitos de autor.

Proposta de conceito para expositor de revestimentos cerâmicos para CINCA SA
Desenvolvimento e design por Obsidiana / Carlos Aguiar

Modelo • Rotativo 8 faces • Escala 1:20
Fevereiro de 2000

Figura 5.49 – Conceito de expositor Modelo Rotativo 8 faces



Figura 5.50 – Conceito de expositor modelo Juke Box

5.3.3 Desenvolvimento do expositor JukeBox

Relativamente ao conceito seleccionado, a Cinca propôs ligeiras alterações e apresentou considerações a ter em conta durante o desenvolvimento. Propôs o aumento do número de painéis deslizantes de 7 para 8, uma vez que este era o número de painéis de Brancos a expor, e que a parede do L que avança e serve de protecção e encosto aos painéis rotativos não fosse fechada, de modo a permitir alguma visibilidade em situações que o corredor entre materiais expostos é estreito. Chamou a atenção para o facto dos materiais cerâmicos serem muito pesados e ser necessário garantir a estabilidade do expositor. Pediu ainda que se estudasse um sistema construtivo modular que se ajustasse em dimensões ao formato a expor evitasse o corte de azulejos para montar os painéis.

A primeira fase do desenvolvimento passou por encontrar as soluções mecânicas adequadas à materialização do conceito, tendo em conta as definições iniciais.

Uma das primeiras tarefas foi executar um estudo da modularidade dos painéis tendo em conta as combinações possíveis de formatos e listeis, de modo a não ser necessário cortar azulejos. Na Tabela 5.9 podemos observar as combinações e dimensões resultantes dos 8 painéis e respectivos panos e tiras de listeis. Cada painel de Brancos é composto por 3 panos com azulejos, posição 1, 2 e 3 na tabela 1 e duas tiras de listeis intercaladas.

Tabela 5.9 – Dimensões de painéis, panos e tiras de listéis

Painel	Pano					Tira de Listéis			Painel	
	Posição	Quantidade		Total *[mm]		Posição	Total [mm]		Total [mm]	
		Largura	Altura	Largura	Altura		Largura	Altura**	Largura	Altura
1º	1	3	2	987	893	1	987	11,6	987	1981,5
Azulejo LxH	2	3	1	987	443	2	987	86,5		
327x447	3	3	1	987	443					
2º, 3º, 4º	1	4	2	997	661	1	997	106	997	1823
Azulejo LxH	2	4	1	997	661	2	997	66		
247x329	3	4	1	997	329					
5º	1	5	2	997	659	1	997	86,5	997	1765,55
Azulejo LxH	2	5	1	997	659	2	997	33		
197x328	3	5	1	997	328					
6º	1	5	3	997	747	1	997	103	997	19143
Azulejo LxH	2	5	1	997	747	2	997	70		
197x247	3	5	1	997	247					
7º	1	5	4	997	797	1	997	53	997	1698
Azulejo LxH	2	5	3	997	597	2	997	53		
197x197	3	5	2	997	397					
8º	1	6	5	897	747	1	897	54	897	1878
Azulejo LxH	2	6	5	897	747	2	897	33		
147x147	3	6	2	897	297					

* Incluindo espaçamento de 3 mm entre azulejos

** Altura máxima incluindo 2 espaçamentos de 3 mm entre tira e azulejos

Como se pode observar a largura máxima é de 997 mm e a mínima 897 mm. A altura máxima é 1981,5 mm e a mínima 1765,5. Com esta informação foi possível definir o atravancamento geral do expositor bem como a configuração da estrutura e demais peças. A Figura 5.51 mostra a planta, vista frontal e vista lateral esquerda da configuração final com o atravancamento geral do expositor.

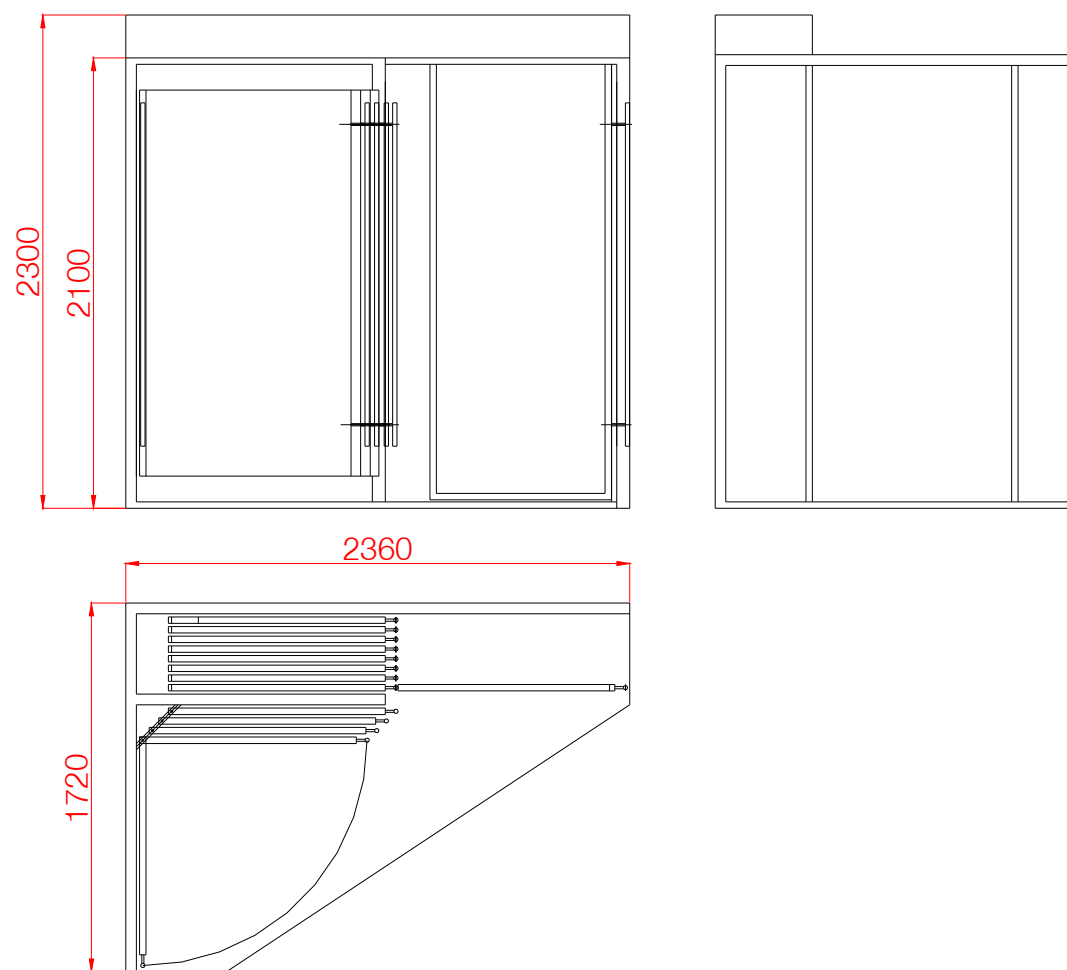


Figura 5.51 – Planta, vista frontal e vista lateral esquerda do expositor Juke Box

Na Figura 5.52 apresenta-se uma imagem foto-realista obtida a partir do modelo CAD tridimensional.

