rdis®

Revista online de la Red Internacional de Investigación en Diseño

ISSN 2254 - 7215

6th International Forum
of Design as a Process

SD2016

systemsanddesign

Vol. 2, Núm. 3
Noviembre, 2016

Systems & Design SD2016

REVISTA ONLINE DE LA RED INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN DISEÑO

ISSN 2254 – 7215

SD2016

Aspectos tangibles

Volumen 2, número 3
Noviembre, 2016

rdis® - REVISTA ONLINE
Red Internacional de Investigación en Diseño
rdis@upv.es
www.rdis.upv.es
Teléfono: (34) 963879055 / Fax: (34) 963879055
Camino de Vera, s/n – Despacho 5s28, 4ªplanta ala Sur
ETSID – UPV 46022 Valencia.

CONTENIDO:

Ficha Técnica……4

Presentación……5

SD2016: Aspectos tangibles……6

Desiging the mesoscopic approach of an autonomous linear dynamic system by a quantum formulation.
Micó, Joan C……7

Industrial design for aircraft: models and usability for confort in the cabin.
Buono, Mario; Capece, Sonia & Cascone, Francesca……22

Estudio da adaptação antropométrica de mobiliário residencial em madeira maciça producido na ciudade de Manaus.
Alencar, Larissa; Mazarelo Pacheco, Karla M. & Vieira Sousa, Mirella……39

Harnessing user's knowledge in the construction of rating flows: The design of a collaborative system applied to academic repositories.
Azevedo Monteiro, Bruno M.; Silva, Helder & Tortosa, Rubén……55

O design sistêmico como método de inovação aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas, Brasil.
Cordeiro Mota, Sheila; Mazarelo Pacheco, Karla M. & Hernandis Ortuño, Bernabé……68

Scrap denim-PP composites as a material for new product design
Gómez Gómez, Jaime F.; González Madariaga, Francisco J.; Rosa Sierra, Luis S.; León Morán, Ruth & Tobias, Abt……82

A eficiência da materialidade. O recurso a ferramentas digitais de simulação e fabricação aditiva na procura de uma maior eficácia dos dispositivos.
Gonçalves, Sergio; Mateus, Joõ & Hernandis Ortuño, Bernabé……92

System development for a disclosure of Portuguese digital type design.
Quelhas, Vitor; Branco, Vasco & Mendonça, Rui……106

Materials to boost companies innovation. Systemic production network and technological crossbreed.
Lerma, Beatrice & Dal Palú, Doriana……122

Designing in the IoT era: role and perspectives in design practices.

Arquilla, Venanzio & Vitali, Ilaria……134
Systemic design for a sustainable local economic development: Lea-Artibai case study.
Battistoni, Chiara; Pallaro, Agnese & Arrizabalaga Arambarri, Leire……146

Emotive qualities of parametrically designed and 3D printed surfaces.
Ok, Jongbin & Scudder, Daniel……164

Design and digital manufacturing: an ergonomic approach for industry 4.0.
Laudante, Elena & Caputo, Francesco……185

Design para saúde e qualidade de vida: desenvolvimento e avaliação de requisitos de projeto para fone de ouvido inclusivo.
Cunha, Julia M.; Merino Smidth, Giselle & Merino Díaz, Eugenio A.……198

Aplicación de un modelo sistémico para el diseño conceptual de un asistente abdominointestinal.
Esnal Angulo, Iñaki & Hernandis Ortuño, Bernabé……222

Evaluación y estudio comparativo mediante modelos sistémicos de la implantación del sistema APPCC aplicado al sector agroalimentario.
Hernandis De Haro, Cristina & Esnal Angulo, Iñaki……236

Ecodesign assesment information an important tool for the design of new elements dof building construction.
González Madariaga, Francisco J.; Rosa Sierra, Luis A. & Gómez Gómez, Jaime F.……246

Interaction design of public electronics equipment: Approach to categorization systems and analysis model.
Barreto Fernandes, Francisco A. & Hernandis Ortuño, Bernabé……258

Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía.
Ávila Forero, Juan S.……278

Estrategias colaborativas y open-source para la generación de sistemas productivos entre diseñadores y productores.
Gajardo Valdés, Rodrigo F.; Gerea Petculescu, Carmen & Mollenhauer, Katherine……294

Teaching service design in an interdisciplinary educational context.
Akoglu, Canan……308

Relações entre educação para o futuro o ensino do design na atualidade.
Cidaley Moreira, Samantha; Bom Conselho Sales, Rosemary; Barbosa, Paula G. & Aguilar, Mª Teresa.……316

La relación entre el biomimetismo y la geodésica Buckminster Fuller en la planificación de edificios.
Soares De Freitas, Theska; Arruda, Amilton; Hartkopf, Celso & Barbosa Neto, Justino……330

FICHA TÉCNICA:

rdis©
Revista online de la Red Internacional de Investigación en Diseño
Volumen 2, número 3
Noviembre 2016. Valencia – España
Universitat Politècnica de València
ISSN: 2254-7215
Depósito legal: V-2665-2016

EQUIPO EDITORIAL

DIRECCIÓN
Bernabé Hernandis Ortuño, Universitat Politècnica de València, España.

COORDINACIÓN
Iñaki Esnal Angulo, Universitat Politècnica de València, España.
Sheila Cordeiro, Universidade Federal do Amazonas, Brasil.
Miguel Ángel Agustín Fonfría, Universitat Politècnica de València, España.

EDICIÓN
Bernabé Hernandis Ortuño, Universitat Politècnica de València, España.
Iñaki Esnal Angulo, Universitat Politècnica de València, España.
Miguel Ángel Agustín Fonfría, Universitat Politècnica de València, España.
Susana Paixão Barradas, Kedge Design School, Francia.
Ruth León, Tecnológico de Monterrey, México.

DISEO GRÁFICO Y MAQUETACIÓN
Iñaki Esnal Angulo, Universitat Politècnica de València, España.
Sheila Cordeiro, Universidade Federal do Amazonas, Brasil.

UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA
Email: rdis@upvnet.upv.es – www.rdis.webs.upv.es
Teléfono: (34) 963879055 / Fax: (34) 963879055
Camino de Vera, s/n – Despacho 5s28, 4ª planta ala Sur ETSID – UPV 46022 Valencia.

PRESENTACIÓN:

Estimados lectores:

Con esta tercera edición retomamos de nuevo la difusión de material de investigación centrado en los sistemas y el diseño. En este segundo volumen se recogen tres números correspondientes a los temas: Aspectos intangibles, Funciones de transformación y Aspectos tangibles; que comprendieron el ***"6th International Forum of Design as a Process. Systems & Design: Beyond Processes and Thinking"*** celebrado en Junio de este año en la Universitat Politècnica de València y del cual este equipo editorial, siendo parte de la *Red internacional de investigación en diseño (rDis),* junto con la *Latin Network for the Development of Design Processes (LNDP)* tuvimos la oportunidad de organizar.

Este número en particular (V2N3) corresponde a los *Aspectos Tangibles* que se obtienen de la materialización y aplicación del conocimiento de la información y que tienen como resultado modelos, productos y servicios.

Desde **rdis®** esperamos que este material sea de interés y que contribuya a la motivación de los actores que intervienen en el desarrollo de la temática abordada a publicar en futuras ediciones.

Dr. Bernabé Hernandis Ortuño
Director **rdis®**

Aspectos tangibles

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.2795

Designing the mesoscopic approach of an autonomous linear dynamical system by a quantum formulation

Micó, Joan C.

Departament de Matemàtica Aplicada, Universitat Politècnica de Valéncia, Spain. jmico@mat.upv.es

Abstract

This paper is an attempt to translate the quantum formulation from physics to general systems modelled by dynamical systems. Their quantum formulation provides a mesoscopic approach due to the stochastic nature of quantum theory. A quantum formulation needs a previous Hamiltonian. A first order Hamiltonian was provided in past works by following Dirac's generalized dynamics. The corresponding quantum approach, given by a first order Schrodinger equation, was provided from the Hamiltonian found, by applying the corresponding quantization rules. The split of the wave function in its amplitude and phase provides the probability conservation law for the square amplitude and the Hamilton-Jacobi equation for the phase. However, this last equation lacks the stochastic term, in opposition to the stochastic term appearing for the current Schrodinger equation corresponding to the physics laws. Thus, the approach presented in past works is unsuitable to obtain a mesoscopic approach for dynamical systems. The hypothesis here presented considers the existence of a second order Hamiltonian from the base that the physics laws can be defined with a similar structure. The existence of a Hamiltonian like this is proved to be always possible for the case of an autonomous linear dynamical system. In the beginning the Schrodinger equation is written for this case, as well as its time-independent version. This case does present a mesoscopic approach, which is developed and its stochastic term is stressed. The general solution of the Schrodinger equation is found and two application cases are presented. In the conclusions section some ways are sketched about how to generalize the formalism to nonlinear dynamical systems.

Keywords: *linear autonomous dynamical system, Hamiltonian, Hamilton-Jacobi equation, Schrodinger equation, mesoscopic approach.*

1. Introduction

The objective of this paper is to present a quantum formulation for dynamical systems and to deduce from it a mesoscopic approach for this kind of systems. Note that the definition of dynamical sytem here

considered is a coupled set of first order differential equations with the time as independent variable. In addition, “mesoscopic” means “deterministic” plus “stochatic”.

Take into account that this kind of systems relate dynamically variables of different nature, in opposition to the dynamical systems studied in physics whose nature is spatial-related. The first systems are also referred here as general systems and the second systems are also referred as natural systems. In addition, from a pure mathematical point of view, the natural systems are coupled sets of second order differential equations with the time as independent variable, in opposition to the general systems here considered with a first order differential structure.

Besides, the Hamiltonian of a natural system permits, trough the quantization rules of the Copenhagen formalism (Galindo & Pascual, 1990), getting the corresponding Schrodinger equation. In addition, from the polar form of the wave function is eassy to deduce that: (a) the probability is conserved for the square amplitude of the wave function; (b) the phase holds the Hamilton-Jacobi equations except a stochastic term. The stochastic term can be introduced into the Hamiltonian and, from it, to the previous dynamical equations. These new equations present the old deterministic term plus a stochastic term that depends on the amplitude of the wave function, i.e, the mesoscopic approach to a natural system.

The same program of research described for natural systems in physics is here broutgt for general systems as an attempt to state an isomorphism between physics and general systems theory. Depenning in the formalism, the approach here presented starts from a deterministic general system without a stochastic term. In order to reach a quantum formulation a Hamiltonian is needed on which applies the quantization rules of the Copenhagen formalism. The first Hamiltonian provided is first order in momenta (*first order Hamiltonian* from now onwards), provided by Pontryagin (1985), although other similar first order Hamiltonians can be provided following Hava’s method (1973) or Dirac’s generalized dynamics (1964). In the beginning the quantization rules are applied, arising a first order Schrodinger equation (Micó, 2014a; Micó, 2014b). However, the polar split of the first order Schrodinger equation does not present a stochastic term for the Hamilton-Jacobi equation, and a mesoscopic approach is not possible with this approach (Micó, 2014b).

The option followed in this paper is trying to obtain a second order Hamiltonian in momenta (*second order Hamiltonian* from now onwards) that provides a second order Schrodinger equation. Only if some conditions hold the functions that define the general system is possible to obtain a second order Hamiltonian. In fact, the application cases given by the one-dimensional systems and by the autonomous linear systems hold always those conditions. This last case is what provides the title of the paper. In addition, it can be seen that this second order Schrodinger equation does provide the stochastic term in the corresponding Hamilton-Jacobi equation.

Moreover, the present approach is compared with the approach presented by Haken (2004) through the Fokker-Planck equation, for which the starting point is a stochastic differential system, i.e., the Ito equations. These equations present the stochastic terms in advance, and from them, the Fokker-Planck equation is derived, which would be equivalent to a real (non complex) second order Schrodinger equation.

The presentation of the paper contents are the following. Section 2 is devoted to the revision of the first order Hamiltonian and its corresponding first order Schrodinger equation. Section 3 provides the structure of a second order Hamiltonian and the conditions for its existence. The second order Schrodinger equation and its probabilistic interpretation is provided in Section 4. The mesoscopic approach derived and its comparison with Haken’s approach is presented in Section 5. Section 6 is devoted to the

application cases: the one-dimensional systems and the autonomous linear systems. The paper discussion and the paper conclusions are presented in Section 7.

2. First order Hamiltonian and first order Schrodinger equation

Let $q_k(t)$, k=1, 2, …, n, be the state variables of a general system, being n the *system dimensions*, with $\boldsymbol{q} = (q_1, q_2, \dots, q_n)$:

$$\dot{q}_k(t) = f_k(t, \boldsymbol{q}) \text{ (1)}$$

From now onwards every subscript will vary from 1 to n. Pontryagin's approach (Pontryagin, 1985) provides the eassiest first order Hamiltonian in momenta to (1):

$$H(t, \boldsymbol{q}, \boldsymbol{p}) = V(t, \boldsymbol{q}) + \sum_j f_j(t, \boldsymbol{q}) \cdot p_j \text{ (2)}$$

where $\boldsymbol{p} = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ are the canonical momenta and $V(t, \boldsymbol{q})$ is a known function to be optimized. In Dirac's generalized dynamics (Dirac, 1964) $V(t, \boldsymbol{q})$ is deduced from the formalism as well as in Hava's approach (Havas, 1973). See (Micó, 2014a) and (Micó, 2014b) for the details of both approaches. In the subsequent development of the theory, this term is considered zero, because no function has to be optimized. Thus, the corresponding canonical equations, with $V(t, \boldsymbol{q}) = 0$, are:

$$\dot{q}_k = \frac{\partial H(t, \boldsymbol{q}, \boldsymbol{p})}{\partial p_k} = f_k(t, \boldsymbol{q}) \text{ (3)}$$

$$\dot{p}_k = -\frac{\partial H(t, \boldsymbol{q}, \boldsymbol{p})}{\partial q_k} = -\sum_j \frac{\partial f_j(t, \boldsymbol{q})}{\partial q_k} p_j \text{ (4)}$$

Then (3) holds (1). The Hamilton-Jacobi equation is a partial differential equation for the action $S(t, \boldsymbol{q})$, corresponding to the Hamiltonian (2), which can be written by using the vector notation, $\boldsymbol{f}(t, \boldsymbol{q}) = \big(f_1(t, \boldsymbol{q}), \dots, f_n(t, \boldsymbol{q})\big)$, $\boldsymbol{\nabla} = \left(\frac{\partial}{\partial q_1}, \dots, \frac{\partial}{\partial q_n}\right)$:

$$\frac{\partial S(t, \boldsymbol{q})}{\partial t} + \boldsymbol{f}(t, \boldsymbol{q}) \boldsymbol{\nabla} S(t, \boldsymbol{q}) = 0 \text{ (5)}$$

To find the Schrodinger equation corresponding to the Hamiltonian (2), the quantization rules provided for the Copenhagen formalism of the quantum theory must be followed (Galindo & Pascual, 1990). The formalism points out that the Hamiltonian becomes an operator, $\hat{H}(t, \hat{\boldsymbol{q}}, \hat{\boldsymbol{p}})$, such that it operates on the wave function $\Psi(t, \boldsymbol{q})$ as:

$$\hat{H}(t, \hat{\boldsymbol{q}}, \hat{\boldsymbol{p}})\, \Psi(t, \boldsymbol{q}) = \frac{1}{2}\big(f_i(t, \hat{\boldsymbol{q}})\hat{p}_i + \hat{p}_i f_i(t, \hat{\boldsymbol{q}})\big)\, \Psi(t, \boldsymbol{q}) \text{ (6)}$$

such that:

$$f_i(t,\hat{\boldsymbol{q}})\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) = f_i(t,\boldsymbol{q})\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) \quad (7)$$

$$\hat{p}_i\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) = -i\sigma\frac{\partial\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_i} \quad (8)$$

being σ the system Planck constant, which in the present approach is considered hypotetically particular of each system and not coinciding with the Planck constant of physics. Another hypothesis about the system Planck constant is that the particular value represents a limitation of the mathematical knowledge of the system. However, this hypothesis has not been yet demonstrated.

From (7) and (8) in (6), using again the vector notation, and after some computations:

$$\hat{H}(t,\hat{\boldsymbol{q}},\hat{\boldsymbol{p}})\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) = -i\sigma\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\Psi(t,\boldsymbol{q}) - i\frac{\sigma}{2}\big(\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\big)\Psi(t,\boldsymbol{q}) \quad (9)$$

Therefore, following the quantization rules (Galindo & Pascual, 1990) the Schrödinger equation is written as:

$$i\sigma\frac{\partial\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = \hat{H}(t,\hat{\boldsymbol{q}},\hat{\boldsymbol{p}})\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) \quad (10)$$

The substitution of (9) in (10) provides:

$$i\sigma\frac{\partial\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = -i\sigma\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\Psi(t,\boldsymbol{q}) - i\frac{\sigma}{2}\big(\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\big)\Psi(t,\boldsymbol{q}) \quad (11)$$

Equation (11) is the first order Schrödinger equation corresponding to the general system (1). Its probabilistic interpretation can be done through the split of the wave function in polar coordinates:

$$\Psi(t,\boldsymbol{q}) = \mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\,e^{i\frac{\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\sigma}} \quad (12)$$

where $\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})$ is the amplitude and $\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})$ is the phase. The substitution of (12) in (11) provides, respectively for real and the imaginary parts of the equation (after cancelling the term $e^{i\frac{\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\sigma}}$):

$$-\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\frac{\partial\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = \mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q}) \quad (13)$$

$$-\sigma \frac{\partial \mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = -\sigma \boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q}) - \frac{\sigma}{2}\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\big(\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\big) \text{ (14)}$$

Dividing (13) by $\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})$ and dividing (14) by σ and subsequently multiplying it by $2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})$:

$$\frac{\partial \mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} + \boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q}) = 0 \text{ (15)}$$

$$\frac{\partial \mathrm{A}^2(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} + \boldsymbol{\nabla}\big(\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\mathrm{A}^2(t,\boldsymbol{q})\big) = 0 \text{ (16)}$$

Equation (15) provides the same Hamilton-Jacobi equation (5) for $\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})$, and Equation (16) provides the probability conservation of $\mathrm{A}^2(t,\boldsymbol{q})$, being $\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})$ the corresponding probability current density. Note that, contrary to the natural systems, a stochastic term in (15) that could difference it of (5) does not arise in this context. The Schrödinger equation (11) seems to be a deterministic approach to the general systems rather than a stochastic one. Therefore, it can not be a good mesoscopic approach to (1).

