



Universitat de Girona

# METODOLOGIA DE PERSONALIZAÇÃO DE PRODUCTOS BASEADA EM DESIGN CENTRADO NO UTILIZADOR

## METHODOLOGY TO DESIGN CUSTOMIZED PRODUCT BASED ON USER CENTERED DESIGN

**Bernardo PROVIDÊNCIA**

**Dipòsit legal: GI. 1274-2012**

<http://hdl.handle.net/10803/7xxx>

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi doctoral i la seva utilització ha de respectar els drets de la persona autora. Pot ser utilitzada per a consulta o estudi personal, així com en activitats o materials d'investigació i docència en els termes establerts a l'art. 32 del Text Refós de la Llei de Propietat Intel·lectual (RDL 1/1996). Per altres utilitzacions es requereix l'autorització prèvia i expressa de la persona autora. En qualsevol cas, en la utilització dels seus continguts caldrà indicar de forma clara el nom i cognoms de la persona autora i el títol de la tesi doctoral. No s'autoritza la seva reproducció o altres formes d'exploració efectuades amb finalitats de lucre ni la seva comunicació pública des d'un lloc aliè al servei TDX. Tampoc s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant als continguts de la tesi com als seus resums i índexs.

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis doctoral y su utilización debe respetar los derechos de la persona autora. Puede ser utilizada para consulta o estudio personal, así como en actividades o materiales de investigación y docencia en los términos establecidos en el art. 32 del Texto Refundido de la Ley de Propiedad Intelectual (RDL 1/1996). Para otros usos se requiere la autorización previa y expresa de la persona autora. En cualquier caso, en la utilización de sus contenidos se deberá indicar de forma clara el nombre y apellidos de la persona autora y el título de la tesis doctoral. No se autoriza su reproducción u otras formas de explotación efectuadas con fines lucrativos ni su comunicación pública desde un sitio ajeno al servicio TDR. Tampoco se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al contenido de la tesis como a sus resúmenes e índices.

**WARNING.** Access to the contents of this doctoral thesis and its use must respect the rights of the author. It can be used for reference or private study, as well as research and learning activities or materials in the terms established by the 32nd article of the Spanish Consolidated Copyright Act (RDL 1/1996). Express and previous authorization of the author is required for any other uses. In any case, when using its content, full name of the author and title of the thesis must be clearly indicated. Reproduction or other forms of for profit use or public communication from outside TDX service is not allowed. Presentation of its content in a window or frame external to TDX (framing) is not authorized either. These rights affect both the content of the thesis and its abstracts and indexes.



Universitat de Girona

TESIS DOCTORAL

Metodologia de personalização de  
produtos baseada em  
design centrado no utilizador

*Methodology to design customized  
product based on user centered design*

Bernardo Providência

2012



Universitat de Girona

TESIS DOCTORAL

Programa oficial de posgrado en Tecnologia

Turismo, Derecho i Empresa

Línea de investigación: Modelización de información en el proceso de diseño y  
fabricación

Metodologia de personalizaçãõ de produtos  
baseada em design centrado no utilizador

*Methodology to design customized product  
based on user centered design*

por Bernardo Providência

Dirigida por: Dr. Joaquim de Ciurana y Dra. Joana Cunha

2012

Memoria presentada para obtener el título de  
Doctor por la Universitat de Girona

Dedico este trabalho ao Bernardo, Lourenço e João

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus orientadores Quim Ciurana e Joana Cunha sem os quais não teria realizado este trabalho.

Ao Quim gostaria de agradecer toda a confiança que depositou em mim, pelo seu esforço e auxílio, em todos os momentos em que não deixou de me acompanhar e fazer acreditar neste processo, apesar do uso de diferentes “línguas”. Agradeço de forma especial toda a sua paciência e ânimo contagiante, resolvendo e facilitando tudo o que foi sendo necessário à investigação e desenvolvimento deste trabalho.

À Joana reconheço a sorte de a ter como orientadora e amiga, que com a sua sabedoria soube incansavelmente conduzir à conclusão deste trabalho. Agradeço a paciência em torno da reflexão do design, partilhada nas inúmeras conversas e em especial na fase final, pelo tempo e esforço dedicado a este trabalho.

Ao Hélder, meu amigo e companheiro sem o qual dificilmente teria feito este trabalho, agradeço o apoio e presença durante todos estes anos, na discussão de soluções para as mais diversas dificuldades técnicas, bem como na ajuda, sistematização e organização de todo o trabalho.

Aos meus Pais e Irmãos agradeço todo o apoio que independentemente do lugar ou momento nunca deixei de sentir.

À equipa do GREPP, María Luisa Garccía-Romeu, Inés Ferrer, Robert Blanch, Jordi Delgado, Dani Teixidor, Xevi Gómez, Elisa Vásquez, Sílvia Míguez, Narcís Pellicer, Guillem Quintana, pelo acolhimento e apoio na investigação.

Aos amigos de Girona, Marc Tarrus, Quim Fort, Glória Baró, Narcis e Isabel de Puig, Núria, Mar, Adriana, Alba, Alfonso, Natália.... Pela forma como me acompanharam durante a estadia em Girona.

Ao Manel Alcalà, Sandra Castillo e Justyna Klosowska, com os quais partilhei o meu processo de investigação.

Por último agradeço a Hilde Kramer, que viria a encontrar passados tantos anos, pelo contributo no apoio e incentivo à investigação nos inúmeros momentos e emails que partilhámos.

## Resumen

Derrick Kerchove (1997) en la "inteligencia conectiva" se refiere a la relación entre un sistema de conocimiento como resultado de una conciencia colectiva apoyada en la interacción de la información en tiempo real. Este enfoque constituyó la base de la reflexión sobre el papel del diseño como herramienta de interacción basada en los sistemas de información permitiendo no sólo entender mejor la relación del diseño con el usuario y, basándose en el Diseño Centrado en el Usuario, crear una metodología que solucionase problemas reales resultado de una necesidad personal.

En el caso de estudio el trabajo se basó en personas con necesidades especiales, que por sus limitaciones pasan gran parte del día sentados, y por eso con el tiempo sufren de úlceras por presión. De la metodología de investigación resultó un enfoque que en una primera etapa relaciona la adquisición y procesamiento de datos psicofísicos en una aproximación a la semiótica partiendo de sistemas de información. En la segunda etapa una aplicación ha sido desarrollada en LabView para la integración y el procesamiento de los datos relativos a la adquisición de datos de usuario y los datos relacionados con las características de los materiales y procesos de prototipado. El resultado es un archivo que puede ser interpretado por los sistemas CAD. La tercera y última etapa, se basa en la interpretación de los datos en el sistema CAD, lo que permite la exportación a un sistema de CAM y en consecuencia la producción de un producto a medida a través de la tecnología de fabricación rápida.

El resultado del trabajo es un sistema integrado llamado "Core System", dividido por módulos, que permite la gestión de toda la información en tiempo real, independientemente de los inputs de cada uno de sus sub.-módulos, permitiendo que cada uno de estos cambios se reflejen el resultado final. La aplicación es el resultado del

trabajo de investigación que relaciona las distintas áreas multidisciplinares, construyendo, apoyado en las correlaciones y validación de datos por parte de técnicos especializados, modelos de procesamiento de información.

El modelo de la aplicación permite el intercambio de datos heterogéneos, que estudiados en que cada una de las especialidades, permiten la interacción entre cada uno de los submódulos contribuyendo a una solución final que resulta en un producto capaz de satisfacer las necesidades del usuario. En el caso práctico, el producto resultó en una base de asiento que ha permitido reducir los valores de presión en las áreas críticas de las zonas de presión de 413mmgh para 237mmgh, lo que según Martins et al. (1996) llevó no sólo a reducir al mínimo la posibilidad de creación de las úlceras por presión como, con base en los resultados obtenidos, retrasar de 2 a 8 horas la necesidad de reposicionamiento del usuario.

La evolución del concepto de diseño de producto, ha evolucionado primero hacia una lógica de funcionalidad más tarde en respuesta al mercado como un proceso y más recientemente en la personalización. Este trabajo refleja un ejercicio que permite aproximar más y más a la visión del diseño como un sistema colectivo basado en las tecnologías de información y comunicación, donde el resultado se centra en atender las necesidades del usuario. En este caso, el ejercicio va desde tomar conciencia a la resolución del producto personalizado en la fabricación rápida. El objetivo fue, pues, de crear una metodología que integra las diferentes fuentes de información en la perspectiva de resolver un servicio o producto, independientemente del valor individual con que cada utilizador puede contribuir.

## **Abstract**

Derrick Kerchove (1997) in "Connective Intelligence" refers the relationship between systems of knowledge as the result of a collective consciousness based on the interaction of information in real time. This approach formed the basis of reflection on the role of design as a tool of interaction based in information systems, allowing not only to understand the relationship of design with the user, as also, based on User Centered Design, to create a methodology that solves real problems derived from its personal needs. In the case study, the work was based on People with Special Needs, which by their limitations spend much of their day sitting and consequently end up suffering from pressure ulcers. From the research methodology resulted an approach that in a first stage relates psychophysical data acquisition and processing derived from information systems, in an approximation to semiotics. In a second stage an application has been developed in LabView for the integration and processing of data relating to acquisition of user data and data regarding the characteristics of materials and prototyping processes. The result is a file that can be interpreted by CAD systems. The third and final phase, based on the interpretation of the data in the CAD system, allows exporting the information to a CAM system and consequently the production of a customized product through rapid manufacturing technology.

The work developed resulted in an integrated system called "Core System" divided by modules that allows management of all information in real time regardless of the inputs of each of its sub-modules, allowing each of these changes to be reflected in the final result. The application is the result of research work that relates the different multidisciplinary areas, building, based on correlations and data validation by specialized technicians, information processing

models. The model of the application permits the exchange of heterogeneous data, which studied in that each specialty allow the interaction between each of the sub-modules, contributing to a final solution which results in a product able to meet the user need.

In the practical case, the product resulted in a seat base which permitted to reduce pressure values in the critical areas of the pressure zones from 413mmgh to 237mmgh, which according to Martins et al. (1996) allowed not only to minimize the possible emergence of Pressure Ulcers as also, based on the results obtained, to delay from 2 to 8 hours the need for repositioning the user.

The evolution of the product design concept has evolved first in a logic of functionality, later in response to the market as a process and more recently in customization.

This work reflects an exercise that allows coming closer to the vision of design as a collective system based on information and communication technologies, where the outcome is focused on addressing the user needs. In this case, the exercise goes from the grasp of consciousness to the resolution of customized products based on rapid manufacturing. The aim was thus to create a methodology that integrates the different sources of information in perspective to resolve a service or product, regardless of the individual value with which each can contribute.

## Resumo

Derrick Kerchove (1997) in a “Inteligência Conectiva” refere a relação entre um sistema do conhecimento como o resultado de uma consciência coletiva baseada na interação da informação em tempo real. Esta abordagem serviu de base à reflexão do papel do design como ferramenta de interação baseada em sistemas de informação permitindo não só conhecer melhor a relação do design com o utilizador, como baseado no Design Centrado no Utilizador, criar uma metodologia que resolvesse problemas reais fruto da sua necessidade pessoal. No caso de estudo baseou-se o trabalho em Pessoas com Necessidades Especiais, que por via das suas limitações passam grande parte do dia na posição sentada, acabando por vir a sofrer de Úlceras de Pressão. Da metodologia de investigação resultou uma abordagem que numa primeira fase relaciona a aquisição e tratamento de dados psicofísicos numa aproximação à semiótica a partir de sistemas de informação. Numa segunda fase foi desenvolvida uma aplicação em LabView para integração e tratamento de dados referentes à aquisição de dados do utilizador, bem como de dados referentes às características de materiais e processos de prototipagem. O resultado é um ficheiro passível de ser interpretado por sistemas CAD. Na terceira e última fase, com base na interpretação dos dados no sistema CAD, este permite a exportação para um sistema CAM e conseqüentemente a produção de um produto personalizado através da tecnologia de prototipagem/fabricação rápida.

O trabalho desenvolvido resultou num sistema integrado designado “Core System” dividido por módulos que permite a gestão de toda a informação em tempo real independentemente dos inputs de cada um dos seus submódulos, permitindo refletir cada uma dessas alterações no resultado final. A aplicação é resultado do trabalho de investigação

que relaciona as diferentes áreas multidisciplinares, construindo, com base na correlação e validação de dados por técnicos especializados, modelos de tratamento da informação. O modelo da aplicação permite o cruzamento de dados heterogéneos, que estudados em cada uma das especialidades, permitem a interação entre cada um dos submódulos contribuindo para uma solução final que resulta num produto capaz de atender à necessidade do utilizador. No caso prático, o produto resultou numa base de assento que permitiu reduzir valores de pressão nas áreas críticas das zonas de pressão de 413mmgh para 237mmgh, o que segundo Martins et al (1996) permitiu não só minimizar a possibilidade da criação das Úlceras de Pressão como com base nos resultados obtidos adiar de 2 para 8 horas a necessidade de reposicionamento do utilizador.

A evolução do conceito de design de produto, tem vindo a evoluir primeiro numa lógica de funcionalidade, posteriormente na resposta ao mercado como processo e mais recentemente na personalização. O presente trabalho, reflete um exercício que permite aproximar cada vez mais a visão do design como um sistema coletivo baseado nas tecnologias de informação e comunicação, onde o resultado se centra na resolução das necessidades do utilizador. No presente caso, o exercício vai desde da tomada de consciência à resolução de produto personalizado baseado na fabricação rápida. Pretendeu-se assim criar uma metodologia que integra as diferentes fontes de informação na perspetiva de resolver um serviço ou produto, independentemente do valor individual com que cada uma possa contribuir.

## Lista de figuras

- Figura 1 – Expremedor de citrinos, Design Philippe Starck, Edição Alessi 1990
- Figura 2 – Caixa de bolachas, design Stefano Giovannoni, Edição Alessi 1995
- Figura 3 – Modelo conceptual do human-centred design, Zhang (2008)
- Figura 4 – Ambientes gráficos dos sistemas operativos Windows (esquerda) e Mac (direita), 1985. Fonte: Hooper, W. 2007, theoligarch.com
- Figura 5 – Ecrã touch screen de iPad com e sem sombra na tecla D.
- Figura 6 – Aplicativo de simulação de vela para nokia.  
Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=eKuoWUUK1qE>
- Figura 7 – Projeto Front Design, “Sketch Furniture”, Japão 2006  
Fonte: Providência, 2008
- Figura 8 – Sistema stereoscópico de Keefe. Fonte: (Keefe, 2007)
- Figura 9 – Reações do cérebro de Oliver Sacks durante o exame de IRMF
- Figura 10 – Escala de Braden in Silva (1998)
- Figura 11 – Progressão das úlceras de pressão.  
Fonte: *Brian Evans* ([www.acphospitalist.org](http://www.acphospitalist.org))
- Figura 12 – Desenvolvimento de úlcera de pressão, por ação das forças de pressão e cisalhamento.  
Fonte: <http://forumenfermagem.org>, 12. 11.2010
- Figura 13 – Zonas críticas para o desenvolvimento de úlceras de pressão. A vermelho está representada a pressão na zona do ísquio.
- Figura 14 – Eritema em paciente portador de próteses.  
Fonte: Highsmith & Highsmith, 2007
- Figura 15 – Processo de criação de dispositivos para enchimento de volume da perna de forma a corrigir assimetrias de atrofia da perna.
- Figura 16 – Processo de criação de próteses a partir da digitalização 3D em Silicone. Fonte: touchbionics ([www.touchbionics.com](http://www.touchbionics.com))
- Figura 17 – Sistema BPMS. Fonte: Teckscan.com
- Figura 18 – Sistema F-Scan® para aplicação no tornozelo, (Mann et al., 2008)
- Figura 19 – Unidade de aquisição e tratamento de dados de pressão, Projeto WalkinSense. Fonte: [www.cienciahoje.pt](http://www.cienciahoje.pt)
- Figura 20 – Motorização de movimentos a partir de marcadores.  
Fonte: Joshua Dickens
- Figura 21 – Localização corporal de desconforto, Vink (2008)
- Figura 22 – Linguagem visual de Dieter Rams na Braun.  
Fonte: [www.callumhepburn.com](http://www.callumhepburn.com)

- Figura 23 – Dispositivo háptico. Fonte: Tracy Liang, NYC Museum of Sex
- Figura 24 – Representação dos processos envolvidos na fabricação rápida
- Figura 25 – Guia cirúrgico para implementação de próteses dentárias.  
Fonte: [www.frankcperrydds.com](http://www.frankcperrydds.com)
- Figura 26 – Sistema de digitalização 3D em provador no shopping Centre Manchester Arndale. Fonte: (Dailymail online, 2011)
- Figura 27 – “I Cannot Tell a Lie” de Dan Collins, 2004.
- Figura 28 – Prototipagem rápida de doces, fonte: [www.candyfab.org](http://www.candyfab.org)
- Figura 29 – Impressora e objetos impressos no sistema 3D da OBJET.
- Figura 30 – Processo ployjet da Objet.
- Figura 31 – Fotomontagem onde se pode ver na sala ao fundo o operador a trabalhar sobre o ambiente CAM (no caso o software GOELAN) e em primeiro plano o servidor da máquina com o comando de controlo numérico bem como do lado esquerdo a peça a ser frezada.
- Figura 32 – Ambiente de trabalho virtual do GOELAN, similar ao ambiente de trabalho real.
- Figura 33 – “Ambiente de trabalho GOELAN na definição de estratégias e simulação de produção”.
- Figura 34 – PUCIS.
- Figura 35 – Relatório produzido pelo sistema tekscan após monitorização de dados.
- Figura 36 – Ecrã do mapa de pressão do tekscan.
- Figura 37 – Gráfico do Teckscan, onde se pode ver à esquerda a grelha de distribuição dos sensores, neste caso 32x32 pontos de medida e à direita o mapa de pressão.
- Figura 38 – Aplicação de loft considerando todos os dados de valores de pressão.
- Figura 39 – Capilares sem excesso e com excesso de pressão.  
Adaptado de: <http://forumenfermagem.org>
- Figura 40 – Localização dos principais pontos a ter em consideração durante o desenvolvimento da base de assento.
- Figura 41 – Sistema de digitalização T-SCAN 3. Fonte: Empresa steinbichler
- Figura 42 – Processo de aquisição e imagens feitas a partir da reconstrução em ambiente CAD.
- Figura 43 – Mapa de distribuição de valores de pressão no sistema Tekscan
- Figura 44 – Relação entre os valores de pressão e a escala de Borg CR10.
- Figura 45 – Conversão de mmHg em cm.

- Figura 46 – Protótipo virtual que considerou a conversão dos valores de pressão para cm atendendo às características ergonómicas do utilizador, nomeadamente a altura do cóxis.
- Figura 47 – “Criação de superfície e rendering de base de assento a partir de nuvem de pontos”.
- Figura 48 – Tango Plus (shore A 60-70).
- Figura 49 – Gráfico da extensão(%) vs Força (N).
- Figura 50 – Espuma impressa em 3D PRINT.
- Figura 51 – Análise da porosidade da pele (Chin, D. C. at all, 2008).
- Figura 52 – Simulação de estrutura similar à pele com canais para respiração.
- Figura 53 – Resultados obtidos nas experiências de fresagem com espuma viscoelástica.
- Figura 54 – Exercício de maquinação de espumas, do lado esquerdo temos uma espuma viscoelastica e do lado direito um pliuretano de alta densidade.
- Figura 55 – Primeiro protótipo produzido com base na informação recolhida no tekscan e maquinada numa CNC DECKEL MAHO, DMC 64V, em MDF.
- Figura 56 – PUCIS, modelo de gestão de sistemas de informação do “core system”.
- Figura 57 – Exerto da metodologia para a comunicação entre pacientes/utilizadores e o sistema central.
- Figura 58 – Esquema da matriz de sensores e relatório obtido a partir do software do Teckscan.
- Figura 59 – “Core System”, simulação do mapa de pressão 2D e 3D.
- Figura 60 – Primeiro protótipo desenvolvido em MDF.
- Figura 61 – Gráficos de suavização da pressão.
- Figura 62 – Modelo de deflexão.
- Figura 63 – Segundo protótipo feito com MDF.
- Figura 64 – Representação esquemática das duas camadas da base do assento. A) Estado inicial da almofada; B) Representação da almofada em uso.
- Figura 65 – “Core System” Propriedades da espuma.
- Figura 66 – Deflexão relativa calculada com base no mapa de pressão desejada, na altura da almofada que corresponde à deflexão percentual calculada em função da deflexão absoluta desejada.
- Figura 67 – Tabelas de valores de pressão entre a primeira (superfície plana) e segunda aquisição (superfície gerada a partir do “core system”).

## Abreviaturas e siglas

2D	– Bidimensional
3D	– Tridimensional
ASCII	– <i>American Standard Code for Information Interchange</i> – Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação
Borg CR10	– <i>Borg category (C) ratio (R) scale</i> – Escala Progressiva de Borg
BPMS	– <i>Body Pressure Measurement System</i> – Sistema de Medição da Pressão do Corpo
CAD	– <i>Computer Aided Design</i> – Desenho Assistido por Computador
CAE	– <i>Computer Aided Engineering</i> – Engenharia Assistida por Computador
CAM	– <i>Computer Aided Manufacture</i> – Manufactura Assistida por Computador
CNC	– <i>Computer Numeric Control</i> – Controle Numérico por Computador
IDEO	– Empresa de design global centrado no utilizador.
HCD	– <i>Human Centered Design</i> – Design Centrado no Homem
HCI	– <i>Human Computer Interaction</i> – Interação Homem Computador
IRMF	– Imagens de Ressonância Magnética Funcional

- MDF – *Medium Density Fiberboard*  
– Placa de fibra de madeira de média densidade
- MOCAP – *Motion Capture*  
– Captura de Movimento
- NPUAP – *National Pressure Ulcer Advisory Panel*
- PSN – *People with Special Needs*  
– Pessoas com Necessidades Especiais
- PUCIS – *Product User Centerd Integration Syste*  
– Sistema Integrado para Produto Baseado no Utilizador
- UCD – *User Centered Design*  
– Design Centrado no Utilizador
- UPs – Úlceras de pressão
- UV – Ultra Violeta

## Índice

### Capítulo 1

Introdução .....	19
1.1 Motivação da tese .....	22
1.2 Objectivo .....	23
1.3 Plano de trabalho .....	24
1.4 Meios utilizados .....	25
1.5 Conteúdo da tese .....	26

### Capítulo 2

Do design ao Design Centrado no utilizador .....	30
2.1 O conceito de Design Centrado no Utilizador (UCD) .....	40

### Capítulo 3

Pessoas Com Necessidades Especiais .....	49
3.1 Úlceras de pressão .....	50
3.2 Conforto .....	55
3.3 Outras abordagens a considerar no estudo.....	57
3.4 Conclusão .....	60

### Capítulo 4

Dados psicofísicos .....	61
--------------------------	----

### Capítulo 5

Semiótica nos sistemas de informação.....	71
---	----

### Capítulo 6

Técnicas e tecnologias de apoio à fabricação e personalização.....	77
6.1 Casos práticos .....	78

Aplicação à area da medicina .....	78
Aplicação à indústria de vestuário.....	80
Aplicação no domínio da arte .....	81
Aplicação à indústria alimentar .....	82
Conclusão aos casos de estudo .....	84
6.2 Tecnologias de fabricação .....	84
3D Print.....	85
High Speed Milling .....	86
Capítulo 7	
Modelo de design digital - uma abordagem do utilizador ao produto personalizado .....	90
7.1 O pensamento digital .....	91
7.2 Enquadramento da metodologia no sistema CAD.....	93
7.3 Preparação de uma metodologia para o "PUCIS". .....	94
7.3.1 Aquisição de dados .....	96
7.3.2 Determinação da relação da altura e a pressão .....	105
7.3.3 Relação entre a pressão e a forma .....	108
Da análise dos resultados obtidos nesta fase foi possível tirar as seguintes conclusões: .....	109
7.3.4 Prototipagem e fabricação rápida. ....	112
7.4 Aplicação para desenvolvimento de produtos personalizados com base no utilizador .....	125
7.4.1 Módulo de aquisição do sistema .....	127
7.4.2 Módulo de design do sistema central .....	130
7.4.4 Módulos de design da base de assento e de fabricação ..	142
7.5 Conclusão .....	143

## Capítulo 8

Conclusões e Perspetivas Futuras .....	146
8.1 Conclusões .....	146
8.2 Perspetivas futuras.....	151
Referências.....	153

# Capítulo 1

## Introdução

Estudos recentes sobre a evolução do conceito de design mostram uma tendência para o design mais focado no homem enquanto utilizador, particularmente na relação de prazer que o produto permite ao utilizador em particular baseada na interação com o produto (Zhang and Dong, 2008; Fuad-Luke 2002).

Em termos das metodologias de *user centered design* (UCD) existe um conjunto variado de processos onde o utilizador final é envolvido durante o processo de design, por vezes participando ou influenciando no desenvolvimento do processo, com contributo na perceção das suas necessidades a partir do levantamento de registos ou de testes de usabilidade, ou como membro participativo no desenvolvimento do próprio produto/sistema (Abrás et al., 2004).

De facto, o que tem vindo a ser abordado, com maior ou menor participação do utilizador, é a relação que este tem com o produto. Desmett (2007) in *Product Experience* fala sobre mecanismos para avaliar a experiência que o utilizador tem com o produto e utiliza um conjunto de ferramentas emocionais, que normalmente estão associadas à análise psicofísica com a referência ao desconforto.

Normalmente quando estamos bem, podemos manifestar um sorriso, ou expressar esse estado de uma qualquer forma mais inconsciente, mas na realidade é difícil medir estes parâmetros. O conforto está mais relacionado com a parte emocional, sendo um campo mais intangível, enquanto desconforto aborda questões mais pragmáticas como aspectos físicos (Vink and Looze, 2008).

Neste sentido a ciência tem recorrido à análise do desconforto, não só porque ela é mais perceptível, mas também por ser mais fácil criar mecanismos de “medição” deste desconforto, ou utilizá-los para fazer escalas de avaliação. Por este motivo, os parâmetros associados ao desconforto são diversamente utilizados no sentido de perceber a relação com os objetos, quer utilizando questionários, como realizando testes ou por observação dos comportamentos expressivos do utilizador como é o caso das expressões faciais.

Neste campo, a abordagem é feita através do recurso a ferramentas psicofísicas para apoio ao desenvolvimento de produtos que permitam corrigir e melhorar a qualidade de vida dos utilizadores, tanto ao nível psicofísico como ao nível da psicologia emocional.

Numa abordagem de Design Centrado no Utilizador, o trabalho procurou focar-se em Pessoas com Necessidades Especiais (People with Special Needs - PSN), utilizadores que, neste caso em particular, mais do que uma fonte de observação ou objecto de questionários/testes, são uma fonte de informação dinâmica que deve ser considerada no processo de design de forma a produzir objectos que resolvam em particular as suas necessidades.

De entre as pessoas com necessidades especiais (PSN), incluem-se as pessoas que, quer de uma forma consciente quer de forma inconsciente, possuem limitação das suas capacidades motoras. Estas limitações podem ser derivadas de deficiências físicas ou motoras, ou ainda resultantes de situações pós-cirúrgicas. (Providência et al., 2010)

Segundo Reddy et al. (2006), grande parte das PSN sofrem de problemas relacionados com o contacto de determinadas áreas do corpo com as superfícies de apoio. Provocado pela sua falta de

autonomia na capacidade de movimentação, estas áreas são objecto de uma pressão excessiva na pele que restringe a circulação sanguínea, dando origem ao surgimento de úlceras de pressão (UPs).

O acto de sentar é uma boa maneira de entender as necessidades de design centrado no utilizador em conexão com o produto final. Vários estudos têm explorado a relação entre o nível de pressão e o conforto percebido ou desconforto de uma pessoa na sua relação com o assento (Schifferstein e Hekkert 2008).

As pessoas com problemas de úlceras de pressão geralmente não têm a oportunidade de se comunicar com os técnicos especializados para obter produtos que, baseados nas mais recentes tecnologias, lhes permitam melhorar a sua qualidade de vida. Por esse motivo é importante ter ferramentas de comunicação integradas, que permitam a comunicação entre as pessoas com deficiências e as tecnologias.

Face às novas abordagens da economia global baseadas na deslocalização e em metodologias de trabalho assentes em redes globais, a fabricação e em particular a produção de pequenas séries ou de produtos personalizados, viu-se envolvida numa lógica onde fornecedores e indústria fazem parte de sistemas centrais de informação permitindo uma gestão da informação em tempo real.

Esta evolução é igualmente sentida em termos dos sistemas de prototipagem/fabricação rápida, existindo actualmente um leque considerável de soluções, quer por via da tecnologia como da matéria-prima utilizável, aplicados em áreas que vão da medicina à indústria ou design de produto (D'Apuzzo, 2006). A flexibilidade destes sistemas torna-os particularmente apropriados ao desenvolvimento de produtos personalizados.

## 1.1 Motivação da tese

A evolução do conceito de design e a crescente importância que as questões emocionais têm vindo a ter ao nível das metodologias de design, justificam a necessidade de por um lado, perceber as questões da emoção ao nível do projecto de design em particular na relação individual/pessoal de cada utilizador, e por outro desenvolver/construir ferramentas que permitam a construção de produtos que são a resposta às questões particulares de cada indivíduo.

Assim, a motivação principal da tese é o desenvolvimento de uma metodologia que consiga correlacionar as áreas de interface associadas ao Design de Produto personalizado.

Como ponto de partida, pretendia-se aprofundar a relação entre os campos da engenharia e metodologias de design, que apesar de terem objectivos comuns, divergem na abordagem e resultado final.

Neste caso particular, foram-se aprofundando diversos campos de investigação, que são abordados ao longo da tese. No entanto estes resumem-se aos aspectos mais relevantes do design emocional ao design centrado no utilizador, a compreensão do utilizador, psicologia, interacção homem máquina, psicofísica, semiótica, as tecnologias de fabricação/prototipagem rápida, entre outras, que partindo sempre da intenção de resolver as necessidades do utilizador, contribuíram para a concepção de novas abordagens.

## 1.2 Objectivo

A intenção do presente trabalho tem dois níveis de abrangência. Um relaciona-se com a construção de produtos personalizados que contribuam em efectivo para solucionar as necessidades do utilizador. O outro, pretende construir uma metodologia de design de produto baseada em factores psicofísicos onde quer o utilizador, quer as áreas de intervenção (conceptual, de design, engenharia, ciências sociais entre outras) contribuam, tanto quanto possível, como elementos isentos procurando que os “out puts” do utilizador, baseados na semiótica, permitam definir estratégias para o desenvolvimento de produtos.

Nesse sentido esta tese propõe-se dois objectivos:

- definir uma metodologia, numa perspectiva de UCD, que partindo das tecnologias de Prototipagem/fabricação rápida, permita, com base em dados adquiridos do utilizador, a criação de produtos personalizados;
- definir um protótipo de modelo de comunicação integrada que permita desenvolver uma ferramenta para produção de produtos personalizados.

Para alcançar estes propósitos, considerando as questões já levantadas, os objectivos parciais que se procuram alcançar neste trabalho são os seguintes:

- desenvolver um procedimento sistemático que ajude a:
  - definir e fundamentar os referentes do utilizador numa perspectiva do UCD;
  - definir e fundamentar a tipologia de informação emocional/psicofísica que é possível recolher do

utilizador;

- definir de forma clara a informação relevante dos processos de fabricação;
- tornar explícita as relações entre as informações do utilizador, os materiais, as tecnologias e o produto final;
- aplicar a metodologia a um caso real;
- realizar um protótipo do modelo comunicação integrada.

## **1.3 Plano de trabalho**

De seguida expõe-se o procedimento que se seguiu para o desenvolvimento da tese:

### **1.3.1 Análise**

- análise dos domínios de aplicação da tese, Design centrado no utilizador, design emocional, pessoas com necessidades especiais, úlceras de pressão;
- análise dos dados psicofísicos;
- análise da semiótica nos sistemas de informação;
- análise de aplicações informáticas de tratamento dos dados e desenvolvimento do sistema de informação;
- análise dos processos de fabrico; selecção das tecnologias de prototipagem, fabricação.

### **1.3.2 Desenvolvimento da metodologia**

- definir e formalizar a informação emocional/psicofísica disponível no processo;
- definir um processo para integrar a informação do utilizador com a informação dos materiais em função dos processos de fabricação;
- Definir o modelo de gestão das informações do utilizador em prole da construção de um produto personalizado.

### **1.3.3 Aplicação da metodologia a um caso real**

- capturar e analisar a informação necessária ao caso de estudo;
- aplicar a metodologia e validar.

### **1.3.4 Desenvolvimento do protótipo do modelo de informação**

- definir a estrutura e a informação do modelo;
- desenvolver a aplicação.

## **1.4 Meios utilizados**

Os meios que se utilizaram para o desenvolvimento do presente trabalho, incluíram:

Bibliografia sobre design, design centrado no utilizador, design emocional, úlceras de pressão, processos psicofísicos e sistemas de

aquisição de dados psicofísicos, semiótica, sistemas de comunicação e processos de fabricação.

Aplicações informáticas para: aquisição de dados psicofísicos; tratamento de informação; modelação bi e tridimensional e de fabricação.

Consulta a especialistas e empresas das mais diversas áreas, tais como psicologia, design, engenharia electrónica, engenharia mecânica, engenharia de polímeros, sistemas de informação e fabricação rápida.

## **1.5 Conteúdo da tese**

O trabalho encontra-se estruturado em 8 capítulos onde se procurou sistematizar o percurso de trabalho. A tese não contém apenas um capítulo dedicado ao estado da arte por se entender que dada a divergência de áreas abordadas fazia mais sentido tratá-las de forma mais independente. Assim, os cinco capítulos que se seguem a este focam essas áreas enquanto que o capítulo sétimo expõe de forma exhaustiva o trabalho desenvolvido.