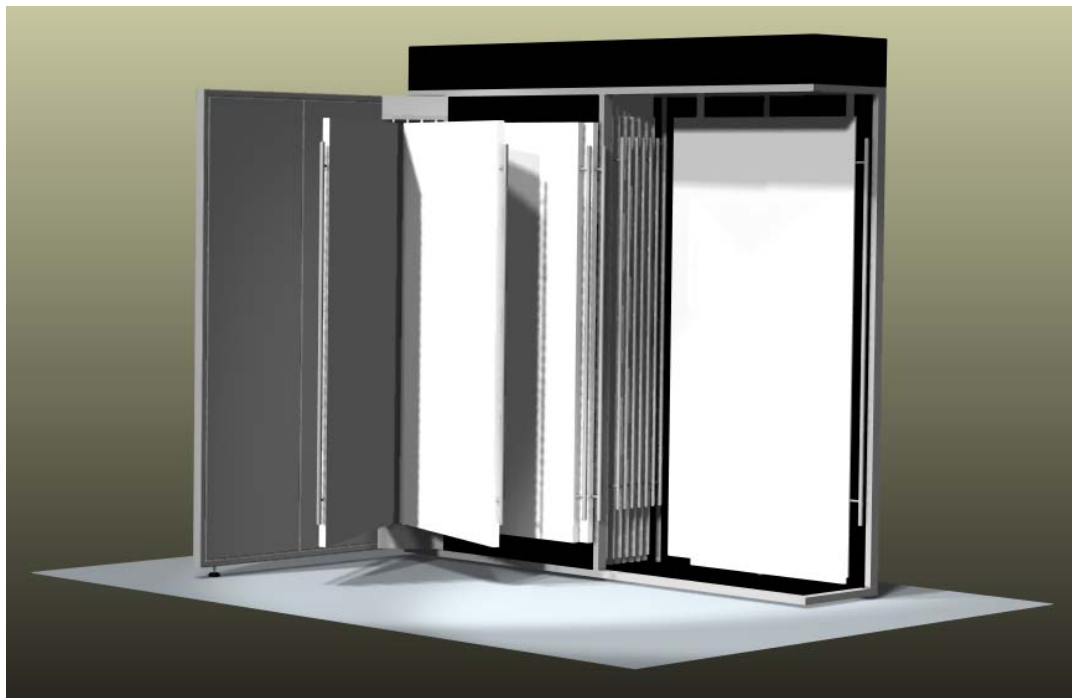


Figura 5.52 – Imagem foto-realista do expositor Juke Box

Para absorver as diferenças em largura, foi projectado um sistema de fixação que posicionava os painéis, incluindo os de fixação das tiras de listéis, a uma distância fixa relativamente aos puxador das estruturas, deslizante e rotativa, de suporte dos os painéis de Brancos e das tiras de listéis. Em altura os painéis e suportes de tiras de listéis eram pousados consecutivamente na referida estrutura. Deste modo as diferenças entre painéis de Brancos eram na parte superior em altura e do lado interior do armário em largura.

Para o sistema de mudança e fixação das tiras de listéis foram estudadas várias soluções. Uma das soluções estudada inicialmente, passava pela utilização de ímanes na parte de trás das tiras de listéis, sendo os painéis de suporte fabricados em chapa de aço. Esta solução não funcionou pois a capacidade de atracção do íman dependia da distância ao suporte sendo exponencial a força de atracção. Assim qualquer empeno nas tiras de listéis ou nos suportes que impedissem o contacto perfeito dos ímanes faziam com que a tira de listéis caísse por falta de força. Por outro lado, se se aumentasse muito a força do íman, o utilizador teria dificuldade em retirar a tira de listéis. Acrescia ainda, o facto de

ser necessário implementar um sistema de posicionamento para que o utilizador colocasse as tiras de listéis sempre no mesmo local.

Foram estudadas outras soluções e a solução adoptada para o sistema de encaixe das tiras de listéis apresenta-se na Figura 5.53.

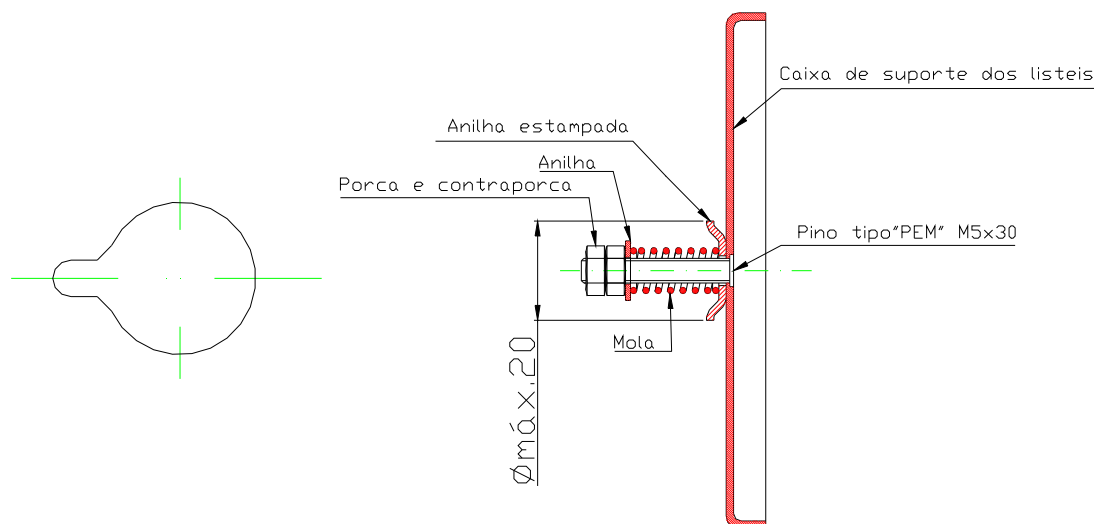


Figura 5.53 – Sistema de encaixe das tiras de listéis, furo e caixa de listéis

Para suportar os listéis foi projectada uma caixa de suporte, onde estes eram colados. Na caixa, devidamente posicionados eram cravados dois pinos roscados. Em cada pino encaixa uma anilha estampada e uma mola que é comprimida por uma porca e uma contra porca.

O utilizador, para encaixar uma tira de listéis, insere os pinos em furos existentes nos suportes das tiras de listéis, iguais aos representados na Figura 5.53, e depois faz deslizar a tira para a esquerda até o pino bater no fim do rasgo, posicionando-a na horizontal e na vertical. A mola promove o encosto entre o suporte e a chapa da caixa da tira de listéis, impedindo a sua queda.

Nos painéis deslizantes foram aplicadas calhas e rodízios comerciais normalmente utilizados nas portas de correr em construção civil. O sistema de rotação dos painéis rotativos foi materializado na própria estrutura, através de pinos e furos.

Os materiais utilizados na estrutura foram tubo de aço, nos suportes de azulejos e listéis chapa de aço e no remate do topo e das costas aglomerado de madeira revestido a pvc preto. Todas as peças metálicas foram pintadas para protecção contra a corrosão.