3. Second order Hamiltonian

In order to find a second order Hamiltonian, Equation (1) must become a second order system of differential equations. It is possible by taking the time derivative at the two sides of (1):

$$\ddot{q}_k(t) = \dot{f}_k(t,\boldsymbol{q}) = \frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} + \sum_l \frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}\dot{q}_l = \frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} + \sum_l \frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l} f_l(t,\boldsymbol{q}) \text{ (17)}$$

And the new Hamiltonian posed is:

$$H(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p}) = \frac{1}{2}\sum_{jl} u_{jl} p_j p_l + \sum_j f_j(t,\boldsymbol{q}) \cdot p_j \text{ (18)}$$

where u_{jl} is a constant simetric matrix, i.e., a matrix with every element contant such that $u_{jl} = u_{lj}$. The problem now is searching the elements of u_{jl} in (18) such that the canonical equations hold (17). Thus, applying those equations on (18):

$$\dot{q}_k = \frac{\partial H(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})}{\partial p_k} = f_k(t,\boldsymbol{q}) + \sum_l u_{kl} p_l \text{ (19)}$$

$$\dot{p}_k = -\frac{\partial H(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})}{\partial q_k} = -\sum_j \frac{\partial f_j(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_k} p_j \text{ (20)}$$

The corresponding Hamilton-Jacobi equation of the Hamiltonian (18) for the action $S(t,\boldsymbol{q})$, is:

$$\frac{\partial S(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\frac{1}{2}\sum_{jl}u_{jl}\frac{\partial S(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\frac{\partial S(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}+\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}S(t,\boldsymbol{q})=0 \text{ (21)}$$

Note that if the general system is autonomous, i.e., no function of (1) depends on the time, the same happens with the functions of (17), which becomes:

$$\ddot{q}_k(t)=\dot{f}_k(\boldsymbol{q})=\sum_l\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_l}f_l(\boldsymbol{q}) \text{ (22)}$$

Moreover, in the autonomous case, the Hamiltonian does not depend explicitly on the time and it becomes a constant of the dynamics, wich coincides with the system energy *E*, i.e.:

$$E=\frac{1}{2}\sum_{jl}u_{jl}p_jp_l+\sum_j f_j(\boldsymbol{q})\cdot p_j \text{ (23)}$$

To obtain the values of the matrix u_{jl} in (18), Equations (19) and (20) must be compared with (17). To do this, the time derivative is taked at the two sides of (19):

$$\ddot{q}_k(t)=\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\sum_l\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}\dot{q}_l+\sum_l u_{kl}\dot{p}_l \text{ (24)}$$

Substituting respectively $\dot{q}_l$ and $\dot{p}_l$ from (19) and (20) in (24) and regrouping after some calculations:

$$\ddot{q}_k(t)=\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\sum_l\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}f_l(t,\boldsymbol{q})+\sum_j p_j\left(\sum_l u_{jl}\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}-\sum_l u_{kl}\frac{\partial f_j(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}\right) \text{ (25)}$$

Thus, in order that (25) and (17) coincide:

$$\sum_l u_{jl}\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}-\sum_l u_{kl}\frac{\partial f_j(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}=0\ ;\ \forall k,j=1,2,\dots,n \text{ (26)}$$

Note that being constant the elements of the matrix u_{jl}, the Hamiltonian (18) is only valid for those cases that the matrix u_{jl} holds (26). Take into account in (26) that the cases $k=j$ hold identically, thus the cases $k<j$ are the unique ones to consider because the cases $k>j$ provide the same particular equations than $k<j$. This outcome is easy to check by exchanging the subscripts $k\leftrightarrow j$ in (26). Such as it is shown in Section 6, Equation (26), and therefore the Hamiltonian (18), is always valid for the one-dimensional (*n*=1) case, and for the $n\geq 1$ case of autonomous linear dynamical systems.

4. Second order Schrodinger equation and its probabilistic interpretation

By assuming that (26) holds the Hamiltonian (18), the Schrodinger equation can be deduced by applying the corresponding quantization rules to (18) (Galindo & Pascual, 1990). Note that the rule (8) provides for the second order in momenta of (18):

$$\frac{1}{2}\sum_{jl} u_{jl}\hat{p}_j\hat{p}_l\,\Psi(t,\boldsymbol{q}) = -\frac{\sigma^2}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial^2\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j \partial q_l} \quad (27)$$

Considering (27) together (6)-(10), the second order Schrodinger equation deduced is:

$$i\sigma\frac{\partial\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = -\frac{\sigma^2}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial^2\Psi(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j \partial q_l} - i\sigma\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\Psi(t,\boldsymbol{q}) - i\frac{\sigma}{2}\big(\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\big)\Psi(t,\boldsymbol{q}) \quad (28)$$

For the case of autonomous systems the functions $\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q}) = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{q})$, and the change:

$$\Psi(t,\boldsymbol{q}) = \mathrm{e}^{-i\frac{E}{\sigma}t}\psi(\boldsymbol{q}) \quad (29)$$

can be done in (28), being E the system energy (22):

$$\frac{\sigma^2}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial^2\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_j \partial q_l} + i\sigma\boldsymbol{f}(\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\psi(\boldsymbol{q}) + \left(i\frac{\sigma}{2}\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(\boldsymbol{q}) + E\right)\psi(\boldsymbol{q}) = 0 \quad (30)$$

Equation (30) is the time-independent second order Schrodinger equation, always valid for autonomous dynamical systems that hold (26). Note that conversely to the natural systems this equation is complex, not real.

The probabilistic interpretation of (28) can be done again through the split of the wave function in the polar coordinates (12). Its substitution in (28) provides, respectively for the real and the imaginary parts of the equation (after cancelling the term $\mathrm{e}^{i\frac{\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\sigma}}$):

$$-\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\frac{\partial\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} = \frac{\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l} + \mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q}) - \frac{\sigma^2}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial^2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j \partial q_l} \quad (31)$$

$$-\sigma\frac{\partial\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} =$$

$$-\sigma\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q}) - \frac{\sigma}{2}\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\big(\boldsymbol{\nabla}\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\big) - \sigma\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial A(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l} - -\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})\frac{\sigma}{2}\sum_{jl} u_{jl}\frac{\partial^2\mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j \partial q_l} \quad (32)$$

Dividing (31) by $\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})$ and dividing (32) by σ and subsequently multiplying it by $2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})$:

$$\frac{\partial \mathrm{B}(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\frac{1}{2}\sum_{jl}u_{jl}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}+\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})\boldsymbol{\nabla}B(t,\boldsymbol{q})-\frac{\sigma^2}{2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}\sum_{jl}u_{jl}\frac{\partial^2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j\partial q_l}=0 \quad (33)$$

$$\frac{\partial \mathrm{A}^2(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\boldsymbol{\nabla}\left[\left(\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})+\boldsymbol{F}(t,\boldsymbol{q})\right)\mathrm{A}^2(t,\boldsymbol{q})\right]=0 \quad (34)$$

Equation (34) represents the law of probability conservation with current density $\boldsymbol{J}(t,\boldsymbol{q})$:

$$\boldsymbol{J}(t,\boldsymbol{q})=\boldsymbol{f}(t,\boldsymbol{q})+\boldsymbol{F}(t,\boldsymbol{q}) \quad (35)$$

with components:

$$J_j(t,\boldsymbol{q})=f_j(t,\boldsymbol{q})+F_j(t,\boldsymbol{q})=f_j(t,\boldsymbol{q})+\sum_l u_{jl}\frac{\partial B(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l} \quad (36)$$

Besides, (33) is the Hamilton-Jacobi equation (21) plus a correction term $V(t,\boldsymbol{q})$:

$$V(t,\boldsymbol{q})=-\frac{\sigma^2}{2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}\sum_{jl}u_{jl}\frac{\partial^2\mathrm{A}(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j\partial q_l} \quad (37)$$

5. The mesoscopic approach to dynamical systems

The term (37) provides the stochastic part of the second order quantum formulation that the first order quantum formulation does not provide. In fact, if this term is considered in the Hamiltonian, it becomes:

$$H_s(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})=\frac{1}{2}\sum_{jl}u_{jl}p_jp_l+\sum_j f_j(t,\boldsymbol{q})\cdot p_j+V(t,\boldsymbol{q})=H(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})+V(t,\boldsymbol{q}) \quad (38)$$

which has as canonical equations:

$$\dot{q}_k=\frac{\partial H_s(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})}{\partial p_k}=f_k(t,\boldsymbol{q})+\sum_l u_{kl}p_l \quad (39)$$

$$\dot{p}_k=-\frac{\partial H_s(t,\boldsymbol{q},\boldsymbol{p})}{\partial q_k}=-\sum_j\frac{\partial f_j(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_k}p_j-\frac{\partial V(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_k} \quad (40)$$

Developing now the same operations (24) and (25) on (39) and (40), and considering that (26) holds:

$$\ddot{q}_k(t)=\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial t}+\sum_l\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}f_l(t,\boldsymbol{q})-\sum_l u_{kl}\frac{\partial V(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l} \quad (41)$$

Equation (41) represents the mesoscopic approach to the dynamical system (17). Obviously it is considered like this because $V(t, \boldsymbol{q})$ depends on A$(t, \boldsymbol{q})$, i.e., on the square root of the probability density.

If the time integral is taken at both sides of (41):

$$\dot{q}_k(t) = f_k(t, \boldsymbol{q}) - \sum_l u_{kl} \int_{t_0}^{t} \frac{\partial V(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_l}\, dt \quad (42)$$

Equation (42) is the mesoscopic approach saught for the general systems (1) under the assumption of (26). This mesoscopic formulation is the opposite one to the followed for the stochastic differential equations known as Ito equations and the Fokker-Planck equation (Haken, 2004). In that approach, the Ito equations present the stochastic terms in advance, i.e.:

$$\dot{q}_k(t) = f_k(t, \boldsymbol{q}) + \sum_l u_{kl}\, w_l(t) \quad (43)$$

where u_{kl} are constant known elements and $w_l(t)$ are the stochastic terms, which have a mathematical white noise structure, i.e.:

$$\langle dw_l(t) \rangle = 0 \; ; \langle dw_l(t), dw_m(t) \rangle = \delta_{lm} dt \quad (44)$$

In (44) "< >" represents the time average. From the Ito equations (43) and from (44) the Fokker-Planck equation can be deduced (Haken, 2004):

$$\frac{\partial \rho(t,\boldsymbol{q})}{\partial t} + \boldsymbol{\nabla}\big[\big(\boldsymbol{f}(t, \boldsymbol{q}) + \boldsymbol{F}(t, \boldsymbol{q})\big)\rho(t, \boldsymbol{q})\big] = 0 \quad (45)$$

where $\rho(t, \boldsymbol{q})$ is the probability density. Equation (45) represents also the law of probability conservation with current density $\boldsymbol{J}(t, \boldsymbol{q})$:

$$\boldsymbol{J}(t, \boldsymbol{q}) = \boldsymbol{f}(t, \boldsymbol{q}) + \boldsymbol{F}(t, \boldsymbol{q}) \quad (46)$$

with components:

$$J_j(t, \boldsymbol{q}) = f_j(t, \boldsymbol{q}) + F_j(t, \boldsymbol{q}) = f_j(t, \boldsymbol{q}) - \frac{Q}{2} \sum_l \sum_m u_{jm}\, u_{ml} \frac{\partial ln(\rho(t,\boldsymbol{q}))}{\partial q_l} \quad (47)$$

Equation (47) has a more general structure if $u_{kl} = u_{kl}(t, \boldsymbol{q})$. However, (47) is enougth to compare it with (34). In addition, Q is the so-called diffusion parameter. Observe that if the equivalence $\rho(t, \boldsymbol{q}) \rightarrow \mathrm{A}^2(t, \boldsymbol{q})$ is assumed, the difference between (34) and (47) is present in the vector $\boldsymbol{F}(t, \boldsymbol{q})$, which in the Fokker-Planck equation depends on $\rho(t, \boldsymbol{q}) \rightarrow \mathrm{A}^2(t, \boldsymbol{q})$, but not on the generalized action $B(t, \boldsymbol{q})$.

The connection between both formulations could be hypothetically appreciated if the term $B(t, \boldsymbol{q})$ could be put in function of $A(t, \boldsymbol{q})$ by (33) and substituted in (34). Even if this substitution was able to be done as an approximated calculation, the connection could be stated. Also the relationship between the system Planck constant σ and the diffusion parameter Q could be investigated. By the moment, these hypotheses have not been solved yet.

6. Application cases

To obtain the second order Schrodinger equation (28) for the application cases, the method consist in getting, if possible, the values u_{jl} that hold (26). If the system is autonomous, the equation considered is the time-independent second order Schrodinger equation (30).

Two cases are here considered that hold (26): the one-dimensional case, trying to solve the autonomous case and its particular linear case, and the linear autonomous case for an arbitrary dimension.

6.1. The one-dimensional case

Note that if n=1, (26) holds trivially. If for this case the subscripts are avoided by being unnecessary. The Hamiltonian (18) can be written as:

$$H(t, q, p) = \frac{1}{2} u\, p^2 + f(t, q)\, p \quad (48)$$

The value of the parameter u in (48) is non-determined in advance. The corresponding second order Schrodinger equation is:

$$i\sigma \frac{\partial \Psi(t,q)}{\partial t} = -\frac{\sigma^2}{2} u \frac{\partial^2 \Psi(t,q)}{\partial q^2} - i\sigma f(t, q) \frac{\partial \Psi(t,q)}{\partial q} - i \frac{\sigma}{2} \frac{\partial f(t,q)}{\partial q} \Psi(t, q) \quad (49)$$

If the system is autonomous, the system energy is:

$$E = \frac{1}{2} u\, p^2 + f(q)\, p \quad (50)$$

and the time-independent second order Schrodinger equation:

$$\frac{\sigma^2}{2} u\, \psi''(q) + i\sigma f(q)\, \psi'(q) + \left(i \frac{\sigma}{2} f'(q) + E \right) \psi(q) = 0 \quad (51)$$

The change:

$$\psi(q) = \mathrm{e}^{-\frac{i}{u\sigma}\int f(q)\,dq}\Omega(q) \text{ (52)}$$

provides, after some calculations, the differential equation:

$$\Omega''(q) + \left(\frac{f^2(q)}{u^2\sigma^2} + \frac{2E}{u\sigma^2}\right)\Omega(q) = 0 \text{ (53)}$$

Note that although (53) seems a real differential equation, their solutions can be complex. For autonomous nonlinear systems, for instance the logistic function case $f(q) = aq\left(1 - \frac{q}{b}\right)$, the search ot its solutions represents by itself an open investigation field. For instance, for a complete handbook of differential equations such as (Polyanin & Zaitsev, 2002), no solutions are found for this case. Note as well that the exact solution is necessary to find the possible eigenvalues as energy levels and the corresponding eigenfunctions.

However, if the function is linear, then $f(q) = \alpha_0 + \alpha q$. However, the linear functions are not interesting in the applications except if they are a first order approximation to the nonlinear ones about a steady state $q = Q$, for which $f(Q) = 0$.

The first order approximation of a nonlinear function with a steady state $q = Q$ about this state is $f(q) \cong f(Q) + f'(Q)(q - Q) = -f'(Q)Q + f'(Q)q$. The change $x = -f'(Q)Q + f'(Q)q$ and $\bar{\Omega}(x) = \Omega\left(q = \frac{x+f'(Q)Q}{f'(Q)}\right)$ can be done in (53) and it becomes:

$$\bar{\Omega}''(x) + (\beta_1^2 x^2 + \beta_0)\bar{\Omega}(x) = 0\ ;\ \beta_1 = \frac{1}{uf'(Q)\sigma}\ ;\ \beta_0 = \frac{2E}{u(f'(Q)\sigma)^2} \text{ (54)}$$

The solutions of (54) are a linear combination of the Parabolic-Cylinder functions (see Equation 2.1.2-1.1 of Polyanin & Zaitsev, 2002). However, by the functions *DSolve* and *Expand* of MATHEMATICA-10.2 the solution can be put in function of the Hermite functions $H(\nu, \mathrm{y})$, wich become (complex or real) polynomials if the parameter ν is an integer. The final outcome, after multipliying by the complex exponential of (52) and definining $\bar{\psi}(x) = \psi\left(q = \frac{x+f'(Q)Q}{f'(Q)}\right)$, is:

$$\bar{\psi}(x) = \mathrm{e}^{-i\beta_1\frac{x^2}{2}}\bar{\Omega}(x) =$$

$$= k_1\,\mathrm{e}^{-i\beta_1 x^2}2^{\frac{-i\beta 0+\beta 1}{4\beta 1}}H\left(-\frac{1}{2} + \frac{i\beta 0}{2\beta 1}, \frac{-1+ix\sqrt{\beta 1}}{\sqrt{2}}\right) + k_2\,2^{\frac{-i\beta 0+\beta 1}{4\beta 1}}H\left(-\frac{1}{2} + \frac{i\beta 0}{2\beta 1}, \frac{-1+ix\sqrt{\beta 1}}{\sqrt{2}}\right) \text{ (55)}$$

$$\psi(q) = \bar{\psi}\big(f(Q) + f'(Q)(q - Q)\big)\ ;\ \beta_1 = \frac{1}{uf'(Q)\sigma}\ ;\ \beta_0 = \frac{2E}{u(f'(Q)\sigma)^2} \text{ (56)}$$

Equations (55) and (56) represent the general solution of the time-independent wave function, being k_1 and k_2 in (55) arbitrary complex constants. Note that the parameter $\nu = -\frac{1}{2} + \frac{i\beta 0}{2\beta 1}$ is not an integer in both Hermite functions, thus neither the condition of the system energy quantization nor the convergence of the wave function in $q \to \pm\infty$ is provided. Therefore, if concrete values of k_1 and k_2 in (55) permit the quantization of the system energy and the convergence of the wave function in $q \to \pm\infty$ is still under investigation. However, a hypothesis hold is that this research could be developed on the square wave function $\Psi^2(t,q) = \psi^2(q)$ rather than on the function $\psi(q)$.