### **1.5.1 Capítulo 1 Introdução**

Este capítulo apresenta uma introdução geral que procura justificar a realização da tese, os objectivos que se pretendiam alcançar, os procedimentos de realização e os meios que se utilizaram para o seu desenvolvimento, finalizando com uma rápida descrição do conteúdo do documento escrito.

## **1.5.2 Capítulo 2 Do design ao design centrado no utilizador**

Neste capítulo fez-se uma revisão literária dos principais assuntos de investigação que dizem respeito ao design e ao design centrado no utilizador, uma das principais áreas deste trabalho.

Relacionaram-se as diferentes abordagens ao design centrado no utilizador e a importância do design emocional neste campo.

No final do capítulo fez-se uma discussão para sublinhar os pontos fundamentais para o desenvolvimento desta tese.

## **1.5.3 Capítulo 3 Pessoas com necessidades especiais**

Neste capítulo procurou-se caracterizar o utilizador focando as questões associadas ao desenvolvimento e prevenção das úlceras de pressão, bem como da análise do desconforto.

Foca-se ainda a relação entre problemas estéticos associados ao desconforto psicológico por deficiência física ou perda de massa muscular.

Da mesma forma que no capítulo anterior, no final faz-se uma síntese dos pontos fundamentais para o desenvolvimento do trabalho.

## **1.5.4 Capítulo 4 Dados psicofísicos**

Neste capítulo abordaram-se as tecnologias de aquisição de informação do utilizador, envolvendo aspectos físicos como dados de pressão e movimento, aspectos psíquicos como humor e ainda dados referentes à morfologia do utilizador.

O capítulo apresenta também uma abordagem aos aspectos relacionados com escalas de conforto e desconforto.

### **1.5.5 Capítulo 5 Semiótica nos sistemas de informação**

Este capítulo apresenta a relação dos sistemas de informação com a análise de dados psicofísicos na perspectiva duma percepção semiótica do utilizador.

### **1.5.6 Capítulo 6 Técnicas e tecnologias de apoio à fabricação e personalização**

O capítulo apresenta técnicas e tecnologias de apoio à fabricação e personalização relacionando um conjunto de casos práticos a partir dos quais se faz uma reflexão sobre a aplicação a metodologias de design. Procurou-se ainda neste capítulo apresentar um conjunto de tecnologias de referência ao trabalho prático desenvolvido.

### **1.5.7 Capítulo 7 Modelo de design digital**

Neste capítulo expõe-se a metodologia PUCIS bem como o modelo de comunicação integrada a partir da aplicação “Core System”, desenvolvidos para alcançar os objectivos deste trabalho.

Fazem parte ainda deste capítulo: as tecnologias de apoio à aquisição de dados do utilizador, bem como o tratamento e modelização de informação em sistemas tridimensionais; o desenho CAD; processos de fabricação rápida e materiais.

### **1.5.8 Capítulo 8 Conclusões e perspectivas futuras**

Neste último capítulo, apresentam-se as conclusões finais da investigação e as perspectivas futuras de investigação.

## Capítulo 2

### Do design ao Design Centrado no utilizador

Muitos são os autores que têm vindo a escrever sobre o significado de design, na sua visão epistemológica, design, “designar”, do substantivo, propósito, plano, intenção...ou do verbo, projetar, estimular, configurar.

Flusser vai mais longe e acrescenta que design é uma fraude, “a palavra design ocorre em contexto de astúcia e fraude. O designer é, portanto, um conspirador malicioso que se dedica a engendrar armadilhas” (Flusser, 2007).

Neste sentido parece-nos que o design surge como uma forma de resolver, solucionar problemas a partir de artefactos e ou sistemas que de forma hábil trabalha com o engenho e arte baseadas na observação do homem, para com este solucionar as suas necessidades.

Nesta perspectiva, de certa forma o design acompanhou o homem desde sempre e durante muitos anos convivendo com o conceito das artes tradicionais “artesanato” onde artefactos/ferramentas eram construídos para servir o homem.

Será importante realçar que o artesanato, ao contrário do que por vezes se refere, nem sempre foi unicamente um saber ancestral que passava de pais para filhos, como se de uma tecnologia se tratasse. Por vezes e provavelmente na origem das artes e ofícios, estes serviam para resolver problemas tão específicos como adaptar uma ferramenta de trabalho ao utilizador que dela se servia.

Com o início da revolução industrial, surge o conceito de “design industrial” mais voltado para as questões associadas ao valor,

sobrepondo a lógica da indústria e produção associadas à sua funcionalidade (Burdek, 2006). Uma lógica onde pouco a pouco em nome das ciências, da tecnologia e dos *standards*, se trabalha a produção em grande escala perdendo a ligação à relação particular com o utilizador na sua mais complexa harmonia de arte, ciência e tecnologia. Tal como defendia William Morris na ligação mais directa entre as artes e o produto manufacturado, não pela questão tecnológica em si mas pela relação humana que este adquiria nesta simbiose (Morris, W., 1901).

Parece-nos então importante salientar duas perspectivas de Flusser (2007):

- o facto de design = de-signar, implicando “desenho”/“signo”, com toda a carga cultural da semântica atribuída ao desenho, como forma de expressão/significado, para além da retórica assumida por vezes num contexto em que design é somente projecto.
- por outro lado, esta consciência de que design é uma armadilha não do ponto de vista malicioso propriamente dito, mas como forma de encontrar/resolver as necessidades do utilizador a partir da criação de soluções (produtos ou sistemas) que facilitam uma melhor usabilidade, seja ela de cariz mais tangível (como no caso de uma faca que ajuda a cortar um bife) ou de carácter mais intangível, como o prazer de ter o espremedor de citrinos de Philippe Starck, produzido pela Alessi, figura 1 (Norman, 2008).



Figura 1 - Espremedor de citrinos, Design Philippe Starck, Edição Alessi 1990

Noutra perspectiva apercebemo-nos também que nem sempre reagimos da mesma forma. A nossa interação, empatia ou não com os produtos, vem da experiência que usufruímos por meio da relação que criamos com estes (Schifferstein and Hekkert, 2008).

Por vezes, quando compramos uns sapatos mais económicos apercebemo-nos que apesar de visualmente serem muito semelhantes a boas marcas, o seu desempenho é bem diferente. Ou quando vemos os objectos simpáticos da Alessi (Figura 2), de imediato o compramos sem saber muito bem se o vamos usar, mas como ele é tão divertido não resistimos a fazê-lo.



Figura 2 - Caixa de bolachas, design Stefano Giovannoni, Edição Alessi 1995

Estas abordagens fazem-nos refletir sobre a relação do utilizador com os produtos, seja ela a partir da sua interação para o desempenho de uma ação ou na reconstrução e contextualização de um produto.

Paralelamente, existe um conjunto de situações determinantes na nossa relação com o produto, algumas de influência da própria sociedade, outras reflexo do tipo de abordagem que fazemos aos produtos e do nosso estado de espírito quando nos relacionamos com ele.

Baseado no Design Centrado no Utilizador (UCD), estas e outras abordagens trabalham o design como metodologia em que durante o processo se tem em consideração o utilizador, quer seja numa fase inicial ou em diferentes fases do desenvolvimento do produto, de uma forma mais participativa ou como objecto de observação.

No século passado assistimos à evolução do conceito de design focado de diferentes formas, por vezes apoiado pela evolução das necessidades da sociedade como é visível no modelo de Maslow's

(Zhang and Dong, 2008), ou no modelo de design e sociedade, adaptado de Künthe/Thun (Fuad-Luke, 2002).

Zhang e Dong (2008) redesenham um modelo (Figura 3) que faz uma triologia baseada na hierarquia das necessidades de Maslow's, no modelo de design da IDEO e nos tópicos principais do "modelo de design e sociedade" adaptado, focando três etapas essenciais na história do design versus Human Centered Design (HCD):

- o período focado na função, onde aborda questões mais pragmáticas das necessidades do utilizador, atingindo essencialmente as necessidades fisiológicas ou de segurança;
- o período focado no consumidor, onde o foco se converteu nas relações de usabilidade e estima, manifestando preocupações de tendências de consumo como foco no processo de design;
- finalmente, o período focado no homem/utilizador, onde assistimos a uma nova metodologia em que os factores humanos passam a estar envolvidos em todo o ciclo de vida do design e as necessidades são abordadas pelas mais diversas disciplinas, passando pelas questões da emoção numa perspectiva de se construir produtos inteligentes que permitam uma relação de prazer e desejo por parte do utilizador.



Figura 3 – Modelo conceptual do human-centred design, (Zhang e Dong 2008)

Uma das questões particulares deste modelo, associado também ao modelo “Seven Ages of Men” de Murray Will (Fuad-Luke, 2002), prende-se com a evolução da relação com o produto, um pouco à imagem da história da comunicação em que o processo evolutivo do homem reflete que durante anos este esteve mais preocupado em criar artefactos/formas de controlar a sociedade. Mais tarde evoluiu a partir da comunicação ou da relação com a produção, como forma de poder económico, para pouco a pouco recuperar valores mais próximos na interação, quer seja com o produto ou com o outro numa perspetiva de economia inteligente. Uma aposta que poderá já não passar pelo poder económico, mas mais pela gestão das suas próprias economias recuperando uma relação inicialmente de um para um, para de um para muitos e voltando a um para um.

Nesta abordagem é visível a crescente e importante envolvência do Homem/utilizador, não só como objecto de estudo, mas como parte participativa no processo de design.

Surgiu desta forma a necessidade de estudar a relação do design com o utilizador, não apenas como usufruidor de um serviço, mas essencialmente como elemento integrador durante o processo de design na tomada de consciência das suas próprias necessidades.

Este propósito serviu de arranque à tomada de decisão de centrar as metodologias de trabalho no utilizador à semelhança do UCD (User Centered Design).

Do estado da arte sobre UCD deparamo-nos com um conjunto variado de processos onde o utilizador final é envolvido durante o processo de design (Tait et al., 1988; McKeen et al., 1994), por vezes participando ou influenciando no desenvolvimento do processo, contribuindo para a percepção das suas necessidades a partir do apoio/levantamento de registos ou testes de usabilidade, ou como membro participativo no desenvolvimento do próprio design, quer este seja um produto ou um sistema (Abras et al., 2004).

Com o surgimento do computador de uma forma democrática (acessível a uma maior comunidade), Donald Norman, especialista da área da psicologia, aborda as primeiras questões relacionadas com a interação homem-computador e surge por essa altura o conceito HCI (Human Computer Interface)<sup>1</sup> (Barbosa and Silva, 2010), onde se focam os mecanismos de processamento de informação (Abras et al., 2004), (Norman, D. et al., 1986). Era o início de um conceito onde baseado no utilizador, se desenhavam as linhas orientadoras dos programas de computador, bem como os seus interfaces gráficos, reflectindo uma análise sistemática de testes e métricas (Pan et al., 2007).

---

<sup>1</sup> Alguns autores fazem referência a HCI como "Human Computer Interaction" ou "Human Computer Interface"

Na Figura 4 é possível ver a diferença de ambientes gráficos do sistema operativo Windows e Mac, onde partindo da mesma semântica se exploram sintaxes distintas, a primeira numa lógica de programação enquanto que a segunda aborda uma forma mais próxima da psicologia cognitiva.

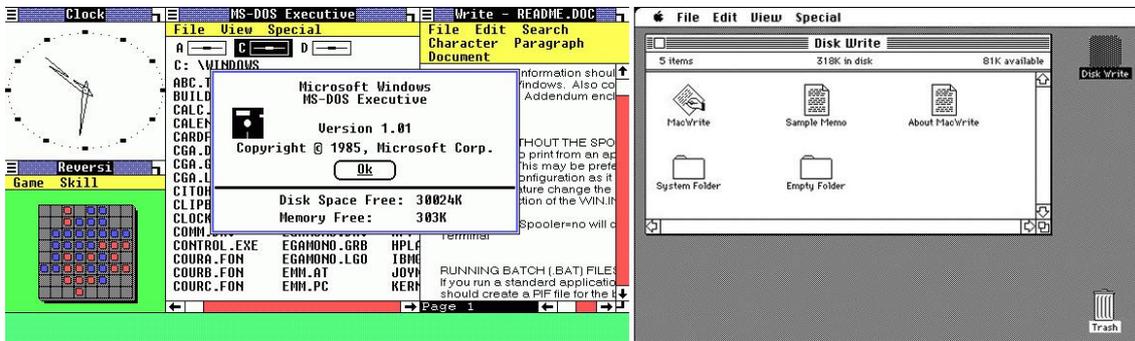


Figura 4 – ambientes gráficos dos sistemas operativos Windows (esquerda) e Mac (direita), 1985. Fonte: Hooper, W. 2007, theoligarch.com

Em 1988 Norman aborda de novo as questões sobre UCD numa perspectiva mais focada nas necessidades e interesses do utilizador, com o intuito de estudar produtos mais usáveis e entendíveis, isto é, uma abordagem onde o utilizador ganhe uma percepção mais facilitada das funções do produto, bem como do modelo conceptual do seu sistema. Um processo onde o utilizador entenda o mapeamento de toda a informação como resultado das intenções e acções necessárias versus as acções e resultados esperados, para uma interpretação da informação tangível versus a capacidade de interpretação do sistema (Zhang and Dong, 2008), (Abrás et al., 2004).

Estas abordagens fazem-nos questionar por um lado, a evolução do design enquanto disciplina associada a uma metodologia, por outro, toda a relação sociológica, cultural e tecnológica que nos empurra para esta perspectiva cada vez mais focada no utilizador.

Do modelo conceptual sobre design centrado no homem de Zhang e Dong (2008), figura 3, podemos perceber o paralelismo existente entre o modelo da hierarquia das necessidades de Maslow's (Maslow, 1968) e a evolução do modelo de design e sociedade de Künthe (Fuad-Luke, 2002). Deste paralelismo, resulta um diálogo cada vez maior com o utilizador, partindo na base de relações de largo espectro, como o design baseado nas funções, para progressivamente se aproximar do consumidor na resposta à usabilidade. Por último, esse dialogo é focado já especificamente na relação de prazer que o produto permite ao utilizador, em particular baseada na interacção, cada vez mais explorada como resultado de uma relação experimental. Segundo Derrik Kerckhove em "Connected intelligence" (Kerckhove, 1997), a interacção faz com que o objecto seja uma continuação do próprio corpo, ou como trabalho háptico de Stahl Stenslie e Kirk Wollford (Providência, 2008) que a explora a partir do *cyber sex* o *Bio-feedback* e da telepresença a partir de um sistema que permite que pessoas em lugares distintos sintam vibrações a partir de um conjunto de dispositivos dispersos por diferentes partes do corpo. No caso a ligação entre utilizadores era feita por via da ligação telefónica, através da qual se sentiria a resposta aos estímulos que se traduzem numa sensibilidade ao tacto apesar das distâncias.

Em *tic tac têxtil* de Ernevi et al. (2005) assistimos também à relação de comunicação entre dois artefactos têxteis onde baseado no tradicional jogo do galo, se potencia a interacção entre dois utilizadores em espaços distintos.

A última década, abre-nos então um conjunto de perspectivas sobre o UCD que vão muito para além da relação com o utilizador como objecto de estudo das suas próprias necessidades, na procura de

resolver as funções que estes possam ter com os objectos como diria Norman (2004) classificando-as em:

- relações/emoções viscerais – onde o utilizador tem uma reacção imediata provocada por uma empatia imediata pelo objecto, independentemente de o perceber;
- função comportamental – associada ao comportamento que o próprio objecto desempenha na sua função;
- e por último, reflexiva – que resulta da relação que o utilizador tem para com o objecto após um acto reflectivo, onde entra em consideração toda a relação cognitiva.

A compreensão deste tipo de reacções/emoções ilustram que o utilizador cria com o objecto uma relação afectiva, estética ou racional, permitindo a partir deste tipo de análise colocar o design dos objectos numa relação de desejo/prazer como diriam Zhang e Dong (2008), no topo do seu modelo conceptual de design centrado no homem. Manifestando-se uma ferramenta essencial do trabalho do designer na aproximação/compreensão das necessidades do utilizador, de modo a produzir objectos mais “amigáveis” onde o utilizador ganha uma percepção mais imediata da apetência do objecto, provocada por uma melhor compreensão da lógica/sistema do mesmo assim como do mapeamento da informação que leva o produto a comunicar com o utilizador.

Quando necessitamos de ilustrar este paradigma, um dos casos mais bem resolvidos por paralelismo é o “Apple Macintosh”. Um dos, senão o primeiro, computador pessoal que desde 1984 trabalha o conceito de interface gráfico, onde toda a lógica de “arrumação da informação” parte do sistema cognitivo associado a uma secretária cheia de pastas e subpastas, como se tratasse de um sistema real, onde se pode guardar e mover a informação de uma forma intuitiva,

tornando-se uma ferramenta facilitadora da usabilidade (Santaella, 1997).

Rapidamente outras empresas de software, viriam a adoptar na génese a metodologia com preocupações ao nível do interface gráfico.

## **2.1 O conceito de Design Centrado no Utilizador (UCD)**

Numa perspectiva genérica, existe uma noção global sobre Design Centrado no Utilizador (UCD), e tal como o nome indica trata-se de uma metodologia de design que foca o seu desenvolvimento no utilizador (Goul et al., 1985). No entanto, quando fazemos uma pesquisa neste termo deparamo-nos com um conjunto variado de opiniões fundadas nas mais diferentes origens.

Até ao final do século XX a relação de UCD centrou-se essencialmente na relação com os computadores ou produtos com interface gráfico. Esta abordagem está relacionada com o facto de que existia uma mais fácil capacidade de análise, uma vez que o utilizador era obrigado a interagir com o computador, o que permitia obter um *feedback* da máquina, o que não acontece com outros objectos não dinâmicos (entenda-se como objectos não dinâmicos aqueles que não reagem a um estímulo).

Por outras palavras assistimos a um maior investimento da indústria e investigação em periféricos (Kangas and Kinnunem, 2005), fossem eles equipamentos ou programas, porque dadas as características de interação permitiam obter não só um *feedback* do utilizador, passível de interpretações ao nível da gestão e utilização de equipamentos com potencial de dados/informações para a indústria, como a

resposta a um conjunto estímulos que fossem conscientes ou inconscientes, através dos quais se permitia fazer a gestão de sistemas de informação permitindo obter dados para um maior desenvolvimento científico e tecnológico.

Do ponto de vista ergonómico e antropométrico assistimos à evolução do conceito de botões, primeiro num ambiente físico, como nos teclados, e posteriormente em ambientes virtuais, como o caso dos telefones "touch screen" (Koskinen et al., 2008), onde o utilizador é levado a teclar num ecrã plano de vidro, figura 5.

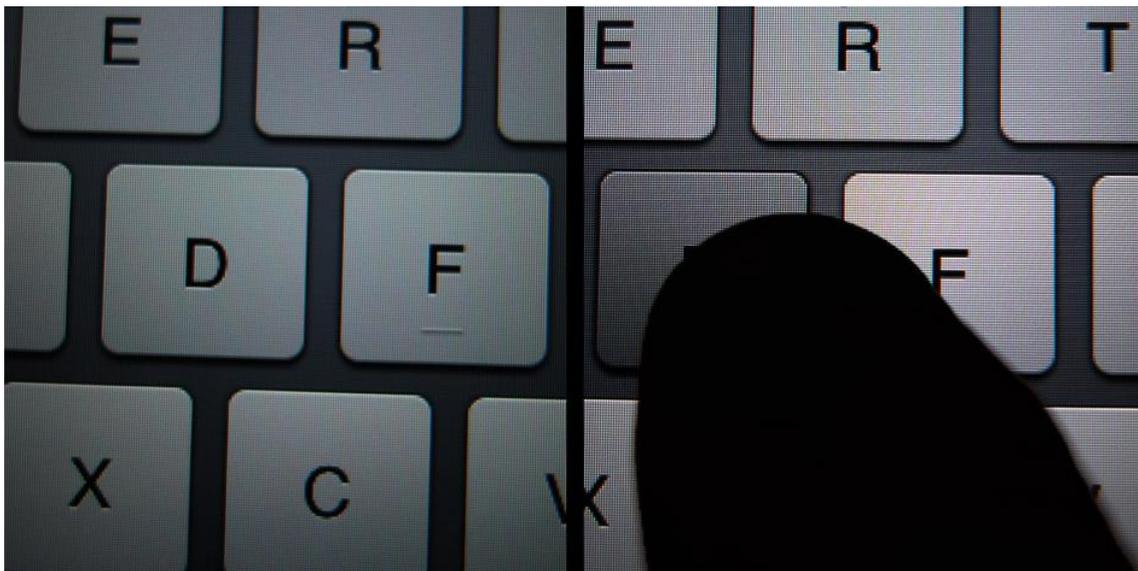


Figura 5 – Ecrã touch screen de iPad com e sem sombra na tecla D.

Neste caso, por exemplo, assistimos à mimetização dos conceitos cognitivos recorrendo quase sempre à relação de memória associada ao que poderia ser um botão, ou seja, numa primeira fase o "On/Off", que corresponde normalmente a que quando o botão está no estado normal (em baixo) este quer dizer que está Off e quando premimos o mesmo, passa a estar em ON (em cima) o que quer dizer que está activo.

Associado a isso no ambiente virtual existem algumas situações que nos levam a perceber melhor o mecanismo, como por exemplo a sombra que o botão projecta quando está nas diversas posições, bem como o ruído e vibração por ele feito quando premido.

Eram dados os primeiros passos no desenvolvimento de aplicações “amigáveis”, interfaces gráficas que numa fase inicial se baseavam no recurso ao paradigma de efeitos visuais, para a partir de estes criar simulações semelhantes a ações do dia-a-dia recorrendo por um lado da relação cognitiva e por outro do valor semiótico, figura 6.



Figura 6 - aplicativo de simulação de vela para nokia. Fonte:

<http://www.youtube.com/watch?v=eKuoWUuk1qE>

Do conhecimento adquirido nesta abordagem bidimensional em ambiente virtual, muitas vezes explorada pela indústria de jogos, vários foram os estudos que exploraram outros tipos de dinâmica, tentando interagir com dimensões tridimensionais quer ao nível do ambiente virtual como na relação com o espaço real.

O mercado está cheio de bons exemplos dos quais a título de referência nos parece importante salientar alguns que no nosso entender muito contribuíram não só para o avanço das tecnologias como também na forma de pensar e conceber baseado nestes novos paradigmas, como o caso da Front Design e Keefe.

Enquanto que em Tóquio, no contexto da "Art Basel Miami/design 05" a empresa de design Sueca "Frontdesign" explorava um conceito de desenho tridimensional em espaço real, figura 7, recorrendo ao mapeamento do percurso da mão com um sistema misto de MOCAP - Motion Capture (Kapur et al., 2005) e um dispositivo *wireless* (rato virtual sem fios), desenho esse que após tratamento em CAD permitiu a sua construção em prototipagem rápida (Providência, 2008), Keefe et al. (2007), criou um software para ilustração tridimensional baseado num sistema stereoscópico em ambiente virtual, onde a partir de um "capacete" e de um dispositivo que o utilizador usa para fazer o registo do movimento, permite criar ilustrações tridimensionais (Figura 8).



Figura 7 - Projeto Front Design, "Sketch Furniture", Japão 2006 Fonte: Providência, 2008

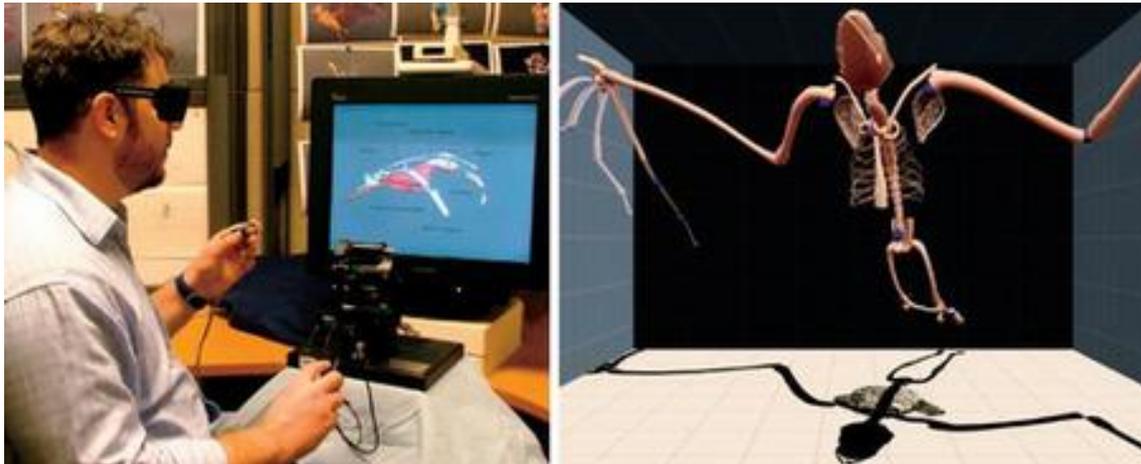


Figura 8 – Sistema estereoscópico de Keefe. Fonte: (Keefe et al., 2007)

O progresso destas abordagens viria a ter um papel preponderante na relação háptica dos objetos, tirando partido da força de pressão exercida no hardware “virtual” como no caso dos dentistas em que o recurso a este tipo de tecnologia é utilizado no treino de novos alunos para que estes ganhem sensibilidade antes de iniciarem exercícios em doentes reais, ou no caso dos cirurgiões não só para ganharem essa sensibilidade como também para fazerem cirurgias virtuais, (Kim and Park, 2006), (Keefe et al., 2007).

Paralelamente na indústria e em particular no ramo automóvel, vários estudos eram feitos cada vez com mais rigor, determinados por novas normativas que recorrendo a tecnologias mais exigentes, enquadravam a segurança e bem estar dos utentes. Na indústria trabalhava-se a segurança no trabalho a partir do treino em ambiente virtual com base em simuladores, apostando-se essencialmente nos objectos associados ao trabalho e lazer.

Como já foi exposto, assistimos a vários estudos que partiram essencialmente das áreas da psicologia, como Norman refere nos vários livros em que aborda as questões associadas à emoção, numa primeira fase com a aproximação à ergonomia e antropometria para

pouco a pouco se aproximar mais das ciências humanas e neurociências recorrendo ao valor das ciências cognitivas na reconstrução da informação.

Com Damásio (1999), assistimos ao mapeamento de zonas cerebrais e o reconhecimento de que quando algumas de estas áreas são afetadas não se consegue ter emoções, como é o caso dos estudos de Gage e Elliot abordados por Damásio (1999).

Surgem trabalhos como o de "Miguel Nicolelis" num exercício em macacos, onde tendo percebido qual era o sistema de transmissão do sistema nervoso do macaco, introduziu um "chip" no cérebro do macaco, para a partir de este conseguir retirar um conjunto de "out puts" que lhe permitiram manipular um braço artificial. No caso, o macaco foi treinado a utilizar este seu terceiro braço (artificial), utilizando-o passado algum tempo para chegar os alimentos à boca, deixando em parte de utilizar os seus braços naturais (Nicolelis, 2003).

Enquanto este processo evoluía, no Berlin Brain Center davam-se os primeiros passos no controlo de ondas cerebrais para controlo de funções onde podemos ver um conjunto de tetraplégicos a controlar um jogo de computador só com base no seu raciocínio (Krepki et al., 2007).

Mais recentemente ainda assistimos à utilização do recurso a imagens de ressonância magnética funcional (IRMF) para tentar perceber na realidade qual a resposta do cérebro a determinados estímulos (Sack et al., 2007).

No domínio da música casos como Sacks (2007), fazem a partir do registo de IRMF o mapeamento e reação a estímulos musicais baseado em Beethoven e Bach, articulando a relação que o utilizador estabelece não só por via do fluxo de informação em diferentes

partes do cérebro como a relação com o espaço cognitivo na construção de uma consciência emocional (Figura 9). As IRMF são visualizadas num ecrã de computador permitindo assim analisar de que forma o cérebro reage a estes estímulos. Pode visualizar-se uma massa de informação (uma mancha de cor) que se desloca para as diferentes partes do cérebro que têm vindo a ser estudadas e mapeadas pelos cientistas nas áreas das neurociências permitindo eventualmente associar estas respostas aos estímulos como sendo mais racionais ou emotivas, mais associadas a um determinado tipo de memória entre outras funções passíveis de estudo (Sacks, 2007).



Figura 9 - Reações do cérebro de Oliver Sacks durante o exame de IRMF

Todas estas abordagens de uma forma mais ou menos consciente refletem a preocupação de entender o utilizador, sejam elas do foro das artes, saúde, ciências ou engenharias. Expõem a necessidade de uma abordagem holística onde a percepção não se reduza a uma visão singular ou demasiado restrita mas ao resultado da interacção e uma visão integradora.

O design de produto, na sua abordagem centrada no utilizador, aporta uma metodologia que também ela não se limita à resolução de problemas técnicos, mas sim à percepção e contributo de cada um dos intervenientes na resolução pluridisciplinar do problema.

À luz do design, a relação emocional nasce da interação do utilizador para com o produto ou serviço, uma vez que à luz da psicologia, como refere Norman nos seus trabalhos, qualquer produto é susceptível de produzir estímulos que despoletam emoções. Dentro do design centrado no utilizador assistimos a um conjunto de ramificações que exploram a participação do utilizador (participatory design, inclusive design, emphatic design, product experience,...) (Newell et al., 2007), (Veryzer, 2005).

De facto, o que se estuda de uma forma mais ou menos intuitiva, com mais ou menos participação do utilizador é a relação que este tem com o produto. Desmet (2007), um dos especialistas em “product experience”, fala sobre mecanismos para avaliar a experiência que o utilizador tem para com o produto e utiliza um conjunto de ferramentas emocionais, que normalmente estão associadas à análise psicofísica com a referência ao desconforto. Como por exemplo a escala de Borg (Borg, 1998), que durante um intervalo de tempo relaciona um conjunto de questões com o utilizador para perceber o seu grau de desconforto a partir da alteração de humor perceptível a partir da expressão facial entre outras técnicas, que de forma mais ou menos tangível, por vezes com base em avaliação quantitativa ou qualitativa permitem fazer uma interpretação da reação do utilizador a um conjunto de estímulos.

Mais recentemente, à luz das neurociências vieram a ser introduzidas alterações na abordagem ao UCD através do conhecimento de informações que poderiam ser usadas no desenvolvimento de novos produtos. Informações estas, que dizem respeito à relação de

conforto ou desconforto do utilizador numa dada situação ou no uso de um produto.

Tínhamos encontrado deste modo o elemento estruturante de todo o trabalho, que se traduz em três áreas:

- as questões de interface associadas ao design, que vinham a ser exploradas desde de os finais do século passado;
- o foco no utilizador como tendência cada vez mais actual;
- a necessidade de criar uma metodologia onde, baseado no utilizador, conseguíssemos fazer a ponte entre o design, a ciência e a tecnologia, de forma a encontrar mecanismos que resolvessem uma parte das necessidades deste.

Paralelamente o conhecimento sobre as tecnologias de fabricação rápida e personalização surgiam como uma possível tecnologia que poderia vir a solucionar a relação com o utilizador em particular.

## Capítulo 3

### Pessoas Com Necessidades Especiais

Numa abordagem de Design Centrado no Utilizador, Pessoas com Necessidades Especiais (People with special needs - PSN), são utilizadores que por terem particularidades específicas devem ser considerados durante o processo de Design. Neste caso em particular, mais do que como fonte de observação ou objecto de questionários/testes, são uma fonte de informação dinâmica que deve ser considerada no processo de design de forma a produzir objectos que resolvam em especial as suas necessidades (Providência and Ciurana, 2010).

De entre as pessoas com necessidades especiais (PSN), incluem-se as pessoas que, quer de uma forma consciente quer de forma inconsciente, possuem limitação das suas capacidades motoras. Estas limitações podem ser derivadas de deficiências físicas ou motoras, ou ainda resultantes de situações pós-cirúrgicas. No caso das pessoas que têm deficiências físicas, ou que por acidentes passaram a ver as suas capacidades motoras limitadas, essa limitação da capacidade motora é consciente, mas no caso dos pacientes que em situações de anestesia pós-cirúrgica perdem sensibilidade essa limitação é inconsciente. Em ambos os casos as pessoas em questão não têm autonomia de movimentos (Providência et al., 2010).

### 3.1 Úlceras de pressão

Segundo Reddy et al. (2006), grande parte das PSN sofrem de problemas relacionados com o contacto de determinadas áreas do corpo com as superfícies de apoio. Provocado pela sua falta de autonomia na capacidade de movimentação, estas áreas são objecto de uma pressão excessiva na pele que restringe a circulação sanguínea, dando origem ao surgimento de úlceras de pressão (UPs).

Silva (1998), num estudo sobre as escalas de risco de Norton, Gosnell, Waterlow e Braden, conclui que a escala de Braden é a que melhor está definida operacionalmente como ferramenta de apoio à percepção das úlceras de pressão.

A escala de risco de Braden (Figura 10) baseia-se numa avaliação dividida em 6 subclasses: Grau de percepção sensorial; Humidade; Actividade física; Nutrição; Mobilidade; Fricção e Cisalhamento. O grau de risco dado pela escala varia de 6 a 23, em que por exemplo valores acima dos 17 / 18 são já considerados críticos em idosos e valores abaixo dos 16 em pacientes hospitalizados são considerados de risco para aquisição de úlcera (Pires et al., 2006).