Foi executado um protótipo recorrendo à subcontratação do fabrico das peças, tendo a Obsidiana executado a montagem, incluindo a colagem de azulejos nos suportes.

Este protótipo foi enviado para uma feira internacional de modo a ser testado e avaliado, quer pelos clientes, quer pela Cinca como expositor.

5.3.4 Desenvolvimento do expositor JukeBox P

Da avaliação executada na feira e da experiência na construção do protótipo do expositor Juke Box surgiram vários aspectos a melhorar. Um dos pontos apontado como negativo pelos clientes foi a área de implantação necessária na loja para colocar o expositor ser demasiado grande. Detectou-se também que na maior parte das lojas a iluminação destas não é suficiente para iluminar com qualidade os azulejos e seria necessário implementar iluminação própria. Na montagem e preparação do transporte para a feira, verificou-se que esta situação não tinha sido pensada. O expositor tinha uma estrutura integral, o que, por um lado, conduzia a um número de operações de montagem reduzido, por outro, levava a dimensões incompatíveis com transportes de média dimensão e inibia a possibilidade de carga e descarga sem meios auxiliares. Impedia também a passagem através de corredores ou portas de dimensão reduzida.

Estas constatações deram origem ao desenvolvimento do expositor Juke Box P.

Para reduzir a área de implantação reduziu-se a quantidade de tiras de listéis a expor para 36. Esta alteração conduziu a que apenas existisse um suporte rotativo utilizado nas duas faces e com capacidade para 24 tiras, utilizando-se o painel fixo por trás do rotativo para expor as restantes 12. Ajustou-se as calhas dos suportes deslizantes de modo a que o puxador ficava dentro da caixa. Reduziu-se ainda a largura máxima de exposição de 997 mm para 667 mm. Assim conseguiu-se reduzir as dimensões principais de implantação para 1600 mm em largura e 1050 mm em profundidade

quando o suporte rotativo está fechado. A altura manteve-se nos 2300 mm. A Figura 5.54 mostra a planta, vista frontal e vista lateral esquerda da configuração final do expositor Juke Box P.

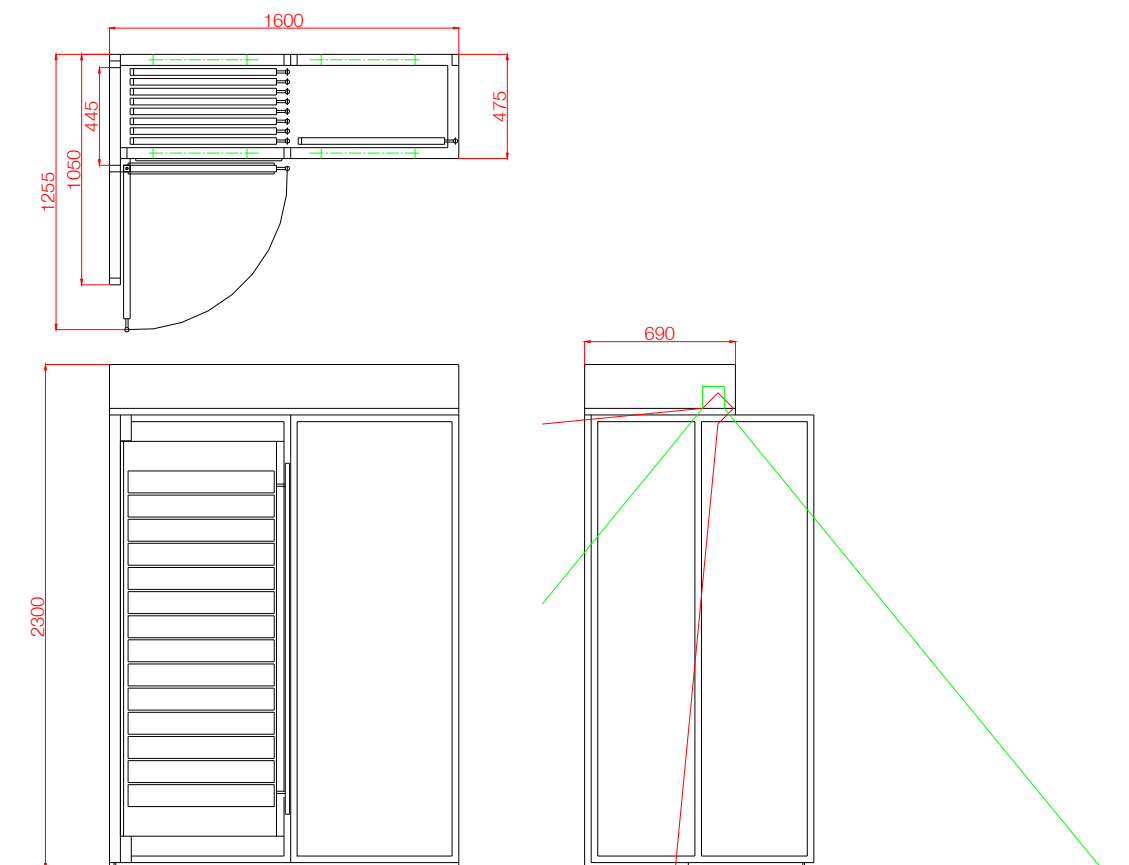


Figura 5.54 – Planta, vista frontal e vista lateral esquerda do expositor Juke Box P

Foi implementada iluminação própria no expositor. Para ter espaço para os projectores, foi aumentada a profundidade do remate existente na parte superior para 690 mm. A escolha do sistema de iluminação foi difícil, pois foi necessário compatibilizar a intensidade e distribuição da luz com o posicionamento dos projectores, o reflexo nos azulejos e possíveis sombras provocadas pela aproximação dos utilizadores. A temperatura gerada pelos projectores é também uma dificuldade quando o utilizador se aproxima para mexer no expositor e fica com a cabeça muito próximo do projector. Foram testados vários tipos de lâmpadas e a opção, para instalação no protótipo, recaiu

sobre projectores de halogéneo. Verificou-se que a temperatura junto aos projectores era demasiado elevada e que o tipo de iluminação devia ser revisto.

O forro da estrutura do expositor que avança para foi alterada de modo a poder levar material publicitário. Foram implementados suportes para cartazes com imagens de ambientes exemplo de aplicação de azulejos Brancos e um recipiente para catálogos. Deste modo, quando colocado num corredor capta-se a atenção cliente ao longe, através das imagens colocadas na parte saliente.

Todas as peças foram redesenhadas tendo em conta a embalagem, transporte e montagem do expositor. A estrutura, que era a grande condicionante, foi dividida em peças que passaram a ser montadas com ligações aparafusadas. Ao desenvolver as peças criou-se a possibilidade de montar, com as mesmas peças, o expositor à direita ou à esquerda. Foram também projectadas embalagens em que as diferentes peças eram acondicionadas de forma protegida. Estas embalagens permitiam utilizar meios de carga e descarga, tais como empilhadores ou porta paletes, e a retirada manual das peças em locais que não possuíssem estes meios. Na Figura 5.55 apresenta-se uma vista tridimensional do projecto da embalagem para transporte, aberta e com alguns dos componentes no interior.