6.2. The autonomous linear multidimensional case

An autonomous linear multidimensional system is a particular case of (1), which takes the following formula:

$$\dot{q}_k(t) = a_0 + \sum_j a_{kj} q_j \text{ (57)}$$

Note in (57) that a_{kj} is not a simetric matrix and it is a generalization to $n \geq 1$ dimensions of the linear case studied in Section 6.1. In fact, similarly to that case, the interesting case is the study of the linear approximation to a nonlinear case about a steady state $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{Q}$, for which $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{Q}) = \boldsymbol{0}$. If in (1) a first order approximation about $\boldsymbol{q} = \boldsymbol{Q}$ is done:

$$f_k(\boldsymbol{q}) \cong f_k(\boldsymbol{Q}) + \sum_j \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} (q_j - Q_j) = -\sum_j \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} Q_j + \sum_j \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} q_j \text{ (58)}$$

And comparing (57) and (58):

$$a_0 = -\sum_j \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} Q_j \; ; \; a_{kj} = \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} \text{ (59)}$$

Note moreover that for an autonomous linear multidimensional system (57) and (58), from (59) can be deduced that:

$$\frac{\partial f_k(t,\boldsymbol{q})}{\partial q_j} = a_{kj} = \left.\frac{\partial f_k(\boldsymbol{q})}{\partial q_j}\right|_{\boldsymbol{q}=\boldsymbol{Q}} \text{ (60)}$$

Thus the conditions (26) become for this case:

$$\sum_l u_{jl} a_{kl} - \sum_l u_{kl} a_{jl} = 0 \; ; \; \forall k, j = 1,2,\dots,n \text{ (61)}$$

In (61) a_{kl} are known constants by (60), thus (61) will hold generally.

The concrete application case chosen is the Van der Pol oscillator, with *x* as oscillating variable and *ε* as parameter:

$$\ddot{x}(t) - \varepsilon(1 - x^2)\dot{x}(t) + x(t) = 0 \text{ (62)}$$

By doing the changes $q_1 = \dot{x}$ and $q_2 = x$, (62) becomes the two-dimensional dynamical system:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{q}_1(t) = -q_2(t) + \varepsilon\big(1 - q_2^2(t)\big)q_1(t) \\ \dot{q}_2(t) = q_1(t) \end{array}\right\} \text{(63)}$$

The only steady state of (63) is $\boldsymbol{Q} = (Q_1, Q_2) = (0,0)$. The linearization about $\boldsymbol{Q}$ is:

$$\left.\begin{array}{c} \dot{q}_1(t) = f_1(q_1, q_2) = \varepsilon q_1(t) - q_2(t) \\ \dot{q}_2(t) = f_2(q_1, q_2) = q_1(t) \end{array}\right\} \text{(64)}$$

Thus, from (60) and (64), the elements a_{kl} of (60) are: $a_{11} = \varepsilon$, $a_{12} = -1$, $a_{21} = 1$ and $a_{22} = 0$. And (61) provides for *k*=1 and *j*=2 the equation:

$$u_{12}a_{11} + u_{22}a_{12} = u_{11}a_{21} + u_{12}a_{22} \text{ (65)}$$

Note in (65) that the case *j*=1 and *k*=2 provides the same equation, and that the cases *j*=*k* hold identically. In addition, considering that $u_{21} = u_{12}$, the outcome equation is:

$$u_{11} - \varepsilon u_{12} + u_{22} = 0 \text{ (66)}$$

A solution of (66) is $u_{12} = u_{22} = 1$ and $u_{11} = \varepsilon - 1$. Then, the time-independent second order differential equation can be written as:

$$\sigma^2\left(\frac{(\varepsilon - 1)}{2}\frac{\partial^2\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_1^2} + \frac{\partial^2\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_1 \partial q_2} + \frac{1}{2}\frac{\partial^2\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_2^2}\right) + i\sigma\left((\varepsilon q_1 - q_2)\frac{\partial\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_1} + q_1\frac{\partial\psi(\boldsymbol{q})}{\partial q_2}\right) +$$
$$+\left(i\frac{\sigma\varepsilon}{2} + E\right)\psi(\boldsymbol{q}) = 0 \text{ (67)}$$

Actuallly, even for a linear two-dimensional case, the corresponding time-independent second order differential equation (67) is complex to be solved. In this case, as well as in similar cases, the search of the solution is an open research by the moment.

7. Discussion and conclusions

This paper is an attempt to state an isomorphism between natural laws in physics and general systems. It is done by translating the quantum theory from the first field to the second one. It must be valued taking into account the works (Micó, 2014a) and (Micó, 2014b) together the present paper. The three papers together go beyond the derivation of a Schrodinger equation for general systems. It is like this because they try as well to state an analytical formalism for general systems, i.e., a Lagrangian-Hamiltonian approach plus a study of the Hamilton-Jacobi equation, and what are the roles that these approaches play to interpret the quantum theory provided.

Note that the formalism provided is still an open research. First of all it is correct under some assumptions and, besides, it just arrives until some unsolved points. The following paragraphs try to discuss these assumptions and points.

The first assumption is the second order structure of the Hamiltonian to reproduce the equations of the general systems in Section 3. Although there could be other options, it is taken from the physics in order to obtain a mesoscopic approach that a first order Hamiltonian of Section 2 does not provide.

Note that the second order Hamiltonian (18) also assumes that the functions u_{jl} must be constant. In addition, this Hamiltonian is correct if Equations (26) hold. All the subsequent derivations of the formalism also depend on the fact that (26) must be held. Fortunately, the one-dimensional and the linear autonomous cases hold Equations (26), such as it is proved in Section 6. If for some other cases Equations (26) holds, such as nonlinear multidimensional cases with dimension greater than one, it should be checked for the particular cases under study. For instance, the author has checked that the nonlinear case of dimension two given by the predator-prey system does not hold (26). Due to, neither the second order Hamiltonian (18) nor the second order Schrodinger equation (28) can be applied for this case.

The way about how to generalize the second order Hamiltonian (18) to be correct for any dynamical system (1) redefined as the second order form (17) is being investigated by the author. One way sketched is considering that the constants u_{jl} become functions $u_{jl}(t, \boldsymbol{q})$. In fact, the author has checked that similar but more complex structures can be derived for the Hamilton-Jacobi equation (33) and for the probability conservation law (34) although the functions $u_{jl}(t, \boldsymbol{q})$ become unknown. In addition, they also present a similarity to the Fokker Planck equation (45) when the constant stochastic values u_{kl} of (43) become functions $u_{kl}(t, \boldsymbol{q})$ (Haken, 2004). However, by the moment no definitive conclusions about the mathematical structure of these functions haven been obtained.

Other ways to overcome the first order approaches of Section 2 could be considered in a future researches. A way is the consideration of a canonical transformation on (2) that provides a second order Hamiltonian. An alternative way is considering the addition of a term in (2) that contains the momenta elevated to a fractional exponent between one and two, in such a way that the fractional calculus should be used to develop the quantization rules.

Other problem to be commented is that provided in (Micó, 2014b) about the meaning of the system Planck constant in the case of general systems. In that work was said that *the system Planck constant is particular of each system under description. The point of view defended is that it represents the mathematical limits of the system knowledge. However, the most probable is that some experiments must*

be designed to find the particular values of these constants. The hypothesis about the nature of this constant continues being the same. The existence of a *diffusion parameter* in the context of the Fokker-Planck equation (45)-(47) own of each system strengthens this argument. Another question is if both constants are related in some way. Finding the actual relationship between both formalisms, the quantum approach here presented and the corresponding to the Fokker-Planck equation should be also a future strength of research.

Finally, the open questions of the theory presented must be investigated. First of all, the solution (55)-(56) is not acceptable for a one-dimensional linear autonomous system, unless a suitable combination of the two independent functions provides the eigenvalues for the system energy and the corresponding eigenfunctions. Another open question is if this problem happens only with linear systems and for nonlinear systems the eigenvalues and eigenfunctions arise. However, note that getting solutions of a nonlinear problem such as (51)-(53) is a great problem by itself. The same conclusion can be deduced when the system has a dimension greater than one, although the system is linear, such as it happens in (67): getting the solution of that partial differential equation is by itself a problem of great complexity.

8. References

DIRAC, PAUL A. M. (1964). *Lectures on Quantum Dynamics*. New York. Belfer Graduate School

of Science, Yeshiva University.

GALINDO, A. & PASCUAL, P. (1990). *Quantum Mechanics I & II*. Berlin-Heidelberg-New York.

Springer-Verlag.

HAKEN H. (2004). *Synergetics. Introduction and Advanced Topics*. Berlin-Heidelberg. Springer-Verlag.

HAVAS, P. (1973). “The conection between Conservation laws and Invariance Groups:

Folklore, Fiction, and Fact" *en Acta Physica Austriaca* vol. 38, p. 145-167.

MICÓ, J. C. (2014a). "An analytical formalism of dynamical systems ". In *9th Congress of the EUS-UES. Globalization and Crisis; Systems; Complexity and governance*. Ciutat de Valéncia: ADD editorial. 501-510.

MICÓ, J. C. (2014b). "A quantum formalism of dynamical systems". In *9th Congress of the EUS-UES. Globalization and Crisis; Systems; Complexity and governance*. Ciutat de Valéncia: ADD editorial. 511-518.

POLYANIN, A. D. & ZAITSEV, F. Z. (2002). *Handbook of Exact Solutions for Ordinary Differential Equations (second edition)*. Londo-New York-Washington, D.C. Chapman and Hall/CRC.

PONTRYAGIN, L. S. (1985). *The Mathematical Theory of Optimal Processes*. New York.

Gordon and Breach Science Publishers.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3296

Industrial design for aircraft: models and usability for comfort in the cabin

Buono Mario[a]; Capece Sonia[b]; Cascone Francesca[c]

[a]Full Professor Industrial Design – Department of Civil Engineering, Design, Building and Environment, Second University of Naples, Italy: mario.buono@unina2.it.

[b]PhD Industrial Design – Department of Civil Engineering, Design, Building and Environment, Second University of Naples, Italy. sonia.capece81@gmail.com.

[c]Phd Student_Environment, Design and Innovation – Department of Civil Engineering, Design, Building and Environment, Second University of Naples, Italy francesca.cascone@unina2.it.

Abstract

This contribution introduces an innovative model of assessment and validity of the formal-dimensional-functional structure for passenger seats in economy class in the Aerospace industry. In fact in this field, the design, ergonomics and engineering determine unpublished cooperation scenarios where roles are inverted, merge and recur repeatedly, in order to establish progress in the different planning and subject areas, having a synergistic and proactive perspective.

The research activities have been developed within the framework of the research project "IMM_Interiors with Multifunctional Materials_DAC_Distretto Aerospaziale Campania" (Campania Aerospace District), in which experts from different branches of knowledge such as designers, innovative materials engineers, mechanical engineers, biologists and technical physicists from the Second University of Naples were involved. The use of new methodological dimensions resulted in the identification of common activity protocols, which were used as foundations in the planning stage, interdisciplinary and shared. The aim was to obtain a passenger seat configuration suitable to meet the demands and needs of the greatest number of individuals, according to their specifications and through the integration of innovative technologies and materials.

The impact of different cultural factors, the mixture of roles and subjects, the layering of competences and heterogeneous and contradictory operational references have contributed towards a shared narrative where knowledge and experience have established the key principles in the course of evaluation and validity (methodological-designing inclusive).

This route has allowed the acquisition of interdisciplinary skills and expertise qualified to obtain tangible results from the identification of methodological and design issues useful to optimize, innovate and strengthen the design process.

The goal was to make the acquisition of user needs systematic, through investigation and evaluation methods aimed at translating them into a structured format noted on the design process according to the principles of good design. In particular studies and research of prior art patents and thorough investigation literature regarding the state of the art of existing seat configurations and structures were carried out. Feasibility, comfort and

reliability of the existing solutions in order to analyse and evaluate each component of ergonomics, human factors (physical ergonomics), user centred design and new human factors (pleasantness of use), where characteristics and specific meanings of quality, understood as a user-seat interaction quality are preferred.

Keywords: Design, Aircraft-comfort, Ergonomics, Usability, Experiences

1. Introduction

This paper proposes an innovative model of evaluation and functional/formal arrangement validation of passenger seats in the aerospace industry, where design, ergonomics and engineering set new and unprecedented collaboration scenarios where the roles are reversed, merged, and are constantly being renewed in order to gain advancement in various fields, in a synergistic and proactive way.

The research activities have been developed within the Department of Civil Engineering, Design, Construction and Environment under a research project of IMM (Interiors con Materiali Multifunzionali) and DAC (Distretto Aerospaziale Campania) who have seen committed researchers and designers, experts in innovative materials, mechanical engineers, biologists and technical physicist.

The work is part of a research context, where the design of new structural solutions of seats to ensure ergonomics and passenger comfort by limiting the weight gain, are discussed. Based on these indications, in part imposed by the new amendments to the applicable regulations, in part by the need to ensure the necessary appeal demanded by increasingly demanding customers, which are accustomed to a high level of comfort, the research project has set itself to study solutions to meet the changing needs of aviation, without any significant impact on aircraft performance by virtue of mandatory increases in weight that could be incurred from a slavish application of solutions and materials used on large transport liner.

In particular, the aim was to systematize the acquisition of user needs, through investigation and assessment methods designed to identify needs and translate them into a structured format and verifiable within the design process according to the principles of good design. In particular the quality of interaction between the user and the seat, through the assessment of the compatibility between the product specifications, the features and the user's ability, and performance in the system in which it operates, from the functional to the perceptive-cognitive, up to the emotional aspects.

2. Usability as a model of experience and pragmatic approach

Numerous studies from the design research have shown that the functional and hedonistic characteristics of a product are two independent factors affecting the definition of the satisfaction of the consumer.

The use, possession, interaction with a product can generate different types of cognitive perceptions and emotional responses. Some products, beyond the functional correspondence, represent the conditions which define the meanings of the contexts where people live, instruments by which people construct their identity. Analyzing the subjective experience that users live through the products, or who will experience using the same, the designer interprets the experience of people as a source of inspiration and generation of solutions.

Among the most innovative approaches in cognitive psychology, for the study of the relationship between people and artifacts, the distributed cognition approach represents a new paradigm for analyzing the work, playful, and everyday activities that humans conduct through mutual relations and through the relation with the artifacts that populate the contexts in which interactions occur.

The distributed cognition paradigm asserts that the ability of human beings to carry out any activity, from the everyday ones to the more complex, depends on the distribution of all the necessary knowledge among the people, the artifacts used and the contexts where the activities take place and the interactions between these components (Rizzo 2009).

The design of usable artifacts implies considering the needs of people can quickly learn the ways of interaction, allowing them a quick execution of tasks, maintain a low error rate and help maximize user satisfaction.

The research on design and other related areas refers to the insights of these schemes. The objects, therefore, should pass on their experience, their value, should communicate information, to reflect certain uses, and are signs of a particular social status and a certain cultural level, *chairs, beyond supporting the body, also bring out the personality, the body language, and the social position* (Bürdek, 1992).

The designer then, through a product, designs not just real things, but also something immaterial, so it is absolutely necessary that the object speaks for itself. The Barthes message was that what people own is able to convey a range of meanings that are equivalent to a language, and for an object conveying the proper meaning is undoubtedly part of its function.

Jean Baudrillard, Umberto Eco and Luis Prieto developed the discourse on the functionality of the objects. Umberto Eco takes Barthes to articulate the concept of function, thanks to the use of category connotation/denotation, through which he tries to account for the primary and secondary functions of objects. Prieto reassesses the concept of function in a more rigorous way thanks to the introduction of the category working/utilities, adapting to the objects that of signifier/signified (Ponzio, Calefato, Petrilli, 2006).

Braudrillard, instead, takes and carries to the extreme the idea of a spectacularized function and in it he sees the main characteristic of the goods in a capitalist system, through which a dissolution of the object itself is operated.

To design products with a good level of usability, guidelines, and different standards have been developed. The various authors who have studied to clarify the concept of usability have found themselves in trouble to trace its borders. Currently, the author who seems to find favor of the HCI (Human Computer Interaction) community is Shackel, who states that the usability of an artifact is its ability, in terms of human cognitive characteristics, to be used easily and effectively by a specific category of users to carry out activities within defined environmental contexts.

Shackel was among the first to develop the usability model. This model dates back to 1991 and at the conceptual level starts from the acceptance that declines in utility, usability, likeability, and costs.

Jakob Nielsen, instead, defines usability as the extent of the user's quality of experience in interaction with something, be it a website or a traditional software application or any other tool with which the user can operate. According to Nielsen, a product is usable when it is easy to learn, allows for utilization efficiency, is easy to remember, allows few, low gravity interaction errors and is pleasant to use.

Conceptually, the usability of a product measures the cognitive distance between the design model (product model and its operating mode owned by the designer and incorporated in the artifact) and the user model (working model of the product / service which the users construct by themselves and which

regulates the interaction with it). Although usability is one of the dimensions that define the overall quality of an interactive product, it is measured by its interface, which should expose immediately its peculiarities, limits and modes of operation, highlighting the relationship between actions that the user can perform on the same interface, and the results that can be achieved. Its analysis should provide guidelines for the design and redesign, in fact, the usability center is the knowledge that each alternative design should be evaluated by potential users, in order to have sufficient margin to correct wrong design choices, caused by not taking into account the physical and cognitive characteristics of end users.

The user needs have assumed, therefore, a particular quality characteristic that has been revealed in the recent past and that today requires the design process should be given a renewed attention to the functional rules and a marked sensitivity to the needs of users ; each individual is different, more or less able about physical and cognitive condition in relation also to the personal experiences and stages of development. […] The result of a design which is conscious of the needs is the construction of more and more "well-performing" setting, suitable to be "experienced" by the people who have "different profiles", which move interacting between themselves and with the environment itself (Garofolo, Conti, 2012).

For example, the blind receive information needed for the construction of a real world primarily through the tactile and auditory perception, as well as through kinesthetic experiences. The auditory sense is a very important aspect of the orientation of the blind, as it allows them to move safely in a structured space, and gives them the power to sense the presence of obstacles.