<p><b>Percepção sensorial:</b> Capacidade de reagir significativamente à pressão relacionada ao desconforto</p>	<p><b>1. Totalmente limitado:</b> Não reage (não geme, não se segura a nada, não se esquia) a estímulo doloroso, devido ao nível de consciência diminuído ou devido a sedação ou capacidade limitada de sentir dor na maior parte do corpo</p>	<p><b>2. Muito limitado:</b> Somente reage a estímulo doloroso. Não é capaz de comunicar desconforto exceto através de gemido ou agitação. Ou possui alguma deficiência sensorial que limita a capacidade de sentir dor ou desconforto em mais de metade do corpo</p>	<p><b>3. Levemente limitado:</b> Responde a comando verbal, mas nem sempre e capaz de comunicar o desconforto ou expressar necessidade de ser mudado de posição ou tem um certo grau de deficiência sensorial que limita a capacidade de sentir dor ou desconforto em 1 ou 2 extremidades</p>	<p><b>4. Nenhuma limitação:</b> Responde a comandos verbais: Não tem défice sensorial que limitaria a capacidade de sentir ou verbalizar dor ou desconforto</p>
<p><b>Umidade:</b> Nível ao qual a pele é exposta a umidade</p>	<p><b>1. Completamente molhada:</b> A pele é mantida molhada quase constantemente por transpiração, urina, etc. Umidade é detestada às movimentações do paciente</p>	<p><b>2. Muito molhada:</b> A pele está frequentemente, mas nem sempre molhada. A roupa de cama deve ser trocada pelo menos uma vez por turno</p>	<p><b>3. Ocasionalmente molhada:</b> A pele fica ocasionalmente molhada requerendo uma troca extra de roupa de cama por dia</p>	<p><b>4. Raramente molhada:</b> A pele geralmente está seca, a troca de roupa de cama é necessária somente nos intervalos de rotina</p>
<p><b>Atividade:</b> Grau de atividade física</p>	<p><b>1. Acamado:</b> Confinado à cama</p>	<p><b>2. Confinado à cadeira:</b> Capacidade de andar está severamente limitada ou nula. Não é capaz de sustentar o próprio corpo ou extremidades mas é</p>	<p><b>3 Levemente limitado:</b> Faz frequentemente, embora pequenas, mudanças na posição do corpo ou extremidades sem ajuda</p>	<p><b>4. Não apresenta limitações:</b> Faz importantes e frequentes mudanças de posição sem auxílio</p>

		incapaz de fazer mudanças frequentes ou significantes sozinho		
<b>Mobilidade:</b> Capacidade de mudar e controlar posição do corpo	<b>1. Totalmente imóvel:</b> Não faz nem mesmo pequenas mudanças na posição do corpo ou extremidades sem ajuda	<b>2. Bastante limitado:</b> Faz pequenas mudanças ocasionais na posição do corpo ou extremidades mas é incapaz de fazer mudanças frequentes ou significantes sozinho.	<b>3. Levemente limitado:</b> Faz frequentemente, embora pequenas, mudanças na posição do corpo ou extremidades sem ajuda	<b>4. Não apresenta limitações:</b> Faz importantes e frequentes mudanças de posição sem auxílio
<b>Nutrição:</b> Padrão usual de consumo alimentar	<b>1. Muito pobre:</b> Nunca come uma refeição completa. Raramente come mais de 1/3 do alimento oferecido. Come 2 porções ou menos de proteína (carne ou laticínios) por dia. Ingere pouco líquido. Ou é mantido em jejum e/ou mantido com dieta líquida ou IVs por mais de cinco dias	<b>2. Provavelmente inadequado:</b> Raramente come uma refeição completa e geralmente come cerca de metade do alimento oferecido. Ingestão de proteína inclui somente 3 porções de carne ou laticínios por dia. Ocasionalmente aceitará um suplemento alimentar. Ou recebe abaixo da quantidade satisfatória de dieta líquida ou alimentação por sonda	<b>3. Adequado:</b> Come mais de metade da maioria das refeições. Come um total de 4 porções de alimento rico em proteínas (carne ou latíssimo) todo o dia. Ocasionalmente recusará uma refeição, mas geralmente aceitará um complemento oferecido Ou é alimentado por sonda ou regime nutrição Parental Total o qual provavelmente satisfaz a maior parte das necessidades nutricionais.	<b>4. Excelente:</b> Come a maior parte de cada refeição. Nunca recusa uma refeição. Geralmente Ingere um total de 4 ou mais porções de carne e laticínios. Ocasionalmente come entre as refeições. Não requer suplemento alimentar.
<b>Fricção e Cisalhamento</b>	<b>1. Problema</b> Requer assistência moderada e máxima para se mover. É impossível levantá-lo ou erguê-lo completamente sem que haja atrito de pele com o lençol. Frequentemente escorrega na cama ou cadeira, necessitando frequentemente ajustes de posição com máximo de assistência. Espasclividade, contratura ou agitação leva a quase constante fricção	<b>2. Problema em potência:</b> Move-se mas sem vigor ou requer mínima assistência. Durante o movimento provavelmente ocorrer um certo atrito de pele com o lençol, cadeira ou outros. Na maior parte do tempo mantém posição relativamente boa na cama ou cadeira mas ocasionalmente escorrega	<b>3. Nenhum problema:</b> Move-se sozinho na cama ou cadeira e tem suficiente força muscular para erguer-se completamente durante o movimento. Sempre mantém boa posição na cama ou na cadeira	

Figura 10 – Escala adaptada de Braden para língua portuguesa in Silva (1998)

As UPs são causadas por factores extrínsecos e intrínsecos. Os factores intrínsecos são os factores de risco associados à condição de saúde do indivíduo, como por exemplo a incontinência, obesidade ou incapacidade de se movimentar. No entanto, as principais causas de aparecimento de UPs são de natureza extrínseca. Os factores extrínsecos mais relevantes são a pressão, humidade, fricção e cisalhamento. Dos quatro, o principal factor que contribui para o aparecimento da UP é a pressão, e os efeitos patológicos sobre a pele podem ser atribuídos à sua intensidade, duração assim como à tolerância da pele ao efeito desta pressão (Gorecki et al., 2009; Vanderwee et al., 2008).

De acordo com Blanes et al. (2004), as UPs resultam do aumento da pressão externa, e, são geralmente localizadas sobre proeminências ósseas. São feridas cutâneas das partes moles, de origem isquêmica, e que podem variar de intensidade, podendo ser superficiais ou profundas.

As úlceras de pressão classificam-se geralmente por avaliação visual do nível de dano nos tecidos, em graus que vão de I a IV, sendo o grau IV o nível mais elevado (Bates-Jensen et al., 2008), conforme se ilustra na figura 11.

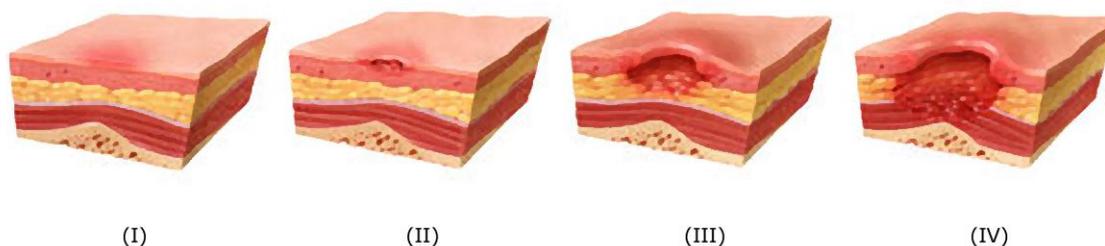


Figura 11 – Progressão das úlceras de pressão. Fonte: *Brian Evans* ([www.acphospitalist.org](http://www.acphospitalist.org))

Segundo a NPUAP (2009) os níveis de lesão das UPs definem-se da seguinte forma:

Grau I: Eritema de pele intacta normalmente localizado sobre uma proeminência óssea e que não perde o rubor após cessação da pressão. No caso de indivíduos com pele de pigmentação escura podem ser também indicadores de lesão de grau I: a descoloração ou alteração de cor da pele em redor; a temperatura superficial; a existência de edema e o endurecimento da pele, sendo difícil a identificação deste tipo de lesão neste grupo.

Grau II: É caracterizado por uma perda parcial da espessura da derme. A lesão apresenta-se como uma ferida superficial,

cl clinicamente como uma abrasão vermelho/rosa, uma bolha ou uma cratera rasa, brilhante ou seca, sem crosta ou equimose.

Grau III: Perda total da espessura tecidual, podendo ser visível o tecido adiposo subcutâneo, mas não estando expostos os ossos, tendões ou músculos. Pode incluir lesão cavitária e encapsulamento. A profundidade de uma úlcera de grau III varia com a localização anatômica da mesma.

Grau IV: Perda total da espessura dos tecidos com exposição óssea, dos tendões ou músculos, podendo estar presente tecido desvitalizado e ou tecido necrótico. Este tipo de lesões apresenta frequentemente cavidades e fistulas. Do mesmo modo que nas úlceras de grau III a profundidade de uma úlcera de pressão de grau IV varia com a localização anatômica.

Na sua revisão da literatura McInnes et al. (2011) referem que 58% das UPs na Europa são de grau II ou superiores, sendo que uma UP de grau II é considerada como sendo uma lesão por pressão grave, requerendo tratamento específico. Segundo o mesmo estudo as UP de grau II devem-se mais a fricção, enquanto que as de graus III e IV ocorrem devido a pressão e forças de cisalhamento.

Martins, et al. (1996), relacionam o aparecimento das úlceras isquémicas com a intensidade da pressão e a duração desta, demonstrando que a úlcera surge quando uma área sofre uma pressão de 500 mmHg por 2 horas ou 150 mmHg por um período de 10 horas.

As UPs assim como o seu tratamento afectam profundamente a qualidade de vida dos pacientes, não só pelo incómodo e dores que provocam, mas pelo facto de também interferirem na vida pessoal e social dos indivíduos e no seu bem-estar psicológico (Gorecki et al., 2009).

Segundo Reddy et al. (2006) o impacto económico do tratamento das UPs é muito significativo, o que segundo os autores justifica abordagens preventivas muito focadas em grupos alvo, que na sua opinião serão certamente menos onerosos do que o tratamento de UPs.

Segundo Vanderwee et al. (2008), medidas eficazes de prevenção de úlceras de pressão são medidas que procurem reduzir a intensidade e/ou duração da pressão bem como das forças de cisalhamento, figura 12.

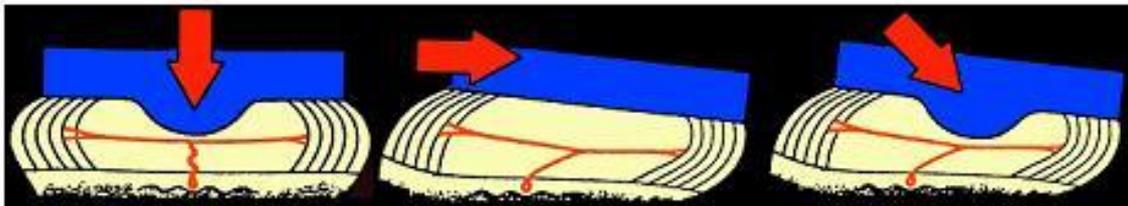


Figura 12 - Desenvolvimento de úlcera de pressão, por ação das forças de pressão e cisalhamento. Fonte: <http://forumenfermagem.org>, 12. 11.2010

Uma das práticas mais comuns de prevenção é reduzir a duração da pressão alternando a área sob pressão, reposicionando o paciente a cada 2 horas, ou a cada 4 horas caso se utilizem superfícies de suporte apropriadas para redistribuir a pressão (Krapfl and Mikel, 2008). Por superfícies de suporte especializadas entendem-se superfícies, como sejam colchões ou almofadas, que permitem reduzir ou aliviar a pressão que o peso do paciente exerce sobre a pele e tecidos subcutâneos conforme estes são comprimidos contra a superfície da cama ou do assento da cadeira, (Reddy et al., 2006).

Numa abordagem fisiopatológica as úlceras de pressão são o resultado da obstrução do fluxo sanguíneo, provocadas por uma pressão constante do tecido, normalmente mais recorrente em zonas

de menor massa muscular e maior predominância óssea como o caso da zona do ísquio, figura 13.

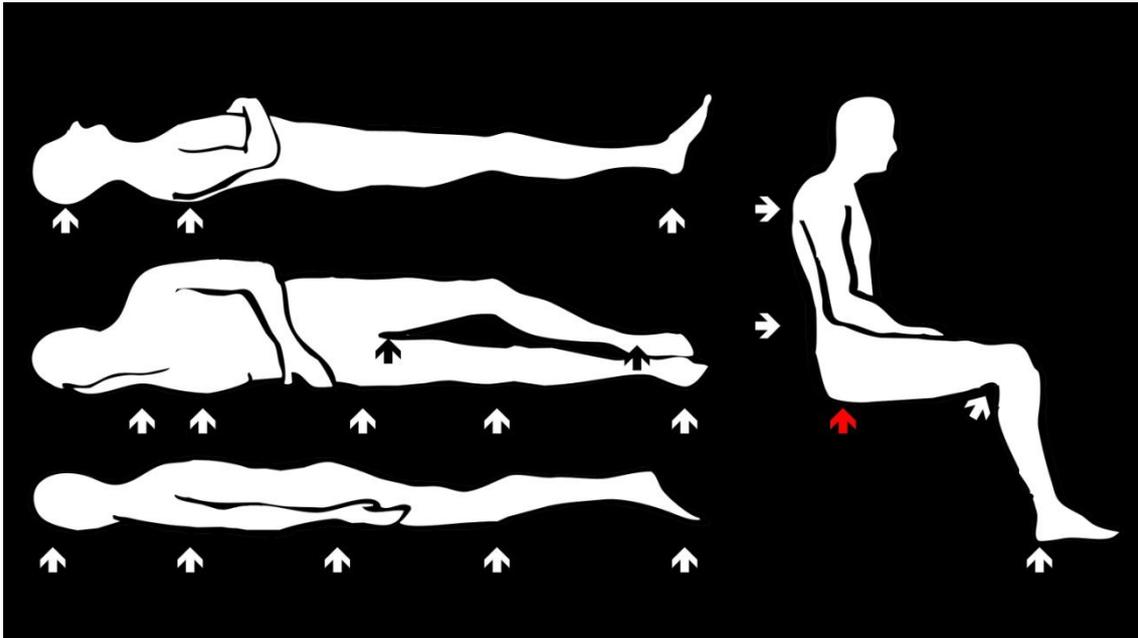


Figura 13 – Zonas críticas para o desenvolvimento de úlceras de pressão. A vermelha está representada a pressão na zona do ísquio.

### 3.2 Conforto

Numa abordagem ao desconforto emocional, Shen and Parsons (1997), Kyung and Nussbaum (2008) e Vink and Looze (2008) estudaram o conforto/desconforto relacionado com o produto e sua interacção. O conforto é mais estreitamente relacionado com as experiências emocionais e as expectativas, onde a interacção com o produto depende de factores ambientais e psicológicos. Tal é o caso de uma sala vermelha poder parecer mais quente do que uma sala preta, ou uma cadeira de vidro transmitir menos segurança e menos solidez que uma cadeira de ferro com características de forma semelhantes.

O desconforto por sua vez está mais estreitamente relacionado com aspectos físicos, como pressão e características físicas (temperatura e humidade).

Da literatura concluímos que o desconforto é o aspecto mais considerado, pois é o mais fácil de medir, porque sendo mais tangível é mais perceptível no seu contexto e relaciona aspectos físicos mensuráveis entre o utilizador e o objecto (Vink and Looze, 2008). Sobre a análise do desconforto, encontramos inúmeras abordagens, nomeadamente ao desconforto fisiológico, onde é possível medir ao perceber a alteração do comportamento do corpo a partir da sua “disfunção” por exemplo quando aumenta a temperatura do corpo, quando a nossa pele altera o seu comportamento por reação a um qualquer produto, ou quando por exemplo por fazermos uma determinada pressão sobre uma parte do corpo esta acaba por ficar “pisada” devido ao estrangulamento da circulação sanguínea.

Existe também desconforto psíquico provocado pela associação à memória numa relação cognitiva que faz despertar medo baseado em alguma má experiência de vida.

O conforto sendo um aspecto subjectivo e mais complexo, depende de um contexto psicológico.

De acordo com Vink and Looze (2008), todas as pessoas têm a sua opinião sobre o conforto de um produto, e uma vez que a variabilidade das emoções está sempre presente, a probabilidade de mudança da sua opinião sobre o produto é real. Isso quer dizer que se cada pessoa tem um relacionamento diferente com o conforto do produto, não será certamente fácil validar um padrão para determinar qual o melhor produto ou quais as características de conforto a considerar para esse mesmo produto.

Isso permite-nos afirmar que os problemas de desconforto são o caminho para, de uma forma objectiva e mensurável, conectar a interacção dos utilizadores com o produto visando reduzir o desconforto. Se para além das questões considerarmos também os custos associados ao tratamento deste tipo de patologias, tendo como referência os valores médios citados na literatura, percebemos que qualquer solução de concepção de produtos preventivos permite um ganho não só económico como físico e emocional.

Pessoas que têm tendência a desenvolver úlceras de pressão geralmente não têm a oportunidade de recorrer a técnicos e/ou dispositivos que as ajudem a minimizar ou prevenir o aparecimento deste tipo de patologias.

### **3.3 Outras abordagens a considerar no estudo**

Existem também outro tipo de utilizadores que se vêm condicionados a utilizar próteses, sejam elas internas, como no caso das cirurgias onde por questões de saúde se tem de substituir um osso por uma prótese similar, ou os que por deficiências físicas se vêm condicionados a ter de utilizar próteses exteriores.

No segundo caso é corrente ocorrerem patologias de ordem fisiológica, relacionadas com a pele, provocadas pela fricção e contacto com as próteses dando origem a alergias. Estas são normalmente provocadas pelos materiais e substâncias que se introduzem entre a prótese e a parte do corpo afetada (Highsmith and Highsmith, 2007).

Existe ainda outro tipo de patologias relacionadas com a respiração da pele que resultam normalmente na criação de suor e sua acumulação à superfície da pele, provocando para além do

desconforto físico, zonas passíveis de desenvolvimento de fungos (Figura 14) que por sua vez originam doenças (Huff et al., 2008).



Figura 14 - Eritema em paciente portador de próteses. Fonte: Highsmith and Highsmith, 2007

Neste tipo de utilizadores, as questões estéticas, como a aparência visual, têm vindo a ser objecto de estudo, devido à relação de desconforto psicológico, seja ela derivada de uma má formação física, provocada pela perda ou deficiência de algum membro, ou pela perda de massa muscular.

Um contributo importante nesta área é o da reconstrução estética, que tem vindo a ter uma abordagem crescente, com a construção de próteses que permitem recuperar uma aparência visual cada vez mais próxima do real.

A figura 15 ilustra alguns casos deste tipo de dispositivos onde é possível ver o tratamento de superfícies ou as volumetrias para uma melhor aproximação ao real.

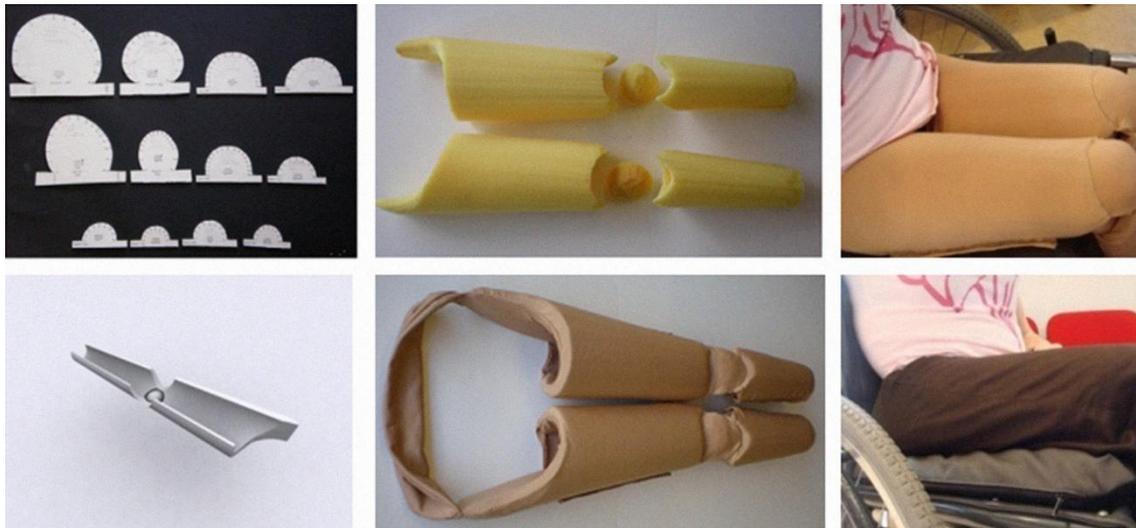


Figura 15 – Processo de criação de dispositivos para enchimento de volume da perna de forma a corrigir assimetrias de atrofia da perna.

No caso da reconstrução física de partes do corpo, atualmente desenvolvem-se produtos com recurso à utilização de mimetismo da pele, como se ilustra na figura 16.



Figura 16 – Processo de criação de próteses a partir da digitalização 3D em Silicóne. Fonte: touchbionics ([www.touchbionics.com](http://www.touchbionics.com))

### 3.4 Conclusão

O ato de sentar é uma bom exemplo de entender as necessidades de design centrado no utilizador em conexão com o produto final e tem sido objeto de um grande número de estudos de investigação. Pequenos e grandes estudos têm explorado a relação entre o nível de pressão e o conforto percebido ou desconforto de uma pessoa na sua relação com o assento (Schifferstein and Hekkert, 2008).

No presente estudo focámo-nos em utilizadores que de alguma forma, quer por má formações ou por circunstâncias da vida, vivem ou passaram a viver condicionados a terem que estar grande parte do seu tempo sentados, seja numa cadeira de rodas ou em outra qualquer cadeira, o que frequentemente causa úlceras de pressão.

Dos vários estudos que foram realizados, podemos identificar três tipos de abordagens a considerar durante o projeto, na relação entre as pessoas com necessidades especiais e a melhoria da sua qualidade de vida, seja a partir de uma melhor conceção ou aperfeiçoamento de produtos existentes, seja na construção de modelos que permitam estabelecer uma melhor relação entre utilizador e técnicos auxiliares (de saúde ou outros):

- a caracterização da relação com as úlceras de pressão na ligação das pessoas com necessidades especiais e as superfícies de apoio como as bases de assento;
- as características dos materiais de contacto com o corpo, nomeadamente ao nível das reações ou respiração do corpo, causadoras de um conjunto de alergias bem como de soros que propiciam o surgimento de úlceras;
- por último, as questões associadas à reconstrução física derivada de atrofias ou necessidade de utilização de próteses.

## Capítulo 4

### Dados psicofísicos

Tal como foi já exposto no capítulo anterior, vários estudos têm vindo a ser realizados na perspectiva de perceber o conforto/desconforto associado aos produtos, numa abordagem ao design emocional. Embora todos tenhamos uma ideia do que se fala quando dizemos conforto, na realidade quando tentamos perceber efectivamente do que se trata, tudo se torna mais complicado, isto porque o conforto está mais relacionado com a parte emocional, sendo um campo mais intangível, enquanto o desconforto aborda questões mais pragmáticas como aspectos físicos (Vink and Looze, 2008).

Neste capítulo abordaremos um conjunto de ferramentas psicofísicas, abordadas na perspectiva de apoio a metodologias de design, como o caso do design centrado no utilizador, em que é tomada em consideração a avaliação das ferramentas no desenvolvimento de novos produtos, ou em áreas afins como o caso das áreas da ortopedia nas ciências da saúde e desporto. Este conjunto de tecnologias apoiam o desenvolvimento de produtos que permitam corrigir e melhorar a qualidade de vida dos pacientes, tanto ao nível psicofísico como ao nível da psicologia emocional.

Recorreu-se a um conjunto de tecnologias psicofísicas que vinham a ser aplicadas em diferente áreas, onde as experiências publicadas por equipas de especialistas em muito contribuíram para a selecção das tecnologias adoptadas.

As tecnologias que serão apresentadas têm enfoque em três áreas específicas:

- a pressão do corpo e a sua duração, permitem um registo em

mapas de pressão, permitindo avaliar uma das causas das úlceras de pressão;

- o movimento, que nos permite perceber a relação entre o corpo e a pressão, ou ainda correlacionar este com períodos de tempo;
- as escalas de humor, que permitem avaliar a relação do estado emocional face a determinados estímulos, como por exemplo estar sentado por um longo período de tempo.

Sobre a pressão, uma das áreas que tem vindo a ser estudada desde os finais do séc. XIX é a da pressão sobre a planta do pé, no entanto sistemas comerciais para a quantificação dessa pressão surgem apenas por volta de 1980. A força, expressa pela força da reacção, tem vindo a ser considerada em vários estudos da biomecânica nomeadamente em atletas desportivos (Mann et al., 2008).

Na área da medicina os casos mais interessantes focam-se em particular em estudos feitos sobre pé diabético, onde a neuropatia (perda de sensibilidade), a má circulação sanguínea, e ainda a deformação óssea, levam ao surgimento de úlceras de pressão (UPs). A falta de sensibilidade do pé e de percepção visual provocada pela cegueira ou pela obesidade, causas normais na evolução do diabetes, levam por seu lado o paciente a não ganhar consciência do estado crítico em que se encontra, sendo necessário por vezes recorrer à amputação de um membro, situação que afecta 15% dos diabéticos em todo o mundo e que causa uma amputação a cada 30 segundos (Carvalho, R., 2007), (Correia and Santos, 2009).

O sistema de medição "Body Pressure Measurement System" (BPMS) é um sistema baseado numa matriz flexível de sensores piezoresistivos (Wilson and Bush, 2007).

Este sistema, ilustrado na figura 17, a partir do registo de um mapa

de pressões sincronizado a partir da conexão com outros sistemas, permite fazer a monitorização de pacientes para, a partir dos dados recolhidos, estudar questões como pressão, movimento, exposição, tempo e postura. Os sistemas de pressão recolhem normalmente informações quantitativas baseados na interacção do utilizador com a superfície que permitir uma leitura rápida da região de pressão. A região de pressão é mostrada como valores numéricos expressos em mmHg, ou gráficos em duas ou três dimensões.

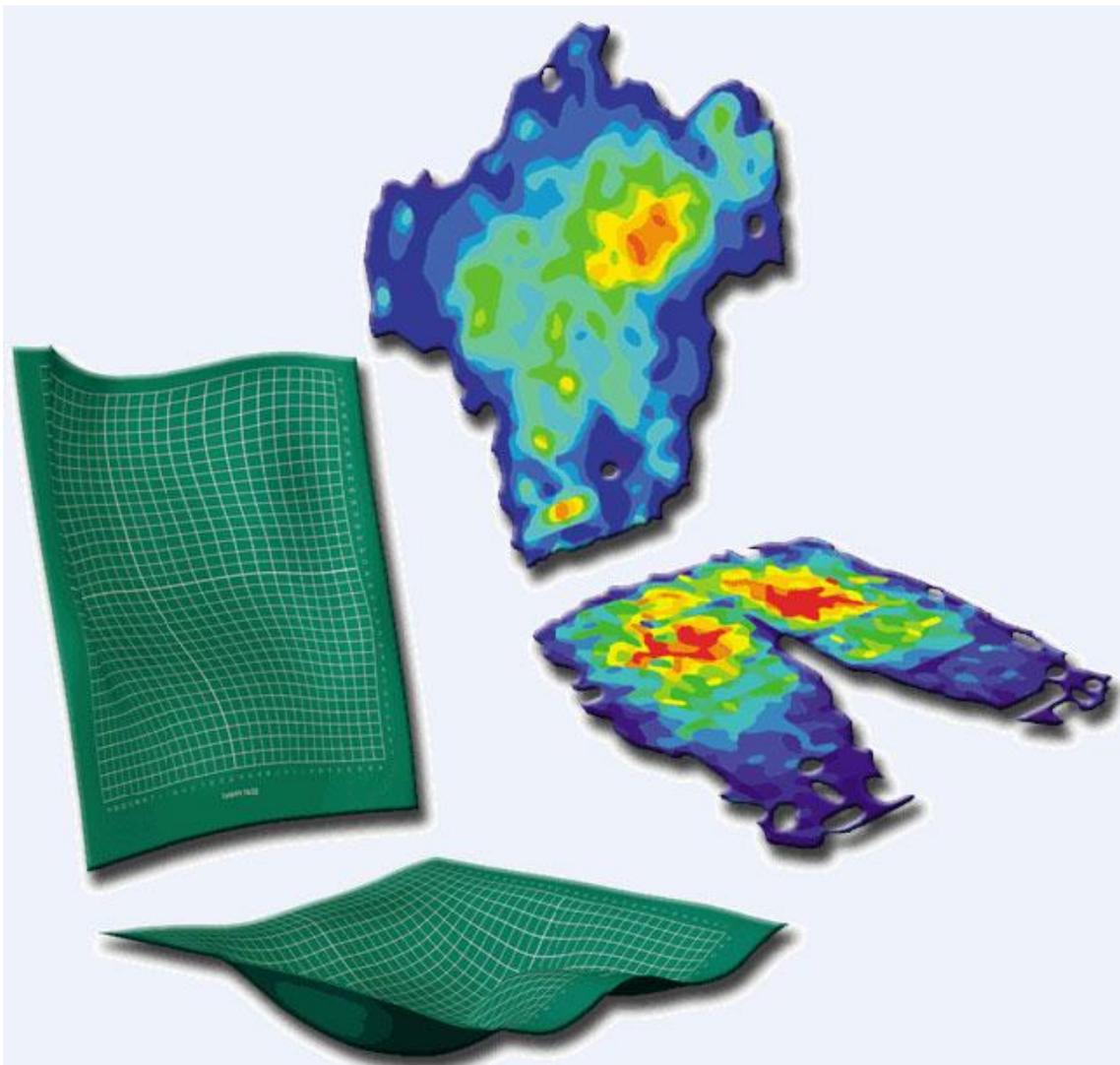


Figura 17 – Sistema BPMS. Fonte: Teckscan.com

Uma das tecnologias que trabalha a pressão exercida pelo corpo, referida como sendo um sistema fácil de manusear embora com

resultados mais trabalhosos de processar é o sistema F-Scan® da Tekscan® (Tekscan, Inc. USA). O sistema é composto por um conjunto de 960 pontos sensíveis localizados sobre um filme, impresso numa camada com uma grelha de linhas e colunas formando um mapa de células de pressão nos pontos de cruzamento entre as linhas e as colunas. O valor da resistência de cada sensor é inverso ao da força aplicada sobre o mesmo, permitindo a partir da medição de cada um dos pontos obter a distribuição total no mapa. (Mann et al., 2008).

Um exemplo da aplicação deste sistema é o utilizado por Mann na obtenção da força de reacção pela palma do pé. Neste estudo é utilizado um sistema de impressão de camada múltipla para a conexão às extremidades e aos circuitos eléctricos, permitindo criar uma palmilha ligada a uma unidade colocada no tornozelo, através de circuitos electrónicos (Figura 18). Esta unidade faz a leitura do varrimento dos vários sensores por via analógica e transforma a informação em sinais digitais que através de circuitos electrónicos e um cabo coaxial ligados a uma placa de computador transferem a informação para a memória deste. (Mann et al., 2008)



Figura 18 – Sistema F-Scan® para aplicação no tornozelo, (Mann et al., 2008)

Estas tecnologias têm também aplicação em casos como o projecto Walkinsense (Carvalho, R., 2007), em que foi desenvolvido um dispositivo médico electrónico com capacidade de recolher informações qualitativas e quantitativas, resultado da pressão plantar dinâmica baseada na monitorização da marcha, permitindo a partir

de um conjunto de relatórios, fazer a comparação e avaliação de casos clínicos por equipas multidisciplinares a partir de técnicos especializados de saúde (Figura 19). O equipamento pode ser aplicado em situações clínicas, como ortopedia, neurologia, cardiologia, podologia e reabilitação, bem como em situações desportivas.



Figura 19 – Unidade de aquisição e tratamento de dados de pressão,

Projeto WalkinSense. Fonte: [www.cienciahoje.pt](http://www.cienciahoje.pt)

Um outro caso recente é o aumento de interesse por estudos relacionados com lesões não-traumáticas específicas em ciclistas, como por exemplo dores da pélvis, *disfunção erétil* e impotência ou problemas de pele na virilha, que referem que estas podem ser provocadas por uma excessiva força exercida sobre o selim (Wilson and Bush, 2007). Neste estudo, que relaciona o movimento durante o ciclo de pedalada permitindo cruzar dados sobre as forças exercidas, o movimento e o ângulo da pedaleira, Wilson and Bush introduzem uma outra tecnologia associada ao estudo do movimento com base

na captura de vídeo, o Motion Capture (MOCAP), (Wilson and Bush, 2007).

MOCAP é um sistema de captura de movimentos constituído por um conjunto de dispositivos ópticos, magnéticos, ou outros, que com base num conjunto de marcas, sensores, instalados em pontos estratégicos como as articulações de um utilizador, regista os movimentos realizados. No caso óptico, as câmaras dispostas em torno de um paciente recolhem dados de movimento, utilizando um sistema de marcadores retro reflexivo tal como ilustra a figura 20 (Wilson and Bush, 2007). Os movimentos recolhidos permitem determinar dados de localização, postura, momento e ser enviados para um servidor onde se pode cruzar os dados com outras fontes de tecnologias, como uma matriz flexível de sensores de pressão (Andreoni, 2002).

O MOCAP pode ser usado para adquirir informações antropométricas e também como uma ferramenta complementar para a avaliação do estado emocional do paciente. Estados emocionais podem ser directamente comunicados e interpretados, como no caso de um questionário, mas podem também ser transmitidos inconscientemente, como por exemplo, quando os pacientes mudam as expressões faciais, necessitando neste caso de um técnico especializado qualificado para fazer este tipo de análise (Tracy et al., 2009).