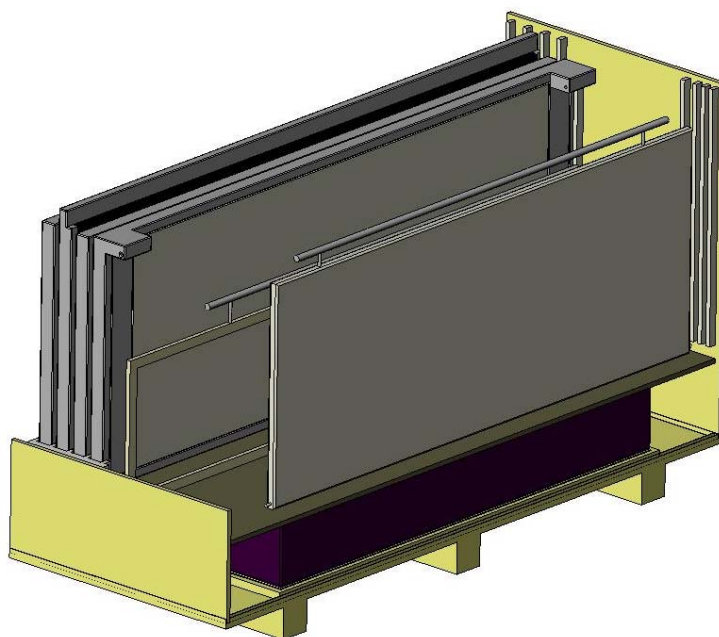


Figura 5.55 – Embalagem para transporte do expositor Juke Box P

Foi executado um protótipo de teste que, tal como o protótipo inicial, foi usado numa feira internacional. Na Figura 5.56 apresenta-se uma imagem foto-realista obtida a partir do modelo CAD tridimensional. Na Figura 5.57 apresentam-se fotografias do expositor Juke Box P montado sem o porta folhetos e os cartazes.



Figura 5.56 – Imagem foto-realista do expositor Juke Box P



Figura 5.57 – Fotografias do protótipo do expositor Juke Box P

Após a feira foi pedido à Obsidiana que desse cotação para execução de uma série de expositores.

Entretanto, o consultor que liderava a área de *marketing* da Cinca saiu da empresa, o projecto passou a ser olhado de modo diferente. O preço apresentado para o expositor Juke Box P foi comparado com expositores existentes no mercado, que não possuíam o mesmo tipo de atributos, e considerado demasiado elevado.

A Obsidiana executou os desenhos técnicos de todas as peças, definiu um caderno de encargos, incluindo listas de materiais, componentes, tecnologias de fabrico e acabamentos, para que a Cinca encontrasse um fornecedor alternativo.

Entretanto, deixou de existir contacto entre a Cinca e a Obsidiana e desconhece-se a eventual evolução deste assunto.

6 ANÁLISE DOS PROJECTOS

Os projectos apresentados posicionam-se de modo diferente quanto ao tipo de inovação tecnológica. De acordo com a definição de Robert Burgelman *et al* [1], o projecto de desenvolvimento do poste metálico para vinhas e o projecto da linha de lâmpadas fluorescentes são considerados uma inovação incremental, uma vez que surgem de actividades de adaptação, refinamento e/ou melhoria de sistemas de produção existentes. Na mesma categoria podemos inserir o projecto do foco Led 02, Led 03 e Led 04. O projecto do Sistema de iluminação do número dos quartos e o projecto foco Led 01 insere-se na categoria das inovações radicais uma vez que consiste num produto completamente novo. O projecto do expositor de azulejos insere-se na categoria das inovações na arquitectura, uma vez que se traduziu na reconfiguração do sistema de componentes existente, incluindo neste novas funções e novos modos de montagem.

Analisando os produtos desenvolvidos, quanto ao grau de novidade, segundo os dois pontos de vista propostos por Cooper [8], novo para o mercado e novo para a empresa, ficamos com uma percepção mais apurada do seu posicionamento.

O projecto de desenvolvimento do poste metálico para vinhas, representa um baixo nível de novidade para o mercado, uma vez que é apenas uma versão melhorada relativamente aos postes existentes. Do ponto de vista da empresa Carmo o projecto representa um produto completamente novo ao nível da tecnologia utilizada no seu fabrico. Até à data deste projecto, a empresa só possuía processos de fabrico relacionados com madeiras e todos os produtos e acessórios metálicos eram adquiridos no mercado. Relativamente ao conhecimento do mercado de postes para vinhas não existe novidade pois o mercado dos postes metálicos já era conhecido da Carmo, uma vez que é paralelo ao mercado dos postes em madeira.

O projecto da linha de lâmpadas fluorescentes utiliza tecnologia bem conhecida pelo mercado sendo a novidades apenas ao nível do local, espaço ocupado e sistema de montagem e desmontagem para manutenção. Ao nível da empresa, o projecto utiliza, quer nos componentes eléctricos, quer na construção da calha, tecnologia bem conhecida da Papélia e do cliente final, estando, tal como para o mercado, a novidade

apenas ao nível do local, espaço ocupado e sistema de montagem e desmontagem para manutenção.

O projecto do foco Led 01 e do Sistema de iluminação do número dos quartos introduz uma tecnologia nova, os led de 1 W potência. Na altura em que o projecto foi executado, o led Luxeon Star 1 W de cor branca era muito recente e o número de aplicações reduzido, pelo que se pode considerar que eram produtos novos para o mercado. Os projectos foram, devido à utilização dos led, novos para a empresa Papélia, para o cliente final e para o mercado em geral. A Papélia tal como foi referido na descrição dos projectos teve de desenvolver os *drivers* de comando, adaptados aos led utilizados, bem como todo o sistema de electrificação e de controlo de qualidade do produto final. Como seria de esperar produtos que são novos para o mercado em que a empresa actua também são novos para a empresa.

O projecto do foco Led 02, aparece na sequência do foco Led 01 e apresenta a novidade de ser estanque e portanto permite ser utilizado no exterior ou em ambientes húmidos. Uma vez que surge da adaptação do foco Led 01, posiciona-se num grau de novidade intermédio.

As versões do foco Led 03 e do foco Led 04 são melhoramentos dos dois anteriores em que as alterações respondem a necessidades específicas de racionalização de custos e correcção de erros e, quer o mercado, quer a empresa, já conhecem o produto. Embora haja pouco tempo de vida entre as várias versões mantém-se alguma novidade. Todos os projectos de focos foram desenvolvidos em conjunto com o desenvolvimento do mercado e perante as necessidades deste, pelo que no que diz respeito à novidade, mercado e empresa estão a par.