Beside the auditory sense, the blind person makes use of the sense of touch, which plays an important role in the development and acquisition of concepts. The sense of touch is used not only statically but also in a dynamic and exploratory way (active touch). […] Tactile perceptions are received through any part of the body, but primarily through the hands that are the privileged organs of touch. Hands, through careful and accurate palpation, identify the different details of the object to "understand" and permit, therefore, the blind person to get a mental picture of the object and acquire the spatial position (Bilotta, 2002).

In the planning stage, the study of emotions and perceptions are important because they affect the actions of people, their expectations, their plans with respect to products that they meet and deal with. Referring to the emotional aspects, Donald Norman draws up a classification of three different levels of the human brain: the visceral level [emits quick judgments about what is good or bad, safe or dangerous, by sending the proper signal to the muscles and alerting the rest of the brain], the behavioral level [site where the large majority of human behavior resides] and reflective level [covers the control function and general reflection]. Such levels reported in design differ from one another and, in particular visceral level is pre-awareness, pre-thought, where what counts is the first impression, the initial impact of a product, the appearance, the tact, the sensations it produces; the behavioral level concerns the utilization, the experience the user has about a product: function, performance, and usability; finally the reflective level where lies the conscience and the higher degrees of feelings, emotions and reasoning.

La distinzione fra il pensiero esperienziale e quello riflessivo merita di essere presa in considerazione, e questo almeno in parte perché molta della nostra tecnologia sembra costringerci verso un estremo o l'altro. Con gli artefatti adatti potremmo potenziare ciascuna modalità cognitive (Norman, 1995).

[The distinction between the experiential and the reflective thinking deserves to be taken into account, at least in part because much of our technology seems to force us to one extreme or the other. With the proper artifacts, we could strengthen each cognitive modality].

The experiential cognition includes mental states, in which we perceive and react to stimuli from the environment efficiently and without appreciable efforts. This condition manifests itself mainly through the unconscious stages of human behavior, drawing directly from the experience and knowledge already

stored in the user's mind. In fact *l'elaborazione esperienziale comporta una certa attività intellettuale, ma è simile ad un riflesso in quanto l'informazione rilevante deve già esistere nella nostra memoria e l'esperienza non fa altro che riattivarla* (Norman, 1995).

[the experiential processing involves a certain intellectual activity, but it is similar to a reflection, in that the relevant information must already exist in our memory and what experience does, is just reactivating it].

2.1 Methodological and behavioral dimensions – human center

The present work has been structured on new methodological dimensions that identify common protocols of activity on which to base the design process, interdisciplinary and shared, aimed at setting up new passenger seats in the cabin can be adapted to different user needs and with the integration of new technologies and materials.

The structure of the research aims to discover a "creative" methodological approach, based on the need to address the difficult challenges that contemporary society imposes at an increasingly rapid pace, entrusting to the discipline of industrial design the enhancement of the cultural capital or, more avowedly, to facilitate the transition from the material to the immaterial cultural capital through the instruments of knowledge, skills, and creativity. The methodologies applied to the industrial design discipline and the evolution of the same discipline methods, underpin the cultural and scientific background knowledge as a starting point for the construction of thought as a response to the needs; they are also based on the skills that, starting from knowledge, surpass it, complementing and making it operational; the whole thing coming through the instrument of creativity for the achievement of the proper and necessary balance between intuition and reason, design and science.

Such research starts from the methodological basis, which places man at the center of the design process, in which the designer's role becomes more complex, since, beyond knowing the techniques, he/she must also provide a formal value to the product, and must be a careful observer of the reality around him/her to interpret the experience of people, including through the support of cognitive sciences. People interact with the artifacts, as Donald Norman points out, through the synergy of three different mental images, the first is the image in the designer's mind, "the designer model", then there is the image the user has of the device and its functioning "user model" and the third is the system image. In an ideal world the two models should be identical and, accordingly, the user should understand and use the object in an appropriate manner; unfortunately, this does not always happen, designers do not communicate with end users, they just provide the product specifications.

This complexity of knowledge has meant that, especially in cognitive science, a strong interest has been developed in the anchoring process of new information on old, on a combination of knowledge from different areas, the integration of knowledge resources often fragmented between different actors [and] of re-use of the acquired knowledge (Anselmi, 2009).

Therefore, Norman, as an experimental psychologist, focuses on the ways in which people interact with the artifacts. In describing the interaction with objects, he uses a human action model [Fig. 1] consisting of seven stages, where there are two possible problem areas that need attention in the design, the execution "hemisphere" defines the transition from the emergence of an intention to formulate a sequence of actions necessary to implement them, while the "hemisphere" of the assessment defines the effort needed to interpret the system status and to determine its compliance with the intentions. It is on this theoretical foundation that has been developed the "UCD_Ucer Center Design" methodological approach [Fig. 2], which is the ability to detect, through structured and verifiable methods, experiences and user requirements and turn them into design and evaluation tools.

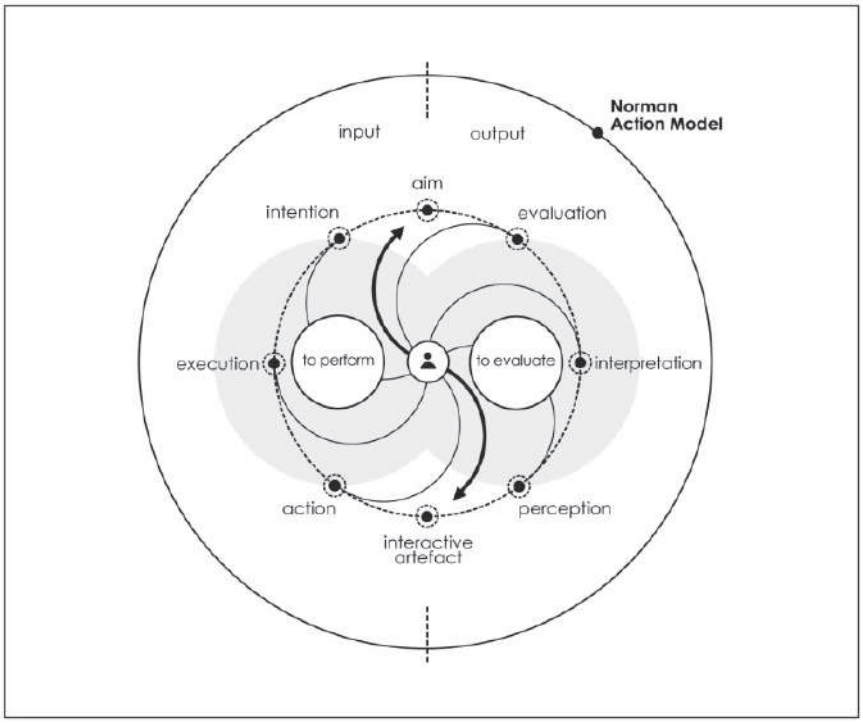


Fig. 24 Action Model of Norman (1991), freely interpreted by Capece S. (2009)

Inverting a J. Rubin's well-known definition, we can say that the UCD is not just a philosophy of intervention that puts users at the center of design and manufacture of products, but also, and primarily, the techniques, processes, methods and procedures necessary to verify and design the usability of products and systems (Rizzo, 2009).

In literature, there are a different set of principles behind this design method. In 1985, Gould and Lewis identify four basic principles on which to develop a project aimed at the acquisition and evaluation of user needs. The first principle focuses on users and their tasks; the second principle concerns activities through iterative cycles of planning, evaluation and redesign, where the planning stage is followed by the assessment of the system, together with the users, before getting to the final implementation, and verify that it has fulfilled the established requirements, while the fourth and final principle regards the presence, within the work team, of multidisciplinary skills.

The UCD is configured, in fact, as a cyclical pattern based on continuous monitoring of the assumptions and design solutions, and the ability to capture and translate, in terms of project implementation, targeted information which is used at each stage of the production process and product development. The methodological path of User Center Design in the 90s and specifically in 1999 was expanded to include project activities sanctioned by the standard ISO 13407 in human-centered design processes.

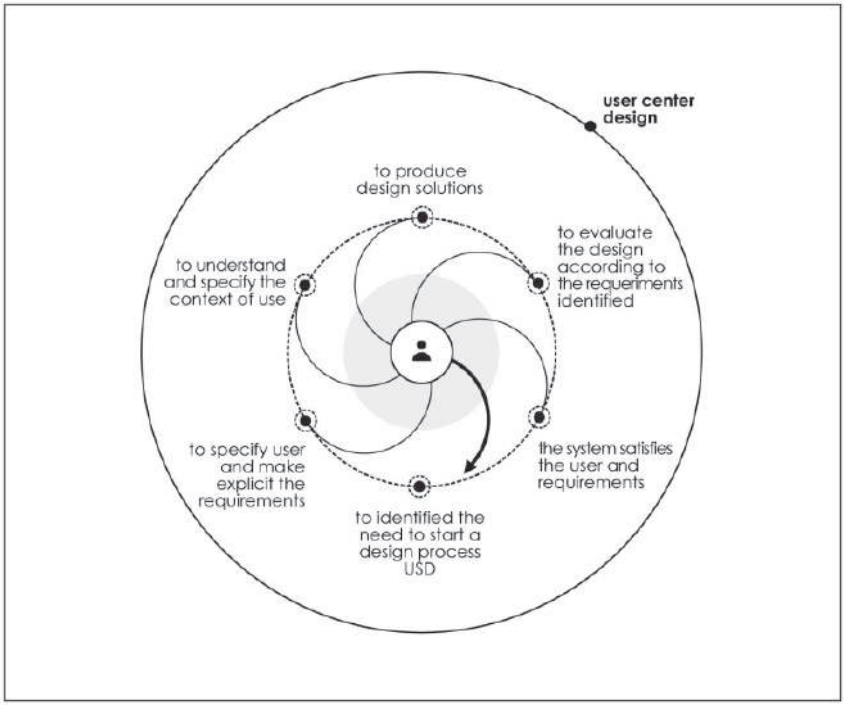


Fig. 25 Model of user centre design: user indirect participation, Rizzo F. (1999), freely interpreted by Capece S. (2009)

The activities that define this process consist of the identification of a need; understanding and specification of requirements and user characteristics, production of design solutions, design evaluation with respect to the identified requirements and the satisfaction that user gets by the system.

Since the '90s, the User Center Design has undergone an evolution going from the design of computer-based interactive products to the design of products and services and also, by changing the original purpose, from design method for usability to design method of user experience. The user experience [Fig. 3], broadly defined and addressed in the design discipline, sets as a basic element in the design path, the study, and research on the same user experience by placing the latter at the heart of the process. We can therefore state that *while the traditional UCD has dealt to identify problems that users showed during the interaction with the products and how to resolve them, the experience-based design has produced some new themes for reflection and application of design such as designing for the user experience, find inspiration by the user, the empathic design, and hedonism. From a design point of view, the study of emotions is relevant to the design itself as these are a not negligible aspect of the experience, they influence people's actions, their expectations, their future plans with respect to products they meet and relate to* (Rizzo, 2009).

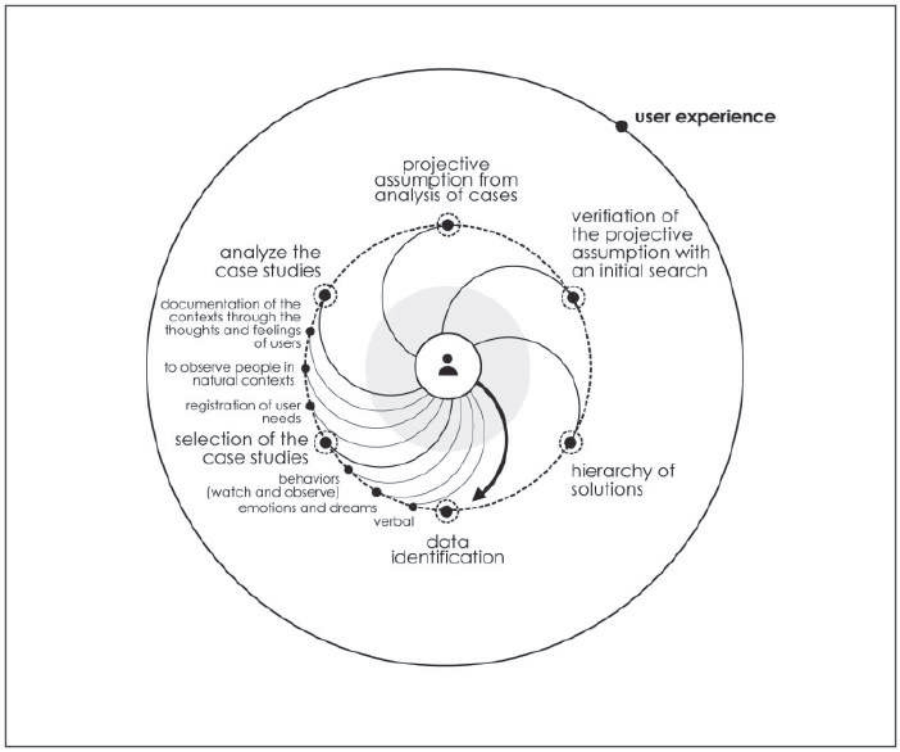


Fig. 26 User experience: indirect experiential participation, Rizzo F. (1999-2003), freely interpreted by Capece S. (2009)

The experience methods, unlike the traditional methods found in User-Centered Design, build the project on the basis of user's dream, their imagination and reworking of all that they have done, seen and known previously. In this regard, Jane Fulton Suri, chief creative of Iseo, argues that «*through observations designers can learn, through empathy they may be inspired to imagine new and better solutions for people* (Rizzo, 2009).

Moreover, to better understand the user experience, Jane Fulton Suri distinguishes three modes of action, the first one is to observe what people really do, both in their natural contexts and through prototypes which people may be exposed to, the second is to ask people to participate, either by registering their needs and documentation of contexts, or through the record of their thoughts and feelings; and finally the third mode deals with evidence and verification of the things directly, to get a personal perspective on an experience that is being designed and that is typically experienced by users.

The framework for action should not be seen as a scenario outlined to accommodate a sequence of actions and interactions, but becomes especially a context of meanings and possible social and cultural shared interactions. In this way, the environment, in which one or more actors are located, loses the connotation of a stable information provider and becomes a multi-componential scenario in which the actions take place and the information dynamically follow each other.

The context, as states Giuseppe Mantovani (1995), cannot be defined as something predetermined, but you need to consider the scenario of action as a space that is, at the same time, both physical and conceptual. Within it, the actors perceive the overall situation in which they are to act using conceptual models peculiar of their culture. Will be through the same action, also, that cultural models will be reviewed and amended making use of the information that the dynamic context offers.

3. The evolution of comfort models in the aircraft interiors

Comfort represents a subjective synthesis of the elaboration of the quality of the interaction between user, product and environment, and it is attributable to a complex set of tangible and intangible factors, such as physiological, physical and psychological.

Several definitions for the concept of comfort can be found in literature, *Pineau's (1982) definition of comfort included everything that contributes to human wellbeing and convenience of the material aspects of life, while Slater (1985) described comfort as the physiological, psychological, and physical harmony between human beings and their environment that ultimately deliver a pleasant state. Tiger (1992) highlighted a connection between pleasure and comfort by suggesting that the human brain, which monitors the comfort of the body, rejects pain and seeks pleasure* (Ahmadpour, 2014).

Furthermore, Dumur, Bernard, and Boy suggested four points of view towards comfort, psychological comfort is a state of quiet enjoyment and being free from worry and disappointment with regards to basic human needs (e.g. food, security, etc.), entailing aesthetics comfort (satisfying one's taste for forms, sound, smell, etc.), socialization comfort (incorporating the need for social relationships as well as privacy) and conformity (the sense of belonging to a group); physical comfort is the state of being free from issues pertaining to physical, physiological, and biomechanical states; sociological comfort is related to one's ethnic and social class, and, technological point of view in comfort refers to those material inputs from the environment that provide pleasurable sensations (Dumur, Bernard, Boy, 2004).

These concepts are the foundation of the interpretative models of the experience of comfort. It is particularly relevant the model [Fig. 4] proposed by De Looze et al. in which the result of the interaction process is defined as three macro levels: "human level", "seat level" and "environment level". Each of these levels exerts a specific influence in the definition of comfort and in the characterization of the respective/different variables. The human level represents the anthropometric variability of the user, while, the seat level is based on the characteristics and structural variables such as the inclination of the backrest, the width of the seat and the hardness of the pillow. Furthermore, the environment level influences on the comfort evaluation considering the activities performed by the user and the characteristics of the reference context (De Looze, Kuijt-Evers, Van Dieën, 2003).

The methods of De Looze et al. (2003) and Moes (2005) provide the basis of the theoretical framework [Fig. 4] proposed by Vink and Hallbeck (2012) in which the perception of comfort and discomfort is defined through the interaction between "product", "person" and "usage / task". *Perception process is dependent on the person, the object in work-space (seat), the purpose and why this object is used* (Vink, 2014).

In fact, the interaction effects are produced by the responses of the human body through postures, muscle movements and senses. These responses, according to the expectations, are perceived subjectively and interpreted as "comfortable", "you feel nothing" (no discomfort) and "feelings of discomfort".

Inside the aircraft, the users-passenger interact with the environment through the activation of their senses, starting by the visual impact continuing with the processing of external inputs of different nature (smell, sound and touch). These inputs are evaluated according to subjective factors such as user-passenger expectations, previous experiences and frame of mind, which influence the perception of the comfort during seating use experience.

Through the analysis of the user experience in the aircraft environment, Admahpour et al. (2013) describe a model [Fig. 5] regarding the comfort experience, in which is reported the relationship between the users-passenger and the perception as result of the seat-human interaction inside the aircraft. The authors

define the process of interaction as the result of a complex system in which there are multiple factors, such as “environmental factors” related to the physical and social aspects and the context of use, “human characteristics”, which include physical, anthropometric and psychological elements, and “expectations”, based on the expectations of users- passengers before and during the flight experience.

The model also includes, “time and activity”, represented by the influence of the activities carried out in the reference environment on the comfort evaluation, the "perceptions of cabin", as a general idea of the quality of the cabin, the “physical impacts”, relating to the postures and the movement of users-passengers, the “appraisal”, based on a subjective evaluation of cognitive processes (result of the seat-human-environment interaction), and expressed as positive or negative emotions.