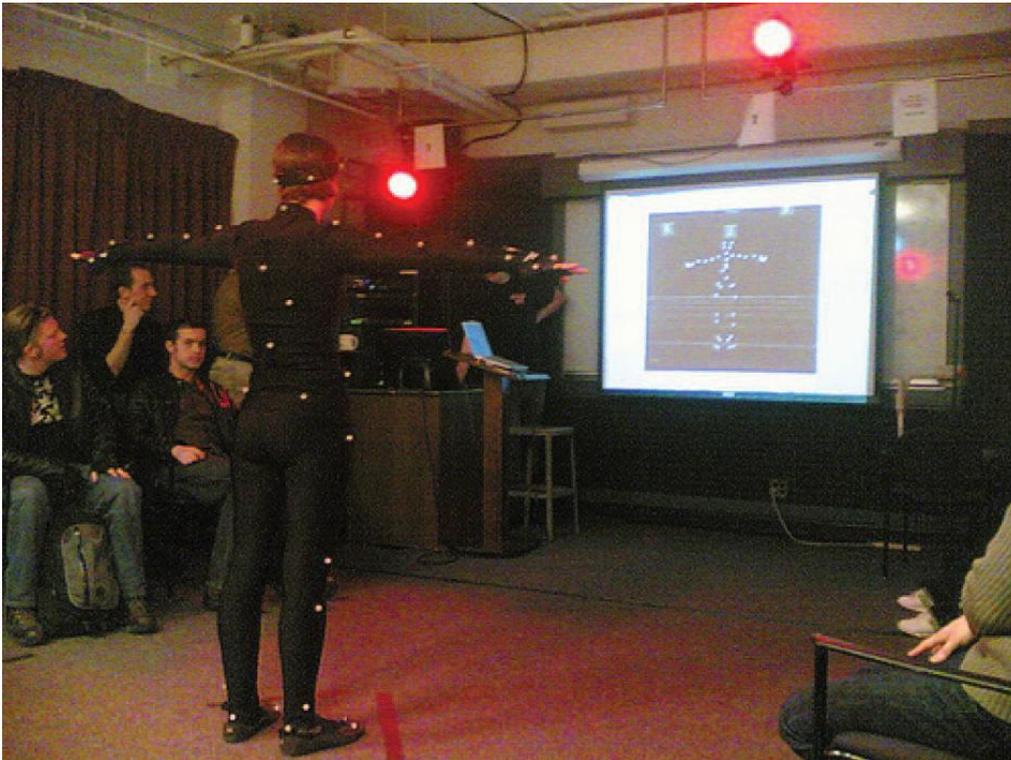


Figura 20 – Monitorização de movimentos a partir de marcadores.

Fonte: Joshua Dickens

No sistema óptico, utiliza-se o recurso a marcas reflexivas (ou LED's) que são presas às articulações, e são capturadas por um conjunto de 6 a 16 câmaras dispostas em volta do utilizador (Figura 20). As câmaras possuem LED's infravermelhos dispostos ao redor das lentes. No caso dos sistemas ópticos baseados em LED's estes avaliam a luz vermelha emitida pelos LED's antes da luz reflectida pelos marcadores. É então feita uma triangulação das imagens em intervalos de tempo (frame a frame) para determinar o posicionamento tridimensional de cada uma das marcas.

Vários problemas podem surgir com a utilização desta tecnologia, como por exemplo: trocas de marcadores, derivada da má interpretação das marcas por alinhamento e sobreposição; partes ocultas, onde por impossibilidade de visionamento das marcas não é possível recolher informação da localização das mesmas; ruídos ou

falsas reflexões provocados por interferências parasitas.

No sistema magnético, um conjunto de sensores que variam entre 6 e 11 são dispostos nas articulações e ligados por cabo a uma unidade de controlo electrónico. Esta unidade relaciona os sinais adquiridos e envia-os a um software que representa o posicionamento, movimento e rotação no espaço tridimensional. No entanto, a proximidade dos actores pode interferir nos campos magnéticos. O sistema cria uma referência dos pontos similar à dos GPS's (Global Positioning System) nos carros.

Uma das ferramentas que tem vindo a ser utilizada nas áreas da psicologia associadas às questões da emoção e desconforto, nomeadamente na área da fisiopatologia das úlceras de pressão, são as escalas de humor, que relacionam duas características consideradas críticas nas UPs, a intensidade e a duração da pressão na tolerância da pele. De entre estas a escala de Borg CR10 é considerada uma das mais relevantes, sendo talvez a mais referenciada e utilizada (Shen and Parsons, 1997).

A escala de Borg CR10 é uma escala subjectiva diminuta da Escala de Borg que a partir de um conjunto de questões, extrai informações sobre as características de conforto/desconforto pessoais. A escala varia entre 0,5 e 10, sendo também permitido usar casas decimais e também valores superiores ou inferiores a 10 ou 0,5 respectivamente, se necessário.

A partir do momento em que o utilizador começa o teste vai-se perguntando qual o seu grau de satisfação/relação com o "esforço" até atingir o valor máximo.

Como anteriormente referido<sup>2</sup>, Vink and Looze (2008), sobre o relacionamento de conforto/desconforto com o produto, referem que cada utilizador tem a sua própria opinião e que projectar um produto que seja confortável para cada utilizador é complicado. À semelhança da escala de Borg CR10, Vink usa também ele uma escala de humor, denominada “desconforto da postura localizado”, para avaliar a relação de desconforto nas áreas específicas do corpo (Figura 21). Neste caso, após o utilizador ter percebido a escala é submetido a um teste onde levanta um peso de 5kg como os braços a 90º permitindo correlacionar o desconforto postural localizado com a avaliação subjectiva que está a ser feita com base em questionários (Vink and Looze, 2008).

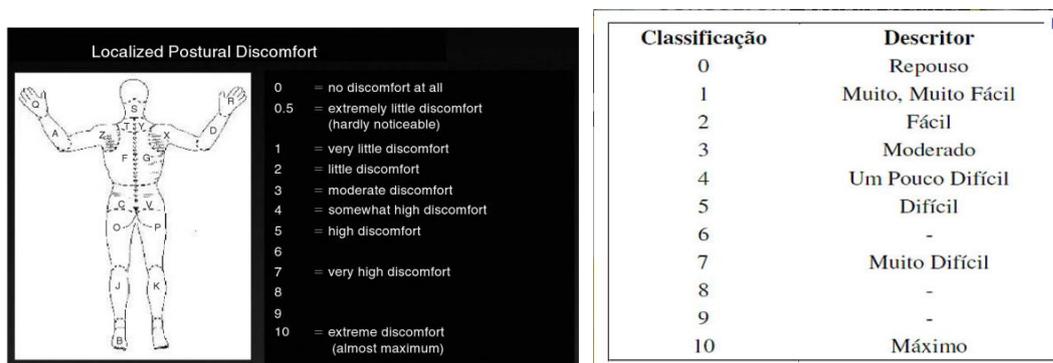


Figura 21 – Localização corporal de desconforto, Vink and Looze (2008)

Da relação do conforto do utilizador com a interface do assento, Shen e Parson (1997) referem que a principal ferramenta se baseia na medição e distribuição da pressão na área ocupada pelo utilizador e pela exposição prolongada que irá induzir ao desconforto de compressão.

Partindo deste princípio podemos formular duas especificações a considerar durante o processo de design: a distribuição uniforme da pressão e a forma da base de assento. A falta de referências nesta

<sup>2</sup> Ver capítulo 3 página 57

área leva-nos a considerar que este problema se reveste da necessidade de encontrar novas soluções através do cruzamento das avaliações já referidas (pressão, duração e movimento) como metodologia numa abordagem de design, até então nunca referida nestes moldes.

## Capítulo 5

### Semiótica nos sistemas de informação

Da epistemologia na semiótica encontramos um conjunto de disciplinas que encontram nesta o “estudo dos signos...ciência que estuda os sinais ou sistemas de sinais utilizados na comunicação e o seu significado, estudo dos sintomas das doenças”. (Dicionário da língua portuguesa, 2003)

A partir de Eco (1991) podemos tentar estruturar duas ideias que nos parecem fundamentais, a de um sistema de comunicação e a de um sistema de significação. Enquanto na primeira segundo Eco: “Num processo de máquina a máquina, o sinal não tem nenhum poder significante: ele só pode determinar o destinatário *sub specie stimuli*.” Neste caso existe transferência de informação sem a mesma ter um qualquer significado. Na segunda, quando se trata da relação homem máquina, a relação do sinal ganha significado desde de que por parte do homem, exista uma resposta interpretativa.

No caso do design, nomeadamente na relação com o design centrado no utilizador, parece-nos importante perceber de que forma esta disciplina se relaciona com o utilizador. Do ponto de vista da semiose repleto de um contexto sócio cultural, ou enquanto um sinal que embora careça de um ato interpretativo se apresenta mais no domínio da informação. Como por exemplo, no caso da medicina onde a temperatura, cor da pele, ou expressão facial, se apresentam como resposta “a um conjunto de estímulos de mal-estar do corpo” na procura de um equilíbrio biológico, onde a produção de moléculas tais como as citoquinas, ajudam tanto na luta como no ataque das zonas lesionadas (Damásio, 2003).

Ferrara (2004), relaciona o ponto de vista do design com a história, refletindo que um pouco à imagem de um mundo capitalista e em nome da democracia, num programa sustentado na normalização de usos valores e costumes, se amputa ao produto qualquer possibilidade de este se afirmar como inventivo e original, como marca de singularidade.

Curiosamente, também aqui poderíamos fazer um paralelismo da evolução ao longo da história, seja a partir da pirâmide das necessidades de Maslow, ou do modelo de design de Fuad-Luke, embora neste caso retrocedamos à renascença com o paradigma da necessidade de criar mecanismos na perspectiva hegemónica, passível de controlar o planeta a partir da arte e do engenho (arte e tecnologia). Mais tarde, pouco a pouco em prole de um rigor capitalista como sistema económico, assente numa lógica consumista, onde centrado na produção de massas, se cria uma crise de identidade visível na perda de significado do produto industrial por falta de referências (Fuad-Luke, 2002).

Na busca a uma resposta da falta dessa identidade, atualmente, recolocamos o designium como pólo catalisador da interação entre o utilizador e a experiência que este ganha para com o produto. Primeiro com o recurso à interação e mais recentemente “numa perspectiva inteligente” assente na simbiose da comunicação e interação, permitindo que centrados nos “signos”, possamos projetar produtos que correspondam às expectantes necessidades do utilizador, seja a partir de uma atitude mais semântica ou pragmática.

O objeto semiótico está centrado portanto na aparência ou no modo como a linguagem representa o objeto.

Mais do que uma metodologia a semiótica apresenta-se como uma lógica que em si, ensina a projetar e experimentar, e paralelamente estimulada pela descoberta, resolve desafios e problemas quotidianos. Por isso resulta mais além da metodologia numa estratégia que ensina a pensar.

Presentemente, o homem urbano, revê-se no mundo tecnológico das coisas artificiais, das quais sente um orgulho como de uma criação própria, mais do que com o mundo das coisas naturais. Posicionando-se próximo do mundo não natural de valor social (Argan, 1992).

Como resposta ao crescente programa de design, interessa perceber como a tecnologia, a ciência e a arte se unem numa perspetiva de design total onde cada uma contribui em nome de uma reorganização do mundo. Já não com a premissa de responder a objetos funcionais ou de consumo numa perspetiva semiológica, (forma, função, funcionalidade, significado), mas para cada vez mais a partir da atenção do homem desde os mais pequenos aos mais vastos signos, permita a condução da conceção entre o intangível e o tangível numa simbiose perfeita (Moura, C., 2005).

Atualmente cada vez mais numa economia de significantes, com ascendentes numa economia de formas e linguagens à imagem da Bauhaus ou de Dieter Rams (Figura 22) no todo contínuo do percurso da Braun, o design ganha um atributo também de meio onde a depuração das formas minimiza os ruídos em favor de um diálogo cada vez mais claro e submersivo. O significado por seu lado ganha uma retórica na sua representação um pouco à imagem da Apple onde os objetos ganham uma pureza e a integração com o homem é quase total, ficando por perceber por vezes onde termina a ação do

homem versus uma comunicação cada vez mais perfeita com o produto.



Figura 22 – Linguagem visual de Dieter Rams na Braun.

Fonte: [www.callumhepburn.com](http://www.callumhepburn.com)

Fruto da evolução dos interfaces informáticos onde com base na interação primeiro nos ambientes virtuais como o caso dos ecrãs de computador e posteriormente em ambiente cibernético 3D com os mais diversos dispositivos hápticos, nasce a tentativa de comunicar sensações e criar emoções (Figura 23).



Figura 23 – Dispositivo háptico. Fonte: Tracy Liang, NYC Museum of Sex

É nesta perspectiva que se tem vindo a valorizar o “product experience” uma das áreas mais recentes do design baseado na experiência ganha com os objetos, com o intuito não só de entender os seus componentes mas também os signos que aí se trabalham.

Estaremos perante novas retóricas em que o significado da imagem atribuída aos objetos, tantas vezes trabalhado do ponto de vista da perceção das suas várias interpretações sejam elas a partir dos códigos visuais ou das formas, entra em novos domínios onde a partir da semântica dos objetos se tenta perceber uma nova gramática?

É neste terceiro sentido, o da experiência do produto, numa aplicação baseada não só nos códigos sociais e culturais mas na busca da relação particular entre a informação produzida pelos utilizadores na relação com os objetos que segundo Putnik (Putnik et al., 2005) “os sistemas de informação construídos sobre o paradigma do campo das informações não produzem informação estéril, mas ajudam e podem gerar informação que pode levar ao conhecimento verdadeiro”.

Este paradigma associado à ideia de que sinais de informação enquanto imagem são campos suscetíveis de uma interpretação semiológica, leva-nos a considerar a possibilidade de trabalhar um conjunto de informações. Primeiro do ponto de vista pragmático, utilizando a informação como meio de comunicação se bem que difuso, mas de carácter individual e passível de interpretação. Segundo, do ponto de vista semântico como dados mais objetivos capazes de serem trabalhados no apoio a ferramentas tecnológicas.

Em conclusão, constatamos que existem várias abordagens possíveis à semiótica das quais destacamos três:

- a representação da imagem baseada nos códigos sociais e culturais;
- a abordagem através da contextualização histórica, em que os sinais associados à semiótica têm vindo a sofrer alterações conduzindo para uma relação mais de objeto-utilizador, numa tentativa de simbiose;
- por último, a abordagem ao nível da experiência do utilizador, onde a comunicação é feita a partir de uma informação não tangível pelo facto de não ser baseada num processo cognitivo. Sendo esta a visão não só que mais se aproxima da contemporaneidade, como aquela que conduziu a presente investigação.

## Capítulo 6

### **Técnicas e tecnologias de apoio à fabricação e personalização**

No atual mundo, a prototipagem rápida e as ferramentas rápidas, embora partindo de conceitos diferentes, (as primeiras relacionadas com o produto e as segundas associadas a ferramentas) tem contribuído para o conceito de fabricação rápida (Ciurana, J. and Fernande, A., 2008).

Estas técnicas/tecnologias baseadas em sistemas de informação, resultam numa interação onde no limite é difícil perceber o contributo de cada uma delas, uma vez que independentemente da sua origem, têm vindo a ser aplicadas em áreas tão heterogéneas como Saúde, Engenharia, Artes, Design, Cinema, Culinária, Mercado, etc... (Brooks, H. and Aitchison, D., 2010). Pouco a pouco encontramos nestas tecnologias não só a possibilidade de personalização com base nas características particulares do utilizador, como a oportunidade destas permitirem a criação de produtos em função das suas especificidades.

Com base em suporte informático, estas tecnologias compreendem todo o processo que vai desde a aquisição de dados (SCAN), ao processamento e desenho assistido por computador (CAD), cálculo e engenharia (CAE) e mecanização (CAM), (figura 24) servindo também um conjunto de outras ferramentas de apoio à análise do ciclo de vida de produto, gestão da produção, logística etc... (Ciurana, J. and Fernande, A.; 2008)

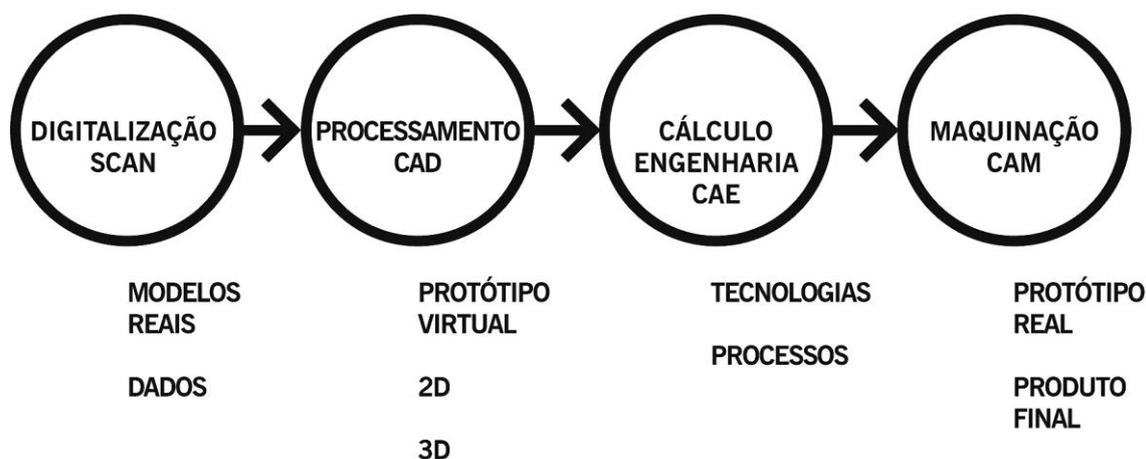


Figura 24 – Representação dos processos envolvidos na fabricação rápida

Este capítulo subdivide-se em 2 subcapítulos, o primeiro relaciona um conjunto de casos práticos a partir dos quais se faz uma reflexão sobre a aplicação a metodologias de design, o segundo que aponta um conjunto de tecnologias de referência ao trabalho prático desenvolvido.

## 6.1 Casos práticos

### Aplicação à área da medicina

Partindo da construção ou reconstrução de um suporte virtual 2D ou 3D, a digitalização recorre a um conjunto de tecnologias que de forma não invasiva, permitem a perceção e construção de volumetrias tridimensionais, sejam elas superficiais a partir da digitalização laser, por apalpação ou “internas” como o caso da digitalização de ossos com base em tomografia computacional (Schulze, R. K. W., 2011)

No caso da odontologia o recurso à tomografia computacional, permite obter uma imagem 3D com base num conjunto de imagens 2D (conjunto de “layer’s” paralelos entre si e equidistantes), que após

tratamento em “software especializado” permitem a construção de uma imagem tridimensional (Figura 25), (Schulze, 2011).

Esta tecnologia facultada após transposição para sistemas CAD, a análise dos movimentos ou comportamento das articulações, permitindo também a utilização destes dados para fazer o estudo de implantes, a preparação das cirurgias e das guias de apoio à cirurgia (Marchack et al., 2011).

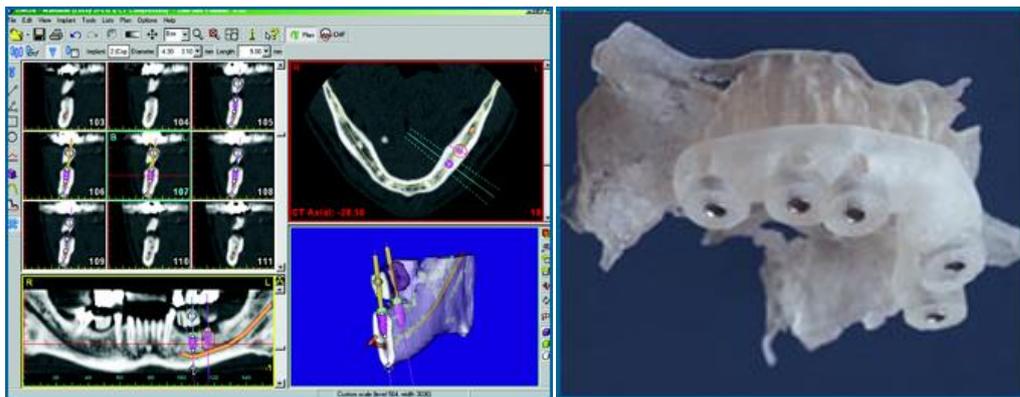


Figura 25 – Guia cirúrgico para implementação de próteses dentárias.

Fonte: [www.frankcperrydds.com](http://www.frankcperrydds.com)

Outra das características reflecte-se na ressalva de zonas delicadas como as de falta de massa óssea, ou por zonas onde passam nervos, que por sua vez devem ser consideradas durante o planeamento das cirurgias.

No caso da construção de guias é feito primeiro um molde, também digitalizado e incluído no CAD, para auxiliar na construção virtual de um artefacto/guia cirúrgica, que posteriormente é fabricado por prototipagem rápida. Esta guia cirúrgica é utilizada como ferramenta de auxílio durante a cirurgia, permitindo uma intervenção o mais minuciosa possível.

A guia contém todos os elementos essenciais à cirurgia, nomeadamente os orifícios que servem de guia a um conjunto de

brocas, com todas as informações necessárias ao trabalho cirúrgico o menos invasivo possível. Dados como a altura, diâmetro, ângulo de perfuração, ou anotações da profundidade máxima fazem parte desta guia e da informação complementar em suporte digital.

Durante a cirurgia, o médico dentista acompanha a operação com um software 3D, permitindo a qualquer momento a visualização da intervenção por comparação com o ambiente virtual (baseado na tomografia). Esta tecnologia, permite durante o procedimento cirúrgico, ganhar a consciência sobre a distância entre as perfurações e os pontos críticos.

### Aplicação à indústria de vestuário

Na área do design de moda, a digitalização 3D tem vindo a ser utilizada com base no "body scan", tecnologia composta por um conjunto de dispositivos, que a partir da emissão de feixes laser permite recolher um conjunto de pontos (nuvem de pontos) os quais, em software próprio possibilitam a partir da triangulação entre os pontos construir uma malha tridimensional, que por sua vez gera uma forma, superfície virtual, como o caso das peças de arqueologia, peças de automóvel ou o corpo humano no ramo de design de vestuário (D'Apuzzo, 2006).

Um dos casos de referência na indústria do vestuário é o projecto no "Shopping Centre Manchester Arndale" (Figura 26), onde se disponibilizou aos clientes um destes equipamentos numa zona comum, para que pudessem a partir dos dados obtidos por via desta tecnologia, encontrar mais rapidamente a roupa que melhor se adaptava ao seu corpo, ou o caso da Prada, onde se recolhem informações para a produção de um vestuário personalizado de acordo com as necessidades do utilizador.

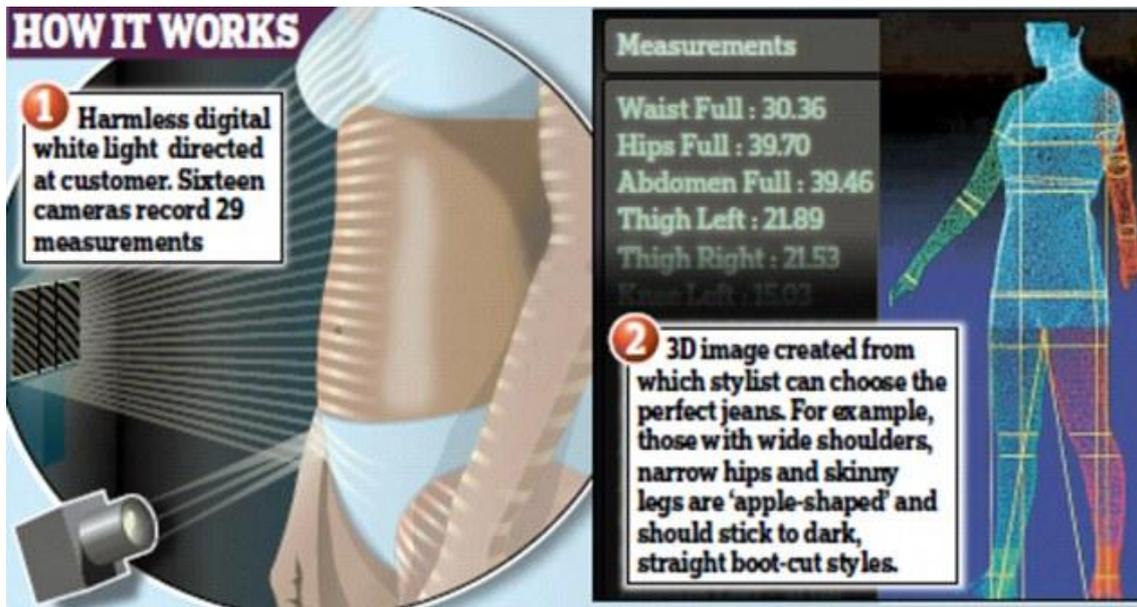


Figura 26 – Sistema de digitalização 3D em provador no shopping Centre Manchester Arndale. Fonte: (Dailymail online, 2011)

## Aplicação no domínio da arte

A abordagem dos sistemas de prototipagem rápida na arte, levou Rees (1999) a refletir sobre a utilização da tecnologia como uma ferramenta/metodologia do discurso artístico (figura 27).



Figura 27 – “I Cannot Tell a Lie” de Dan Collins, 2004.

O trabalho apresenta-se como uma crítica aos média, a partir da utilização de recursos electrónicos para estabelecer o paradigma da distorção de informação, como no caso da imagem de Saddam Hussein, fortemente manipulada pelos canais de TV americanos, criando uma imagem virtual na nossa percepção.

Neste trabalho, o artista recorre-se da digitalização 3D para construir uma imagem virtual da escultura de George Washington, feita por Hiram Powers em 1849. O busto é manipulado com o programa 3D Studio UMAX, de modelagem CAD, criando uma extrusão em um dos sentidos que resulta num anamorfismo.

Posteriormente, o resultado é impresso em 3D, sobre um suporte polimérico. A escultura paira livremente no sala de exposição e no alinhamento desta é colocada perpendicularmente uma câmara de vídeo, que recolhe uma imagem aparentemente corrigida da escultura. A imagem que se encontra em circuito fechado surge num monitor.

A imagem virtual surge pacificamente controlada pelo homem, manifestando o poder da manipulação da imagem que já mais corresponde à imagem real (Providência 2008).

### Aplicação à indústria alimentar

Manifestando a pluralidade da fabricação rápida, o projeto "candyfab" apresenta uma tecnologia para impressão de artefactos doces (figura 28).



Figura 28 - Prototipagem rápida de doces, fonte: [www.candyfab.org](http://www.candyfab.org)

Esta tecnologia que como ponto de partida explorou as tecnologias de “fabhome”, fabrico caseiro, desenvolveu uma impressora “desktop” a partir da qual se conseguem imprimir doces por sobreposição de camada.

Sobre a cabeça de impressão que se move nos eixos X e Y é provocada uma fonte ar quente que permitir a caramelização de grãos de açúcar possibilitando uma definição na ordem dos 1,3 x 1,3 x 1,3 mm ou inferior.

O controlo do jato de ar quente articulado com a posição da cabeça, definem o ponto de caramelização resultando na fusão do substrato que por sua vez dá origem à forma.

O material resultante é comestível e tem uma cor dourada derivada da caramelização do açúcar.

## Conclusão aos casos de estudo

Esta reflexão sobre as tecnologias de fabricação rápida pretende manifestar uma visão atual sobre os processos de fabricação face às novas técnicas e tecnologias.

À imagem da metodologia de design, o presente trabalho ilustra que a abordagem ao design se faz pela construção da pluridisciplinaridade, a partir do contributo que cada área possa ter, seja na construção de uma identidade ou na resolução de uma necessidade.

Esta abordagem resulta da fusão dos sistemas de informação como processo interativo, possibilitando a construção de modelos que compreendendo a abordagem semiótica de cada interveniente com base na semântica, permitem assegurar a heterogeneidade das linguagens na construção de um produto que vai de encontro à consciência coletiva.

## 6.2 Tecnologias de fabricação

Das tecnologias de prototipagem rápida e fabricação foram escolhidas duas tecnologias que dadas as características do trabalho surgiram como sendo as mais indicadas.

Esta opção deveu-se ao facto de se poder trabalhar em ambos materiais flexíveis como o caso da espuma viscoelástica ou similar, normalmente utilizada nas superfícies de apoio a pacientes com úlceras de pressão dadas as suas características.

## 3D Print



Figura 29 – Impressora e objetos impressos no sistema 3D da OBJET.

Um dos sistemas emergentes na indústria da prototipagem e fabricação rápida é o da impressão 3D (Figura 29), utilizados em áreas que vão da medicina à indústria ou design de produto.

A empresa Objet, desenvolveu a tecnologia “polyjet”, figura 30, na qual, um conjunto de pequenas camadas de pó de um polímero, vai sendo varrido alternadamente entre a deposição e a incidência de um feixe de luz UV que faz a polimerização.

Esta tecnologia possibilita utilizar mais do que uma matéria-prima em simultâneo, criando zonas de materiais com comportamentos distintos, ou zonas ocas se utilizarmos materiais solúveis à água. Esta tecnologia tornou praticável também a construção de objectos com geometrias complexas (ocos/espacos vazados) impossíveis nas

tecnologias tradicionais.

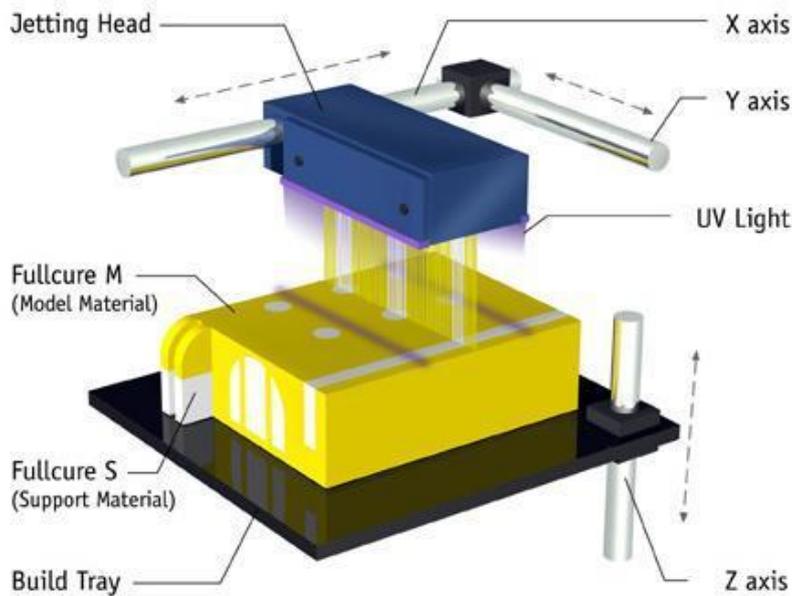


Figura 30 – Processo ployjet da Objet.

Com uma área de impressão de 34x33x20 cm, imprime camadas até 16 microns, com bom acabamento, permitindo ganhar tempos de produção bem como recuperar custos associados a acabamentos de pós-produção (www.proto3000.com, 2010).

### High Speed Milling

Esta tecnologia baseia-se num sistema que permite a maquinação de um sólido fixo numa base, por uma cabeça com fresa. A base pode ser movida sobre o eixo X e Y, e a cabeça pode ser movida sobre o eixo X, Y e Z, podendo também em alguns casos existir rotação da mesma.

Com base no código de máquina gerado em CAM, a informação é transferida para o sistema central da máquina, que por sua vez a interpreta, controlando cada uma das suas partes (Figura 31).



Figura 31 – Fotomontagem onde se pode ver na sala ao fundo o operador a trabalhar sobre o ambiente CAM (no caso o software GOELAN) e em primeiro plano o servidor da máquina com o comando de controlo numérico bem como do lado esquerdo a peça a ser fresada.

Com capacidade para fixar peças com uma volumetria até aproximadamente 600 x 640 x 500 mm, esta máquina tem uma cabeça que maquina nos três eixos (X, Y, Z).

Tem acoplado um tambor que pode levar até 30 ferramentas (fresas) com diâmetro máximo de 100mm e 300mm de comprimento.

Os ficheiros CAD são enviados para um software de CAM, no caso o "GOELAN", figura 32, que permite fazer a simulação virtual da fabricação, usando os mesmos paradigmas da indústria real, permitindo não só uma visão global de todo o processo de fabrico, como controlar cada uma das fases da preparação e maquinação do produto.

Da simulação resulta o código numérico de controlo da máquina, bem como a informação usada na planificação da produção das peças, onde entre outros dados, uma estimativa de tempo real e de

ferramentas a utilizar, permite ganhar consciência de tempos e métodos essencial na organização da produção e cálculo de custos.

O software está desenhado para que o utilizador escolha progressivamente cada um dos módulos de trabalho. Alguns dos módulos que permitem, mesmo aos utilizadores menos conhecedores, o acompanhamento passo a passo da programação do equipamento e deteção de eventuais falhas de programação e desenho como por exemplo colisão de ferramentas, são:

- módulo de concepção e fresagem, ou só fresagem como foi o nosso caso – permite tanto a concepção da peça a fresar directamente no software como a importação do desenho para o sistema;
- módulo de design – define de que forma se trabalha os sólidos e superfícies bem como permite criar referências de posicionamento;
- módulo de fresagem – onde se define qual o tipo e o percurso da ferramenta, assim como a existência de situações manuais ou de furos;
- módulo de ferramentas – onde características como o desenho das ferramentas e questões técnicas são consideradas.



Figura 32 – Ambiente de trabalho virtual do GOELAN, similar ao ambiente de trabalho real.

A figura 33 ilustra o processo de trabalho no GOELAN, onde em (a) se mostra o desenho do percurso das ferramentas, em (b) a escolha do tipo de fresa bem como as suas características e por fim em (c) se apresenta uma simulação da produção da peça.