O projecto de desenvolvimento de conceito para expositor cerâmico, traduz-se numa novidade para o mercado segundo diferentes aspectos: o expositor foi projectado especificamente para uma marca e permite a interacção com o público. Dos vários conceitos apresentados apenas o conceito Juke Box mantém um aspecto formal mais tradicional. Sob o ponto de vista tecnológico, a construção introduzia a novidade dos sistemas que permitiam a interacção e a utilização de chapa metálica para os suportes dos azulejos. A restante construção, estrutura, sistemas de correr e rodar e acabamentos era convencional. No conceito Juke Box foi implementada a novidade dos suportes

modulares que permitiam a montagem de painéis sem cortar azulejos. Para a empresa Cinca, o projecto traduz-se numa novidade, tal como para o mercado. Até dar início a este projecto a Cinca procurava soluções no mercado e comprava as que considerava melhor adaptadas. A partir deste projecto passou a ser a responsável por definir as regras para obtenção da solução final. Toda a logística de fabrico, distribuição, manutenção e montagem passava a ser responsabilidade da empresa. O conceito seleccionado pela Cinca, Juke Box, foi no entanto aquele que menos roturas ao nível da imagem provocava. A novidade dos suportes modulares pedida pela Cinca, e implementada no protótipo, também teria de ser absorvida pelo departamento da empresa responsável pela montagem de painéis, pois a modularidade teve como vantagem não cortar azulejos mas, como desvantagem, suportes de diferentes dimensões para diferentes panos de azulejos.

Na Figura 6.1, apresenta-se um gráfico em que se posicionam os produtos segundo dois eixos correspondentes aos dois pontos de vista apresentados.

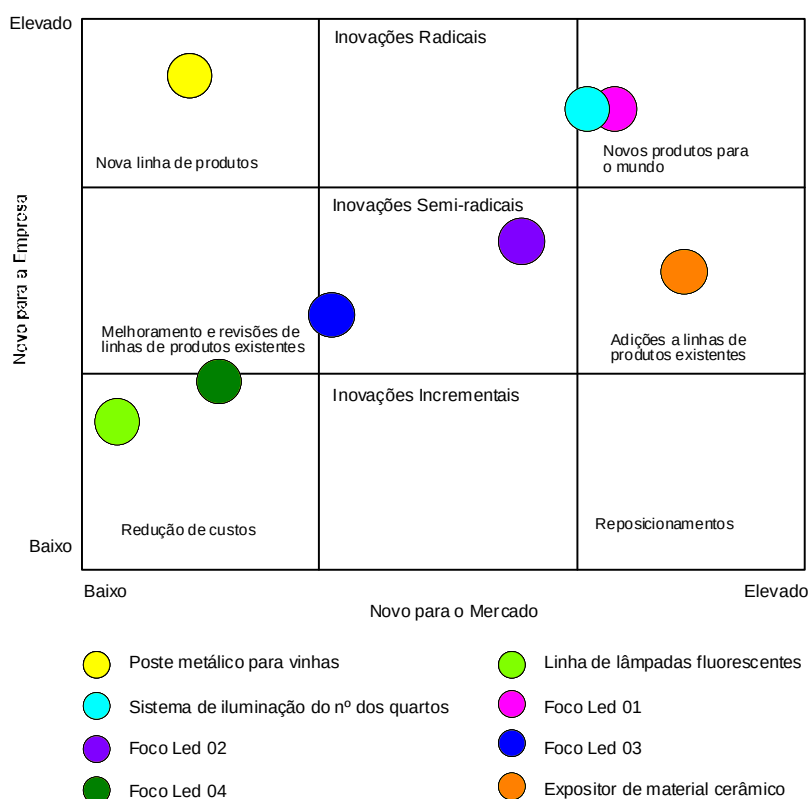


Figura 6.1 – Posicionamento dos produtos Novo para a empresa vs Novo para o mercado

Os projectos posicionam-se ao longo do processo de desenvolvimento em âmbito e extensão de fases de forma diferente, se os analisarmos sobrepondo-os ao processo genérico proposto por Karl Ulrich e Steven Eppinger [17].

O projecto de desenvolvimento de poste metálico para vinhas inicia-se, com um objectivo bem definido proposto pela Carmo, na fase de desenvolvimento de conceito e termina na fase de teste e refinamento. A empresa foi a responsável pelas fases de planeamento e pelo lançamento em produção.

Os projectos de desenvolvimento de equipamentos de iluminação podem ser divididos em duas fases. Os projectos iniciais, Linha de lâmpadas fluorescentes e Sistema de iluminação dos números dos quartos e os projectos das várias versões dos focos. Os primeiros têm o seu início devido a uma necessidade específica da construção do hotel Sheraton, ele próprio na altura em processo de desenvolvimento, o que implicou alguma indefinição nos objectivos iniciais. Por esta via, estes projectos acabaram por se iniciar durante a fase de planeamento, ou seja, na fase em que se define que tipo de projecto fazer em resposta às necessidades, e terminaram com a produção de algumas unidades.

O final do projecto da Linha de lâmpadas fluorescentes, coincide com o planeamento do foco Led 01, pois este último apareceu como consequência da impossibilidade de aplicar o produto Linha de lâmpadas fluorescentes no hotel. Os restantes projectos de focos, Led 02, Led 03 e Led 04 aparecem como resposta a necessidades específicas de aplicação (Led 02) e/ou de melhoria dos produtos anteriores. Todos estes projectos terminam com a produção de uma ou mais séries. É importante referir que, uma vez que os produtos não se destinavam a ser produzidos em massa, não recorreram a um processo de fabrico desenhado especificamente para eles, pelo que a fase do lançamento em produção não se coloca da mesma forma.

Para o projecto de desenvolvimento de conceito para expositor de material cerâmico, a Cinca tinha objectivos estratégicos bem definidos, ou seja foi responsável pela fase de planeamento do produto. A Obsidiana iniciou o projecto na fase de desenvolvimento do conceito. Este projecto terminou com a execução de protótipos para teste e melhoria do projecto.

Na Figura 6.2, apresenta-se um esquema em que se sobrepõe as fases por que cada um dos projectos passou, com o processo proposto por Cooper [8] e o processo genérico proposto por Karl Ulrich e Steven Eppinger [17]. As barras coloridas identificam o projecto e as fases executadas pelas equipa de projecto. As fases da responsabilidade das empresas clientes dos projectos são identificadas com as barras cinzentas.