Therefore, the frame of mind, also plays a significant role in how passengers live the flying experience. But it is only after the complex process of interaction that the perception (subjective) of comfort or discomfort is determined, which may induce the adaptation of the user-passenger in the reference enviroment, changing his position and/or the activity carried out.

Continuing with the analysis of the user experience, Admahpour (2014) focuses the method on the perception of the user [Fig. 4], filtered through psychological (“peace of mind”) and physical factors (“physical wellbeing”), including “proxemics”, understood as the control of the personal and social space, “pleasure”, “satisfaction”, associated with the efficiency, effectiveness and usability, and the “association”, regarding the interaction between the environment and personal feelings. Finally, the above processes determine the level of comfort or discomfort within a period of time and relating to the social context of the flight, that could influence the behavior or future choices of the user-passengers (Admahpour, 2014).

According to the previously described methodological aspects, the factors of comfort such as “human characteristics”, “expectations”, “physical impacts”, “appraisal”, “proxemics”, “pleasure”, “satisfaction” and “association”, have been integrated in the ergonomic principles and the good design values. These have been included for the configuration of a new and inclusive methodological-design model, and for the evaluation and validation of the arrangement between the shape design, dimensions and functionality of the passenger seats.

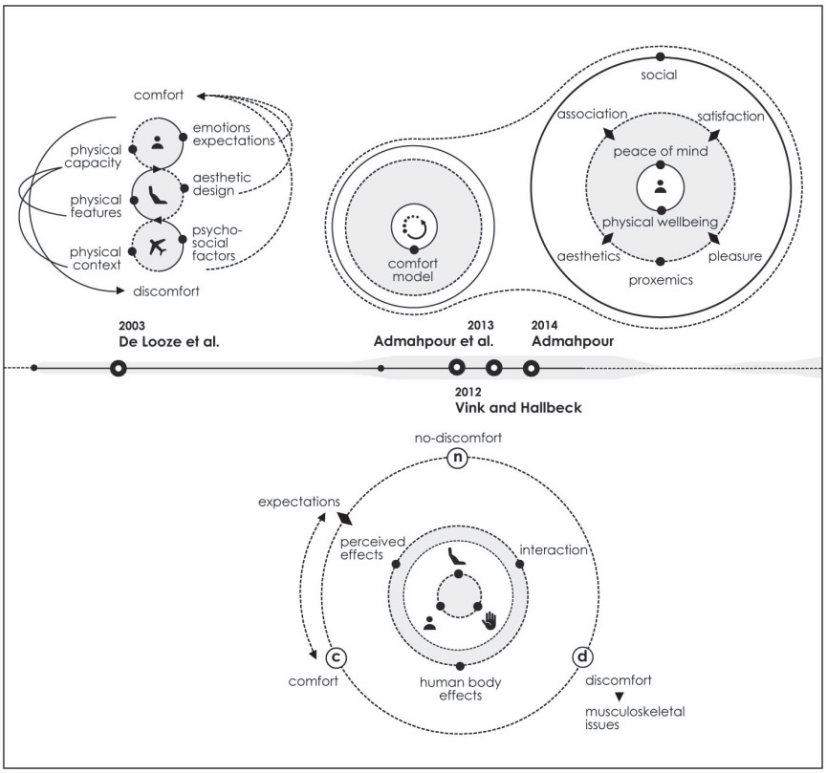


Fig. 27 Timeline of the evolution of the theoretical models of comfort in the aircraft interior based on the proposals of De Looze, Kuijt-Evers, Van Dieën, (2003); Vink and Hallbeck, (2012); Ahmadpour, Robert, and Pownall, (2013), this framework is illustrated to Figure 5; Ahmadpour (2014); the illustration of timeline is freely interpreted by the authors of the contribution.

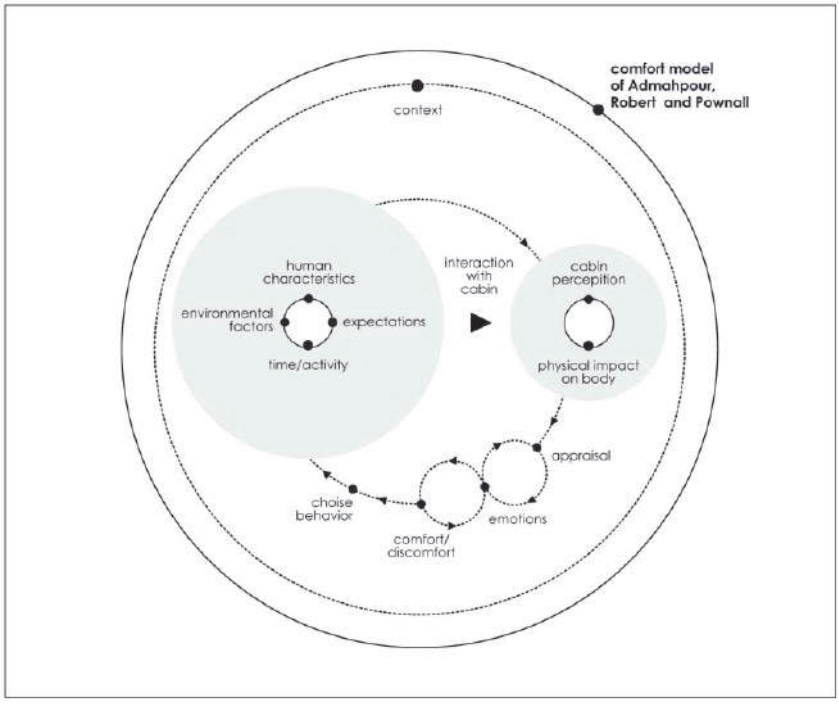


Fig. 28 A model of passenger comfort experience based on the proposals of Ahmadpour, Robert, and Pownall (2013), freely interpreted by the authors of the contribution.

4. Usability and comfort methods evaluation

The process of identification and analysis of the needs, which will be used for the ergonomic intervention, precedes the verification of usability and comfort conducted through the passenger seat evaluation by specialists and the involvement of a sample of users able to represent, for features, aptitudes and skills of use, those who use and will use the product.

The usability and safety testing methods are based on the collection of information concerning the manner in which the man-product interaction is performed within a given context of use, and make possible to identify and analyze the behavior of users, their needs and, finally, the type and frequency of errors that users can take when performing the required tasks (Tosi, 2005).

According to Wilson J. R., the test methods can be divided into methods of direct observation and methods of indirect observation. The direct observation methods are based on techniques of observation and evaluation of user behavior when interacting with the product. They are also defined objectives methods, as they are able to provide precisely the objective information, and consist of the collection of data relating to the behavior and performance of users during the execution of specific activities (Wilson, Corlett, 1995).

The indirect observation methods allow, instead, to collect information relating to the interpretation that users give to what they are doing. These are also called subjective methods and concern the realization of reports on the behavior, attitudes and opinions of users. Their subjectivity refers to the fact that the information produced is filtered by the observer's assessment.

Subjective measurements are considered an essential tool for evaluation, given that they collect information and problems resulting from the user's interactive experience. The theme of subjective evaluation has been widely debated in the literature, deeply analyzing multiple aspects that intervene on the very nature of evaluation.

The subjective evaluation is used to identify relations that cannot be analyzed without user assistance as, motivation, satisfaction, preferences, performance, usability and comfort. Psychometric tools, in this way, seek to create a multidimensional analysis of usability, measuring a complex set of variables. In fact, as pointed out by Kirakowski, the usability evaluation is a combination of subjective judgment, such as satisfaction, and objective data, such as performance. On the other hand, although there is interesting analysis on the multidimensional usability (Chin, Diehl and Norman, 1988; Glendon, Stanton and Harrison, 1994; Jordan, 1994) this issue has not yet been addressed through a systematic study that can provide the elements on which eventually some metrics can be built.

4.1 Subjective measurements through psychometric tools

The classification of usability methods in the literature is distinguished in an analytical approach based on structured tests processed by an expert and an empirical approach, based on the direct involvement of users.

The analytical assessments (also called heuristics analysis or expert evidence) are conducted by specialists who, on the basis of their specific skills, analyze the product trying to anticipate problems that typical users of the system can meet in different stages of use of the product.

Empirical assessments or user tests, instead provide for the direct involvement of a sample of users in the evaluation process. The tests with users rely on the realization of experiments and do not presuppose an absolute rigor of the procedures, but allow you to bring out a greater number of problems and to identify even unexpected aspects of a product usability.

The need to detect and monitor the perception of usability that users develop in connection with the use of the system has led to the development of different types of questionnaires that differ in theoretical constructs. The most used in the literature are listed below:

The Questionnaire for User Interaction Satisfaction (QUIS), developed in 1988, based on the assumption that the user's use satisfaction, considered as subjective satisfaction, is a relevant indicator of usability of the system (Chin et al. 1988; Wallace, Norman e Plaisant, 1988; Shneiderman, 1987). This tool, now in version 7.0 of development, is composed of eleven sections built in a hierarchical way (Harper, Slaughter and Norman, 1997): a personal data questionnaire, six scales measuring general impression on the system, four measures related to interface-specific factors, and finally an optional section that evaluates the online help and support manuals. The assessment is expressed on a 9-point scale.

The Software Usability Measurement Inventory (SUMI), developed by the Human Factors Research Group of the University of Cork (Ireland) in 1990, consists of 50 items, divided into five subscales, Efficiency, Affect, Helpfulness, Control and Learnability. The usability measurement scales have been developed taking into account the usability ISO 9241-11 definition of usability features that identifies it as the effectiveness, efficiency and satisfaction of a particular user, engaged in a particular task and use context. The assessment is expressed on a 3-point scale (agree, undecided and disagree). In literature there are conflicting opinions on the validity of the SUMI, by some is considered one of the best validation instruments (Baber, 2002), while others point out the lack of a comparative validation that provides a proof of the real ability of analysis.

The Computer System Usability Questionnaire (CSUQ) is an evolution of The Post-Study System Usability Questionnaire (PSSUQ) developed to measure user satisfaction in interaction with a system in laboratory environments through contextualized questions in the survey (Lewis,1992). The CSUQ differs from its predecessor because it is not contextualized, so it can be used out of the laboratory and is built to create stable factors of investigation. The concept on which it is based is that usability is related to standardized measures of satisfaction and the purpose of this tool is to provide them. The CSUQ consists of 19 questions on a seven-point scale with a range from "strongly disagree" to "strongly agree".

The System Usability Scale (SUS) was developed in 1986 by Digital Equipment Corporation and was implemented in 1996 as the global usability of a system in a context (Brooke, 1996). This tool evaluates the satisfaction meant as subjective response in the interaction with a system. The SUS does not use multidimensional metrics but attempts to capture the usability as the user's aptitude for a specific interface in a given context of use, referring to the ISO 9241-11 definition. The SUD consists of ten questions measured on a five-point scale, with a range from "strongly disagree" to "strongly agree".

The Usability Evaluation (Us.E.), developed in 1999 at the Cognitive Ergonomics Laboratory of the Department of Psychology, University of Rome "La Sapienza", starts from the assumption that usability is a multidimensional construct (Di Nocera et al., 1999; Di Nocera, Ferlazzo e Renzi, 2003). Initially built, in version 1.0, on four dimensions obtained through factor analysis has come, in the current version 1.1, to a composition in three dimensions: handling, satisfaction, and attractiveness. The Us.E. 1.1 consists of 24 questions with a five-point scale with a range from "Absolutely False" to "Absolutely True".

The Purdue Usability Testing Questionnaire (PUTQ) is a test consisting of 100 questions on the interface of the structured system of eight factors relating to the human-machine interaction. These factors are compatibility, consistency, flexibility, learnability, minimum actions, minimum memory load, perceptual limitation, help to operator.

The Experience Sampling Method (ESM) is a procedure developed to study the behavior and subjective experience in real life. In fact, this procedure is based on the real-time detection of self descriptions that the subjects themselves provide about the external situation and their state of consciousness during the occurrence of events. The testing period is usually one week long, with an average of 6/8 signals per day distributed according to a randomized scheme throughout the day.

5. Protocol for the evaluation of comfort – perceived usability of passenger seats

Starting from the study and analysis of the existing configurations in literature and the current patents of existing passenger seats and from the assessments of structural, feasibility, comfort and reliability analysis of the current passenger seats, new validation and evaluation tools of usability and comfort of passenger seats have been defined, in order to analyze and evaluate the various components of ergonomics of the seat through the observation of the interaction user-environment-product. The activities [Fig. 6] focused on the study of the requirements of the identification and the estimation of the parameters of comfort, as well as on the conception of design criteria suitable to obtain favorable conditions for end users, in order to configure a new ergonomic design of the seat and a proper level of comfort for the passenger even on medium-long distances, trying to avoid the so-called "economy class syndrome" that leads to serious consequences for the health of the occupant.

The aim will be to analyze and evaluate each component of the ergonomics of the passenger seat through the user-environment-product interaction according to a sequence that, starting from the physical-dimensional interaction condition and by the correspondence of the product to the anthropometric characteristics and to the capacity of users movement, involving aspects of perceptual and cognitive sphere, the emotional sphere, and finally to the social.

As a knowledge or set of knowledge, ergonomics is a wealth of knowledge and analytical tools that can become a tool for innovation and stimulating factor of the creative process to which the ergonomics provide the ability to imagine and analyze in a structured form the multiplicity of situations and conditions that define and determine the interaction between user and product (Tosi, 2005).

In detail, the quality of interaction between the user and the seat, the assessment of compatibility between the characteristics of the product, the specifications, and the user's physical abilities, the activities that this place and achieved performance, have been taken into account.

The first phase of evaluation focused on the identification of the dimensional parameters of interest and of the relative anthropometric parameters. These parameters will be reported both to the static and dynamic dimensions. Similarly to the definition of anthropometric indices, there is the need to identify the categories of users targeted by the project and their physical and dimensional characteristics, the specifications of the planned and / or likely actions, and the constraints imposed by all the context variables.

In parallel, the emotional components oriented to the study and design of the subjective aspects of the interaction user/passenger seat will be evaluated. Among these, the emotions psychology, the areas of social and anthropology studies, while developing evaluation and intervention methodologies which are distant both from disciplinary origin and as intervention languages and tools, include and assess the subjective dimension of interaction, to date remained at the margins of the ergonomics interest.

User feedback in this case will be represented by system usability, i.e. the effectiveness, efficiency and satisfaction that specific users can experience using the product within the reference airplane cabin, by the comprehensibility of the information available and the language in which they are presented, by the ease

by which you can carry out the control procedures and/or dialogue, by the opportunity to receive appropriate feedback at the end of each procedure.

Taking into consideration the tactile properties of the materials used, as well as sensory effects produced by the formal solution proposal, the color and the surface treatment of the passenger seat, the relationship will be established between the proposed seat and the sensory quality actually perceived by the user.

In referring to the subjective requirements of usability, factors related to the direct experience of the use of the product and the ease by which you can carry out the operation will be taken into account, through a perceptual and emotional dimension and the ability to meet the most strictly subjective needs, related to user satisfaction.

To further ensure that the seat provides comfortable performance in the design phase and evaluation, we must take into account the variability of parameters such as, the "seat pitch", the "backrest and seat pocket" and the "human body space" (Vink 2011).

This paper has chosen to treat analysis and the passenger seat assessment in respect of each component of the ergonomics, human factors (physical ergonomics); user-centered design and new human factors (user pleasantness), which highlights aspects and specific meanings of quality, intended as user-seat quality of interaction.

The planned tests will be based on both direct and indirect observation methods that will be organized according to the following sequence:

- the test of Physical Ergonomics – Human Factors (Quality = compatibility) to assess the physical characteristics of the session, the physical, physiological and psycho-perceptual abilities of the tester, the characteristics of the activities to be performed and the physical – social context in which activities will be carried out;

- the User-Centered Design test (quality = compliance to the use) to evaluate the ability of the product (seat) to respond to the needs posed by its use within a given context;

- the New Human factors test - Comfort of use (quality = value - User pleasure) to evaluate the comfort of use attributed to the relationship with the seat, that is the judgment that users express, consciously or not, in terms of annoyance, appreciation, strangeness or familiarity with the product.

In particular in the first test – Physical Ergonomics – Human Factors – will be defined and evaluated the dimensional and functional requirements characterized by compatibility between the characteristics of the passenger seat and the context in which this fits; the specifications and capabilities of users as well as the constraints and the variables of the reference environment. Therefore, the compatibility between the users' body size (static and dynamic), the reachability zones and the spaces of movement necessary to perform the given task, will be specified. Similarly, the size of the physical environment taken as a reference (dimensional requirements); the compatibility between the characteristics and physical abilities of the user, the physical activities required and the physical size constraints posed by the seat and / or the cabin, will be analyzed.

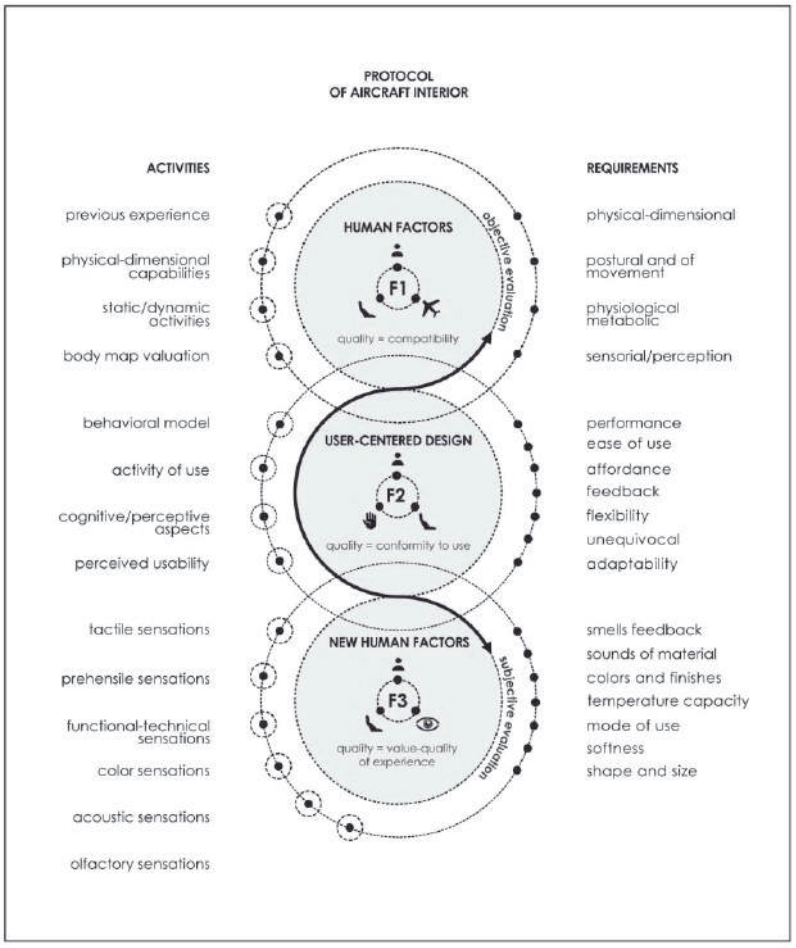


Fig. 29 *"Ergonomia per il progetto" Tosi F. (2005), freely interpreted by the authors of the contribution.*

The definition and comparison of dimensional and functional requirements will be based on knowledge of the anthropometric characteristics and physical capabilities of the human body and will require the identification of the group of user to which the project targets and, in parallel, the analysis of physical activities to be performed.