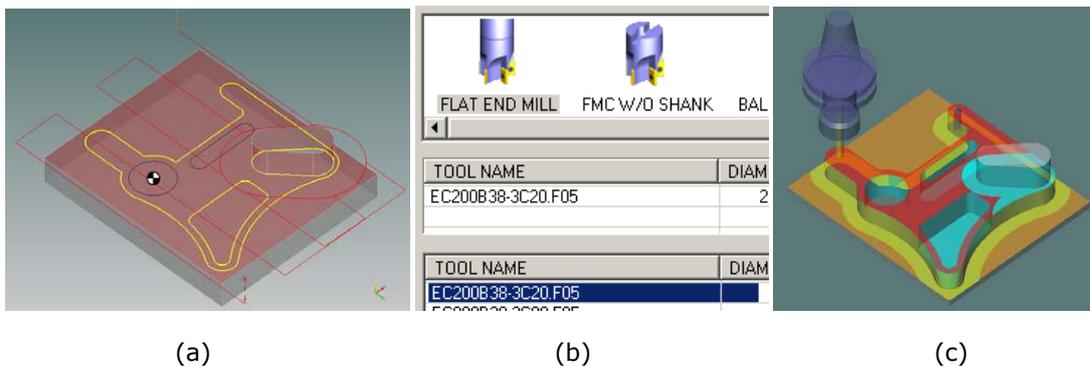


Figura 33 – “Ambiente de trabalho GOELAN na definição de estratégias e simulação de produção”.

## Capítulo 7

### **Modelo de design digital - uma abordagem do utilizador ao produto personalizado**

Derrick Kerchove (1997) in a “Inteligência Conectiva” refere a relação entre sistemas de informação numa consciência coletiva baseada na interação homem/tecnologia. Paralelamente estudos recentes sobre a evolução do conceito de design manifestam uma tendência para o design focado no homem enquanto utilizador e particularmente na relação de prazer que o produto permite ao utilizador, em particular na interação com o produto (Zhang and Dong, 2008; Fuad-Luke 2002). Estas abordagens serviram de base à reflexão do papel do design como ferramenta de interação baseada em sistemas de informação permitindo não só conhecer melhor a relação do design com o utilizador como, baseado no Design Centrado no Utilizador, criar uma metodologia que conseguisse correlacionar as áreas de interface associadas ao Design de Produto personalizado.

A metodologia desenvolvida baseia-se em factores psicofísicos onde quer o utilizador, quer as áreas de intervenção (conceptual, de design, engenharia, ciências sociais entre outras) contribuem, tanto quanto possível, como elementos isentos procurando que os “outputs” do utilizador, baseados na semiótica, permitam delinear o desenvolvimento de produtos. Esta metodologia denominou-se “PUCIS” – *Product User Centred Integration System* (Sistema Integrado para Produto Baseado no Utilizador).

Como suporte desta metodologia de design de produto foi criado um protótipo de modelo de comunicação integrada que permite desenvolver ferramentas para produção de produtos personalizados.

Neste capítulo expõe-se a metodologia PUCIS bem como o modelo de comunicação integrada a partir da aplicação “Core System”, desenvolvidos para alcançar os objetivos deste trabalho.

O desenvolvimento do trabalho dividiu-se em três fases. A primeira relaciona a aquisição e tratamento de dados psicofísicos numa aproximação à semiótica a partir de sistemas de informação.

Numa segunda foi desenvolvida uma aplicação em LabView para integração e tratamento de dados referentes à aquisição de dados do utilizador, bem como de dados referentes às características de materiais e processos de prototipagem.

Na terceira e última fase, com base na interpretação dos dados no sistema CAD, este permite a exportação para um sistema CAM e conseqüentemente a produção de um produto personalizado através da tecnologia de fabricação rápida.

O sistema integrado “Core System” permite a gestão de toda a informação em tempo real independentemente dos inputs de cada um dos seus submódulos, permitindo refletir cada uma dessas alterações no resultado final.

A aplicação é resultado do trabalho de investigação que relaciona as diferentes áreas multidisciplinares, permitindo construir, com base na correlação e validação de dados por técnicos especializados, modelos de tratamento da informação, criando uma solução final que resulta num produto capaz de atender à necessidade do utilizador.

## **7.1 O pensamento digital**

Ao abordarmos o design digital, faz hoje sentido uma breve reflexão sobre a compreensão/interpretação do projeto digital a partir do CAD,

como forma de consolidar uma cultura que perante a inegável constituição de recentes desafios cria novos paradigmas na relação do produto e do designer com os Sistemas CAD, a partir das diferenças metodológicas ao nível projetual, alterando não só as linguagens do produto final mas também através da forma de pensar/construir esse mesmo produto.

Estas abordagens recorrem dos sistemas CAD como ferramentas de desenho, mas também como ferramentas integradoras de vários média, onde por vezes o produto já não passa só pela intenção do desenho como metodologia padrão, linear, senão como uma abordagem que reúne uma parte considerável de informação de várias fontes/meios, na perspetiva de desenvolver novos modelos, sejam eles com base na geração de topologias ou ferramentas interativas, que a partir destas permitem o desenvolvimento de produtos síntese, reflexo da simbiose entre designer, usuário e tecnologia (Oxman, 2006).

Na génese desta nova maneira de pensar design, Deleuz (1992) relaciona a hiper-conetividade baseada nas redes, com todas as cargas de inter-conetividade não linear, um pouco à imagem do desejo das máquinas, com os fenómenos das máquinas digitais onde as possibilidades de navegação são múltiplas, permitindo por vezes um conjunto indeterminável de soluções.

Kerckove em "A Pele da Cultura" (1997), refere-se às questão das novas tecnologias como um processo contínuo de comunicação, manifestando que é por vezes difícil perceber os limites entre o homem e a máquina, na perspetiva de que as máquinas já não são só tecnologia mas fazem parte de modelos digitais, onde o resultado é mais do que a soma das partes, o efeito da interação em que no limite é impercetível quem é o emissor ou o recetor.

Lipovetsky por seu lado na obra "A felicidade paradoxal: ensaio sobre a sociedade de hiperconsumo" (2007), escreve sobre a cultura dos "híper", hiperpublicidade, hipercorpo, hiperconsumo, hipermarcas, hipermercadoria, hiperindividualismo, uma abordagem que na prática leva a uma desorientação, onde por vezes se caminha no sentido da resposta tecnológica, apoiada mais na crítica/resposta e menos no pensamento enquanto razão do saber.

Em "A cultura-mundo, resposta a uma sociedade desorientada", Lipovetsky (2010), relança a questão da aproximação dos dois mundos teórico e prático, numa abordagem ao pensamento como modo operante de uma cultura ávida de orientação. Uma metodologia base do pensamento em design onde já mais podemos dissecar as fronteiras entre tecnologia e metodologia, uma vez que o resultado se assume na sua coerência total.

## **7.2 Enquadramento da metodologia no sistema CAD**

Num paralelismo aos conceitos abordados no capítulo anterior, no presente projeto explorou-se a aproximação ao CAD como uma metodologia de reflexão/pensamento de design onde o sistema não se baseia somente em dados, informações quantitativas, mas no cruzamento das informações na perspetiva da interação com o utilizador, quer na fase de aquisição de dados em resposta a estímulos, quer na construção de um produto a partir do sistema CAM que permita a concretização de uma solução personalizada em resposta a necessidades particulares do utilizador, no caso uma base de assento.

Segundo Moor e Weinga (2002, citado em Putnik et al., 2005) os sistemas de informação não produzem dados estéreis, mas

informações que podem ajudar a perceber/compreender o mundo na base do verdadeiro conhecimento.

A metodologia aqui apresentada “PUCIS” (*Product User Centerd Integration System/Sistema Integrado para Produto Baseado no Utilizador*), reflete um conjunto de sub-módulos que ao longo da sua construção foram colmatando algumas das necessidades identificadas na relação do projeto com o seu todo, sempre na perspectiva de solucionar os problemas do utilizador.

Perante a abordagem do design digital, torna-se por vezes difícil definir as fronteiras entre o sub-módulo “core system” e o sistema CAD/CAM, ou outros sub-módulos, atendendo a que o programa proposto, sendo ele integrador, vai construindo sinapses entre as várias possibilidades existentes, dados/informações, na procura de uma resposta o mais coesa possível, ampliando as potencialidades do produto final.

### **7.3 Preparação de uma metodologia para o “PUCIS”.**

O PUCIS, Sistema Integrado para Produto Baseado no Utilizador, reflete um conjunto de sub-módulos que ao longo da sua construção foram colmatando algumas das necessidades identificadas na relação do projeto com o seu todo, sempre na perspectiva de solucionar os problemas do utilizador.

O desenho de uma metodologia baseada no utilizador, reveste-se de um conjunto de intenções na procura da sistematização de processos que permitam dar uma resposta a um programa.

Dada a natureza do homem enquanto utilizador como objeto de estudo, esta metodologia resulta da interação de um conjunto de

áreas que vêm nas suas fronteiras a possibilidade de construção de novos paradigmas, nem sempre com contornos visivelmente delineados, o que por um lado cria um desafio na articulação das várias fontes e por outro a torna numa metodologia dinâmica.

Esta metodologia de design centrada no utilizador, apresenta-se neste caso como uma metodologia aplicada a pessoas com necessidades especiais, podendo no entanto ser replicada a outras situações que com base no utilizador procurem resolver as suas necessidades.

Partindo de um conjunto de fases, a metodologia parte do utilizador para, com base nos seus dados, permitir a construção de um produto personalizado que vá de encontro às suas necessidades.

Neste sentido, a metodologia baseada na gestão e integração de sistemas de informação, está baseada num conjunto de fases conforme se ilustra na figura 34.

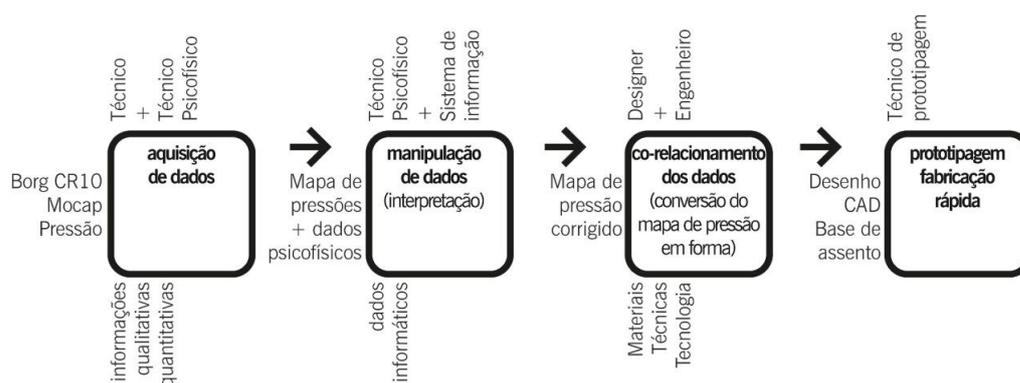


Figura 34 – PUCIS

**Aquisição de dados** que permite a incorporação de um conjunto de informações, baseadas no utilizador e validadas por técnicos especializados.

**Manipulação de dados** para compreender o utilizador, no caso correlacionando dados antropométricos e psicofísicos.

**Co-relacionamento dos dados** a partir de um sistema CAD, na procura da satisfação das necessidades do utilizador, com a construção de uma base de assento virtual que, através da forma gerada e das características de materiais introduzidos no sistema CAD, permita minimizar as úlceras de pressão.

**Prototipagem e fabricação rápida** com base na forma gerada nos sistemas CAD, primeiro como protótipo de apoio à investigação e posteriormente na fabricação de uma base de assento real.

### 7.3.1 Aquisição de dados

Numa primeira abordagem, propúnhamo-nos a perceber a relação entre a pressão e úlceras de pressão conforme figura 34a.

No laboratório de percepção visual do instituto de educação e psicologia, fizemos os primeiros estudos baseados num protocolo experimental para monitorização de pressão (com base num filme de sensores flexível, #5330 da Tekscan).

Dos valores de pressão resulta um relatório (Figura 35), onde constam as referências introduzidas sobre o utilizador, como dados técnicos da relação dos sensores ou calibração do equipamento. O documento escrito é composto por duas partes, a primeira (cabeçalho) que contém os dados técnicos e a segunda que apresenta os resultados das aquisições de pressão.

Os dados das aquisições são expostos por conjuntos de pressões que por sua vez estão agrupados por intervalos de tempo.

A cada linha corresponde a uma sequência de sensores, onde os valores são separados por vírgulas e os parágrafos correspondem ao



Do lado direito da figura temos uma representação tridimensional onde é possível visualizar e compreender mais facilmente as zonas de pressão. As volumetrias estão relacionadas neste caso unicamente com as forças exercidas e não com as volumetrias do cóccix, sendo visível dois pontos críticos que estão correlacionados com zonas de maior proeminência óssea.

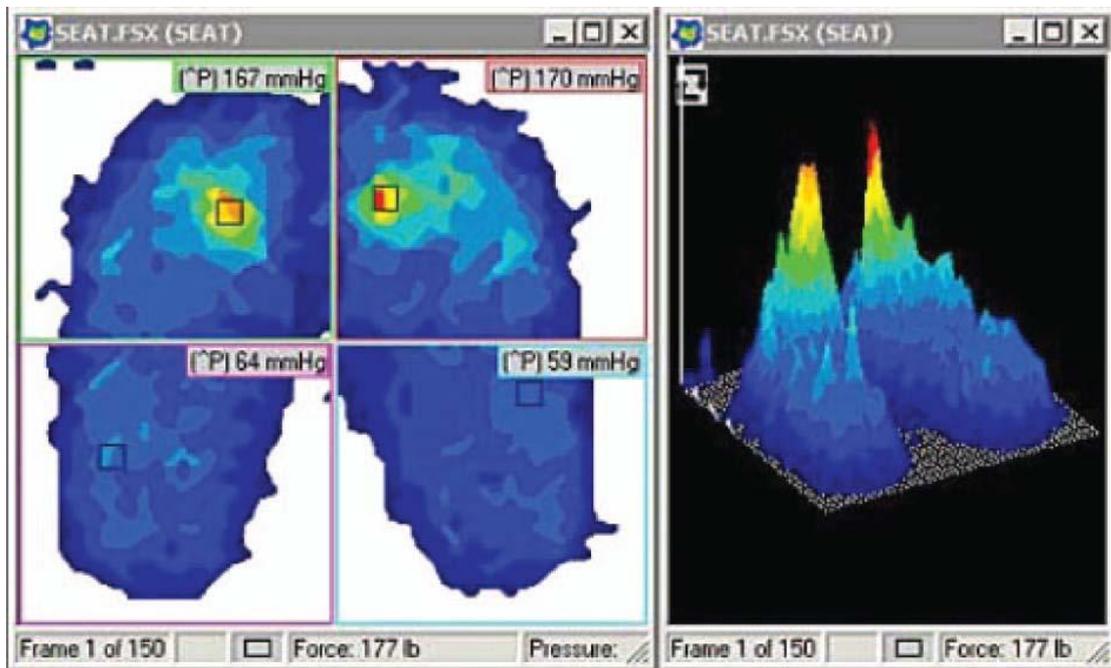


Figura 36 – Ecrã do mapa de pressão do Teckscan.

Desta primeira interação com o sistema resultou por um lado o relatório em formato ASCII onde constavam todos os dados técnicos e por outro, a perceção visual dos pontos críticos.

Considerando que se se conseguisse reduzir as zonas de pressão se estaria a diminuir o desconforto e por sua vez a minimizar as zonas de pressão, parecia-nos necessário construir artefactos que de algum modo atendessem a estas correlações.

Por outro lado, um sistema emergente, teria de ser resultado da gestão de dados de informação, permitindo que do tratamento desses dados resultasse em informação capaz de produzir os ditos artefactos.

Surgiu então a possibilidade de que o objeto resultante fosse uma base de assento, onde se fizesse a transferência das zonas de pressão, entre as zonas mais problemáticas para as zonas menos críticas, ou seja entre as zonas de maior predominância óssea (com menos massa muscular), para as zona de maior massa muscular em contacto com a base.

Para a construção desta base, parecia essencial trabalhar com um sistema CAD, quer fosse ao nível da fase de protótipo e como ferramenta de visualização de uma solução, quer ao nível da construção de uma ferramenta que permitisse solucionar o problema conforme solução final.

Fez-se uma primeira abordagem transferindo os valores obtidos pelo Tekscan, primeiro para o Excel, trabalhando primeiro os dados de forma a criar uma tabela, onde constavam os valores de pressão separados por vírgulas e as casas decimais separadas por pontos, de forma a poder ser interpretado pelo sistema CAD "Solidworks".

Após conseguir gerar um objeto com base nas aquisições, questionávamo-nos sobre a relação entre os valores de pressão e o objeto virtual no sistema CAD, para minimização das zonas de pressão.

Se no caso dos valores de X e Y, tinha-se a referência da posição relativa à grelha de sensores, figura 37, onde seria possível ter uma coordenada exata de cada um dos pontos de leitura, em relação a Z, os valores de pressão manifestam apenas a relação com a intensidade de pressão medida em mmHg e não com a volumetria do corpo. No lado direito da figura 37, onde se apresenta o gráfico 2D, podia-se ter a percepção com base nas cores das zonas de pressão, onde as cores amarelas e vermelhas representam as áreas de saturação ao nível da pressão.

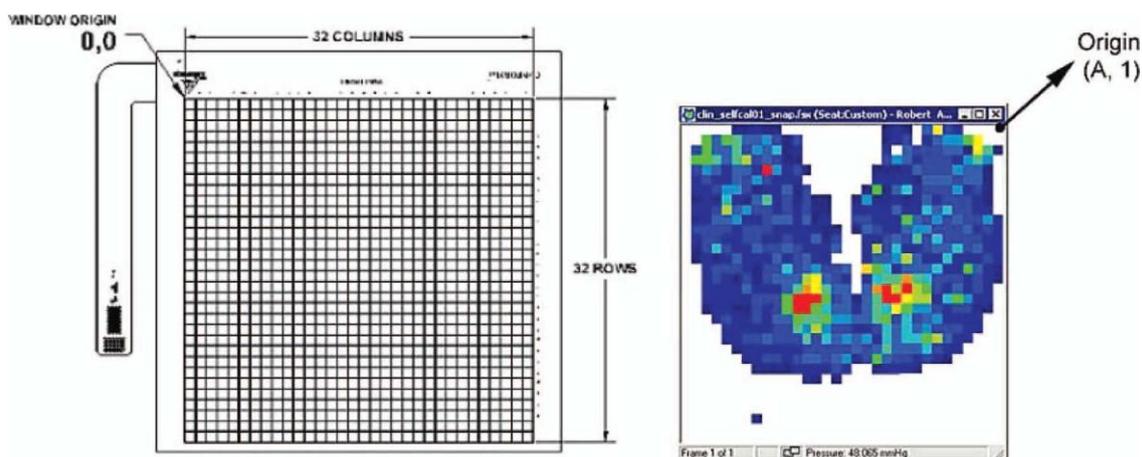


Figura 37 – Gráfico do Teckscan, onde se pode ver à esquerda a grelha de distribuição dos sensores, neste caso 32x32 pontos de medida e à direita o mapa de pressão.

A partir dos valores adquiridos importados para o Teckscan, fez-se um primeiro teste no SolidWorks. Para isso, utilizou-se os valores de pressão para desenhar linhas a partir da junção de cada um dos pontos colineares. O resultado foi um conjunto de linhas vetoriais, paralelas entre si, a partir das quais aplicámos a ferramenta *loft*, que permite gerar uma superfície virtual (Figura 38).

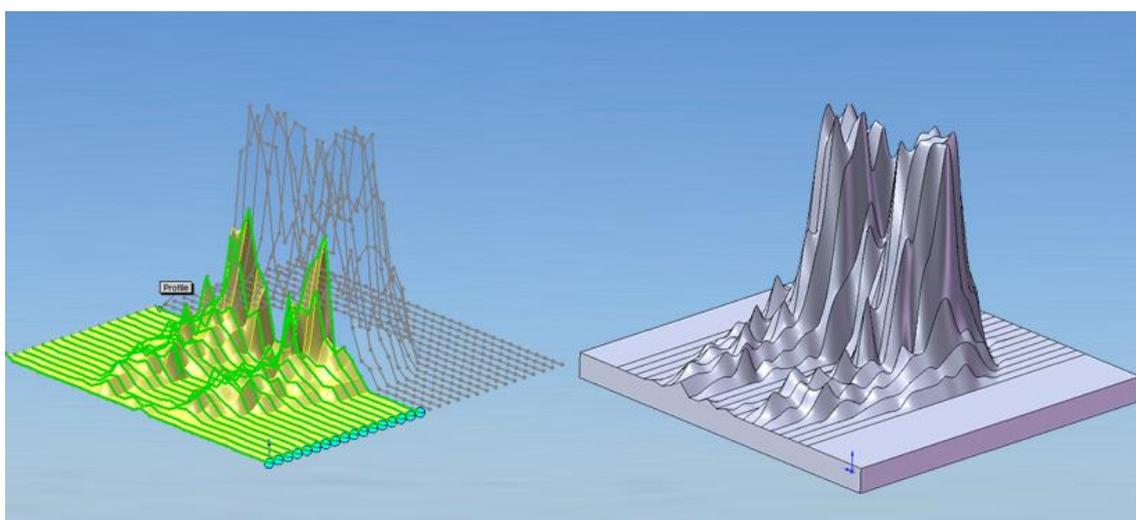


Figura 38 – Aplicação de *loft* considerando todos os dados de valores de pressão.

Como é visível não só a forma resultante é demasiado acentuada como a transição feita a partir das linhas que deram origem ao *loft* se manifesta muito irregular.

O resultado deve-se ao facto de que o *loft* assumiu a expressão dos vetores, o que resulta num conjunto de socalcos paralelos entre si e não na relação que os pontos teriam por si só, com a superfície desejada.

Por outro lado, o facto de termos formas demasiado acentuadas levava-nos a questionar sobre a possibilidade de relacionar a forma com a construção de uma possível base de assento, onde por um lado se conseguisse corrigir os valores de maior pressão obtendo uma relação mais homogénea entre os valores de pressão e por outro se considerasse a melhor relação ergonómica da base de assento.

Partindo do princípio de que reduzindo os pontos de maiores valores de pressão estaríamos a diminuir as áreas de maior probabilidade de ocorrência de UPs, então a partir de uma melhor distribuição das pressões, resultado de uma melhor distribuição morfológica, conseguir-se-ia minimizar o contacto dos pontos críticos e por consequência, estar-se-ia a resolver uma parte considerável do problema, que é a pressão no surgimento das UPs.

Para considerar uma morfologia de base de assento adequada ao utilizador, tinha-se não só os pontos críticos baseados nos valores máximos de pressão, como as zonas de tecidos moles ou de proeminências ósseas, que são suscetíveis de mais rapidamente criar zonas de obstrução dos vasos capilares, conduzindo por sua vez ao surgimento de tecidos mortos, úlceras de pressão (Figura 39), como o caso dos ísquios, mas também a própria constituição antropométrica do indivíduo, que no caso considerou a altura máxima do cóccix como

profundidade máxima a considerar na cavidade da superfície da base de assento (Figura 40).

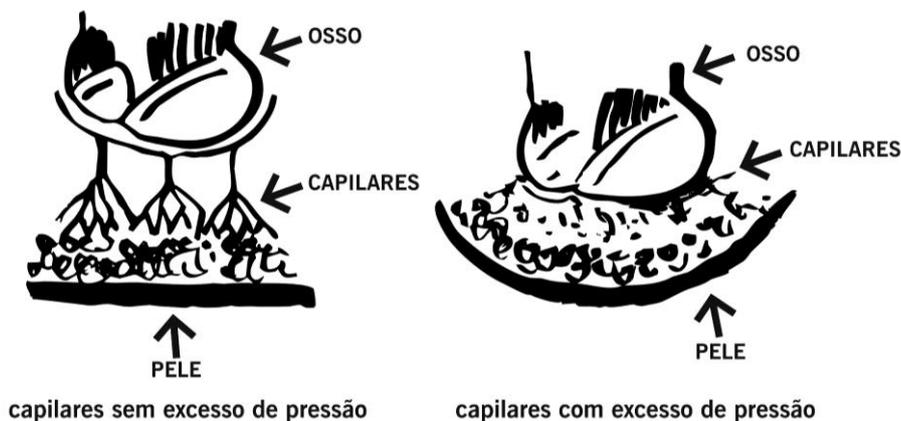


Figura 39 – Capilares sem excesso e com excesso de pressão. Adaptado de: <http://forumenfermagem.org>

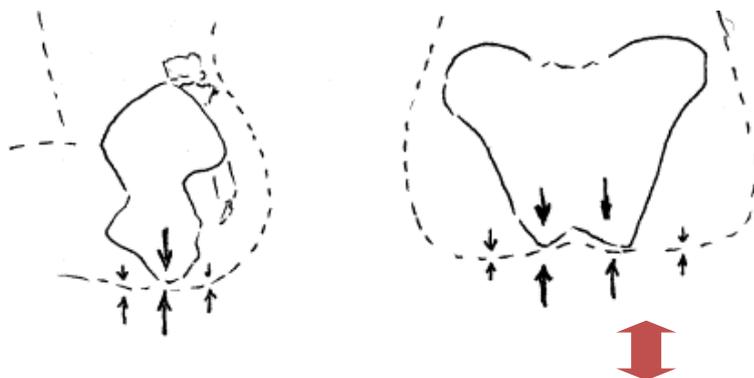


Figura 40 – Localização dos principais pontos a ter em consideração durante o desenvolvimento da base de assento. A seta vermelha representa a altura do cóccix e as restantes setas os pontos críticos de surgimento de UPs

A partir destas duas suposições, criou-se então uma relação inversamente proporcional às forças de pressão permitindo obter a forma desejável para a base de assento.

Se se conseguisse os valores de pressão a partir dos dados de pressão, na relação com a altura do cóccix aquando da posição

sentado, faria sentido encontrar uma tecnologia que permitisse assegurar esses valores, sem que visivelmente existisse intervenção de um qualquer técnico para assegurar que os valores adquiridos, corresponderiam à posição normal do paciente sentado.

Inicialmente recorreremos à digitalização 3D, porque nos parecia ser a menos invasiva e porque por outro lado nos facultava desde de logo uma tomada de consciência da relação morfológica do corpo, onde se poderia ganhar perceção sobre os pontos de maior e menor contacto entre o utilizador e a base de assento.

Para além do auxílio ao estudo antropométrico do utilizador, a digitalização 3D serviu para ganhar consciência da volumetria a ser trabalhada e na obtenção da forma, nomeadamente sobre qual a relação da altura máxima do material a considerar.

### **Digitalização 3D**

No presente trabalho, embora existam digitalizadores para corpos humanos, utilizámos o recurso a um digitalizador 3D portátil (Figura 41) utilizado no ramo automóvel, onde a margem de erro não é considerável para o efeito.



Figura -41 – Sistema de digitalização T-SCAN 3. Fonte: Empresa steinbichler

O sistema é composto por um equipamento que emite uma série de disparos de luz ou feixes laser, sobre o produto a digitalizar, em forma de um padrão/retícula, permitindo simultaneamente a aquisição de dados e a sua conversão numa nuvem de pontos.

Entende-se por nuvem de pontos, um conjunto de pontos sobre as coordenadas XYZ resultantes da aquisição simultânea de duas lentes que devido ao efeito estereoscópico permitem uma correlação dos pontos, determinando desse modo a relação georreferenciada para cada um destes pontos.

A partir da união destes pontos, é possível criar uma malha de polígonos que representam a superfície digitalizada.

Para uma aquisição mais eficaz, recomenda-se que as superfícies a digitalizar sejam brancas mate, ou no caso de não o serem sejam recobertas por um pó branco a partir de um spray que posteriormente pode ser removido.

Após o tratamento em software especializado, podemos então converter esta nuvem de pontos numa malha de triangulação em ambiente CAD, passível de ser manipulada como uma superfície virtual.

No presente estudo vestimos o utilizador com umas meias-calças brancas "mate" (essencial para que durante a aquisição de dados não existam brilhos parasitas, que influenciem na aquisição da informação). As meias devem ser o mais justas possível para que o resultado da forma adquirida seja por sua vez o mais real possível.

Encontramos no entanto alguns problemas na aquisição da informação, nomeadamente a impossibilidade de digitalização de áreas ocultas, ou de difícil acesso. Nesse sentido, o facto de utilizarmos um sistema portátil permite ir adquirindo partes do sólido e a reconstrução do mesmo a partir das aplicações fornecidas com o equipamento, bem como no trabalho posterior em sistema CAD onde se procede à reconstrução por montagem das diferentes das partes.

Com base na volumetria obtida na digitalização (Figura 42), foi possível determinar qual a altura do cóccix do utilizador.

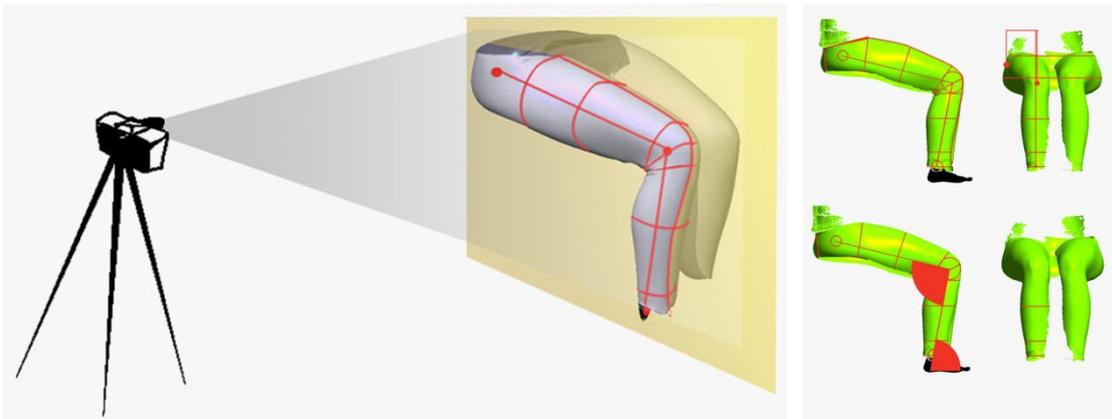


Figura 42 – Processo de aquisição e imagens feitas a partir da reconstrução em ambiente CAD.

Posteriormente com o recurso ao MOCAP, a aquisição da altura do cóccix viria a ser possível através da visualização das marcas registadas pelo sistema.

### 7.3.2 Determinação da relação da altura e a pressão

A segunda fase do trabalho, figura 34b, focou-se no estudo da relação entre a altura do cocix à base do assento e a pressão. Baseando-nos nos estudos de Martins, et al. (1996), em que se mencionam valores de 255 mmHg como valores de referência para as zonas críticas passíveis de criar UPs e na sua correlação com a escala de Borg CR10 onde 7/10 corresponde a uma saturação do utilizador manifestando-se em desconforto severo e 5/10 equivale ao valor limite de conforto, foi possível chegar às seguintes conclusões:

- o valor de 191 mmHg (Figura 43), obtido no mapa de pressão correspondeu ao valor de 7/10 na escala de Borg CR10 (Figura 44) e para 5/10 na mesma escala correspondeu uma leitura de 127 mmHg;
- em relação à altura do cóccix, teríamos que para 127mmHg corresponderia uma altura máxima de aproximadamente 2 cm (Figura 45).



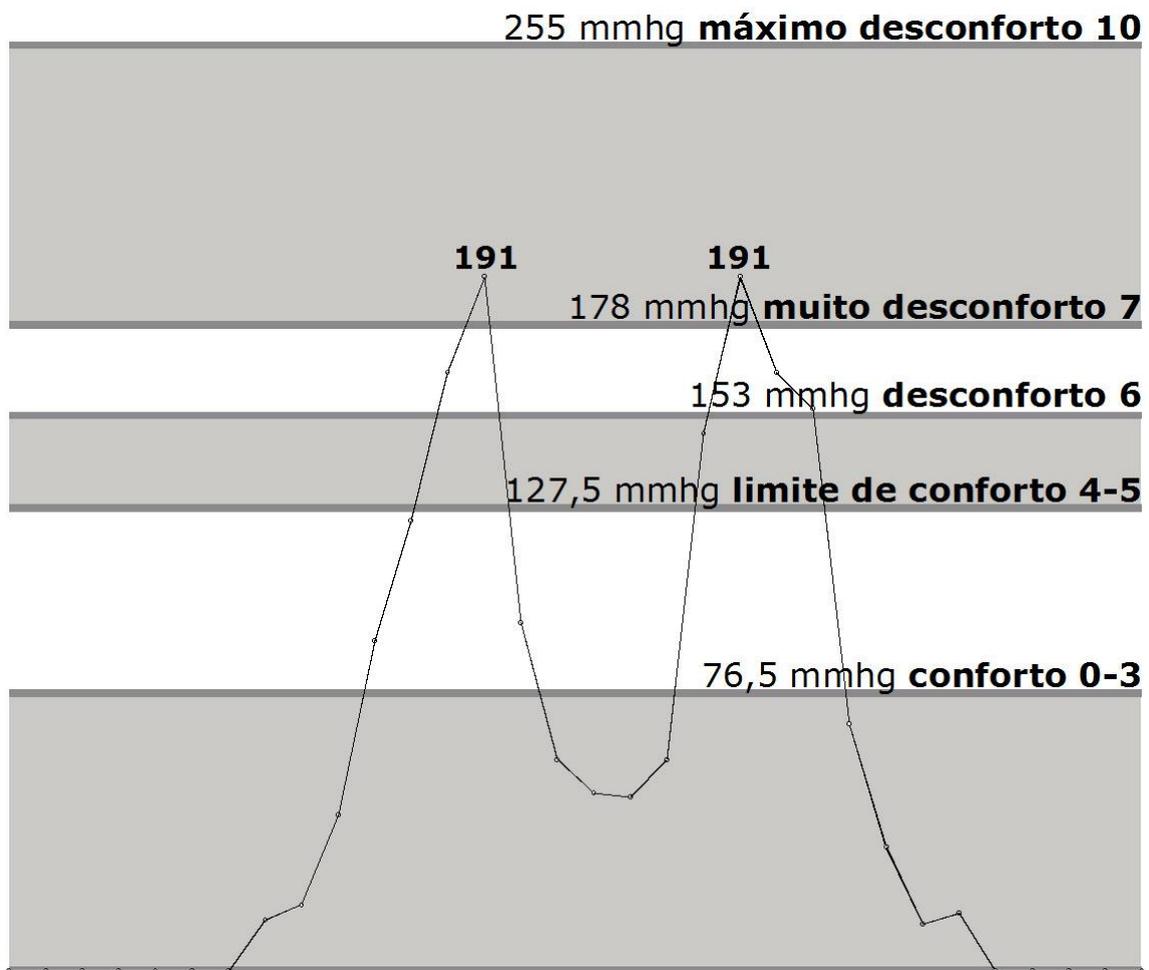


Figura 44 – Relação entre os valores de pressão e a escala de Borg CR10.