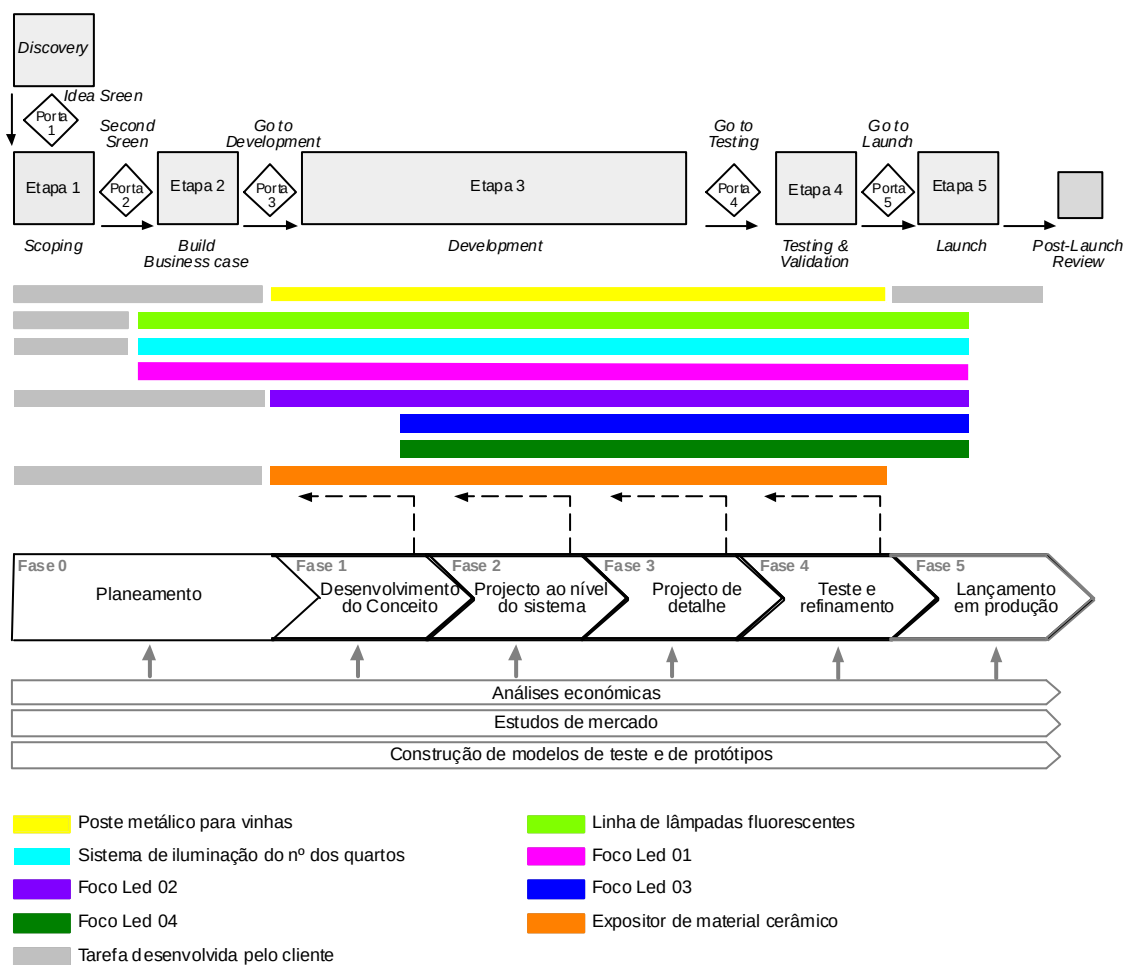


Figura 6.2 – Fases de desenvolvimento dos projectos vs processos

No projecto de desenvolvimento de poste metálico para vinhas o conceito estava praticamente definido, uma vez que o objectivo era, no final do processo, obter um produto muito parecido com os já existentes, com geometria diferente e características de resistência mecânica e resistência à corrosão melhoradas. Utilizou-se a técnica de *benchmarking* para definir por comparação as especificações alvo, propuseram-se várias

geometrias que foram testados através de simulação numérica, seleccionou-se uma geometria, fez-se o seu refinamento tendo em conta características do processo de fabrico proposto, sendo efectuado novo teste por simulação. Os testes e validações foram executados sobre amostras virtuais uma vez que o processo de fabrico ainda não existia e a execução de protótipos para teste era muito difícil. Executou-se os desenhos de detalhe e um caderno de encargos com todas as características do produto, das matérias primas e do processo de fabrico proposto. Elaborou-se também um relatório técnico descrevendo os testes efectuados e os resultados obtidos.

Apesar de não existir um processo instituído, o projecto foi planeado e foi definida uma estratégia de abordagem ao mesmo. Foi criada uma equipa multidisciplinar e atribuídas tarefas aos diferentes elementos da equipa. Foram identificadas dependências entre tarefas, internas e externas à equipa do INEGI, e foi definido um responsável por coordenar o projecto. O cliente acompanhou o desenrolar do projecto sendo responsável por fornecer informação sobre o produto, amostras de postes existentes e amostras de matérias primas. Foram também realizadas reuniões intermédias para apresentação de resultados e soluções intermédias ao cliente.

Relativamente a um processo estruturado a principal falha foi não existirem documentos que ajudassem a executar o controlo e a sincronização de tarefas entre os vários intervenientes. O planeamento de ensaios foi feito por cada um dos responsáveis e não foi sincronizado inicialmente, quer ao nível do calendário, quer ao nível da identificação e codificação de provetes. Este facto levou a que, só depois de estarem concluídos os relatórios parcelares, fosse homogeneizada a nomenclatura e a ordem dos postes ensaiados, obrigando a refazer partes dos relatórios. Uma das faltas, que poderia ter sido evitada se existissem listas de controlo do processo, foi o esquecimento de pesar os provetes antes do ensaio de nevoeiros salinos. A aplicação de uma metodologia estruturada teria diminuído o tempo de execução do projecto e obrigaria a um controlo mais apertado das tarefas que estavam no caminho crítico o que não aconteceu.

Os projectos de desenvolvimento da Linha de lâmpadas fluorescentes e do Sistema de iluminação dos números dos quartos tiveram várias incidências negativas que poderiam ter sido evitadas com a utilização de metodologias estruturadas. Um dos primeiros pontos negativos está relacionado com o planeamento dos projectos. Como já foi referido, o planeamento destes projectos estava dependente de todo o processo de

desenvolvimento do hotel. Quando, no processo de desenvolvimento do hotel, decidiram fazer a compatibilização dos projectos das várias especialidades e verificaram a impossibilidade de instalar as linhas de lâmpadas fluorescentes, já o desenvolvimento do projecto estava concluído e já existiam protótipos. Portanto, ou o projecto foi iniciado antes do tempo, ou a compatibilização dos projectos do hotel foi realizada demasiado tarde. Uma das dificuldades no projecto do Sistema de iluminação dos números dos quartos foi a cromagem do bloco de alumínio. Este acabamento, que inicialmente não estava previsto, surgiu por mudança de última hora feita pelo Arquitecto responsável do projecto do hotel. Detectam-se nestes exemplos, falhas ligadas à forma como o processo está planeado, no que diz respeito às equipas de projecto. Para evitar estes problemas deveria ter existido maior integração entre equipas de desenvolvimento e planeamento conjunto dos processos de desenvolvimento, de forma a determinar as interacções e ajustar os calendários. Para que isto pudesse ser feito era necessário que ambas as equipas de desenvolvimento utilizassem metodologias estruturadas.

No projecto do Sistema de iluminação dos números dos quartos, quando a empresa responsável pela maquinagem decidiu, sem qualquer tipo de autorização alterar a liga de alumínio, veio agravar a dificuldade para cromar o bloco de alumínio. Se, por um lado, a empresa tomou uma decisão que não lhe competia, por outro, não existia nenhum documento ou outro tipo de comunicação formal que a impedisse de o fazer. Neste caso, uma metodologia estruturada obrigaria a que os desenhos e outros documentos entregues ao fornecedor estivessem completos, incluindo a possibilidade, ou não, de utilizar um material alternativo. Existiriam documentos, como notas de encomenda e contratos de fornecimento que não foram executados neste caso. O impacto no projecto de uma decisão fora de tempo, por parte do Arquitecto, e de uma alteração de material não autorizada, por parte do fornecedor, foi um dispêndio de horas adicionais na pesquisa e acompanhamento do fornecedor da cromagem e várias peças estragadas devido à corrosão galvânica.