In the second test – User-Centered Design – the interaction subjective dimension, contextualizing the results of analysis and supporting the user's active involvement, will be evaluated and defined. The user will have to simulate the use of the seat as it happens in real life since the behavior pattern associated with the reference activity will be detected. The performance, ease of use, affordance, feedback, flexibility, correspondence to a predefined conceptual model, unequivocalness and adaptability will be analyzed, in order to record the types of error and difficulties encountered.

The relationship between the user and the product is a dynamic process with many facets, which concerns perceptual and cognitive aspects of the use of the product, how it is absorbed the information that comes from the product, how it is interpreted and which user actions they are a result of.

In the third test - New Human factors - pleasantness of use - the characteristics and reactions of the subject that can be measured using the techniques developed by cognitive psychology will be assessed and defined. The goal will have to assess the aspects of sensory pleasantness of the passenger seat, covering tactile sensations (shape and size of the object); prehensile sensations (the quality, the softness,

the grip capability of the surface); functional sensations (use modality and activation); thermal sensations (the conductivity and the heat capacity); chromatic sensations (colors, surface finishes and the chromaticity of the object); acoustic sensations (loudness of the material, of action, of the detectors, and acoustic feedback) and finally the taste and olfactory sensations.

6. References

AHMADPOUR, N., ROBERT, J-M. & POWNALL, B. (2013). *The dynamics of passenger comfort experience: understanding the relationship between passenger and the aircraft cabin interior*. In: proceedings of AERO '13 (Aeronautics 2013 conference), 60th Canadian Aeronautics and Space Institute. April 30- May 2 2013. Toronto: Canada.

AHMADPOUR, N., LINDGAARD, G., ROBERT, J-M. & POWNALL, B. (2014). *The thematic structure of passenger comfort experience and its relationship to the context features in the aircraft cabin*. Ergonomics, 57(6), 801-815.

AHMADPOUR, N. (2014). *Aircraft Passenger Comfort Experience, Subjective Variables and Links to Emotional Responses*, Université de Montréal, p. 8

ANSELMI, L. (2009). *Il design di prodotto oggi. Progettare con gli utenti: gli elettromedicali*, Milano: Franco Angeli. [loosely translated by the authors].

BALLENDAT, T., MARQUARDT, N. & GREENBERG, S. (2010). *Proxemics interaction: designing for a proximity and orientation-aware environment*. In: proceedings of ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, ACM, NY: USA, pp. 121-130.

BÜRDEK, B. E. (1992). *Design. Storia, teoria e prassi del disegno industriale*, Milano: Mondadori, p. 132 [loosely translated by the authors].

COELHO, D.A. & DAHLMAN, S. (2002). *Comfort and pleasure*. In: P.W. Jordan and W.S. Green (Eds.), Pleasure with products: beyond usability (pp. 321-331). London, UK: Taylor and Francis.

Cfr. DE LOOZEA, M. P., KUIJT-EVERSA, L. F. M. & VAN DIEËNB, J. (2003). *Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures*. *Ergonomics* 46: 985–997. London: Taylor & Francis.

DUMUR, E., BERNARD, Y. & BOY, G. (2004). *Designing for Comfort*. In: WARD, D., BROOKHUIS, K.A. AND WEIKERT, C.M. *Human Factors in Design*. Maastricht, Netherlands: Shaker Publishing, pp. 111-127.

GAROFOLO, I. & CONTI, C. (2012). *Accessibilità e valorizzazione dei beni culturali. Temi per la progettazione di luoghi e spazi per tutti*, Milano: Franco Angeli [loosely translated by the authors].

HALL, E.T. (1966). *The Hidden Dimension*. NY, USA: Anchor Books. Hassenzahl, M. (2003). The thing and I. In: M.A. Blythe, A.F. Monk, K. Overbeeke, P.C. Wright (Eds.), Funology: From Usability to Enjoyment (pp.31-42). Dordrecht, Netherlands: Kluwer academic publishers.

HEKKERT, P. (2006). *Design aesthetics: principles of pleasure in design*. Psychology Science, 48(2), 157-172.

MOORS, A. (2009). *Theories of emotion causation: A review*, Cognition & Emotion, 23(4), 625-662. Oborne, D.J., Clarke, M.J. (1973). *The development of questionnaire survey for the investigation of passenger comfort*. Ergonomics 16, 855-869.

OBORNE, D.J. & CLARKE, M.J. (1974). *The determination of equal comfort zones for whole body vibration*. *Ergonomics* 17, 769-782.

NORMAN, D. (1995). *Le cose che ci fanno intelligenti*, traduzione di I. Blum, Milano: Feltrinelli, p. 39.

Cfr PONZIO, A., CALEFATO, P. & PETRILLI, S. (2006). *Con Roland Barthes alle sorgenti del senso*, Roma: Meltemi Editore srl [loosely translated by the authors].

RIZZO, F. (2009). *Strategie di co-design. Teorie, metodi e strumenti per progettare con gli utenti*, Milano: Franco Angeli, pp. 23-24-51 [loosely translated by the authors].

TOSI, F. (2005). *Ergonomia, progetto, prodotto*, Milano: Franco Angeli, p. 41 [loosely translated by the authors].

VINK P., *Advances in Social and Organizational Factors*, Taylor & Francis Group, p. 505.

Cfr WILSON, J. R. & CORLETT, E.N. (1995). *Evaluation of human work*, London: Taylor & Francis.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3000

Estudo da adaptação antropométrica de mobiliário residencial em madeira maciça produzido na cidade de Manaus

Alencar, Larissa Albuquerque[a]; Pacheco, Karla Mazarelo Maciel[b] & Vieira, Mirella Sousa[c]

[a]Mestre em Ciências Florestais e Ambientais – Departamento de Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal do Amazonas, Brasil - larissa_alencar@ufam.edu.br,

[b]Doutora em Design – Departamento de Design e Expressão Gráfica, Universidade Federal do Amazonas, Brasil – karlamazarelo@hotmail.com,

[c]Mestre em Ciências Florestais e Ambientais – Departamento de Design, Martha Falcão DeVry, Brazil – mirellasou@gmail.com,

Resumo

Este artigo apresenta um breve estudo sobre a adaptação antropométrica de mobiliário de madeira maciça, produzido e comercializado na cidade de Manaus. Neste, buscou-se verificar se as medidas aplicadas à produção de mesas e cadeiras (sem ajustes) estão em conformidade com as normas e padrões técnicos vigentes. Para tanto, realizou-se: levantamento bibliográfico, abordando a situação do setor moveleiro no Amazonas, ergonomia e antropometria, buscando aprofundar os conhecimentos acerca da temática estudada, conhecendo-se as principais limitações e potenciais para investimento na melhoria da qualidade do mobiliário de madeira maciça sem ajustes. Organizou-se os dados pesquisados para a geração de duas tabelas, com base nas dimensões dos seguimentos corpóreos humanos de usuários extremos (mulher percentil 5% e homem percentil 95%), apresentando recomendações de diversos autores de ergonomia, , viabilizando seu uso como parâmetro para o dimensionamento de mesas e cadeiras. Além de pesquisa de campo, para anotação das medidas e comparação posterior com as dimensões das tabelas propostas; e cálculos de estatística descritiva, e inferencial, com o propósito de facilitar a apreciação acerca da validade dos dados coletados por meio da aplicação do teste de t de Student. Como resultado, observou-se que o mobiliário em questão não é produzido com base em recomendações ergonômicas e/ou quaisquer tipo de estudo relacionado, uma vez que as medidas analisadas encontravam-se em conformidade com as referencias adequadas e outras eram simplesmente ignoradas. Tornando os produtos inadequados, face ao desconforto gerado, quando utilizados por longos períodos, principalmente se comparados com móveis industrializados, tendo em vista que estes apresentam as mesmas condições de dimensionamento com menor preço de mercado.

Keywords: *Design, ergonomia, antropometria, mobiliário, madeira maciça.*

Abstract

This article presents a brief study about the anthropometric adaptation of solid wood furniture, manufactured and commercialized in the city of Manaus. It searches to verify if the measures used to the production of tables and chairs (without adjustments) are in conformity with the current standard norms and patterns. Therefore, it were made: bibliographic collection, where topics referred to the situation of the furniture sector in Amazonas were approached, ergonomics and anthropometric and human body measures, in an effort to deepen the findings about the studied theme, by means of the knowledge of the main limitations and potentials to the investment in the improvement of the quality of the solid wood furniture without adjustments. In this section, there were an organization of the researched data to the creation of two tables, based on the dimensions of human body segments of extreme users (woman percentile 5% and man percentile 95%), presented by Felisberto and Paschoarelli (2000), following as well the recommendations of various authors of ergonomics, between them: Quaresma (2011), Kroemer and Grandjan (2005), Dul and Weerdemester (2004) and Moraes and Pequini (2000), enabling its usage as a parameter to the sizing of tables and chairs; field research, where there was the collection of data through search form for annotation of the measures obtained in loco on the carpentry shops, to be afterwards compared to the dimensions of the suggested tables; calculations of descriptive statistic (total amplitude, standard deviation and coefficient of variation), since they allow to appreciate the total number of values found in a class and map the differentiation among those obtained and recommended, and inferential, with the intension of facilitate the appreciation on the validity of the collected data by means of the implementation of the t Test of Student. With the obtained result, it was observed that the furniture in question is not produced based on ergonomic recommendations and/or any type of related study, as the measures analyzed were not found in conformity with the recommendations of the tables generated and the others were merely ignored. This fact ends up turning the products less attractive, in face of the discomfort created, when utilized by long periods of time, especially if compared to industrialized furniture, taking into consideration that those ones present the same condition of sizing with less Market price.

Keywords: *Design, ergonomics, anthropometry, furniture, solid wood.*

1. Introdução

As movelarias de Manaus possuem potencial para ganhar maior projeção no mercado local, pois os produtos de madeira maciça são mais resistentes e preferidos para decorar espaços com beleza e estilo. Entretanto, a Superintendência da Zona Franca de Manaus - SUFRAMA (2003) revelou em um estudo, que marcenarias locais possuem *layout* inadequado à produção, com equipamentos obsoletos e ausência de pessoal qualificado, o que compromete significativamente a qualidade dos móveis em madeira maciça produzidos localmente.

Sabendo-se que o mercado atual prima pela eficiência produtiva e preço baixo do produto, tem-se buscado alternativas de design diferenciado e estratégias comerciais como formas de atender as necessidades dos consumidores. Para Souza *et al.* (2010) é cada vez maior a procura por produtos de melhor qualidade, que propiciem segurança e conforto durante o uso, sinalizando a importância da ergonomia na indústria moveleira como um fator de grande competitividade. Assim, o mobiliário residencial também deve ser projetado de modo a proporcionar conforto durante os mais diversos tipos de atividades, pois é fundamental que as pessoas adotem posturas corretas, evitando-se dores lombares e musculares (ombros, pescoço, nádegas, pernas e braços).

Nesse contexto, projetar móveis observando dimensões que respeitem os limites e esforços físicos do ser humano garante além do conforto, saúde e bem-estar. E tratando-se de mobiliário de madeira maciça e sem ajustes, os que merecem maior atenção em relação ao dimensionamento são mesas e cadeiras, objetos deste estudo, pois o dimensionamento incorreto desse mobiliário implica em prejuízos pela postura incorreta que se possa adotar, o que segundo Kroemer e Grandjean (2005), pode provocar anormalidades permanentes à coluna.

Souza et al. (2010) afimam, que ainda não existem normas técnicas direcionadas para mobiliário de uso residencial no Brasil, dificultando a elaboração de projetos de qualidade, facilitando a concorrência injusta com móveis de má qualidade disponíveis no mercado. Embora, tenha-se conhecimento de estudos realizados por Felisberto e Paschoarelli (2000) que apresentam valores tabelados dos segmentos corpóreos para a população brasileira. Estes, se usados corretamente, contribuem para a melhora na qualidade dos produtos produzidos e comercializados, proporcionando melhores condições de conforto e segurança à população.

Assim, esta pesquisa buscou verificar se os produtos de madeira maciça produzidos e comercializados na cidade de Manaus selecionados para este estudo, encontram suas medidas em conformidade com àquelas propostas pelos diversos autores de ergonomia conhecidos na atualidade, os quais foram organizados em duas tabelas geradas também como resultado deste estudo.

2. Referencial teórico

2.1. O setor moveleiro no Amazonas

Em conformidade com dados fornecidos pelo SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas) em 2010, foram identificadas 456 movelarias nos municípios do Amazonas, e segundo informações da diretoria do mesmo orgão, deste total apenas 147 movelarias encontram-se atuantes na cidade de Manaus.

Sabe-se que o setor moveleiro apresenta uma série de problemas, e encontra em um estágio atrasado, visto que 80% dos estabelecimentos apresentam *layout* inadequado, entre outras dificuldades. Além disso, 84% dos empreendimentos trabalham em sistema de produção “sob encomenda” e somente 16% produzem em série (SUFRAMA, 2003), entre outros problemas frequentes destacam-se:

- Indefinição da situação fundiária;
- Perdas no transporte, principalmente quando realizado por via fluvial;
- Veículos inadequados para o transporte de madeira;

- Ausência das técnicas de exploração e manejo adequados às espécies florestais, pré-requisito fundamental para obtenção da certificação ambiental e, consequentemente, garantia de venda no mercado internacional;
- Falta de visão empresarial nos aspectos administrativos, produtivos e mercadológicos por parte dos empresários atuantes no ramo;
- Ineficiência ou ausência de processo de secagem e/ou preservação da madeira;
- Baixo rendimento e deficiência quanto à qualidade do produto (por equipamentos obsoletos, falta de manutenção preventiva e mão-de-obra qualificada);
- Inobservância ou desconhecimento da legislação ambiental.

Além dos aspectos supracitados, deve-se salientar a ausência de preocupações relacionadas ao uso de normas e outras referências técnicas para determinação das dimensões dos mobiliários, principalmente no que diz respeito à utilização adequada das medidas antropométricas do público consumidor.

2.2. Ergonomia aplicada à mobiliário sem ajustes

A antropometria é o conjunto de medidas do corpo humano necessárias ao processo projetual de espaços, mobiliários e equipamentos, incluindo-se variáveis pertinentes à faixa etária, sexo, raça e, inclusive, grupos ocupacionais, conforme afirma Bittencourt (2011). Tais referências de variação nas dimensões humanas consideram-se de extrema importância, considerando as diferenças representativas a partir dos extremos de qualquer população.

Contudo, tratando-se de projetos de mobiliários, deve-se levar em conta a natureza da atividade a ser realizada, uma vez que as posturas naturais do corpo – posturas do tronco, braço e pernas que não envolvam trabalho estático – e movimentos naturais são condições necessárias para um trabalho eficiente, sendo imprescindível a adaptação do local de trabalho às medidas do corpo e à mobilidade do operador (KROEMER E GRANDJEAN, 2005).

Estas, também aplicam-se na construção de mobiliário residencial, pois os mesmos, assim como a mobília de postos de trabalho, devem ser projetados de modo a proporcionar conforto e segurança ao usuário durante sua utilização, diminuindo o aparecimento de lesões.

2.2.1. Variáveis humanas aplicadas ao projeto de mobiliário

Para o projeto de cadeiras, Panero e Zelnik (2003), consideram como uma das principais dificuldades em seu projeto o fato de que a atividade de sentar é dinâmica, ou seja, os indivíduos encontram-se em constante movimento pela adoção de diversas posturas, tratando-se da alternância entre contração e extensão muscular por meio de tensão e relaxamento dos músculos, conforme citam Kroemer e Grandjean (2005).

Fialho *et al.* (2007) afirmam, que existem poucas publicações a respeito de dados antropométricos dinâmicos e funcionais da população brasileira, dificultando a realização de projetos adaptados à população.

Contudo, um estudo intitulado *"Modelos humanos em escala para dimensionamento ergonômico preliminar de postos de trabalho"* proposto por Felisberto e Paschoarelli (2000) aponta medidas para o correto dimensionamento de mobiliário em geral, que podem ser utilizados para adequação do mobiliário residencial, pois apresenta um parâmetro antropométrico (medidas dos segmentos corpóreos humanos), tratado estatisticamente, obtido por meio de dados de diversas fontes de antropometria (tabelas de

diversos autores e entidades competentes). Logo, a utilização deste estudo tende a contribuir para adequação do mobiliário residencial.

2.2.2. Variações nas dimensões do corpo, faixas de projeto e percentis

Para Kroemer e Grandjean (2005) a grande variabilidade nas medidas corpóreas entre indivíduos é um fator agravante na qualidade do mobiliário produzido na atualidade, considerando que não se deve projetar buscando atender a "pessoa média", e sim as pessoas mais altas (acomodar as pernas sob a mesa) ou as pessoas mais baixas (alcançar dada altura).

Atendendo, portanto aos usuários maiores e menores no projeto de postos de trabalho e de móveis, pois, geralmente, não é possível projetar o espaço de trabalho para atender as pessoas de dimensões extremas (muito grandes e muito pequenas), sendo necessário que se satisfaça às necessidades da maioria da população.

O uso de tabelas antropométricas pode ser entendido como referencial, sem, contudo, ser recomendado como prática indiferenciada, conforme afirma Bittencourt (2011), uma vez que existem variações dimensionais, tanto para homens quanto mulheres.