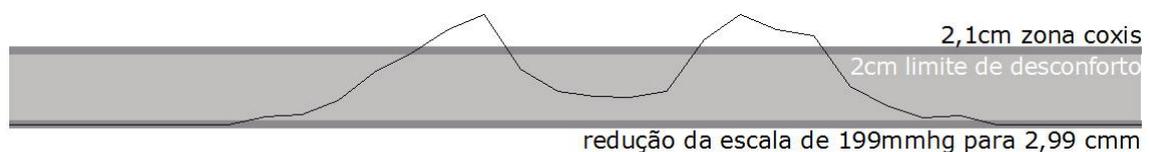


Figura 45 – Conversão de mmHg em cm.

Considerando também que valores superiores a 2 cm de profundidade originam a que esta cavidade deixa de estar em contacto com o corpo. Para minimizar as zonas de pressão nas zonas críticas de proeminência óssea (cóccix), correspondentes às zonas de maior profundidade, estudou-se uma correspondência entre as duas escalas

(Borg CR10 e pressão mmHg) e a altura do cóccix, de forma a fazer uma redução progressiva, das zonas de pressão, a partir de 5/10 na Escala de Borg CR10.

Nesse sentido, ao valor de 255mmHg corresponde o valor máximo da escala de Borg CR10 10/10, ao qual corresponde 5 cm de profundidade, para 178mmHg corresponde o valor de 7/10 e 4 cm de profundidade, para 153 mmHg corresponde 6/10 e 3 cm de profundidade, para 127,5 mmHg corresponde o valor de 5/10 e 2 cm de profundidade.

Estes valores permitiram aquando da construção da base de assento, determinar uma forma mais homogénea e menos profunda, diminuindo à altura da base.

### 7.3.3 Relação entre a pressão e a forma

De acordo com o esquema da figura 34c, a fase manifesta a relação entre a transformação dos dados de pressão numa geometria tridimensional virtual.

Após a conversão dos valores de mmHg para cm no Excel, os valores foram importados para o Solidworks. Numa primeira fase utilizando o recurso a loft, figura 46, onde se obteve um resultado ainda muito irregular uma vez que assumia a expressão dos vetores conforme as primeiras experiências.

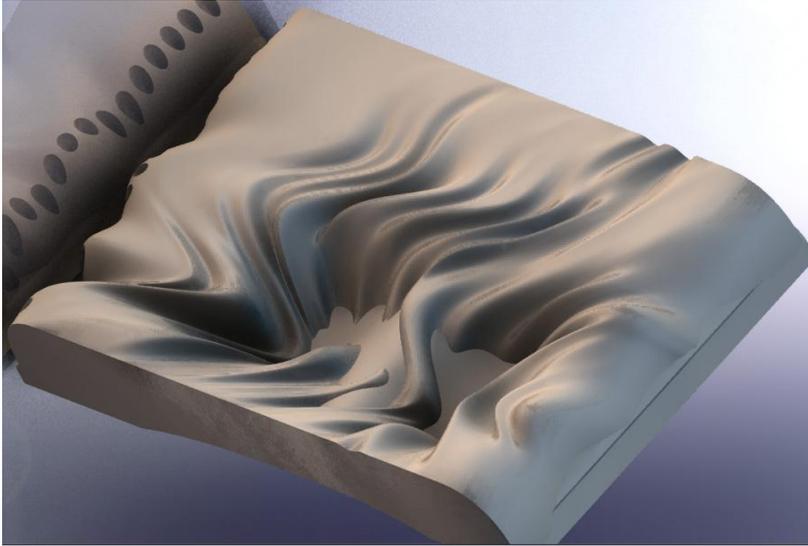


Figura 46 – Protótipo virtual que considerou a conversão dos valores de pressão para cm atendendo às características ergonómicas do utilizador, nomeadamente a altura do cóccix.

Em alternativa ao Excel, criou-se uma macro no Solidworks para importação direta dos dados a partir do Tekscan. Esta macro permitia a conversão dos valores de mmHg para cm bem como a sua inversão para obter a forma da base de assento. Possibilitava também a redução progressiva dos valores inferiores a 2cm para diminuir à altura da base de assento.

Da análise dos resultados obtidos nesta fase foi possível tirar as seguintes conclusões:

- o *loft*, apesar de permitir uma relação entre as linhas desenhadas a partir dos pontos, não criava uma superfície homogénea no seu todo;
- o conceito de importação de dados a partir do Tekscan, com base numa recolha direta da relação com o utilizador, começava a aproximar-se do que seria desejável, permitindo criar uma conexão entre os dados adquiridos e o possível resultado final.

## **Importação de nuvem de pontos para Solidworks**

Uma vez que os resultados obtidos na criação de uma superfície baseada no *loft* levaram a uma superfície pouco uniforme, tornou-se necessário reequacionar a abordagem ao problema e consequentemente o software para o tratamento dos dados. Por um lado, era possível fazer a importação de dados e a sua correlação com as aquisições versus o resultado obtido, mas por outro, a metodologia não produzia uma superfície suficientemente suave para poder funcionar como base de assento.

Esta avaliação levou-nos a estudar uma forma alternativa que, a partir do software, conseguisse correlacionar os pontos no seu todo e não na relação colinear existente entre eles.

Da representação das superfícies criadas em sistemas CAD, e dos softwares 3D existentes no mercado, nomeadamente dos sistemas de digitalização 3D, sabia-se que estes normalmente se relacionam num sistema de triangulação e que esta triangulação é originada por uma nuvem de pontos (Lima, 2003).

A partir deste conceito, usou-se um plug-in do Solidworks que permite fazer a importação directa dos pontos e após o recurso à ferramenta de criação de superfícies gerou-se uma superfície.

No Excel, fez-se a conversão de mmHg para cm numa relação direta entre pressão e deformação (Lei de Hooke). Corrigindo deste modo os pontos de pressão a partir da inversão de valores, o que permitiu que a forma gerada fosse a inversa à pressão exercida, minimizando-se as zonas de pressão. Aplicou-se também uma redução progressiva dos valores, de forma a controlar a altura máxima da almofada atendendo à altura do cóccix.

O resultado final tornava-se visivelmente mais aceitável, obtendo uma superfície mais homogênea, resultado de uma relação entre os pontos e os seus vizinhos, o que permitiu a eliminação dos socalcos registados nos casos anteriores (Figura 47).

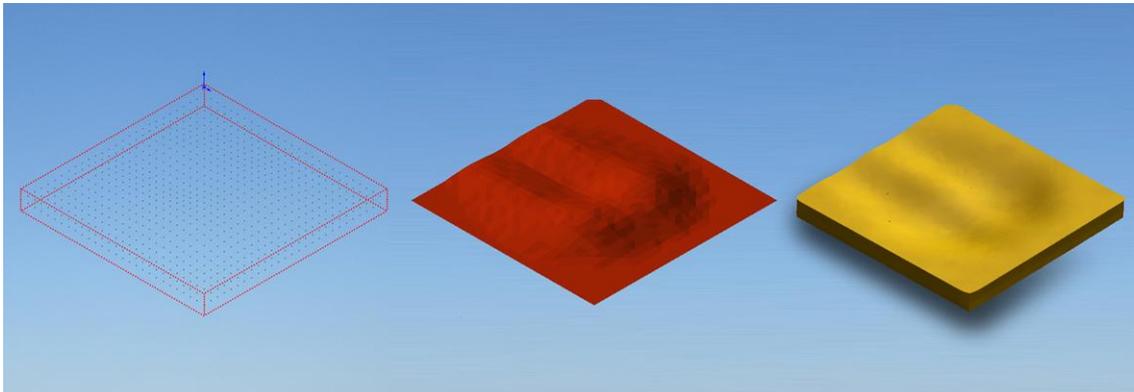


Figura 47 - “Criação de superfície e rendering de base de assento a partir de nuvem de pontos”.

### 7.3.4 Prototipagem e fabricação rápida.

Por ultimo, tal como se apresenta na figura 34d, realizou-se a transferência da informação do sistema CAD para o sistema CAM que em função da tecnologia de fabricação rápida, permitiu a prototipagem da base de assento.

Como já referido, os sistemas de prototipagem/fabricação rápida têm vindo a evoluir, existindo hoje em dia um leque considerável de soluções, quer por via da tecnologia como da matéria-prima utilizável.

Das possibilidades existentes no mercado estudaram-se duas que nos pareceram mais adequadas ao trabalho, a impressão 3D e “high speed milling”.

A primeira, impressão 3D, porque permite utilizar um material semelhante à borracha o que possibilitava não só controlar, numa primeira abordagem, a forma final desejada, como o desconforto táctil minimizando as zonas de pressão e também o conforto visual na relação com a percepção ou seja com o conforto emocional.

O segundo sistema é baseado numa high speed milling CNC, por via da fresagem de um bloco de matéria-prima. Esta tecnologia embora seja normalmente utilizada na indústria de maquinaria de moldes, metais ou madeiras (matérias-primas rígidas), permitiu também maquinar materiais mais flexíveis como espumas.

Em relação a este equipamento, não só existia uma maior experiência com fazia parte dos equipamentos disponíveis em laboratório.

## Impressão 3D

Dadas as características dos materiais imprimíveis, pode-se tirar partido da dureza do mesmo como no caso de materiais com características de borracha "Tango Plus" (Figura 48) permitindo controlar a rigidez na conformação da forma.



Figura 48 – Tango Plus (shore A 60-70).

Foram estudadas duas abordagens de prototipagem com esta tecnologia atendendo à forma final desejada:

- a primeira visava o controlo da forma, atendendo à dureza do material e deflexão, na perspectiva de controlar o resultado da forma numa visão global;
- a segunda visava tirar partido da relação com a geometria, permitindo deste modo canais de respiração minimizando a possibilidade de acumulação de soros por transpiração.

Para controlar a deflexão do material, utilizou-se a lei de Hooke que relaciona a elasticidade dos corpos baseada na força exercida para a partir daí determinar a deformação.

$$F = k.\Delta l$$

Onde a força (F) é igual ao deslocamento da massa (K) a partir do ponto de equilíbrio (estado inicial) vezes ( $\Delta l$ ) a característica constante da mola.

Com base nesta lei, e relacionando que (P) pressão é igual à força exercida, então com base nas forças exercidas e conhecendo as características dos materiais conseguiríamos determinar a forma final da borracha com base nas pressões.

Com o intuito de perceber melhor este exercício utilizámos uma espuma Viscoelástica para correlacionar a correspondência entre diferentes espessuras de espuma e a deformação sobre pressão.

Dada a falta de existência de informação técnica relativa ao comportamento da espuma viscoelástica a forças de compressão/descompressão, tornou-se necessário efectuar um estudo de caracterização para melhor perceber o comportamento de este material versus a abordagem desejada.

Fizemos a caracterização da espuma com base em três espessuras, 16mm, 23mm, 33mm, recorrendo a testes de compressão a partir de um dinamómetro para determinar as curvas de deformação/flexão, que se ilustram na figura 49.

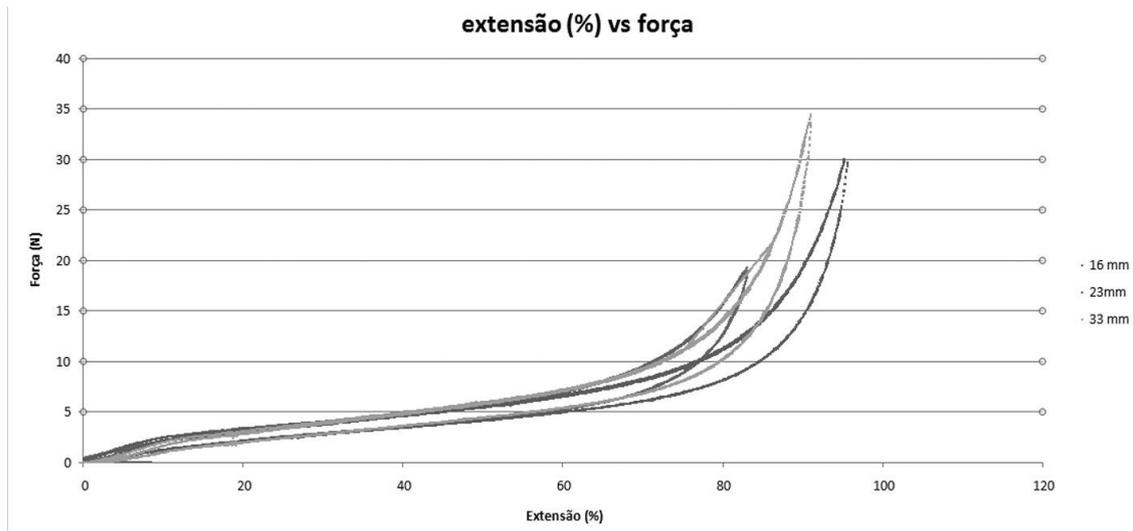


Figura 49 – Gráfico da extensão(%) vs Força (N).

Constatou-se que a relação da deformação percentual e a força aplicada é idêntica para todas as espessuras até cerca de 75% de compressão, valor a partir do qual a espuma começa a saturar (Figura 49).

Se se associar cada um dos pontos de pressão colhidos a partir do Tekscan, com as características da espuma, então conseguiria-se perceber qual a deflexão final dos vários pontos e consequentemente, determinar qual a forma final quando estivesse sob pressão.

Neste estudos considerou-se apenas as forças verticais por efeito de pressão tendo consciência que “outras forças” tangenciais poderiam interferir numa real avaliação do problema, sendo necessário para isso evoluir para a construção de um cenário com base em elementos finitos. Neste caso, o estudo incide mais na metodologia que aproxima a relação entre o utilizador e o produto, do que na exploração “de maior rigor” para a qual não se estava preparado, atendendo ao background, o que poderá a qualquer momento ser reequacionado em projetos futuros.

Sabendo que existe uma relação entre a espessura da espuma e a percentagem de deformação, então a partir desta relação poder-se-ia determinar qual a altura da espuma desejada, correlacionando a deflexão com a forma final pretendida, de forma a respeitar quer as questões ergonómicas como as do controlo da deformação para corrigir a possibilidade de criação de úlceras de pressão nos pontos críticos.

Como conclusão, a partir da relação da pressão/deflexão, um dos materiais a equacionar seria o da utilização do Tango Plus, um material com um comportamento semelhante ao de uma espuma viscoelástica ou de uma borracha.

No entanto, um dos problemas associados à patologia das úlceras de pressão está relacionado com os soros associados à sudação (Highsmith, 2007), provocando humidade na pele e posteriormente o surgimento de úlceras de pressão.

Com apoio na construção de uma estrutura baseada na geometria dos materiais, figura 50, estudou-se a possibilidade de construir uma forma a partir da qual se conseguisse controlar a forma final desejada.

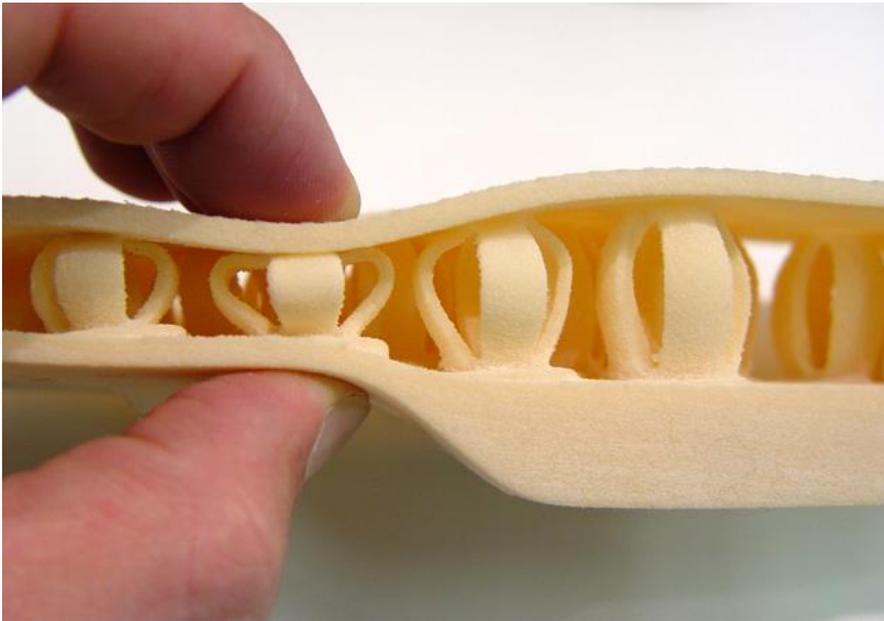


Figura 50 – Espuma impressa em 3D PRINT.

Assim, estudou-se as características da pele para atender às questões associadas com as naturezas de conforto e saúde, nomeadamente a possibilidade da construção de um material que permitisse respirar e conseqüentemente, a possibilidade de reduzir a criação “soros” uma das causas das úlceras de decúbito nas zonas de contacto da pele, um dos aspetos referenciados nos estudos sobre Úlceras de Pressão (Highsmith and Highsmith, 2007).

O cálculo das dimensões dos poros com base nos estudos de Chin et al. (2008) é ilustrado na figura 51, onde  $L$  é a distância de um lado de um quadrado unitário em torno de uma matriz de  $3 \times 3$  poros,  $D$  é o diâmetro de um poros, e  $VF$  é o espaço vazio.

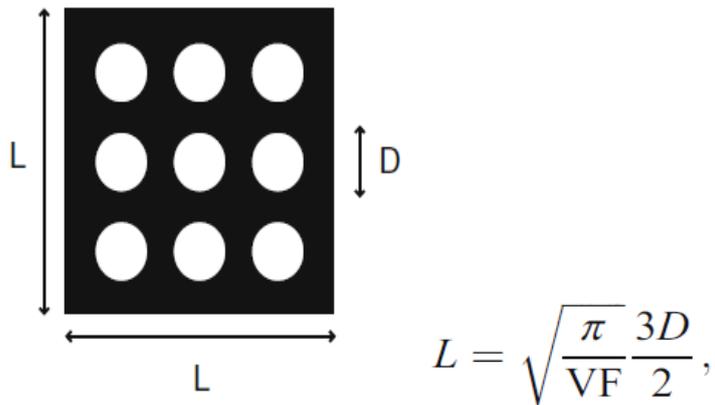


Figura 51 – Análise da porosidade da pele (Chin, D. C. et al., 2008).

Neste sentido estudou-se a construção de uma estrutura que permitisse uma melhor respiração a partir de “canais”, espaços vazados para ventilação de ar, permitindo a minimização de humidade à superfície da pele, tal como se ilustra no exemplo da figura 52.

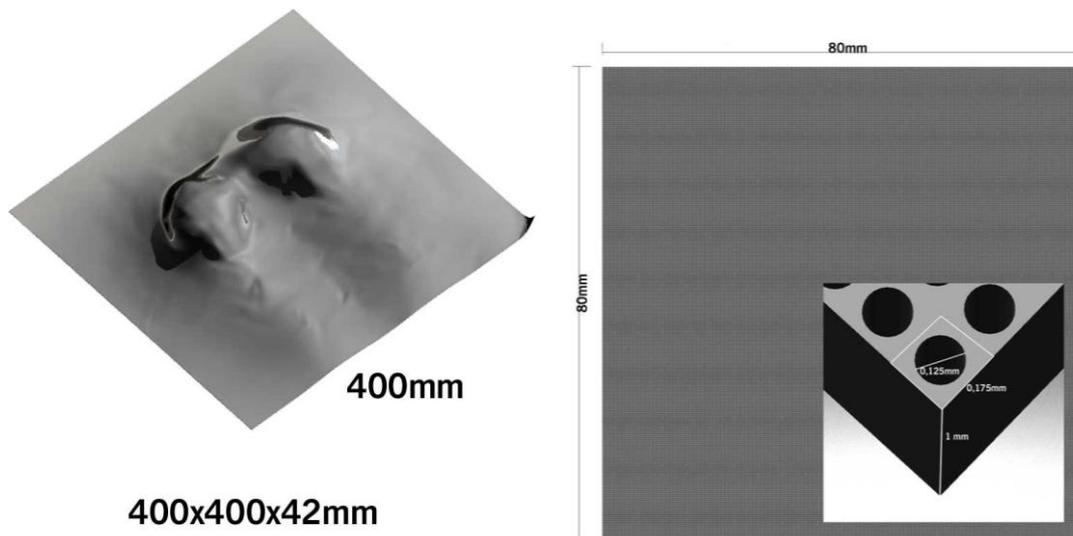


Figura 52 – Simulação de estrutura similar à pele com canais para respiração.

Da investigação em projetos similares, depreende-se que embora tecnicamente seja possível criar uma estrutura onde a relação entre os espaços vazios seja similar à da pele, com orifícios de 0,125 mm, figura 52, do ponto de vista prático esta solução acabaria por se tornar inviável, uma vez que os espaços vazios acabariam por ficar com resíduos de pó que dificilmente seriam removidos derivados da geometria da forma.

Da abordagem à impressão 3D conclui-se que existem algumas vantagens consideráveis como:

- redução de tempos, quer na preparação do processo como na execução e nos acabamentos;
- bons acabamentos que permitem obter uma peça mais limpa; utilização de materiais flexíveis;
- impressão de mais do que um tipo de material, o que não só permite ter matérias possíveis de ser removidas como materiais com características diferentes;
- possibilidade de imprimir camadas extremamente finas (16 microns).

No que se refere às desvantagens desta tecnologia, encontramos duas. Por um lado trata-se de uma tecnologia dispendiosa e por outro a sua ineficácia na adequação à criação de uma superfície com canais de respiração, contendo orifícios relativamente finos, devido à dificuldade de remoção de pó das zonas vazadas/ocas.

### **Prototipagem por high speed milling**

Numa primeira abordagem à tecnologia, utilizou-se dois tipos de materiais, uma espuma viscoelástica devidamente caracterizada quanto à densidade como ao comportamento mecânico (deflexão) e MDF (um material derivado de madeira).

A espuma Viscoelástica, é um material que tem vindo a ser utilizado nas áreas da medicina devido por um lado às suas características anti- bacteriológicas e por outro, sendo uma espuma de célula aberta permite que em contacto com o corpo este possa respirar.

Da pesquisa sobre maquinação de espumas apenas se encontrou artigos que referiam a maquinação de espumas de poliuretano de alta densidade, uma espuma rígida, onde se referiam as qualidades para maquinação, salvaguardando no entanto que dada a natureza da porosidade do material, a textura do mesmo apresentava-se tosca quanto ao toque (Silva et al., 2011).

Numa primeira abordagem à espuma viscoelástica, introduziu-se uma amostra de espuma na Milling para testes de maquinação. Destes testes, verificámos existirem problemas relacionados quer com a fixação do material, quer com a sua maquinação uma vez que a própria fresa arrancava o material.

Do cruzamento de informação com outras tecnologias e baseado nas experiências feitas por Liu et al. (2004) sobre prototipagem rápida por congelamento, ocorreu-nos a possibilidade de embeber a espuma em água para desta forma, não só termos um sólido rígido que permitiria ter melhor fixação à Milling, como também permitiria aquando da fresagem um melhor acabamento.

Desta experiência resultou a necessidade de criar condições especiais de frio para manter o gelo durante a maquinação, uma vez que não se conseguiu maquinar a base antes de o gelo derreter.

Fez-se então uma terceira abordagem. Em vez de água, embebeu-se a espuma em estearina que após a maquinação poderia ser retirada por via do calor. Poder-se-ia no entanto ter utilizado em alternativa um material similar solúvel em água.

No caso da estearina, conseguiu-se bons resultados na maquinação, mas ficavam no entanto resíduos de estearina que alteravam o comportamento da espuma.

Quer no caso do gelo como no caso da estearina, verificou-se que a volumetria final da espuma era alterada quando se retirava o material de suporte à maquinação (água ou estearina), impossibilitando o controlo efectivo das dimensões no resultado final.

Estes resultados levaram-nos a reequacionar a maquinação da espuma viscoelástica, a partir do controlo do avanço e rotação da fresa.

Começámos por fazer furos de 8mm de diâmetro (figura 38) no sentido perpendicular ao da fixação da espuma, a uma velocidade de 8000rpm e 12000 rpm.

Como resultado percebeu-se que quanto maior fosse a velocidade de rotação melhor era o resultado final.

De seguida experimentou-se fazer rasgos com a mesma fresa, mas no sentido paralelo ao da fixação da espuma. Neste caso a ideia era perceber qual o comportamento durante o corte da espuma e qual o intervalo mínimo possível de controlar entre rasgos. Nesse sentido fizeram-se rasgos de 8mm paralelos entre si a uma distância de 10 mm, conforme se ilustra na figura 53.

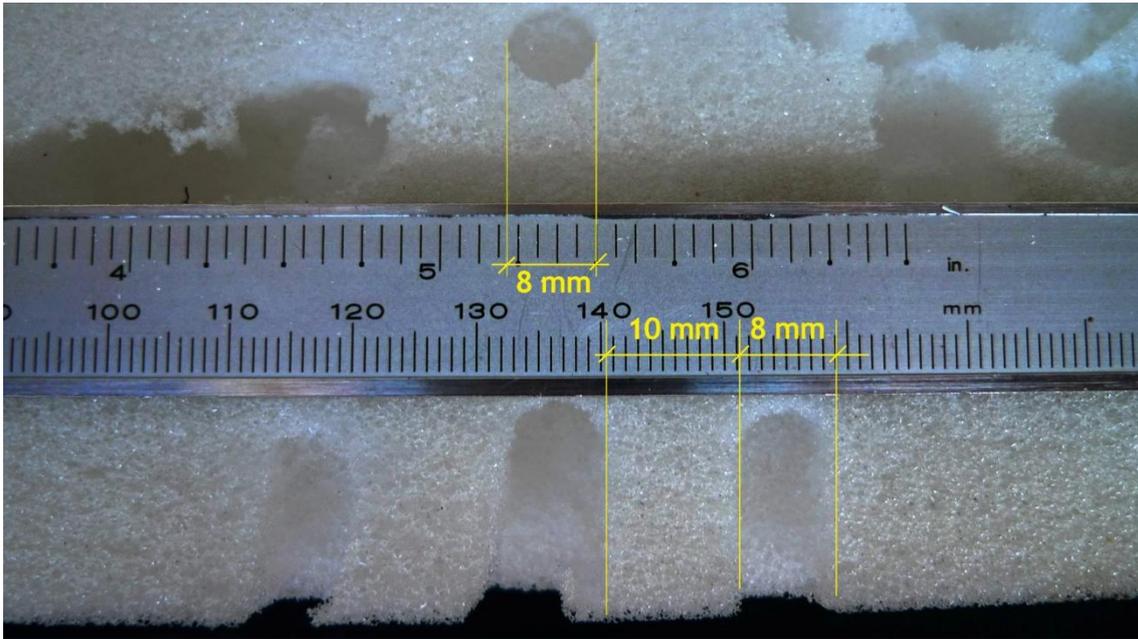


Figura 53 – Resultados obtidos nas experiências de fresagem com espuma viscoelástica.

Por fim desenhou-se uma amostra com diferentes tipos de complexidades, com o intuito de verificar de uma forma mais exaustiva as reais possibilidades de maquinação da base final (Figura 54). Neste teste conseguiu-se um compromisso entre o avanço (relativamente baixo) e a rotação a 12000 rpm que permitiu um controlo satisfatório para a peça, o que a nosso ver é suficiente para o exercício previsto.



Figura 54 – Exercício de maquinação de espumas, do lado esquerdo temos uma espuma viscoelástica e do lado direito um poliuretano de alta densidade.

O MDF é um material normalmente usado na indústria de moldes pelas suas boas características de maquinação e acabamento.

No âmbito da investigação, realizou-se um conjunto de experiências para apurar tempos de produção derivados da velocidade de rotação, ou de avanço da fresa, bem como questões associadas à geometria da fresa de modo a se obter bons acabamentos que cumpram com a morfologia da superfície desejada.

Um primeiro protótipo (Figura 55) foi maquinado a partir de CNC, materializando desta forma a construção da base de assento.

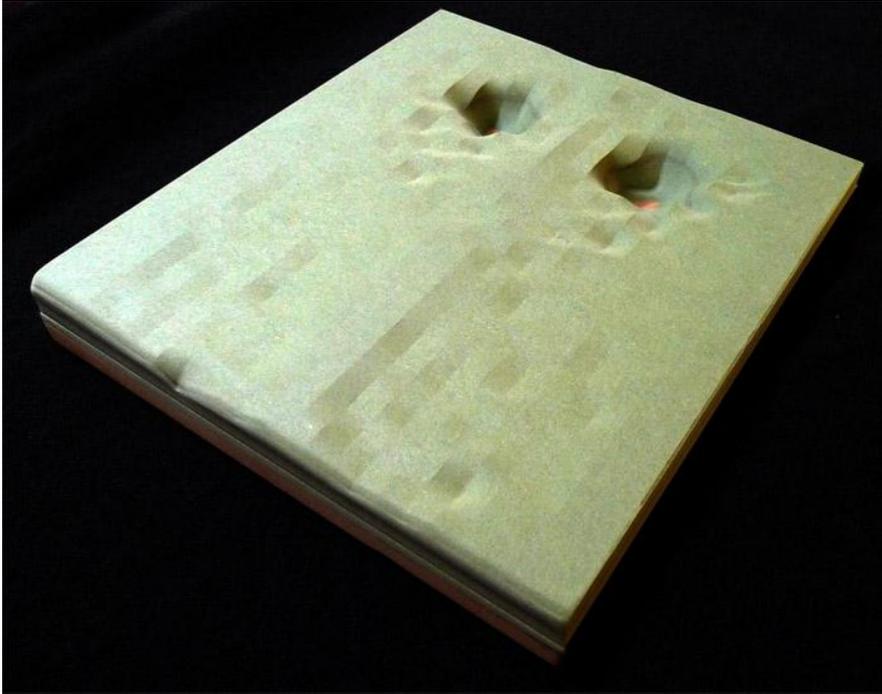


Figura 55 – Primeiro protótipo produzido com base na informação recolhida no Tekscan e maquinada numa CNC DECKEL MAHO, DMC 64V, em MDF.

É no entanto visível na figura 55 que a base de assento está demarcada pela forma como foi trabalhada no sistema CAD e posteriormente na escolha de ferramentas feitas no GOELAN para a maquinação na CNC.

As tecnologias de prototipagem rápida têm tido grandes evoluções nos últimos tempos. Por um lado temos a emergência das áreas de adição de matérias, como por exemplo as de impressão 3D e por outro, a necessidade de aperfeiçoamento de técnicas de fresagem face à concorrência e resposta ao mercado.

A capacidade técnica em ambos os casos permite trabalhar hoje ao nível das nano dimensões, embora no nosso caso, devido ao grau de exigência pretendido, não houvesse necessidade de trabalhar dimensões para além das décimas de milímetro.

Relativamente ao uso da tecnologia de impressão 3D, concluiu-se que para o exercício aqui exposto, o custo de impressão 3D é ainda muito elevado comparando com a construção em CNC.

Numa abordagem feita ao mercado, obtivemos valores de referência na ordem dos 900€ para a produção em impressão 3D recorrendo ao material tango plus sendo que para uma peça similar produzida partir de uma Milling o custo ronda os 500€.

Por outro lado, o facto de termos acesso ao equipamento de CNC, uma vez que este fazia parte do laboratório da universidade, permitiu um maior controlo bem como a possibilidade de acompanhar as experiências ou o fabrico de protótipos, diminuindo o tempo de produção e execução de testes uma vez que não se estava dependente de terceiros.

## **7.4 Aplicação para desenvolvimento de produtos personalizados com base no utilizador**

O “core system” é uma aplicação desenvolvida com base no PUCIS, uma metodologia de design centradas no utilizador, neste caso em pessoas com necessidades especiais que por deficiências físicas recorrem às cadeiras de rodas como meio de locomoção ou que por dificuldades de movimentos autónomos necessitam de permanecer sentadas grande parte do dia.

O “core system” foi desenvolvido a partir do software labview, com base na informatização da metodologia PUCIS, estruturando-se em pequenos módulos sequenciais a partir dos quais o sistema central faz a integração e interação a vários níveis, desde a recolha de dados ao tratamento e preparação para fabricação, utilizando um sistema

aberto à introdução de novos módulos. Esta ferramenta pressupõe a validação da metodologia desenvolvida na secção anterior.