No projecto do foco Led 01, apesar da boa relação com os vários fornecedores, ter levado a algumas soluções de produção interessantes, esta relação foi sempre informal. Os protótipos executados para teste foram sempre em número reduzido e nem todo o processo de produção foi validado. A solução de colar a lente com silicone, tornou o

processo de montagem muito demorado e sujeito a erro, mesmo para uma série de 5000 unidades. O desenvolvimento do processo de fabrico e montagem deveria ter acompanhado o projecto, incluindo a execução de testes do processo em quantidades relevantes. Esta lacuna poderia ser evitada se existisse uma ficha estruturada de controlo do processo.

O projecto do foco Led 02, beneficia do conhecimento entretanto adquirido com a versão Led 01 e responde ao desafio de ser estanque. Mais uma vez, na solução que se encontrou para vedar a entrada do cabo eléctrico, foi muito importante a troca de informação com o fornecedor das peças torneadas. Por outro lado a pesquisa inicial de um fornecedor para o vidro e as propostas recebidas, não foram nada animadoras. Nesta fase faltou à equipa um técnico com conhecimento da área do vidro, o que só veio a acontecer quando foi identificado o fornecedor final dos vidros. Alguns erros técnicos, como a posição em que foi colocado o o'ring, foram cometidos devido à inexperiência, e só se poderiam resolver com verificações do projecto e testes de validação antes de avançar para a produção ou para a encomenda de componentes.

Os projectos do foco Led 03 e Led 04, corrigem defeitos anteriores e percebe-se que a facilidade de encontrar soluções alternativas cresce com a experiência que se acumulou. No Led 03 implementam-se soluções para resolver problemas detectados pelos vários intervenientes no processo de fabrico e montagem das versões anteriores. Um dos pontos melhorado por indicação dos responsáveis da montagem, foi o do processo de colagem do led. No Led 04 incorporou-se mais conhecimento proveniente da experiência do instalador de gesso cartonado.

O projecto de desenvolvimento de conceito para expositor de material cerâmico decorreu em duas fases que corresponderam a duas propostas distintas.

A primeira fase, que dá origem ao nome do projecto, consistiu no desenvolvimento de vários conceitos. Como a proposta de serviços se destinava apenas ao desenvolvimento de conceitos o projecto foi planeado, apenas para o desenvolvimento desta tarefa. A equipa constituída por um designer e um engenheiro, era ajustada para o tipo de trabalho desenvolvido. A pesquisa de mercado, para estudo dos expositores existentes e o estudo dos materiais a expor também foi o adequado. As propostas apresentadas foram avaliadas quanto à sua exequibilidade de um ponto de vista macro,

correspondente à fase de desenvolvimento do projecto. Os documentos saídos desta fase foram os painéis, apresentados atrás, explicando os principais atributos dos conceitos.

A segunda fase surge algum tempo depois de concluída a primeira. O que dá início a esta fase é um pedido da Cinca, para que a Obsidiana apresentasse uma proposta para execução de um protótipo. Aqui surge um equívoco, nem o projecto do sistema nem o projecto de detalhe estava executado e portanto não se estava em condições de construir um protótipo. A Obsidiana explicou que seria necessário executar as referidas tarefas, mas a postura inicial da Cinca condicionou o seu desenvolvimento, fazendo com que se algumas das tarefas de projecto não fossem devidamente estudadas e aprofundadas. Uma das situações identificada como não estudada foi o transporte, situação esta que poderia ter condicionado o transporte para a feira em que se apresentou e testou o protótipo. A adopção de uma metodologia estruturada teria seguramente evitado este erro. Outras situações como a ausência de iluminação própria ou a dimensão do expositor revelam também falhas que poderiam ser detectadas durante o processo se este tivesse passado por uma revisão externa à equipa de desenvolvimento.

Outro factor que levou às falhas identificadas foi, por um lado a falta de experiência com este tipo de produtos da Obsidiana, por outro a falta de experiência e consequente dificuldade de transmissão de informações dos interlocutores da Cinca, com as tarefas ligadas à preparação e utilização dos expositores e com algumas das tecnologias de construção propostas.

A detecção de pontos de melhoria e a possibilidade de testar o protótipo junto dos clientes é um ponto positivo no processo, embora a equipa de desenvolvimento não tenha acompanhado os testes. Quem acompanhou o expositor na feira não tinha um guião organizado que permitisse uma avaliação ponto por ponto do produto e a execução de um relatório do teste. Assim, do teste, chegaram apenas à equipa de desenvolvimento comentários verbais, incompletos e de forma indirecta.

Foi executado o protótipo da segunda versão enviado para uma feira tendo o teste decorrido nos mesmos moldes e gerado a mesma qualidade de informação.

O facto da facilidade contacto com a Cinca e do interesse pelo projecto se ter alterado após a saída da pessoa responsável pelo lançamento do mesmo revela terem existido

dificuldades no planeamento estratégico do produto e na assumpção do interesse do projecto por toda a organização interna da empresa.

7 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Da pesquisa bibliográfica, retira-se que a inovação em geral e a inovação tecnológica em particular são vitais para a sobrevivência e crescimento das empresas [4], para o crescimento económico e no bem estar a longo prazo das nações, empresas, comunidades e famílias [2]. À inovação estão associados três conceitos, o de mudança, o de rentabilidade e, em consequência do primeiro, o conceito de que é necessário fazer alguma coisa para mudar e portanto desenvolver um conjunto de actividades, ou seja a inovação é um processo e portanto deve ser gerido.

A vantagem da gestão dos processos de desenvolvimento de produto reside no facto de se estruturar as actividades do processo, permitindo uma aproximação passo a passo, tornando o processo de decisão explícito, fornecendo listas de controlo do processo e documentando de forma estruturada a sua história [17].

As propostas de processos de desenvolvimento de produto, têm evoluído ao longo do tempo no sentido de virar o processo de desenvolvimento de produto para o cliente e de o tornar mais rápido. As propostas apresentadas, baseiam o processo em módulos ou fases, por ser a forma mais simples de combinar estrutura com flexibilidade [16].

Da análise dos três projectos apresentados (projectos exemplo), conclui-se que uma abordagem estruturada traria benefícios a todo o processo de desenvolvimento.

Os processos analisados iniciam-se com o planeamento estratégico do produto, tarefa que compete à empresa que propõe a ideia e que a pretende explorar comercialmente. Nos projectos exemplo apenas em dois dos casos a equipa de desenvolvimento participou de algum modo na fase de planeamento, sendo que este facto se deveu a falta de planeamento de um processo paralelo a decorrer. Verifica-se, pelos projectos exemplo, que um planeamento estratégico do produto deficiente ou não assumido, causa impactos negativos nas fases do processo subsequentes, devido a dificuldades no acesso à informação inicial relevante, informação incompleta ou informação errada. No outro extremo do processo, a produção do produto pode, desde que bem documentado o produto, ser executada por quem vai explorar o produto comercialmente ou por subcontratação a quem tenha capacidade tecnológica para o fazer.