Assim, para que se possa projetar produtos para uma determinada população, torna-se necessário conhecer o conceito de *percentil (p)* que é definido como "unidade estatística (1 de 100) de uma distribuição normal da população" (BOUERI, 1991). Para Quaresma (2011) os percentis mais frequentemente utilizados são o 5%, que apresentam as menores dimensões de uma população, e o 95% que representa maiores dimensões de uma população. Estes dois, em uma distribuição populacional normal, correspondem às medidas extremas de 90% de uma população.

Deste modo, caso decida-se projetar para o percentil 90% central de uma população, deve-se excluir o 5% menor (mulheres com dimensões muito menores) e o 5% maior (homens dimensões muito maiores), uma vez que esses valores percentuais representam apenas 10% (5% mulheres e 5% homens) de toda a população (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

Embora não existam normas específicas para dimensionamento de mobiliário residencial, conforme afirmam Souza et al. (2010), os dados utilizados para postos de trabalho lhe são úteis. Assim, optou-se por utilizar a tabela de segmentos corpóreos humanos proposta por Felisberto e Paschoarelli (2000).

A Figura 1, a seguir, identifica as medidas antropométricas tabeladas que serão utilizadas ao longo deste estudo para análise do correto dimensionamento do mobiliário.

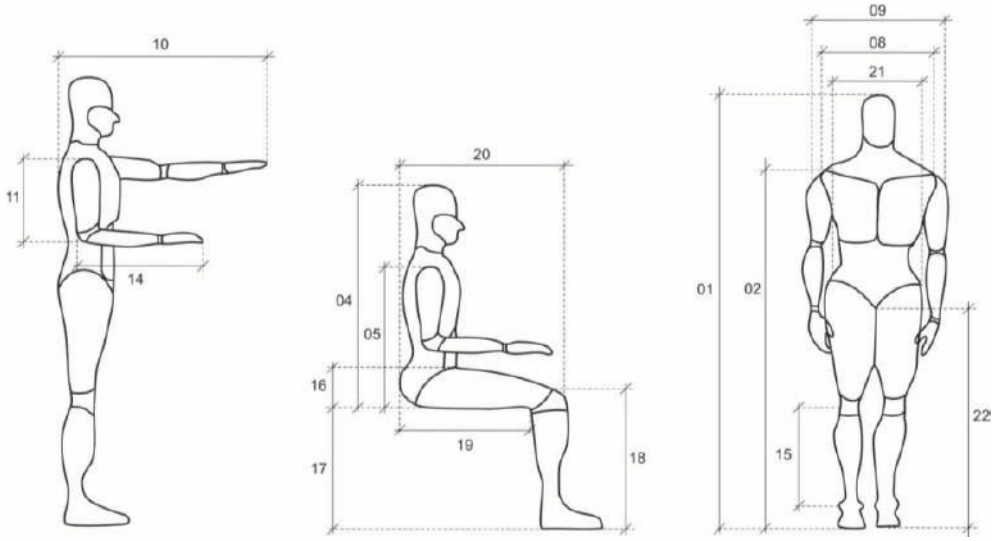


Fig. 30 Representação bidimensional das 29 variáveis antropométricas. Fonte: Felisberto e Paschoarelli (2000).

3. Metodologia

Para este trabalho, utilizou-se a pesquisa de campo, orientada por Marconi e Lakatos (2011), realizando as três etapas recomendadas: bibliográfica, coleta de dados e registro de dados coletados. Para a observação de campo, realizado no setor moveleiro do Amazonas, teve-se como universo de pesquisa 19 estabelecimentos, aplicando-se o método quantitativo-descritivo de verificação de hipótese, delineando e analisando as características dos fenômenos comprovados por controle estatístico. O estudo foi estruturado com base na ergonomia, direcionada aos aspectos antropométricos e medidas do corpo humano, tendo como referência os estudos orientados por Felisberto e Paschoarelli (2000) e complementados por Dul e Weedemester (2004), Quaresma (2011) e Moraes e Pequini (2000). Dos quais, foram geradas duas tabelas para experimento de aplicação das medidas para o desenvolvimento de mesas (34) e cadeiras (22) de madeira maciça. A partir dos dados gerados, pôs-se em prática uma análise comparativa com a realidade das medidas encontradas no mercado para esses produtos, a qual teve como suporte a estatística descritiva e inferencial. As observações registradas na referida fase, possibilitou verificar nos produtos analisados a existencia de variáveis compatíveis e não compatíveis ao seu processo de fabricação.

4. Desenvolvimento

A hipótese verificada partiu da premissa de que os marceneiros locais não utilizavam medidas antropométricas consideradas adequadas para o dimensionamento de mobiliário para a população local, não fazendo uso de nenhum padrão dimensional normatizado ou baseado em dados antropométricos. Para sua averiguação, elaborou-se um formulário de coleta de dados, possibilitando o registro das várias dimensões encontradas durante visita aos estabelecimentos apontados pelo SEBRAE/AM (CERVO, DA SILVA e BERVIAN, 2007).

A seleção da amostra de estabelecimentos a serem visitados para coleta de dados deu-se de acordo com a equação 1 a seguir:

$$n_0 = \frac{(z_{\alpha/2})^2 . p\,(1-p)}{(e)^2} \qquad (1)$$

Aplicando-se a equação de amostragem proporcional (Equação 1), com erro tolerável igual a 8% (0,08) e intervalo de confiança de 95% (z = 1,96), levando-se em conta a proporção de 10% (p=0,10) das movelarias, obteve-se a amostra inicial de 54 movelarias.

$$n = \frac{n_0}{1+\frac{n_0}{N}} \qquad (2)$$

Encontrado o valor da amostra inicial (n_0), tornou-se possível calcular o valor estimado da amostra (n), Equação 2, obtendo-se uma amostra total de 40 estabelecimentos.

A técnica de amostragem utilizada foi estratificada propocional, permitindo que se obtivesse um número de movelarias a serem visistadas em cada zona da cidade, partindo-se de uma população total contida nos estratos. Os dados referentes ao cálculo das amostras (n), proporção (p) e universo (N) de pesquisa encontram-se na Tabela 1.

Para sua aplicação, definiu-se como população, os estabelecimentos que comercializam mobiliário de madeira na cidade de Manaus, que conforme dados fornecidos pela diretoria do SEBRAE/AM (2010), era de aproximadamente 147 movelarias distribuídas pelas seis zonas da cidade. Do total da amostra estimada obtida, ressalta-se que foram incluídas apenas movelarias que trabalhavam com comercialização de mesas e cadeiras de madeira, excluindo-se as que não trabalhavam com a matéria-prima e mobiliário selecionado, bem como as que não aceitaram participar da pesquisa.

Tabela 1 - Divisão de movelarias por Zona, dados de 2010.

Zona	Universo (N)	Proporção (p)	Amostra (n)
Leste	30	30/147 = 0,20	8
Sul	12	12/147 = 0,08	3
Norte	40	40/147 = 0,27	11
Oeste	20	20/147 = 0,14	5
Centro-Sul	20	20/147 = 0,14	6
Centro-Oeste	25	25/147= 0,17	7
Total	147	1,00	40

4.1. Procedimentos para coleta de dados

A coleta foi realizada por meio de entrevistas, realizadas entre fevereiro a agosto de 2013, aplcando-se formulários, e identificando-se as medidas utilizadas na confecção do mobiliário em estudo. Os dados foram obtidas por meio de visitação as movelarias indicadas pelo SEBRAE/AM e, posteriormente, foram compilados em planilha eletrônica para comparação com as recomendados pelas tabelas geradas neste estudo. O formulário para a coleta de dados foi dividido em três blocos de perguntas que, por sua vez, foram estruturados a partir de temas de interesse da pesquisa, quais sejam: Dados da empresa, buscando-se obter informações para fins de identificação e caracterização da empresa; Informações sobre os produtos, identificando os produtos, seus tipos, quantidade, qualidade e forma de produção; Medição dos produtos, identificando como ocorre e quais são as utilizadas para seu dimensionamento.

Esses blocos foram subdivididos em oito temas, quais sejam: Identificação da empresa, Caracterização da empresa, Identificação dos produtos, Quantidade dos produtos, Qualidade dos produtos, Produção, Padrão de dimensionamento e Mensuramento dos produtos. Os temas geraram 'vinte e uma' perguntas, entre abertas e fechadas, utilizando-se linguagem informal, conforme orientam Marconi e Lakatos (2011), e considerando o público ao qual o formulário foi aplicado, em sua maioria, com baixo grau de instrução (marceneiros e ajudantes). As questões geradas foram codificadas e organizadas dentro de classes a fim de facilitar sua posterior inserção em tabelas.

4.2. Procedimentos para análise e interpretação de dados

4.2.1. Recomendações antropométricas para dimensionamento de mobiliário proposto para a população local

Por não possuir faixas de ajustes (madeira maciça), o mobiliário foco da pesquisa contemplou as medidas recomendadas por Felisberto e Paschoarelli (2000), que possui referencia dos seguimentos corpóreos para a população brasileira, sendo a que mais se aproxima da população local, devendo-se considerar os percentis 5% (mulher) e 95% (homem) como principal referência dimensional, uma vez que são os mais frequentemente utilizados, como já mencionado.

Portanto, a seleção das medidas recomendadas foi realizada conforme segue:

As utilizadas como referência para o dimensionamento de cadeiras (Tabela 2) foram baseadas nas da tabela proposta por Felisberto e Paschoarelli, e se baseiam nas referencias dos seguimentos corpóreos humanos, exceto as medidas "Vão entre assento e encosto" que foram extraída de Dul e Weerdmeester (2004), "Inclinação do encosto" de Kroemer e Grandjean (2005) e "Ângulo da borda do assento" de Cakir et alii. (1978), pois tratam de medidas para dimensionamento de cadeiras.

Tabela 2 - Medidas para dimensionamento de cadeiras residenciais baseada em dados de seguimentos corpóreos humanos.

	Medidas recomendadas para cadeiras residenciais (cm)	
A	Altura total da cadeira	99 -
B	Almofada lombar (vão assento-encosto)	10 - 20
C	Inclinação do encosto (em relação ao assento)	105° - 110°
D	Altura do assento	36
E	Largura do assento	41
F	Profundidade do assento	42
G	Ângulo da borda do assento	4° - 6°

Fonte: Adaptada de Felisberto e Paschoarelli (2000), Dul e Weerdmeester (2004), Kroemer e Grandjan (2005), Cakir et alii. (1978).

As utilizadas como referência para o dimensionamento de mesas (Tabela 3) foram extraídas de Dul e Weerdmeester (2004), por se tratarem de medidas para mesas, exceto a altura da mesa que foi extraída da tabela proposta por Felisberto e Paschoarelli (2000). Esta, pode ser obtida por meio da altura piso-joelho (do chão a parte superior do assento) mais a distância do assento até a parte debaixo do cotovelo

flexionado (do assento até a parte superior da coxa) (QUARESMA, 2011) do homem percentil 95%, por se tratar do usuário maior.

Tabela 3 - Medidas para dimensionamento de mesas de jantar residenciais baseada em dados de seguimentos corpóreos humanos.

		Medidas recomendadas para mesas residenciais (cm)
A	Altura (h)	72
B	Largura (l)	120
C	Comprimento (c)	91,4 -

Fonte: Adaptado de Dul e Weerdmeester (2004), Felisberto e Pascoarelli (2000), Quaresma (2011).

Por tartar-se de mobiliários de madeira maciça e sem possibilidade de ajustes, a única medida que poderá apresentar variação, será a de "Comprimento", uma vez que poderá ser maior de acordo com a quantidade de pessoas que deverá ser comportada à mesa. Para tanto, deve ser considerada, aquela da Limitação Lateral do Passo (Zona de Topo) que se trata da elipse corporal, vinculado à largura dos ombros (61 cm), baseada em uma separação interpessoal ampliada para um diâmetro de 91,4 cm por pessoa (HOROWITZ *apud* BITTENCOURT, 2011). O valor em questão proporciona maior conforto aos usuários, visto que permite sua livre movimentação.

Portanto, a dimensão 'c' (comprimento), 91,4 cm é considerada apenas para comportar uma pessoa confortavelmente, ou duas pessoas, uma de cada lado da mesa. Para comportar quatro pessoas, deve-se levar em conta que entre um indivíduo e outro (lado a lado) deve haver o espaço mínimo de 15,2 cm (91,4cm – 61 cm = 30,4/2 = 15,2 cm). O mesmo serve para acomodação de seis ou mais pessoas.

4.3. Procedimentos estatísticos

Para a realização desta etapa, utilizou-se duas áreas distintas da estatística: a Descritiva e a Inferencial. Da primeira foram utilizadas as duas categorias, quais sejam:

4.3.1. Medidas de posição

Utilizando-se os cálculos da média, mediana, moda, máximo e mínimo, pois permitem encontrar o valor médio das dimensões da peça (altura, largura, entre outros) para a produção de móveis. O objetivo destes cálculos foi verificar os valores que se repetem com maior frequência para que possam ser posteriormente comparados aos valores recomendados por autores de ergonomia.

4.3.2. *Medidas de dispersão ou de variabilidade*

Aplicando-se cálculos de amplitude total (Equação 3), desvio-padrão (Equação 4) e coeficiente de variação (Equação 5), visto que permitem apreciar o número total de valores encontrados em uma classe e, ainda, mapear a diferenciação entre os valores obtidos.

$$A = Xmáx - Xmín \quad (3)$$

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(xi-\bar{x})^2}}{n-1} \quad (4)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} .100 \quad (5)$$

Como as tabelas geradas para este estudo (Tabelas 2 e 3 acima) apontam medidas de único valor, havendo também casos onde aponta intervalos, a validação dos dados procedeu por meio da comparação de médias pela aplicação do teste de *t de Student* ao nível de 5% de probabilidade. Como o desvio padrão da população (σ) era desconhecido, este foi estimado por meio do desvio padrão amostral *S* e distribuição *t* com *n-1* de graus de liberdade, conforme afirma Costa, Cardoso Neto e Nascimento (2006).

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad (6)$$

4.4. Interpretação de dados

A interpretação dos dados deu-se pela utilização de dois softwares em conjunto: Excel e SPSS. O primeiro utilizado para categorizar, organizar e visualizar os valores mensurados obtidos pela aplicação dos *formulários de coleta de dados*. O segundo para realização dos cálculos estatísticos pré-estabelecidos e a geração dos gráficos analíticos.

Para a validação das medidas propostas nas tabelas geradas, quanto ao dimensionamento de mesas e cadeiras em madeira maciça sem ajustes para a população local, realizou-se simulações de uso dos produtos, auxiliadas pelo utilização de dois softwares distintos: *Blender*, para a modelagem do mobiliário com as medidas propostas nas tabelas; e *MakeHuman*, destinada a modelagem dos bonecos antropométricos para testes, conforme medidas dos seguimentos corpóreos humanos proposta por Felisberto e Paschoarelli (2000).

5. Resultados e discussão

5.1. Universo de pesquisa

Os dados fornecidos pelo SEBRAE/AM (2010) apontavam um quantitativo de 147 marcenarias distribuídas pelas diversas zonas da cidade de Manaus. Durante as visitas constatou-se que, embora tivessem sido visitados 100% dos endereços indicados pelo SEBRAE/AM, apenas 41% dos estabelecimentos foram localizados, dos quais somente 36% encontravam-se em pleno funcionamento. Os 59% restantes não foram localizados ou não eram de conhecimento dos moradores locais.

Os estabelecimentos encontrados estavam distribuídos da seguinte maneira 10% desses estabelecimentos trabalhavam com madeira maciça, 7% apenas com MDF e/ou Compensado, 5% eram madeireiras ou serralherias, 7% produziam apenas portas e janelas, 3% eram metalúrgicas, 2% trabalhavam apenas com revenda, outros 2% trabalhavam com outros produtos de madeira e outros 5%, embora tenham sido localizados, encontravam-se desativados.

Outros 2% que também trabalhavam com móveis de madeira maciça foram encontrados por indicação dos moradores das regiões visitadas, logo, não constando na listagem.

Portanto, foi verificado *in loco* que a maioria das marcenarias não mais existia, uma vez que mudaram de endereço ou de negócio. Portanto, dos estabelecimentos apontados pelo SEBRAE/AM, apenas 15

trabalhavam com produção de mobiliário em madeira maciça. Outros 4 estabelecimentos foram obtidos por meio de indicação dos moradores locais, logo, o quantitativo total de movelarias utilizadas para este estudo foi de 19 estabelecimentos.

5.2. Análise e interpretação de dados

Durante a verificação *in loco* dos 19 estabelecimentos, que trabalhavam com madeira maciça, em funcionamento, aplicou-se os formulários como forma de mapear as medidas utilizadas para a produção de mesas e cadeiras, sem ajuste, de madeira maciça, chegando-se as seguintes interpretações:

5.2.1. Cadeiras

Foram levantados 22 exemplares de cadeiras, bem como as dimensões de cada exemplar, estas foram comparadas com aquelas recomendadas na Tabela 2, possibilitando a aplicação dos procedimentos estatísticos já descritos. Os valores de médias e desvios padrões foram obtidos através da aplicação dos procedimentos de estatística descritiva apresentador no item Material e Métodos, possibilitando assim a aplicação do teste de *t de Student* (Equação 6) para cada medida separadamente, conforme a seguir:

Utilizando-se da tabela de Distribuição de *t de Student* com 21 graus de liberdade (n-1 = 22-1) e Intervalo de Confiança de 95% ($\alpha = 0,05 / 2 = 0,025$), obtém-se o valor tabelado de *t* (2,4138). Em seguida, foram calculados os valores de *t* para as medidas Altura Total da Cadeira (A) ($t = 7,44$), Altura do Assento (D) ($t = 13,20$), Largura do Assento (E) ($t = 2,37$) e Profundidade do Assento (F) ($t = 0,00$), uma vez que são as únicas que são consideradas importantes pelos marceneiros locais para a produção de cadeiras.

Dimensão A – Altura total da cadeira

Comparando-se o valor de *t* calculado (t = 7,44) maior do que o de *t* tabelado ($t = 2,4138$) percebe-se que existe uma diferença significativa entre as dimensões coletadas e a dimensão recomendada pela Tabela 2, concluindo-se, portanto que as medidas utilizadas pelos marceneiros para a altura da cadeira encontram-se muito acima da recomendada, o que poderia implicar em acidentes (bater a cabeça no encosto da cadeira, quando inclinada para trás).