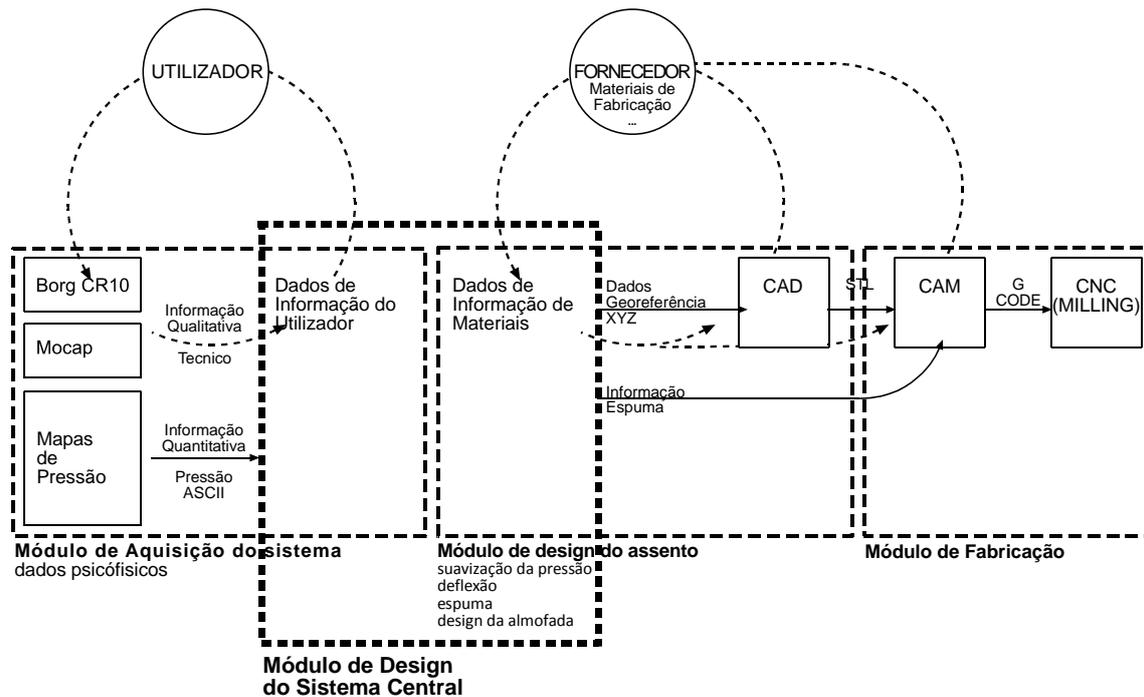


Figura 56 – PUCIS, modelo de gestão de sistemas de informação do “core system”.

O módulo do Sistema Central, representado com linhas tracejadas mais escuras na figura 56, permite a integração de dados em qualquer fase desde a conceção à realização do produto a partir de uma rede ou base de dados, com base num trabalho colaborativo entre utilizador, técnicos psicofísicos, fornecedores (materiais) e/ou com fabricante (tecnologias e processos de fabricação), independentemente da sua localização geográfica ou área de negócio.

Desenhado a partir de três módulos: módulo de aquisição do sistema; módulo de design do assento (para este caso de estudo, ou outros produtos para diferentes casos) e módulo de Fabricação, o módulo do Sistema Central faz a interação entre os dados do utilizador (tangíveis ou intangíveis) com os dados dos materiais e os dados que dão origem à morfologia da base de assento.

Este módulo, foi desenvolvido para fazer o tratamento de informação e interpretação de dados emocionais/psicofísicos, com a colaboração de um técnico especializado, a partir de escalas de humor, movimentos e dados de pressão. Como resultado da interação e integração de dados, é gerada uma superfície tridimensional virtual passível de ser exportada para um sistema CAD. Esta superfície considera o comportamento de materiais atendendo ao resultado final esperado aquando da fabricação de um produto personalizado.

Como resultado final, o módulo do Sistema Central gera informação utilizável pelo módulo de fabricação, que permite produzir uma superfície onde a forma resultante possibilita uma melhor distribuição das forças de pressão e subsequentemente, a minimização da criação das UPs.

#### 7.4.1 Módulo de aquisição do sistema

O primeiro quadrado com linhas interrompidas da figura 56 representa o módulo de aquisição do sistema, que apresenta no lado esquerdo da figura, o conjunto de ferramentas de aquisição de dados emocionais/psicofísicos. O módulo representa a interação e comunicação com as ferramentas psicofísicas, usuários e técnicos especializados, que geram dois tipos de informação semióticos com características diferentes.

As informações semânticas são claras, objetivas e quantitativas (como o mapa de pressão) e é possível medir e transferir para o próximo módulo, enquanto as informações mais pragmáticas são confusas, subjetivas e qualitativas, e precisam de uma interpretação por um técnico especializado.

No caso da escala de humor Borg CR10 e MOCAP, é gerado um conjunto de informações mensuráveis qualitativamente (conforme já foi explicado no capítulo 3), onde características como o humor ou a

envolvente podem ser determinantes na aquisição de dados, atendendo a que as envolventes possam influenciar (como estímulos parasitas) a avaliação.

No caso de MOCAP, a avaliação serve essencialmente como ferramenta de apoio à determinação do momento, ou momentos, a considerar durante a avaliação das pressões, de forma a permitir identificar, a partir do cruzamento com os mapas de pressão, quais as zonas que possam estar a ser afetadas e qual o reflexo aos estímulos por parte do utilizador. Permite também, com base nos marcadores, ter uma percepção antropométrica a considerar aquando da concepção da base de assento.

Os mapas de pressão por seu lado permitem uma informação mais objetiva de carácter quantitativo, logo mais mensurável, onde são identificadas as zonas mais propícias ao desenvolvimento de UPs.

Assim, estes dados necessitam da validação de um técnico de dados psicofísicos, para fazer a sua interpretação semiótica de carácter subjetivo, durante e após a aquisição.

Na figura 56 é também visível, um conjunto linhas curvas que representam informação dinâmica. No primeiro módulo elas estão conectadas com o utilizador, permitindo gerar os dados de informação com base no utilizador. Estes dados serão trabalhados no módulo de design do sistema central, o que por sua vez permite que com base nestes, o módulo de design do assento consiga gerar uma forma virtual da base de assento para posterior fabricação.

Na figura 57, um esquema de comunicação e transição de informação entre utilizadores, técnicos e sistema central, permite perceber que no módulo de aquisição, a informação de carácter quantitativo obtida

por meio dos mapas de pressão, é transferida diretamente ao sistema central a partir do acompanhamento do técnico.

No caso da escala de Borg CR10 e MOCAP, o processo é baseado num processo de interação, uma vez que recorrendo à comunicação entre o técnico e o utilizador, a informação é construída com base na relação entre ambos. Neste caso, dados como a relação cognitiva interferem quer na formação da informação quer ao nível da sua interpretação.

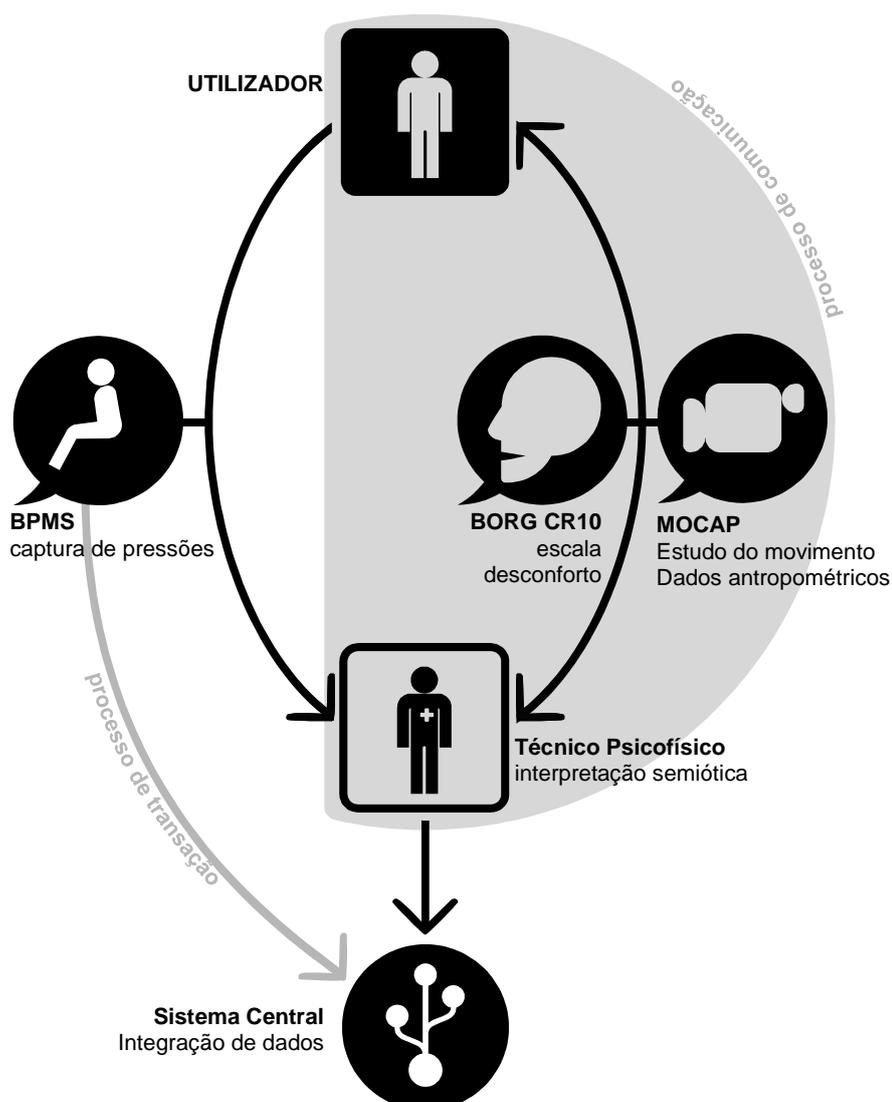


Figura 57 – Excerto da metodologia para a comunicação entre pacientes/ utilizadores e o sistema central.

Por último, sobre este módulo será importante salientar que as informações geradas são unipessoais e que cada utilizador terá valores distintos, originando uma base de assento personalizada, não passível de ser utilizada por outros utilizadores. A morfologia final sobre forma de base de assento, pode resultar desconfortável a terceiros.

#### 7.4.2 Módulo de design do sistema central

Conforme anteriormente referido, o módulo de design do sistema central constitui o elemento base de integração dos demais módulos do PUCIS.

Esta ferramenta está subdividida por um conjunto de sub-módulos, referentes à importação e tratamento de dados psicofísicos, análise de dados e reconfiguração e construção de nuvem de pontos que considera a deflexão de materiais.

A aplicação faz o processamento e interpretação dos dados psicofísicos e gera uma forma tridimensional virtual passível de ser interpretada por um sistema CAD, que dá origem a uma morfologia de base de assento para melhor distribuição das zonas de pressão, minimizando a possibilidade de desenvolvimento de úlceras de pressão.

#### **Sub-módulo 1 – Importação e tratamento de dados psicofísicos**

O sub-módulo de importação e tratamento de dados psicofísicos faz o interface entre o sistema de aquisição de dados do Tekscan e o sistema central, importando um ficheiro ASCII gerado a partir do sistema Tekscan, onde o registo de uma série de frames manifestam



No presente estudo, o trabalho foi realizado com a colaboração de um paciente do sexo feminino de 52Kg.

Sentámos a paciente sobre a matriz de sensores numa base plana para fazer a primeira aquisição de pressões. Com estes valores, o "core system" gerou informação para a construção da base de assento.

Na figura 59, é possível ver o interface gráfico da aplicação desenvolvida "Core System", onde no primeiro ecrã referente à análise de dados, se observa do lado esquerdo um mapa bidimensional com o mesmo número de linhas versus colunas (32x32), conforme interpretação do relatório do Tekscan, onde se utilizam as mesmas coordenadas e valores de pressão do mapa de pressão conforme aquisição feita perpendicularmente em cada célula da grelha.

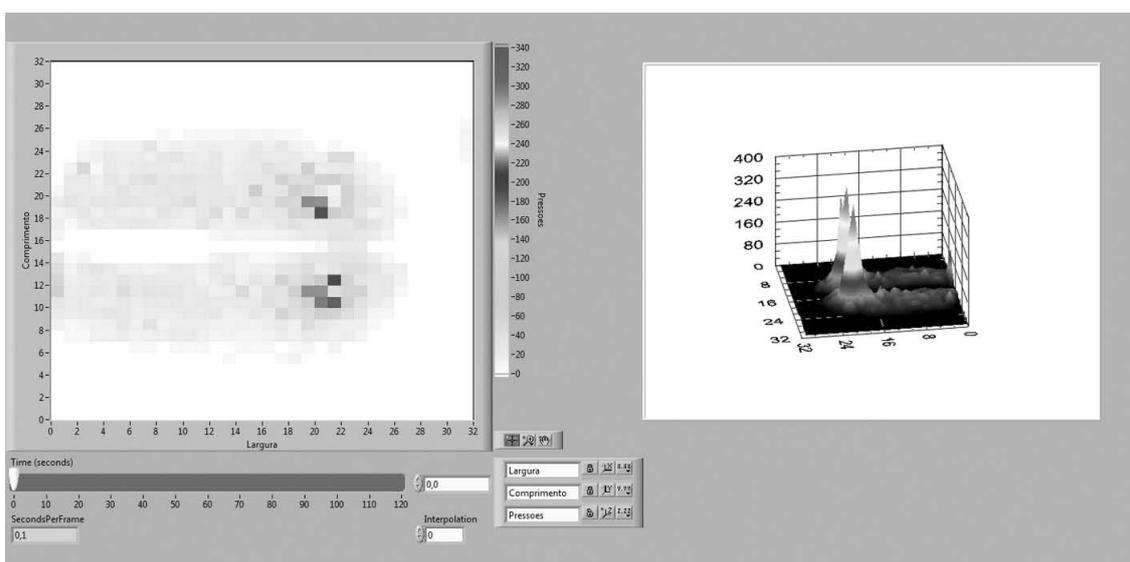


Figura 59 – "Core System", simulação do mapa de pressão 2D e 3D.

Uma graduação com cores permite ler os valores de pressão adquiridos, bem como a existência de uma linha de tempo permite seleccionar o frame ou frames a considerar para análise, de acordo com a avaliação do técnico de dados psicofísicos.

Por baixo da linha de tempo, na secção frames por segundo, podemos determinar o número de frames por segundo a ser considerado para a análise, e na secção interpolação, pode-se determinar a média ou mediana que permite suavizar o mapa de pressões para minimizar os pontos mais elevados de pressão a partir de uma melhor distribuição das áreas de pressão por vizinhança, em especial aquelas que pelo seu valor acentuado são propícias ao surgimento de UPs.

Do lado direito do gráfico, uma simulação dos valores de pressão em ambiente tridimensional possibilita uma percepção da morfologia e dos pontos críticos resultante da má distribuição de pressões.

Como conclusão relativamente a este sub-módulo, pode-se referir que com suporte nos sistemas de informação integrados, com base nos valores adquiridos a partir dos pacientes e com o auxílio de técnicos psicofísicos, desenvolveu-se uma metodologia baseada no utilizador através das leituras semióticas, assegurando que com o resultado final se obtivesse informações passíveis de produzir uma resposta às necessidades especiais do utilizador.

Como referido no ponto 7.3.3, numa fase inicial os valores de pressão foram relacionados com a morfologia base do assento, criando uma relação directa entre os valores de pressão versus valores da cavidade da superfície. Uma profundidade máxima de 2 cm para as depressões foi definida em função da altura do cóccix.

Essa primeira abordagem serviu como ponto de partida para a elaboração do primeiro protótipo de base de assento. Para este primeiro protótipo, os valores de pressão foram transferidos para o CAD (Solidworks) de forma a preparar um primeiro teste.

Com base nos valores de pressão foi criado um conjunto de linhas paralelas umas às outras. Após a aplicação de um *loft* (ferramenta do

Solidworks para desenhar superfícies a partir de linhas), uma superfície virtual foi criada (base do assento). A forma como a progressão do loft foi elaborada, assumiu um comportamento com base na expressão de um vector, que resultou numa morfologia pobre. A superfície desenhada foi então explorada e construiu-se um sólido a partir de um volume paralelepédico, um pouco maior e mais largo que o mapa de pressão e com uma altura de 6 cm (valor superior ao valor desejável calculado para a diferença nas depressões).

Após a construção do sólido virtual, os dados para a maquinação foram processados com base na ferramenta CAM GOELAN. Esta ferramenta permite, com base no arquivo CAD e considerando a fresadora, preparar um código numérico para a milling, incluindo informações do tipo de brocas a usar, velocidade axial e desenho que as ferramentas executam durante o processo de maquinação.

Este software permite também testar erros de projeto na maquinação, bem como ter uma estimativa do tempo de processo. Após o processamento de todos estes dados, o software gera um arquivo de código que pode ser lido pelo controlador da máquina.

Do primeiro protótipo desenvolvido, figura 60, foi possível tirarem-se as seguintes conclusões:

- a metodologia utilizada para construir a superfície no Solidworks (*loft*), não permitiu uma superfície lisa e contínua ao longo da largura e comprimento da peça, como pode ser visto na figura 60;
- embora não seja totalmente perceptível na foto da figura 60, a cabeça de corte esférica de 8 mm de diâmetro escolhida era muito pequena e, por esse motivo, criou marcas ao longo da superfície;

- em conclusão, a morfologia encontrada não apenas apresentou um tratamento de superfície pobre como as depressões e as transições entre as áreas eram muito nítidas.

Desta análise resultou a necessidade de encontrar resposta às seguintes questões:

- como controlar as depressões excessivamente acentuadas;
- como controlar a demarcação pela maneira como o *loft* foi processado;
- como evitar a textura causada pela maquinagem.

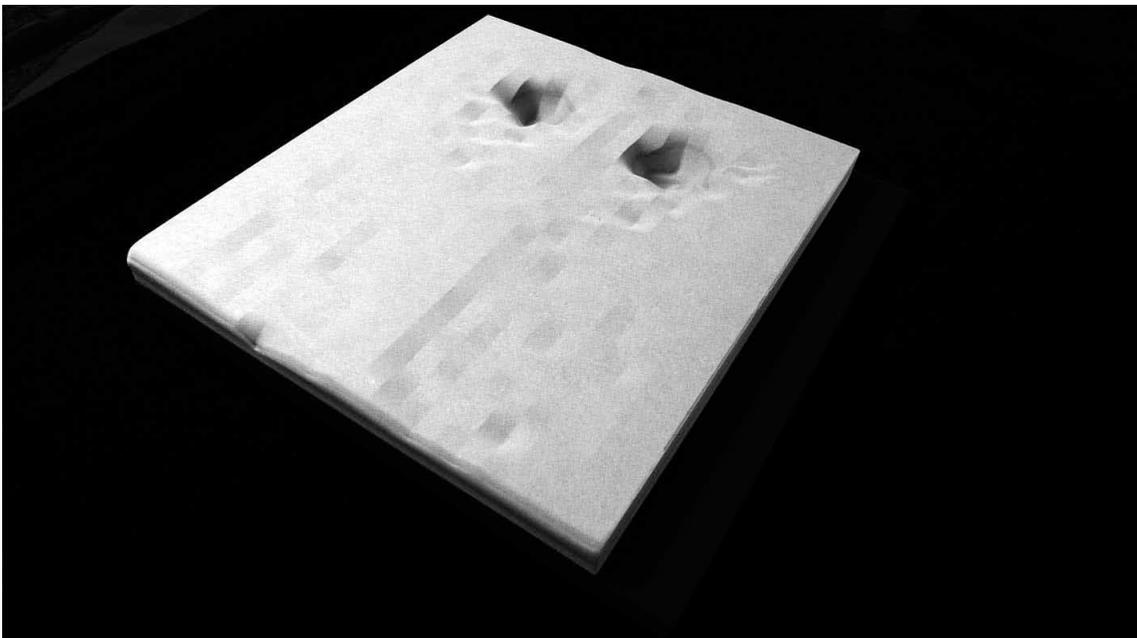


Figura 60 – Primeiro protótipo desenvolvido em MDF.

## **Sub-módulo 2 - Análise de dados e reconfiguração**

Como forma de responder a estas questões, o sub-módulo 2 do core system foi então desenvolvido, segundo três etapas:

Passo A) Achatamento do mapa de pressão para um mapa mais distribuído.

Numa primeira etapa, um novo mapa de pressão representando o mapa original é criado, mas suavizado. Isto é conseguido através de uma média ou mediana local em cada ponto. Cada ponto é substituído pela média/mediana entre si e N de seus vizinhos na direcção X e Y. O número N, de pontos vizinhos, permite controlar o grau de suavização superficial.

A operação de média local resulta num somatório das pressões que é diferente do somatório original. Para corrigir este somatório (porque a soma de todas as pressões devem ser iguais ao original, pois resultam do peso corporal) um fator de escala deve ser usado.

Passo B) Suavização da superfície produzida a partir de um *loft*.

A fim de melhorar a superfície, uma ferramenta foi utilizada para a conversão de uma nuvem de pontos numa superfície.

Esta ferramenta permitiu garantir que a relação morfológica entre os pontos fosse idêntica qualquer que fosse a ordem de aquisição dos pontos.

Passo C) Suavização da superfície maquinada.

De modo a evitar a textura introduzida pelo processo de maquinagem, foi usado um cortador esférico de 12 mm de diâmetro.

Na etapa A, ilustrada na figura 61, "suavização da pressão", podemos ver no lado esquerdo os valores de pressão média. Estes valores podem ser média ou mediana e os valores da vizinhança podem ser calculados, controlando assim o grau de acabamento superficial. O

gráfico no lado direito da figura 61 ilustra a suavização em 3D dando uma melhor percepção dos resultados.

No ponto 2, "modelo de deflexão", os mapas de deflexão são gerados para a deflexão máxima desejada (figura 62).

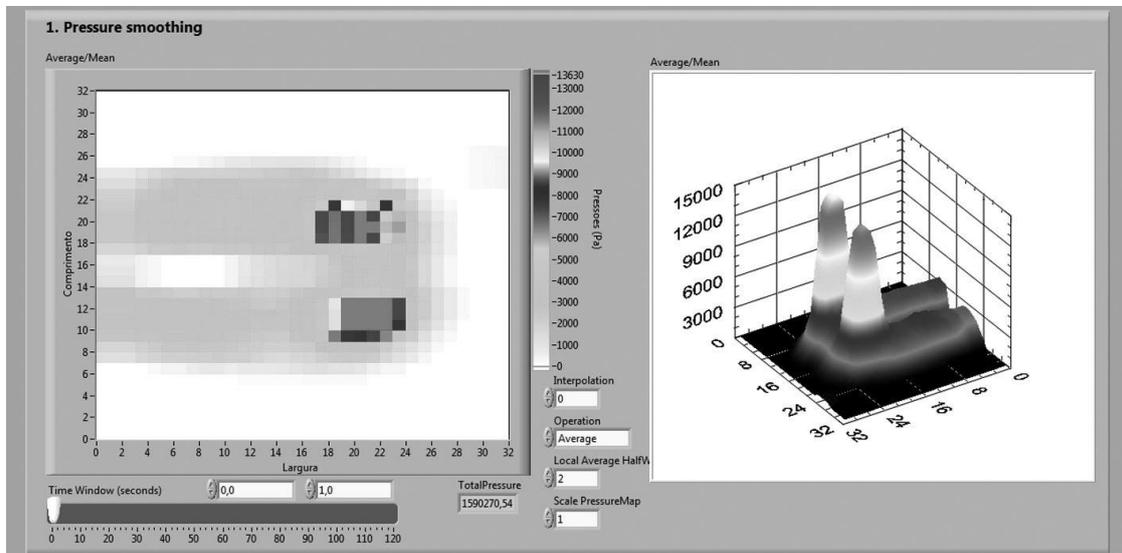


Figura 61 – “Core System” Gráficos de suavização da pressão.

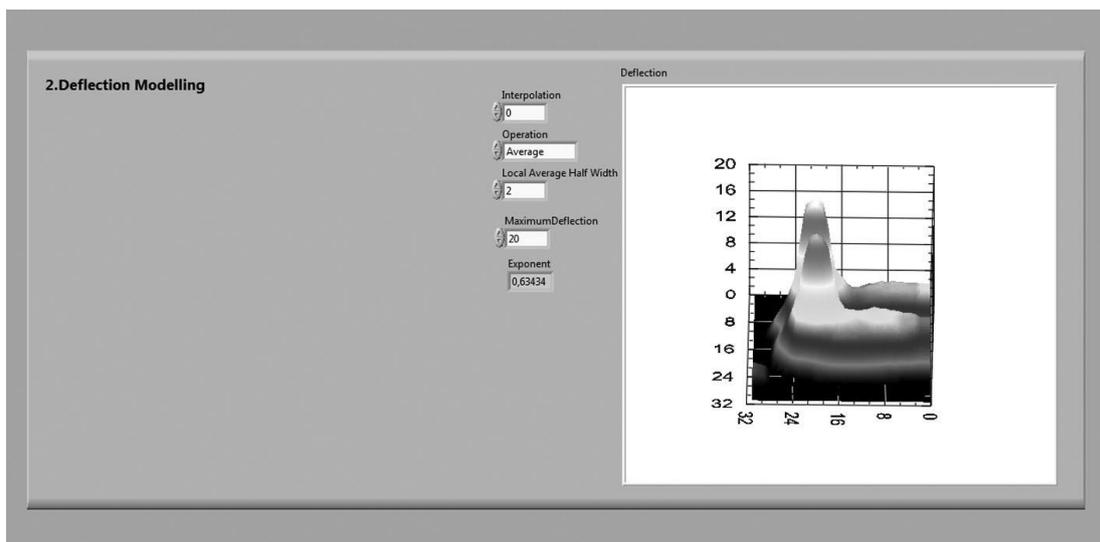


Figura 62 – “Core System” Modelo de deflexão.

Para este fim, a deflexão máxima desejada é imputada pelo utilizador. Este valor está relacionado com fatores físicos, como seja a altura do cóccix. O programa aplica uma função exponencial ao mapa

de pressões original, por forma a ajustar as pressões entre 0 e a deflexão máxima desejada. Em seguida, uma suavização é aplicada ao mapa de deflexão. Normalmente aplica-se o mesmo grau de suavização usado para a suavização de pressão.

Na etapa C, tendo por base os dados agora obtidos, realizou-se um novo protótipo em MDF (figura 63) tendo sido usado para a sua maquinação uma fresa de cabeça esférica de 12 mm de diâmetro.

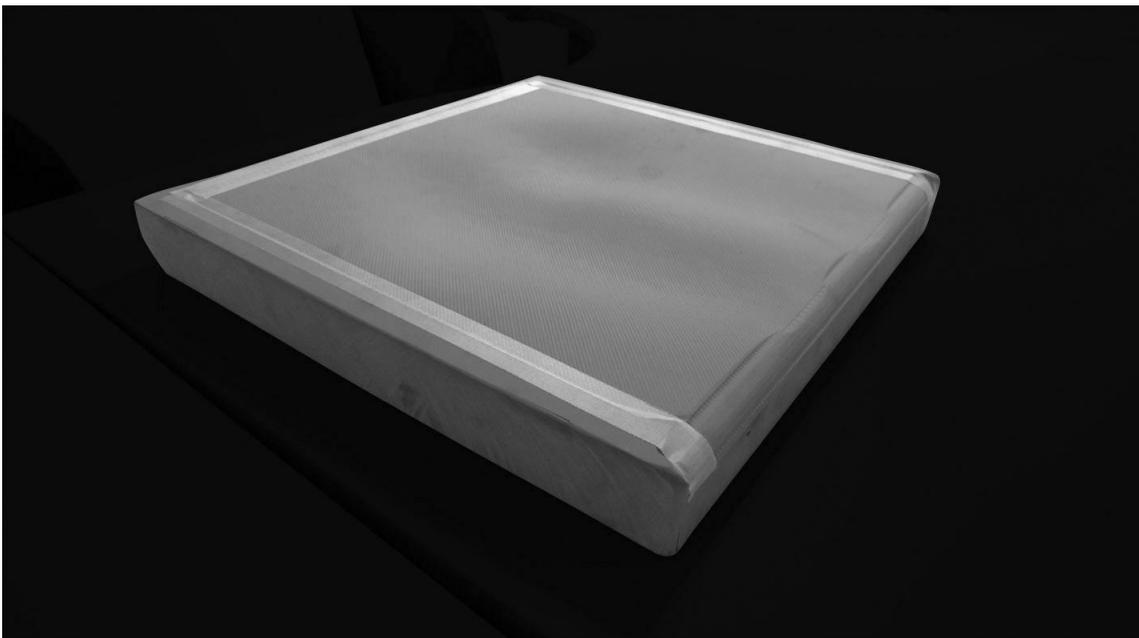


Figura 63 – Segundo protótipo feito com MDF.

### **Sub-módulo 3 – Criação de mapa de nuvem de pontos que considera a deflexão de materiais**

Este sub-módulo visa incorporar questões de deflexão de material, uma vez que o objectivo é criar uma base de assento que permita, quando o utilizador esteja sentado sobre esta, ganhar a forma final de minimização das úlceras de pressão.

Um dos materiais já abordados é o da espuma viscoelástica. Sendo a espuma viscoelástica um material flexível, e mais agradável quer ao toque quer ao conforto visual, estudou-se a forma de utilizar este material na produção da base de assento.

Assim surgiu a possibilidade de trabalhar uma base de assento composta por duas camadas, uma camada inferior rígida e uma camada superior de um material flexível.

De modo a cumprir este objectivo, tornou-se necessário estudar o comportamento da espuma de forma a se moldar à superfície rígida, para que no final, quando sujeita a pressão pelo o utilizador, a base de assento permitisse uma melhor distribuição das forças de pressão (Figura 64).

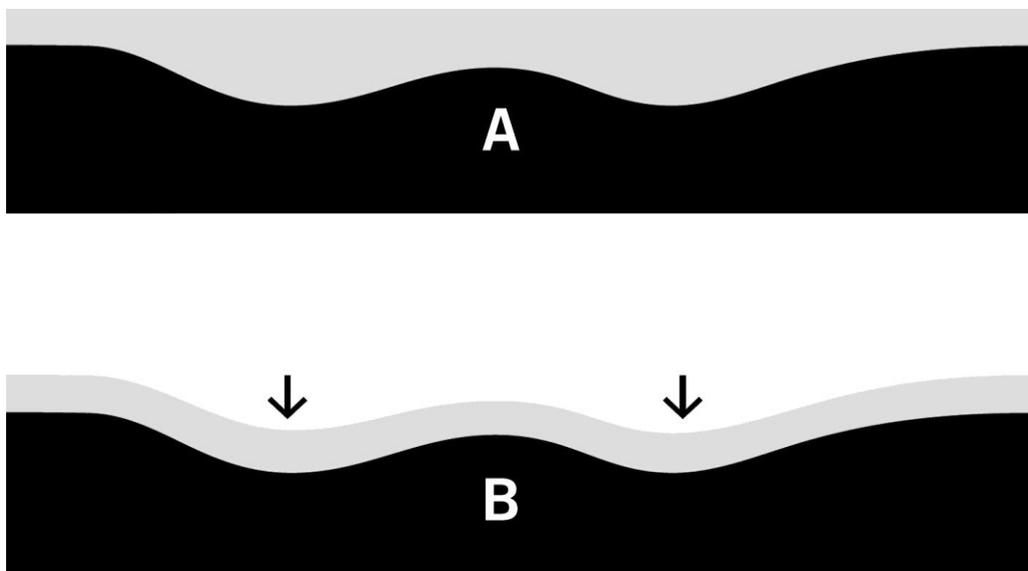


Figura 64 – Representação esquemática das duas camadas da base do assento. A) Estado inicial da almofada; B) Representação da almofada em uso.

No ponto 3 a espuma viscoelástica a ser utilizada na almofada, foi caracterizada recorrendo a testes de compressão utilizando um dinamómetro, para determinar as curvas de força/deflexão. Três espessuras diferentes da mesma espuma foram testadas e verificou-

se que a relação entre a deflexão percentual e a força aplicada é idêntica para todas as espessuras, até cerca de 75% de compressão (Figura 49). Neste ponto a espuma começa a saturar. A interpolação polinomial é realizada sobre os pontos medidos e os coeficientes resultantes são introduzidos no “core system”, que gera a curva de pressão/deformação (Figura 65).

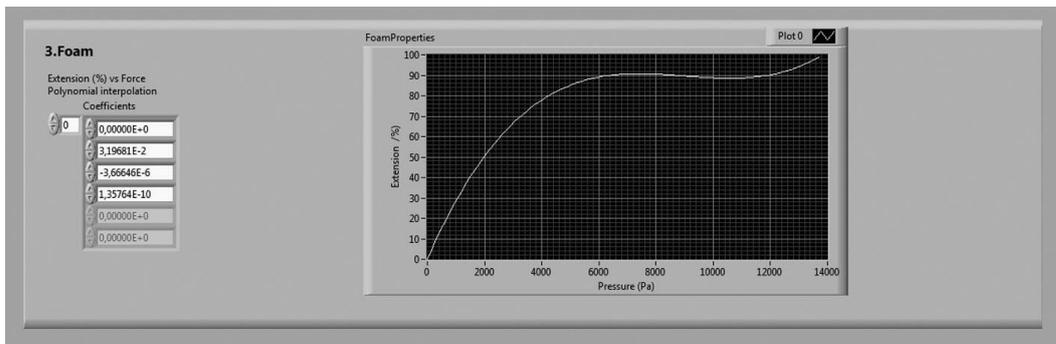


Figura 65 – “Core System” Propriedades da espuma.

Neste ponto, o sistema possui três informações:

- o mapa de pressão desejada suavizado;
- o mapa de deflexão desejada suavizado;
- as propriedades da espuma.