A existência de procedimentos escritos, documentos de acompanhamento, listas de tarefas e de verificações obrigatórias eliminaria todos os erros devidos a esquecimento ou ultrapassagem de competências. Um processo estruturado obrigaria a um planeamento rigoroso, um acompanhamento exaustivo e à documentação de todo o processo de desenvolvimento.

Por outro lado, a estruturação do processo, principalmente no que diz respeito à obrigatoriedade do registo da informação gerada de forma organizada e de acordo com formatos previamente definidos, tornaria o processo mais burocrático e mais lento.

Na perspectiva de que desenvolver um produto é gerar informação, conclui-se que a participação de fornecedores e especialistas nas tecnologias de produção, trazem ao processo informação muito importante para o desenvolvimento das soluções, principalmente no que diz respeito à antecipação de problemas de processo de fabrico. Outro factor relevante para o sucesso do produto é a execução de protótipos e de testes em quantidade e qualidade suficiente para validar, quer ao nível do utilizador, quer ao nível do processo de fabrico, as soluções em desenvolvimento.

Conclui-se ainda, que a experiência específica de desenvolvimento de determinado produto, por aumento dos níveis de conhecimento iniciais, aumenta a capacidade de gerar soluções alternativas e de corrigir e antecipar problemas.

A geração de conhecimento, o conhecimento acumulado e a sua comunicação é fundamental no processo de desenvolvimento de produto. Sabendo que muitas empresas não tem estrutura para possuir equipas de desenvolvimento de produto, multidisciplinares e com dedicação exclusiva e são obrigadas a subcontratar estes serviços, proponho para trabalhos futuros o estudo de estratégias para gerir o conhecimento gerado durante um processo de desenvolvimento, com o objectivo de uma efectiva transferência de todo o conhecimento acumulado e não apenas do conhecimento incluído no dossier do projecto. O desenvolvimento destas estratégias de gestão de conhecimento, é também importante dentro das organizações, uma vez que parte da informação gerada fica apenas com as pessoas que a trabalharam e pode ser importante para novos projectos executados por equipas diferentes.

8 REFERÊNCIAS

- [1] Burgelman, R. A., Maidique, M. A., Wheelwright, S. C., *Strategic management of technology and innovation*, McGraw-Hill, New York 2001. ISBN 0-07-118933-5.
- [2] Miller, W. L., Morris, L., *Fourth generation R&D: Managing knowledge, technology and innovation*, John Wiley & Sons, USA 1999. ISBN 0-471-24093-1.
- [3] Tidd, J., Bessant, J., Pavitt, K., *Gestão da inovação - Integração das mudanças tecnológicas, de mercado e organizacionais*, Monitor Lda., Lisboa 2003. ISBN 972-9413-58-4.
- [4] Francis, D., Bessant, J., "Targeting innovation and implications for capability development", *Technovation* 2005, 25: 171-183.
- [5] Brown, J. S., *Introduction: Rethinking innovation in a changing world* in Seeing differently: Insights on innovation, Harvard Business Review, Boston 1997.
- [6] McDade, S. R., Oliva, T. A., Pirsch, J. A., "The organizational adoption of high-technology products "for use". Effects of size, preferences, and radicalness of impact." *Industrial Marketing Management* 2002, 31: 441-456.
- [7] Dewar, R. D., Dutton, J. E., "The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis", *Management Science* 1986, 32: 1422-1433.
- [8] Cooper, R. G., *Winning at new products: Accelerating the process from idea to launch*, Basic Books, New York 2001.
- [9] Utterback, J. M., *Mastering de dynamics of inovation: how companies can seize opportunities in the face of technological change*, Harvard Business School Press, USA 1994. ISBN 0-87584-342-5.
- [10] Tushman, M. L., Moore, W. L., *Readings in the management of inovation*, Harper Business, USA 1988. ISBN 0-88730-244-0.

- [11] Maidique, M. A., *Entrepreneurs, champions and technological innovation in Readings in the management of innovation*, Harper Business, USA 1988.
- [12] Eppinger, S. D., Salminen, V., "Patterns of product development interactions", *International conference on engineering design*, Glasgow, 2001.
- [13] Slack, N., Chambers, S., Johnston, R., *Operations Management*, Prentice Hall, England 2004. ISBN 0273679066.
- [14] Kitsios, F., *Product design and development*, INNOREGIO: dissemination of innovation and knowledge management techniques, European Community, 2000.
- [15] Hippel, E. V., *Lead users: A source of novel product concepts* in *Readings in the management of innovation*, Harper Business, USA 1988.
- [16] Reinertsen, D. G., *Managing the design factory: a product developer's tool kit*, The Free Press, New York 1997. ISBN 0-684-83991-1.
- [17] Ulrich, K. T., Eppinger, S. D., *Product Design and Development*, McGraw-Hill, New York 2003. ISBN 007-123273-7.
- [18] Chao, L. P., Ishii, K., "Design process error-proofing: Benchmarking gate and phased review life-cycle models", *ASME International Design Engineering Technical Conferences*, Long Beach, California, USA, 2005.
- [19] Varela, J., Benito, L., "New product development in Spanish firms: typology, antecedents and technical/marketing activities", *Technovation* 2005, 25: 395-405.
- [20] Cooper, R. G., "Perspective: third-generation new product processes", *Journal of Product Innovation Management* 1994, 11: 3-14.
- [21] Chao, L. P., Tumer, I., Ishii, K., "Design Process Error-Proofing: Engineering Peer Review Lessons from NASA", *ASME Design Engineering Technical Conferences*, Salt Lake City, Utah, USA, 2004.
- [22] Nakazawa, T., Masuda, H., "Requirement-Definition-Confirmation modeling approach for identifying uncertainties product design processes", *ASME*

International Design Engineering Technical Conferences, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2006.

- [23] Smith, P. G., Reiestsen, D. G., *Developing products in half the time: new rules, new tool*, John Wiley & Sons, inc., USA 1998. ISBN 0471-292524.
- [24] Eppinger, S. D., "Innovation at the speed of information", *Harvard Business Review* 2001, 79: 149-158.
- [25] Cooper, R. G., Edgett, S. J., *Lean, rapid and profitable new product development*, Product Development Institute, 2005.
- [26] Smith, P. G., *Accelerated product development: Techniques and traps* in The PDMA handbook of product development, John Wiley & Sons, New Jersey 2005.

Sites consultados

<http://www.philipslumileds.com/> (Consulta em 17/09/2008)

<http://www.carmo.com/> (Consulta em 17/09/2008)

http://www.cinca.pt/main.php?tbl=_trubricas&id=40 (Consulta em 17/09/2008)

http://www.cinca.pt/main.php?tbl=_trubricas&id=12 (Consulta em 17/09/2008)

<http://www.expositoresalcora.com/> (Consulta em 13/10/2008)

<http://www.fabrindex.pt/produtos.htm?idfam=1> (Consulta em 13/10/2008)

<http://www.berr.gov.uk/dius/innovation/index.html> (Consulta em 26/10/2008)

<http://www.memagazine.org/supparch/medes04/thelight/thelight.html> (Consulta em 29/10/2008)