Para cada valor de pressão do mapa suavizado, e assumindo que o comportamento de cada célula da almofada é independente dos vizinhos, é agora possível calcular a deflexão percentual que a espuma apresenta na pressão aplicada. Considerando que a deflexão absoluta desejada também é conhecida, é possível calcular a altura da espuma que deve ser usada para combinar com uma dada percentagem de deflexão. O sistema é agora capaz de gerar uma superfície representando a altura da almofada que se irá aproximar melhor ao comportamento desejado (Figura 66). Este método é um método aproximado e o sucesso do produto final depende da escolha

da espuma. Se a espuma for , por exemplo, muito mole, o sistema irá calcular valores de deflexão percentual superiores a 100%. O software limita a deflexão máxima, mas na prática isto significa que nesses pontos a espuma será excessivamente comprimida e os valores de pressão serão maiores do que os computados a partir da curva de pressão/deflexão. Isto significa que o mapa da pressão suavizada desejado não será alcançado.

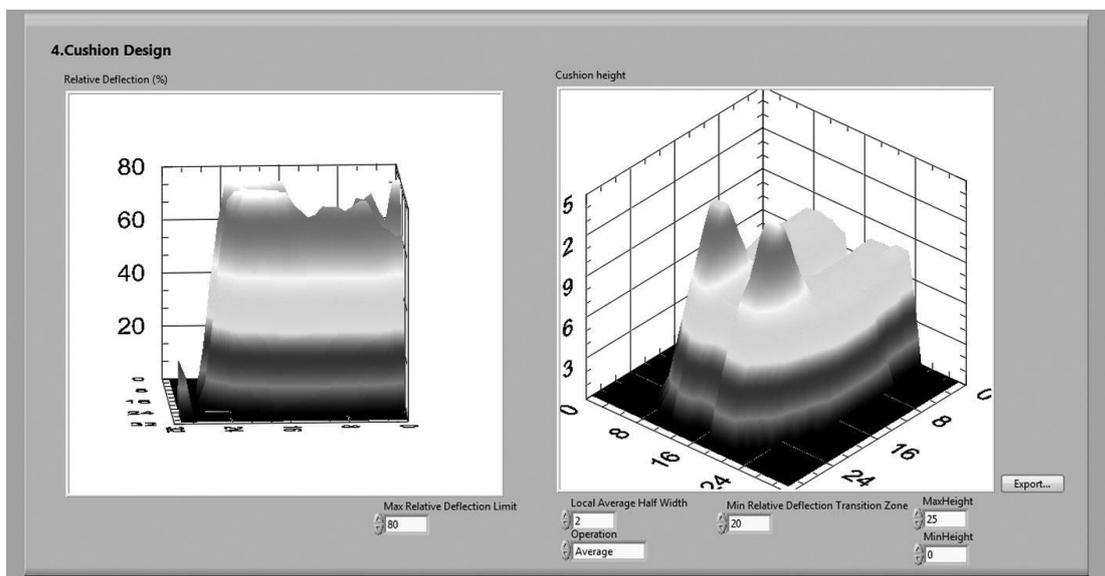


Figura 66 – “Core System” Deflexão relativa calculada com base no mapa de pressão desejada, na altura da almofada que corresponde à deflexão percentual calculada em função da deflexão absoluta desejada.

A escolha da espuma viscoelástica foi efectuada tendo por base:

- a sua boa recuperação elástica, permitindo a não-deformação da base do assento;
- o facto de que este tipo de material estar a ser utilizado nas áreas médicas, devido às suas características anti-bacterianas;
- e ao facto de ser uma espuma de células abertas que permite uma melhor respiração da pele quando em contacto directo.

Os valores obtidos no momento da exportação de dados são automaticamente convertidos para obter, não os valores de pressão, mas, a forma final da espuma desejada, onde se consegue alcançar uma melhor distribuição das zonas de contacto, minimizando a pressão nos pontos críticos.

O arquivo exportado, resulta então numa base de assento que pode ser maquinada ou impressa a partir das ferramentas de prototipagem rápida.

A partir do conhecimento de materiais, incluindo o comportamento à deflexão que foi considerado anteriormente, o arquivo transferido para o sistema CAD considera o desenho da base dependendo da sua espessura, tendo em conta a deflexão esperada, de modo que quando em de carga a forma desejada seja obtida para o paciente.

#### 7.4.4 Módulos de design da base de assento e de fabricação

O segundo módulo é o módulo de design da base de assento, representado ao centro da figura 56. A parte mais significativa do trabalho desenvolvido centrou-se neste módulo do sistema central que envolve a informação adquirida a partir do utilizador, bem como o seu tratamento atendendo à minimização, tanto quanto possível, da pressão exercida. Esta minimização é conseguida a partir de uma melhor distribuição das pressões e à transformação desta informação no desenho tridimensional de uma base de assento que permite assegurar esta relação.

Assim, este módulo transforma a informação sobre a pressão de dados em X, Y, Z em coordenadas geométricas. Combinando esta geometria com as informações sobre o material a usar, obtidas a partir dos fornecedores e fabricantes, este módulo traduz o resultado para uma superfície 3D virtual desenhada em CAD. O módulo permite

ainda considerar a informação dinâmica a partir de fabricantes para redesenhar a forma 3D, com base no processo de fabricação.

O módulo gera assim uma base de assento 3D que pela sua forma permite fazer a transferência das forças de pressão das zonas de contacto mais propícias ao surgimento de UPs para zonas com uma maior massa muscular. Deste modo a base de assento criada permite uma melhor relação de distribuição das forças de pressão minimizando a possibilidade de surgimento das UPs.

O terceiro e último módulo é o módulo de fabricação, representado à direita na figura 56. Este módulo baseia-se nos dados do módulo de design da base de assento, articulado com os fornecedores de matérias primas e os fabricantes. O módulo de fabricação permite fazer o tratamento da informação do sistema CAD para a geração de código máquina atendendo ao processo de fabrico.

## **7.5 Conclusão**

Após a obtenção do protótipo final da base de assento, foi efetuada nova recolha dos valores de pressão de modo a analisar a evolução da distribuição das pressões.

Na figura 67 dois frames de pressão são expostos, a primeira aquisição corresponde à matriz de sensores sobre uma superfície plana e a segunda sobre o protótipo maquinado na milling, onde é visível a diferença de resultados da aquisição antes e depois da base de assento construída a partir do sistema central.

1ª acquisition													2ª acquisition															
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	16	7	8	31	8	0	0	0	13	
0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	15	8	13	23	13	12	0	0	0	13	
0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	10	7	28	15	16	12	0	0	7	15	
0	0	0	0	5	13	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	16	20	20	12	15	28	20	0	0	7	13	
0	0	0	0	0	15	13	0	0	0	0	0	0	11	0	0	16	16	20	18	26	16	25	26	0	0	10	20	
0	0	0	6	13	15	11	8	0	0	0	0	0	11	0	0	16	15	30	21	18	18	21	21	0	0	7	21	
0	0	0	10	13	13	16	10	0	0	0	0	0	13	0	8	13	16	21	16	13	25	23	33	0	0	13	15	
0	0	6	8	13	16	11	13	0	0	0	0	0	11	0	10	13	13	21	21	12	20	10	10	0	0	16	21	
0	0	6	6	15	21	15	13	0	0	0	0	6	15	0	10	18	20	25	16	20	23	16	30	0	0	20	26	
0	0	8	11	13	19	13	13	0	0	0	0	8	26	0	13	18	25	30	25	23	13	25	26	0	0	31	20	
0	0	8	13	13	19	29	11	0	0	0	0	11	13	0	15	33	23	40	20	25	38	35	43	0	0	40	31	
0	8	10	10	10	13	11	10	6	0	0	0	13	15	0	21	23	36	31	15	33	30	30	31	0	0	40	33	
0	0	8	15	16	13	18	13	0	0	0	0	11	21	5	16	28	40	36	43	20	25	44	44	0	8	49	35	
0	8	11	10	52	23	19	18	6	0	0	0	13	29	0	16	25	40	53	26	38	59	48	41	36	40	51	53	
0	10	10	19	19	31	21	18	6	0	0	0	19	29	0	30	30	46	35	58	30	81	63	48	43	64	43	59	
8	6	15	44	26	45	37	18	15	0	0	11	28	49	0	15	31	36	74	99	115	91	64	61	49	33	51	102	
8	10	23	68	57	83	94	45	23	8	16	24	62	151	0	25	30	69	69	191	196	135	69	20	35	59	59	135	
0	13	32	39	133	254	258	105	31	34	24	53	117	272	0	20	30	69	125	237	237	176	66	63	49	43	66	64	
6	13	71	86	241	413	413	139	58	45	42	47	143	413	0	0	23	46	109	142	184	97	76	63	64	63	54	79	
0	23	29	73	292	413	264	109	62	45	34	58	76	264	0	0	15	31	48	53	72	71	77	56	56	66	58	58	
0	10	42	52	87	175	123	75	62	42	24	31	53	157	0	0	0	20	30	43	18	48	61	49	64	51	56	82	
0	0	11	19	52	63	75	50	41	81	19	36	44	66	0	0	0	0	15	28	28	36	33	43	33	20	43	46	
0	0	0	19	26	49	60	55	28	66	5	37	41	58	0	0	0	0	0	0	23	26	20	23	0	13	20	38	
0	0	0	0	16	24	44	42	24	62	0	26	18	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	11	16	19	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 67 – Tabelas de valores de pressão entre a primeira (superfície plana) e segunda aquisição (superfície gerada a partir do “core system”).

Como se pode observar na figura 67, o protótipo desenvolvido permitiu reduzir os valores máximos de pressão de 413 mmHg para 237 mmHg.

Conforme já referido no Capítulo 3, alguns autores referem que pressões acima de 500 mmHg ao fim de duas horas e 150 mmHg ao fim de 10 horas potenciam a possibilidade do surgimento de úlceras de pressão (Martins, et al., 1996).

Atendendo a que normalmente, auxiliares de saúde têm de mover os pacientes com propensões à criação de úlceras de pressão, em cada 2 horas (USP, 2001) e que no caso apresentado isso poderá ser necessário apenas em cada 8 horas, estes dados permitem-nos considerar que o resultado obtido, possibilita que quer em situações de sentado durante o dia, quer durante a noite, seja sentado ou deitado, só se tenha de fazer o reposicionamento do paciente uma vez por turno (em ambiente hospitalar).

Considerando que normalmente é habitual fazer pelo menos dois reposicionamentos por turno, ao obter estes resultados, adquirimos não só uma maior qualidade de vida para o paciente como para os auxiliares de saúde, bem como uma melhor gestão dos custos associados à prevenção das UPs, baseado na redução de mão-de-obra especializada e consequente na diminuição dos custos de tratamentos de UPs.

Podemos ver também na figura 67 um melhor nivelamento dos valores da primeira para a segunda aquisição, o que manifesta uma melhor distribuição das forças de pressão.

## Capítulo 8

### Conclusões e Perspetivas Futuras

#### 8.1 Conclusões

Derrick Kerckhove (1997) in a “Inteligência Conectiva” refere a relação entre um sistema do conhecimento como o resultado de uma consciência coletiva baseada na interação da informação em tempo real.

Da história recente do design assistimos à evolução de uma lógica economicista apoiada nos estudos de Murray Will que abordam no seu modelo “seven ages of man” a evolução para uma economia inteligente desde 2000 (Fuad-Luke, 2002). Uma economia que trabalha a relação da intercomunicação e interação própria dos sistemas de informação.

Num paralelismo, Zhang and Dong (2008) relacionam este ponto de vista ao do homem como centro de uma metodologia de design a que a IDEO associa o desejo (prazer).

Esta abordagem serviu de base à reflexão do papel do design como ferramenta de interação baseada em sistemas de informação permitindo não só conhecer melhor a relação do design com o utilizador, como baseado no UCD, criar uma metodologia que resolve-se problemas reais da sua própria necessidade.

O design de produto, na sua abordagem centrada no utilizador, aporta uma metodologia que também ela não se limita à resolução de problemas técnicos, mas sim à percepção e contributo de cada um dos intervenientes na resolução pluridisciplinar do problema, onde o

que se tem estudado, de uma forma mais ou menos intuitiva, com mais ou menos participação do utilizador, é a relação que este tem com o produto.

O presente trabalho expõe uma metodologia baseada no utilizador (UCD), que possibilitou o desenvolvimento de design de produto de forma a responder às suas necessidades a partir da construção de um produto personalizado que vai de encontro às necessidades desse mesmo utilizador.

Este modelo aborda desde as questões emocionais com o utilizador, refletindo a experiência de Norman na relação com o design emocional numa aproximação à função comportamental do objeto e de Desmet na relação da experiência para com o produto, nomeadamente a partir do tratamento de dados psicofísicos ao nível do desconforto emocional (Norman, 2008; Desmet, 2007).

O caso de estudo baseou-se em Pessoas com Necessidades Especiais (PSN), que por via das suas limitações passam grande parte do dia na posição sentada, acabando por vir a sofrer de Úlceras de Pressão.

Da relação entre UCD e as pessoas com necessidades especiais, foram identificados três tipos de abordagens a considerar durante o projeto:

- a relação com das úlceras de pressão com as superfícies de apoio, como as bases de assento;
- a adequação de materiais atendendo à reação com o corpo, nomeadamente ao nível da respiração do corpo;
- por último, as questões associadas à reconstrução física derivada de atrofias ou necessidade de utilização de próteses.

Partindo deste princípio, formularam-se duas especificações a considerar durante o processo de design:

- a otimização da distribuição da pressão;
- a forma da base de assento.

A falta de referências nesta área levou-nos a considerar o cruzamento entre três tipos de dados psicofísicos de forma a elaborar uma metodologia que compreende, e permite a partir dela extrair, dados passíveis de ser trabalhados ao nível da perceção do utilizador, com base no cruzamento de um conjunto de técnicas como:

- mapas de Pressão;
- escalas de Borg CR10;
- captura de Movimento (MoCap).

O trabalho cruzou um conjunto de dados validados por técnicos especializados, que permitiram fazer a monitorização e perceção das pressões que causam desconforto e conseqüentemente estão na origem das UPs.

Os mapas de pressão permitiram determinar a intensidade e localização dos pontos de pressão.

A escala de Borg CR10 permitiu conjuntamente com o sistema Mocap determinar qual o momento a considerar para a leitura do mapa de pressão.

Por fim, com base no MoCap recolheram-se ainda dados referentes à altura do cóccix que serviram para a construção da morfologia da base de assento personalizada.

Esta abordagem reflete-se numa metodologia denominada "PUCIS" (Sistema Integrado para Produto Baseado no Utilizador), uma metodologia de design que a partir da integração de dados psicofísicos do utilizador faz a sistematização da informação de forma a criar um produto que resolva as necessidades do utilizador.

Sendo este um modelo baseado na relação e interação de comunicação entre o utilizador, o técnico especializado e o próprio sistema, o resultado originou dois tipos de informação, um objetivo (mapas de pressão) que apenas carece de validação por parte do técnico e o segundo de carácter subjetivo (escalas de Borg CR10 e MoCap), que resulta da interação entre os três intervenientes.

Assente na integração, tratamento de dados e preparação para fabricação, esta metodologia deu origem ao desenvolvimento de uma aplicação denominada "Core System" que se estrutura em três módulos sequenciais:

- módulo de Aquisição do sistema;
- módulo de Design do assento;
- módulo de Fabricação.

O "Core System" faz a interação entre o módulo de aquisição e o módulo de design do assento, através do cruzamento dos dados do utilizador (tangíveis ou intangíveis), com os dados dos materiais e os dados que dão origem à morfologia da base de assento.

O primeiro módulo, módulo de aquisição do sistema, faz o levantamento das informações baseadas no utilizador que a partir da validação dos dados emocionais/psicofísicos por técnicos especializados, são sistematizadas de forma integrada com o módulo de design de assento, resultando uma superfície tridimensional virtual passível de ser exportada para o módulo de fabricação. Esta superfície considera o comportamento de materiais em função do resultado final esperado.

Como resposta a uma metodologia que baseada nos dados do utilizador permitisse a construção de produtos personalizados, foram equacionadas duas tecnologias de fabricação. A primeira baseada na

impressão 3D de um material similar a espuma viscoelástica e uma segunda a partir da maquinação de um bloco de MDF.

Embora no caso apresentado, as avaliações tenham sido feitas com base no MDF, a aplicação desenvolvida para fazer a gestão da informação com base no utilizador, contempla a possibilidade de introduzir materiais flexíveis a partir do cálculo da deflexão do material, permitindo deste modo o cálculo da superfície final desejada.

Uma visão contemporânea sobre as indústrias de fabricação, baseada na produção de prototipagem rápida, e a integração de indústrias assentes na internet, permitiu que o modelo sendo ele integrador, consiga também considerar referências de materiais e técnicas de produção e localização de indústrias para deste modo permitir gerar uma resposta mais adequada ao utilizador que se reflete numa maior satisfação.

Com base no "Core System", foi produzida uma base de assento em MDF que minimiza a possibilidade de ocorrência de úlceras de pressão, a partir de uma melhor distribuição das zonas de pressão.

Neste caso, a base não só se expressou no aumento da tolerância de tempo por parte do utilizador, passando de 2 para 8 horas, como conseguiu reduzir os valores máximos de pressão de 413 mmHg para 237 mmHg, manifestando-se num aumento do conforto perceptível na relação emocional para com o objeto.

Estes dados permitem-nos considerar que o resultado obtido, possibilita que, quer em situações de sentado durante o dia, quer durante a noite, seja sentado ou deitado, só se tenha de fazer o reposicionamento do paciente uma vez por turno (em ambiente hospitalar), quando normalmente é habitual fazer pelo menos dois reposicionamentos por turno. Deste modo proporciona-se não só uma

maior qualidade de vida para o paciente como para os auxiliares de saúde, bem como uma melhor gestão dos custos associados à prevenção das UPs, baseado na redução de mão-de-obra especializada e conseqüente na diminuição dos custos de tratamentos de UPs.

Como conclusão, a gestão de sistemas de informação permite hoje leituras semióticas baseadas na aquisição e cruzamento de dados do utilizador, leituras essas passíveis de serem integradas nas metodologias de design. Assim, o presente trabalho pretendeu construir uma ferramenta/metodologia de design baseada no utilizador que fosse suportada em sistemas de integração de informação que permitissem articular os dados do utilizador com os dados dos materiais e as tecnologias de prototipagem/fabricação rápida para o desenvolvimento de produtos personalizados capazes de responder às suas necessidades.

## **8.2 Perspetivas futuras**

Sendo este trabalho uma metodologia pluridisciplinar, parece-nos que existe um conjunto alargado de áreas que podem ser melhorados desde as áreas de aquisição de dados com as equipas psicofísicas à da escolha de materiais e processos.

Numa abordagem ao nível do design emocional, grande parte das ferramentas existentes, bem como o caso aqui apresentado, fazem-se valer de avaliações pragmáticas, normalmente associadas a dados tangíveis. No caso de produtos de complexidade acrescida baseados em origens cognitivas, ou de natureza mais intangível, como o humor, a avaliação ganha uma também complexidade acrescida que hoje, graças às novas tecnologias, poderá ganhar outros contornos

como o caso do recurso às neurociência, onde a partir do mapeamento cerebral se consegue ter uma visão mais objetiva.

Em resposta à percepção dos domínios da emoção, é também possível a partir das tecnologias de prototipagem/fabricação, conseguir uma aproximação ao tratamento das superfícies bem como ao comportamento dos materiais, de forma a melhorar o conforto e interação entre o utilizador e o produto.

Paralelamente, a evolução tecnológica e a sua democratização permitem hoje uma oferta cada vez maior por parte da indústria, a valores cada vez mais acessíveis que justificam uma nova forma de estar, onde importa não só perceber qual ou quais as tecnologias a optar em resposta à fabricação personalizada de soluções similares a estas, como também entender os sistemas baseados em redes de informação de forma a encontrar a solução mais rápida no mercado global.

## Referências

Abras, C.; Maloney-Krichmar, D.; Preece, J. (2004). *User-Centered Design*, Encyclopedia of Human-Computer Interaction: Thousand Oaks: Sage Publications. Ed. W. Bainbridge

Andreoni, G.; Santambrogio, G. C.; Rabuffetti, M.; Pedotti, A. (2002). Method for the analysis of posture and interface pressure of car drivers. *Applied Ergonomics* vol. 33, pp. 511 – 522

Argan, G. C. (1992). *Storia Dell' Arte come Storia Della Città*, Roma: Riuno (tradução História da arte como história da cidade. São Paulo: Martins fontes 1992)".

Barbosa, S. D. J.; Silva, B. S. (2010). *Interação Humano-Computador*. SBC. Elsevier

Bates-Jensen, B. M., McCreath, H. E., Pongquan, V., Apeles, N. C. R.. (2008). Subepidermal moisture differentiates erythema and stage I pressure ulcers in nursing home residents. *Wound Repair and Regeneration*.; vol.16 pp. 189–197

Blanes, L., Duarte, I. S., Calil, J. A., Ferreira, L. M. (2004). Avaliação clínica e epidemiológica das úlceras por pressão em pacientes internados no Hospital São Paulo. *Revista Associação Medica Brasileira*. v.50, pp.182-187

Borg G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics: Champaign, IL*, 1998.

Bürdek, B. E. (2006). *Design – História, teoria e prática do design de produtos*. São Paulo: Edgard Blücher, 2006

Carvalho, R. (2007). Pé diabético: Novo aparelho pode evitar amputação, *JPN* 26.04.2007. consultado em 19.01.2012  
<http://jpn.icicom.up.pt/2007/04/26/pe-diabetico-novo-aparelho-pode-evitar-amp-utacao.html>

Chin, C. D., Khanna, K., and Sia, S. K., A microfabricated porous collagen-based scaffold as prototype for skin substitutes. *Biomed Microdevices*. vol. 10, pp 459-467

Correia, M.; Santos, P. (2009). WalkinSense: um novo dispositivo para avaliação concomitante de mobilidade, ciclo de marcha e pressões plantares em ambulatório *Actas do IV Congresso Nacional da Associação Portuguesa de Podologia*, pp 6-7

D'Apuzzo, N. (2006) Overview of 3D surface digitization technologies in Europe, Corner B.D., Li P., Tocheri M. (Eds.), *Three-Dimensional Image Capture and Applications VI*, Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol. 6056, San Jose (CA), USA.

Damásio, A. (1999). *O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano*. São Paulo, Companhia das Letras, 1999.

Damásio, A. (2003). *Ao Encontro de Espinosa: as emoções sociais e a neurologia do sentir*. Publicações Europa América.

- Deleuze, G. (1992). *Conversações (1972 – 1990)*. Rio de Janeiro: Editora 34,
- Desmet, P. (2007). Product emotion. *Product Experience*. San Diego, CA, pp, 379-398. Ed: H.N.J. and Hekkert.
- Dicionário da língua portuguesa, porto editora, Porto 2003
- Eco, U. (1991). *Tratado Geral de semiótica*, Editora perspectiva, 2ª edição, São Paulo
- Ernevi, A.; Eriksson, D.; Jacobs, M.; Löfgren, U.; Mazé, R.; Redström, J.; Thoesson, J.; Worbin, L.(2005).Tic Tac Textiles. In Proceedings of CUMULUS Lisbon 2005, Pride and Pre-Design, The Cultural Heritage and the Science of Design
- Ferrara, L. A. (2004). Do desenho ao design: um percurso semiótico? *Galáxia*, n.7, p.49-58, Abr., 2004
- Flusser, V. (2007). *O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação*. São Paulo, Cosac Naify, 222
- Fuad-Luke, A. (2002). Slow Design: A paradigm shift in design philosophy?. Bangalore, Development by Design. Retrieved November 16, 2009, from <http://www.arts.ulst.ac.uk/artm/courses/jdmm/emotion/slow-des.pdf>
- Gorecki, C., Brown, J. M., Nelson, E. A., Briggs, M., Schoonhoven, L. Dealey, C., Defloor, T., Nixon. J. (2009). Impact of pressure ulcers on quality of life in older patients: a systematic review. *J Am Geriatr Soc*, vol. 57 pp. 1175-1183.
- Gould, J.D.; Lewis, C. (1985). *Designing for Usability: Key Principles and What Designers Think*. Communications of the ACM. Vol.2 pp.300–311.
- Highsmith J. T.; Highsmith M. (2007). Common skin pathology in LE prosthesis users, *JAAPA*.;vol. 20 pp.33-6, 47.
- Hooper, W. A Short History of the GUI and the Microsoft vs Apple Debate, 2007, <http://theoligarch.com>, 05.12.2010
- Huff, E. A. B. S. E. et al. (2008). Measuring residual limb skin temperatures at the skin-prosthesis interface. *JPO Journal of Prosthetics & Orthotics*: vol. 20, pp. 170-173
- Marchack, C. B.; Charles, A.; Pettersson, P. (2011). A single appointment protocol to create a partially edentulous CAD/CAM guided surgical template: A clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*, vol 106, pp. 346-349, 2011.
- McKeen, J.D.; Guimaraes, T.; Wetherbe C. J. (1994). The Relationship Between User Participation and User Satisfaction: An investigation of Four Contingency Factors, *User Participation and Satisfaction*. MIS Quarterly/Dec, pp. 427-447.
- Kangas, E.; Kinnunen, T. (2005). Applying user-centered design to mobile application development. *Communications of the ACM*. Vol 48. pp. 55-59
- Kapur, A.; Tzanetakis, G.; Virji-Babul, N.; Wang, G.; Cook, P. R. (2005). A framework for sonification of VICON motion capture data, in *Conference on Digital Audio Effects*, pp. 47–52.

Keefe, D. K.; Keefe, D. F.; Zeleznik, R. C.; Laidlaw, D. H. (2007). Drawing on air: input techniques for controlled 3d line illustration. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, vol. 13, pp. 1067-1080.

Kerckhove, D. (1997). *A Pele da Cultura*. Lisboa: Relógio D'Água,

Kerckhove, D. (1997). *Connected intelligence*. Toronto: Somerville House

Kim, L.; Park, S. H. (2006). Haptic interaction and volume modeling techniques for realistic dental simulation, *The Visual Computer*, Vol. 22, pp. 90-98.

Koskinen, E.; Kaaresoja, T.; Laitinen, P. (2008). Feel-good touch: finding the most pleasant tactile feedback for a mobile touch screen button. In *Proceedings of the 10th international conference on Multimodal interfaces*. Chania, Crete, Greece: ACM. doi: 10.1145/1452392.145245

Krapfl L. A.; Gray M. (2008). Does regular repositioning prevent pressure ulcers? *J Wound Ostomy Continence Nurs.* Vol. 35, pp.571-77.

Krepki, R.; Blankert, B. Curio, G.; Müller, K. R. (2007). The Berlin brain-computer interface (BBCI) towards a new communication channel for online control in gaming applications. *Multimedia Tools and Applications*, pp. 73-90.

Kyung, G.; Nussbaum, M. A. (2008). Driver sitting comfort and discomfort (part II): Relationships with and prediction from interface pressure. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 38, pp. 526-538.

Lima, C. B. (2003). *Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida Estudos de Casos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Campinas, São Paulo. Brasil

Lipovetsky, G. (2007). *A felicidade paradoxal: ensaio sobre a sociedade de hiperconsumo*. São Paulo: Companhia das letras

Lipovetsky, G. and Serroy, J. (2010). *A cultura-mundo: resposta a uma sociedade desorientada*. Lisboa: Edições 70.

Liu, Q.; Leu, M. C.; Richards V. L.; Schmitt S. M. (2004). Dimensional accuracy and surface roughness of rapid freeze prototyping ice patterns and investment casting metal parts. Vol. 24, pp 485-495

Rees, M. (1999). Rapid prototyping and art. *Rapid Prototyping Journal*, vol. 5, pp. 154-167.

Mann, L. et al. (2008). Dinamometria: utilização do F-Scan e da plataforma para obtenção da força de reação do solo. *Lecturas Educación Física y Deportes* (Buenos Aires). v. 12, p. 2-5.

Martins, S. A. C. et al. (1996). Rotina de cuidados em pacientes com úlcera de pressão. *Jornal brasileiro de medicina*, vol.71, pp. 54-60.

Maslow, A. (1968). *Toward a psychology of being*. New York: Van Nostrand Reinhold Co

McInnes, E., Jammali-Blasi, A., Bell-Syer, S., Dumville, J., Cullum, N. (2011). Preventing pressure ulcers—Are pressure-redistributing support surfaces effective? A Cochrane systematic review and meta-analysis. *International Journal of Nursing Studies*, vol. 49, pp 345-359.

Morris, W. (1901). Art and its producers. A lecture delivered in Liverpool in 1888. In *Art and its producers, and the art and crafts of today: Two address deliveres before the National Association for the Advancement of Art* (pp. 1-20). London: Longmans & Co.

Moura, C. (2005). O desígnio do design. In: *Anais do 4º Congresso da Associação Portuguesa de Ciências da Comunicação - 4º SOPCOM*. Aveiro: 2005.

Newell, A.; Arnott, J.; Carmichael, A.; Morgan, M. (2007). Methodologies for involving older adults in the design process. *Proc. HCI International 2007 Conference*. pp. 982–989.

Nicolelis M. A. L. (2003). Brain-machine interfaces to restore motor function and probe neural circuits. *Nature Reviews Neuroscience*. 4, 417-422.

Norman, D. (2008). *Design Emocional*. Rio de Janeiro. Rocco

Norman, D., Stephen W. D. (1986). *User Centered System Design; New Perspectives on Human-Computer Interaction*, L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ

NPUAP, (2009). *National Pressure Ulcer Advisory Panel, Treatment of Pressure Ulcers: Quick, Reference Guide*. Disponível em: <http://www.epuap.org/> (consultado, a 12 Janeiro 2010)

Oxman, R. (2006). Theory and Design in the First Digital Age, *Design Studies*, Vol. 27, pp. 229–247.

Pan, B., Hembrooke, H., Joachims, T., Lorigo, L., Gay, G., Granka, L. In Google we trust: Users' decisions on rank, position, and relevance. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 12. article 3.

Pires, R. P. (2006). Incidência de úlcera por pressão como indicador de qualidade institucional. In, Sobragem, V Encontro Nacional de Gerenciamento Em Enfermagem, Hospital Leonor Mendes de Barros de 15 a 18 de Agosto 2006 , Campos do Jordão: SP

Providência, B. and Ciurana, J.(2010). Interface tool for human communication to integrate psychophysical inputs with rapid manufacturing technologies, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol.23, 777-790

Providência, B.; (2008) *Boom*, Sirkel, Publisher: Kem, pp. 3-15 Oslo

Putnik, G. D., Cunha, M. M.,. (2005). Virtual enterprise integration: Challenges of a new paradigm. In: G.D. Putnik and M.M. Cunha, eds. *Virtual enterprise integration: technological and organizational perspectives*. Hershey, PA: Idea Group Publishing. ISBN 1-59140-405-3.

Ralf, K. W. S. (2011). Computed tomography, cone beam computed tomography and magnetic resonance imaging diagnostic possibilities in dentistry. *International Journal of Stomatology & Occlusion Medicine*, Vol 4, pp. 2-9.

- Reddy, M.; Gill, S. S.; Rochon, P. A. (2006). Preventing pressure ulcers: a systematic review. *JAMA.*, vol. 296, pp. 974-984.
- Sack, A. T.; Kohler, A. ; Bestmann, S. Linden DE, Dechent P, Goebel R, Baudewig J. (2007). Imaging the Brain Activity Changes Underlying Impaired Visuospatial Judgments: Simultaneous fMRI, TMS, and Behavioral Studies 2007
- Sacks, O. (2007). *Musicophilia: Tales of Music and the Brain*, 1st ed. Knopf, Oct. 2007
- Santaella, L. (1997). O homem e as máquinas. In: DOMINGUES, Diana (Org.). *A arte no século XX: a humanização das tecnologias*. São Paulo: Fund. Editora da Unesp, 1997.
- Schifferstein, H. N. J.; Hekkert, P. (2008). *Product experience*. Oxford: Elsevier.
- Shen, W. and Parsons, K. C. (1997). W. Validity and reliability of rating scales for selected pressure discomfort *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 20 pp. 441-461
- Schulze, R. K. W. (2011) Computed tomography, cone beam computed tomography and magnetic resonance imaging diagnostic possibilities in dentistry, *International Journal of Stomatology & Occlusion Medicine*, vol. 4 pp. 2-9
- Silva, F. P. et al. (2011). Avaliação da usinabilidade de espumas flexíveis de poliuretano, 6º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2011 – Caxias do Sul – RS – Brazil
- Silva, M. S. M. L. (1998). Fatores de risco para úlcera de pressão em pacientes hospitalizados. Tese de Mestrado –Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal da Paraíba
- Tait, P.; Vessey, I. (1988). The Effect of User Involvement on System Success: A Contingency Approach. *MIS Quarterly*, vol.12, pp. 91 – 108.
- Tracy, J.L., Robins, R.W., Schriber, R.A. (2009). Development of a FACS-Verified Set of Basic and Self-Conscious Emotion Expressions. In: *American Psychological Association*, Vol.9, pp. 554-559.
- Vanderwee K, Gryndonck M, Defloor T. (2008). Alternating pressure air mattresses as prevention for pressure ulcers: A literature review. *International Journal of nursing studies* vol.45 pp.784-801.
- Veryzer, R. W.; Mozota, B. V. (2005). The Impact of User-Oriented Design on New Product Development: An Examination of Fundamental relationships. *Journal of product innovation management* Vol22, pp. 128-143.
- Vink, P.; De Looze, M. P. (2008). Chapter 18: Crucial elements of designing for comfort. In: H.N.J. Schifferstein and P. Hekkert, eds. *Product Experience*. Oxford: Elsevier. ISBN 978-0-08-045089-6.
- Wilson, C.; Bush, T.R. (2007). Interface forces on the seat during a cycling activity. *Clinical Biomechanics*, vol.22 pp.1017-1023.

Zhang, T.; Dong, H. (2008). 'Human-centred design: an emergent conceptual model', Include2009, Royal College of Art, April 8-10, 2009, London Include2009 proceedings (ISBN: 978-1-905000-80-7) available from <http://www.hhc.rca.ac.uk/2084/all/1/proceedings.aspx>