Dimensão D – Altura do assento

Comparando-se o valor do *t* calculado ($t = 13,20$) com o do *t* tabelado ($t = 2,4138$), conclui-se que as medidas de altura de assentos encontradas também apresentam diferença significativa quando comparados com a dimensão recomendada pela Tabela 2, podendo acarretar em dores musculares (compressão da poplítea, parte de trás da coxa) quando utilizadas por longos períodos de tempo.

Dimensão E – Largura do assento

Comparando-se o valor do *t* calculado ($t = 2,37$) com o do *t* tabelado ($t = 2,4138$), conclui-se que as medidas de largura de assentos encontradas não apresentam diferença significativa quando comparados com a dimensão recomendada pela Tabela 2, uma vez que essa dimensão se trata da largura do quadril da maior mulher. Contudo, deverão ser observados os espaços entre uma cadeira e outra, para o caso de mesas de quatro a seis lugares, respeitando-se a Zona de Topo de cada indivíduo, ou seja, entre uma cadeira e outra deverá ser respeitado o espaço de 15,2 cm no mínimo, conforme visto anteriormente.

Dimensão F – Profundidade do assento

Comparando-se o valor do *t* calculado ($t = 0,00$) com o do *t* tabelado ($t = 2,4138$), conclui-se que as medidas de comprimento / profundidade de assentos encontrados não apresentam diferenças significativas em relação a recomendada pela Tabela 2. Contudo, deve-se levar em conta que de uma amostra de 22 cadeiras analisadas, 46% (10 exemplares) encontravam-se com o valor acima do estabelecido o que é

considerado prejudicial, uma vez poderia causar dores musculares pelo estrangulamento da parte de trás do joelho (poplítea) o que forçaria os usuários menores a se sentarem mais próximos da ponta da cadeira, adotando posturas incorretas pela inutilização do encosto da cadeira.

Dimensões B e C – Vão assento encosto e inclinação do encosto

Neste caso, apenas dois fabricantes apresentaram medidas consideradas padrão para o dimensionamento de seus produtos (B = 7 cm e C = 90º), sendo consideradas irrelevantes ou desnecessárias para os demais.

5.2.2. Mesas

Foram levantados 34 exemplares de mesas sem ajustes em madeira maciça, das quais: 12 mesas de dois lugares, 17 mesas de quatro lugares e 5 a mesas de seis lugares. Foram levantadas também suas dimensões para comparações com as recomendadas na Tabela 3, possibilitando a aplicação dos procedimentos estatísticos descritos anteriormente. Os valores de média e desvio padrão, para cada uma das classes de mesas distintas, foi obtido separadamente, por meio da aplicação dos procedimentos e estatística descritiva descritos anteriormente, possibilitando a aplicação do teste *t de Student* (Equação 6), conforme a seguir:

Utilizando-se da tabela de Distribuição de *t de Student* com 11, 16 e 4 graus de liberdade (n-1) e Intervalo de Confiança de 95% ($\alpha = 0,05 / 2 = 0,025$), obtém-se os valores tabelados de *t* ($t = 2,5931$; $t = 2,4729$ e $t = 3,4954$) para os exemplares de dois, quatro e seis lugares, respectivamente. Em seguida, foram calculados os valores de *t* para as medidas Altura da Mesa (A), Largura da Mesa (B), Comprimento da Mesa (C).

Dimensão A – Altura da mesa

Nos casos de exemplares de mesas de dois ($t = 10,20$) e quatro lugares ($t = 16,87$), foram encontradas diferenças significativas de dimensões, quando comparadas com a dimensão apontada na Tabela 3. Nos exemplares para seis lugares ($t = -3,86$) analisados, embora apresentem a medida de 80 cm (todos), segundo o teste de *t de Student*, não existem diferenças significativas. Contudo, essa dimensão quando aplicada incorretamente pode ocasionar desconforto muscular no antebraço e dores nos ombros (quando muito alta) e inclinação da coluna para frente (quando muito baixa).

Dimensão B – Largura da mesa

Para todos os casos analisados, foram encontradas variações dimensionais significativas. Por se tratar da dimensão mínima para a acomodação das pernas abaixo da mesa, essa medida é de grande importância e, levando-se em conta a configuração de duas pessoas sentadas uma de frente para a outra, a dimensão apontada na Tabela 3 deve ser respeitada, o que não ocorre.

Dimensão C – Comprimento da mesa

Para os casos de exemplares de dois ($t = 12,62$) e quatro ($t = -0,27$) lugares foram encontradas diferenças dimensionais significativas, enquanto que nos casos de exemplares de seis lugares ($t = -2,06$) percebeu-se que não foram encontradas variações dimensionais significativas. Contudo, para os casos de mesas de dois lugares deve-se levar em conta a medida mínima de 91,4 cm, nas de quatro lugares 182,8 cm e nas de seis 274,2 cm, ou seja, é inadmissível a utilização de medidas abaixo das dimensões indicadas, uma vez que as dimensões apontadas representam a Zona de Topo, ou seja, o espaço mínimo necessário para a acomodação de usuários, lado-a-lado, sem que um invada o espaço pessoal do outro.

Tendo em vista os dados analisados e as Tabelas 2 e 3 geradas, fez-se a simulação de uso das medidas propostas para dimensionamento do mobiliário proposto.

5.3. Simulação de uso

Para fins de validação desta pesquisa, além da aplicação do teste de *t de Student*, viu-se a necessidade de simular a aplicação das medidas recomendadas nas Tabelas 2 e 3 para a população local, ou seja, mulher percentil 5% (menor mulher) e homem percentil 95% (maior homem), tendo em vista que não se está projetando para um único usuário e sim para uma população inteira. Os bonecos antropométricos utilizados para as análises foram dimensionados de acordo com a tabela proposta por Fellisberto e Paschoarelli (2000) que apresenta as medidas dos seguimentos corpóreos humanos. A seguir são apresentadas as simulações de uso da cadeira com as medidas dos segmentos corpóreos humanos, sugeridas na Tabela 2, resultante deste estudo, por cada um dos percentis (5%, 50% e 95%) tanto de homens (Figura 2), quanto de mulheres (Figura 3).

Observando-se as Figuras 2 e 3 nota-se que a cadeira apresentada atende desde a menor mulher (percentil 5%) ao maior homem (percentil 95%), uma vez que todos os usuários puderam firmar os pés no chão sem que houvesse a necessidade de sentar-se mais à frente da cadeira. Percebe-se também que, com isso, não houve o esmagamento da fossa popliteal (parte de trás do joelho), nem tampouco compressão da parte de baixo da coxa.

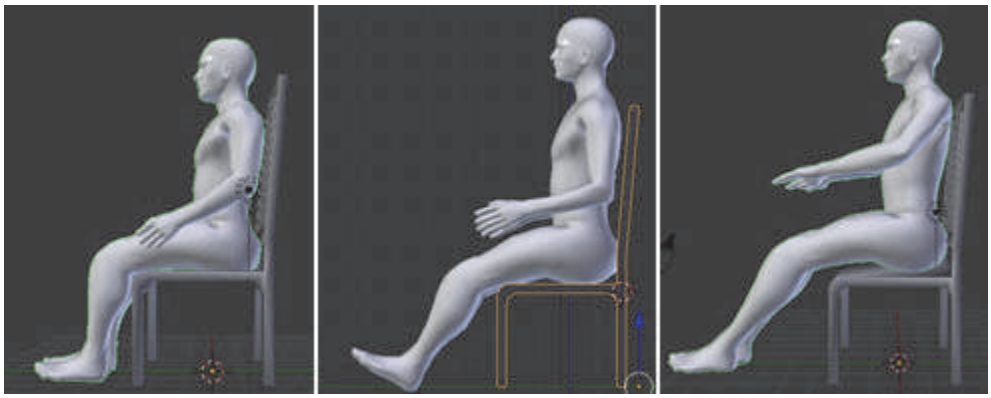


Fig. 31 - Homem percentil 5% (menor), homem percentil 50% (médio), homem percentil 95% (maior), respectivamente.

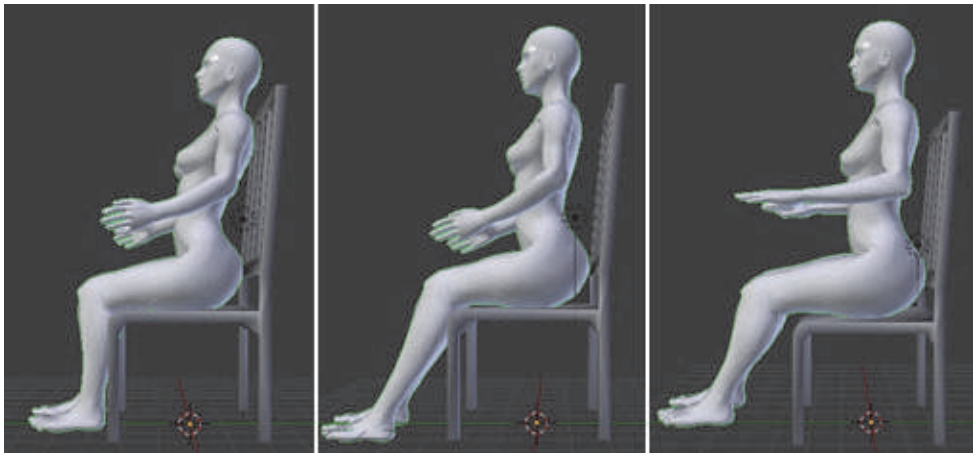


Fig. 32 Mulher percentil 5% (menor), mulher percentil 50% (médio), mulher percentil 95% (maior), respectivamente.

O mesmo tipo de simulação foi feito para as mesas (dois, quatro e seis lugares), entretanto, como todas possuem as mesmas dimensões de largura (120 cm) e altura (72 cm), utilizou-se para simular a acomodação das pernas sob e dos braços apenas um exemplo, neste caso o da mesa de dois lugares (Figura 3).

Observando-se a Figura 3 nota-se que as mesas apresentadas atendem desde a menor mulher (percentil 5%) ao maior homem (percentil 95%), uma vez que ambos conseguem acomodar suas pernas, sem que haja contato, conseguindo apoiar seus braços sobre o tampo da mesa sem que para isso haja a necessidade de elevar os ombros ou curvar-se para frente, adotando posturas incorretas, tensionando os músculos dos ombros e pescoço. Salienta-se que as medidas aplicadas na mesa utilizada na simulação também servem para acomodação do percentil 50% (homens e mulheres).

Ainda sobre o caso das mesas, houve a necessidade de simular também a acomodação dos usuários lado-a-lado, para validação dos comprimentos. Para tanto, simulou-se a Zona de Topo, buscando ilustrar que as mesas apresentadas possuem espaço suficiente para a acomodação de cada indivíduo, respeitando seu espaço pessoal (Figura 4).

A Figura 4 apresenta a vista de topo da simulação de uso por homens do percentil 95%, uma vez que apresentam maior largura de ombro, o que poderia dificultar sua movimentação quando acomodados próximos a outros usuários do mesmo porte. Nessa imagem, nota-se que, independentemente do tipo de mesa simulada (dois, quatro ou seis lugares), todos os usuários encontram-se perfeitamente acomodados, sem contato com os demais.

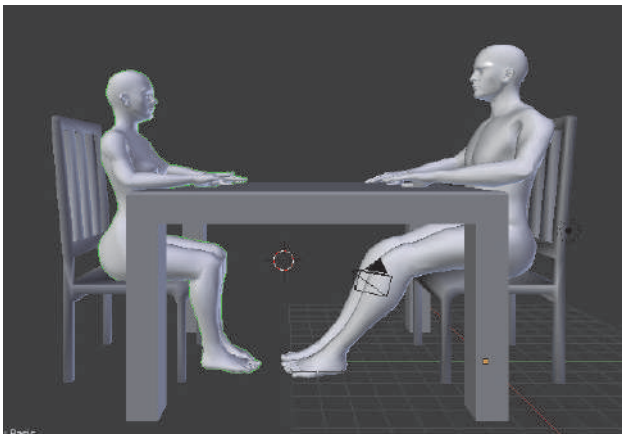


Fig. 33 À esquerda, mulher percentil 5% (menor) e à direita, homem percentil 95% (maior).

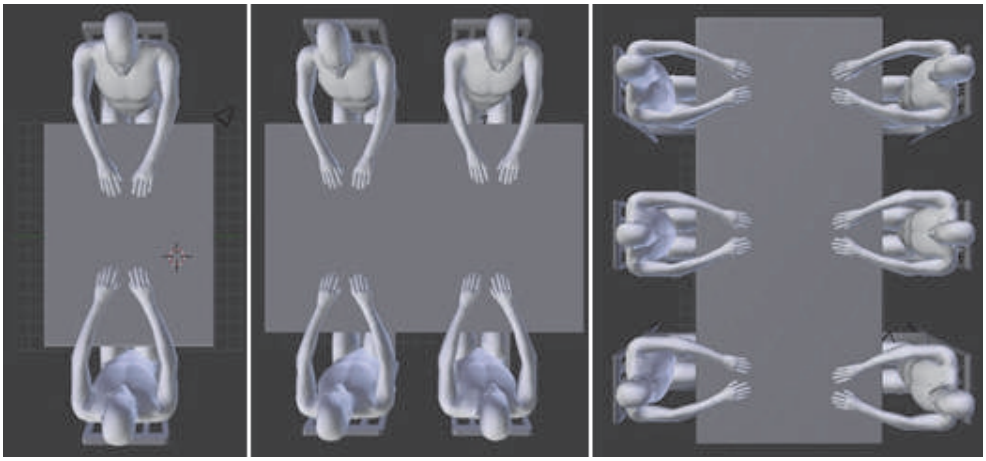


Fig 34 Acomodação dos usuários maiores (homem percentil 95%) nas mesas de dois, quatro e seis lugares, respectivamente.

5. Considerações finais

Dado o exposto, percebeu-se a necessidade de disseminação das tabelas geradas neste estudo como auxilio ao correto dimensionamento de mesas e cadeiras residenciais de madeira maciça sem ajustes, produzidas e comercializadas na cidade de Manaus.

As marcenarias locais produzem e comercializam estes mobiliários de madeira maciça sem ajustes com medidas que podem ser consideradas inapropriadas, por não apresentarem padrão dimensional, sem base em normas, não somente pela falta de conhecimento técnico dos marceneiros, mas também pela ausência das mesmas, voltadas para o dimensionamento de mobiliário residencial.

Contudo, tem-se o conhecimento de uma tabela que possui medidas antropométricas dos seguimentos corpóreos humanos da população brasileira, permitindo sua adaptação para dimensionamento do mobiliário em questão, auxiliando na geração de duas novas tabelas com medidas recomendadas para dimensionar o mobiliário para a população Amazonense, tendo em vista que este estudo trata de mesas e cadeiras sem ajuste de medidas.

As tabelas geradas permitiram constatar que tanto as mesas, quanto as cadeiras residenciais de madeira maciça sem ajustes comercializadas na cidade de Manaus não são produzidas com base em recomendações ergonômicas e/ou qualquer tipo de estudo relacionado. Este argumento sustenta-se pelo seguinte: a) Cadeiras: as medidas A, D, E e F (altura total da cadeira, altura, largura e profundidade do assento, respectivamente) não se encontravam em conformidade com o recomendado por este estudo, ou outra publicação científica e as medidas B, C e G (vão assento-encosto, inclinação do encosto e ângulo da borda do assento) são ignoradas pelos marceneiros locais, embora sejam tão importantes quanto às demais; b) Mesas: as dimensões A (altura da mesa) e B (largura da mesa), consideradas críticas, necessárias para o apoio dos braços sobre a mesa, bem como para a acomodação das pernas sob a mesa, sem que haja prejuízos de saúde aos usuários, também não se encontravam em conformidade. Para ambos os tipos de mobiliário, foram encontradas medidas muito acima do indicado nas tabelas de medidas recomendadas, em alguns casos.

Portanto, entende-se que os marceneiros locais não utilizam padrão dimensional que possa ser considerado adequado ao desenvolvimento de mesas e cadeiras residenciais em madeira maciça, o que termina por tornar os seus produtos menos ergonômicos, face ao desconforto gerado pelos mesmos

quando utilizados por longos períodos, podendo ser considerados superfaturados quando comparados com móveis industrializados, nas mesmas condições de dimensionamento, com menor preço de mercado.

Deste modo, percebe-se a necessidade da criação de mecanismos para divulgação dessas tabelas como maneira não somente de orientar, mas também de conscientizar os fabricantes acerca da importância do correto dimensionamento desses produtos por meio de apontamentos sobre o que é ergonomia e antropometria, bem como os benefícios gerados pela aplicação dessas medidas e de que forma, não só os produtores como os usuários podem ser beneficiados com isso.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAXTER, M. (2011) *Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos*. 3 ed. São Paulo: Blucher.

BITTENCOURT, F. (2011) *Antropometria: Conceitos. In Fábio Bittencourt (Org.) Ergonomia e Conforto Humano: Uma visão da arquitetura, engenharia e design de interiores.* 1 ed. Rio de Janeiro: Rio Books,. 196 p.;

CAKIR, A. et al., (1978) *Anpassung von Bildschirmarbeitsplätzen an die physische und psychische Funktionsweise des Menschen. Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung*. Bonn: Referat Presse.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; DA SILVA, R. (2007) *Metodologia científica*. 6. ed. São Paulo: Pearson.

COSTA, S. S.; CARDOSO NETO, J.; NASCIMENTO, S. A. (2006) *Metodologia quantitativa aplicada às ciências sociais*. Manaus, AM: UEA.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. (2004) *Ergonomia prática / Jan Dul, Bernard Weerdmeester; tradução Itiro Iida*. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher.

FELISBERTO, L. C.; PASCHOARELLI, L. C. (2000) *Modelos Humanos em escala para dimensionamento ergonômico preliminar de postos de trabalhos*. In: Anais P&D Design. P: 583 – 589.

KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. (2005) *Manual de Ergonomia: Adaptando o trabalho ao homem*. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. (2011) *Técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados*. 7 ed. 5 reimpr. São Paulo: Atlas.

MÜLLER, S. I. M. G. (2012) *Técnicas de pesquisa: Questionário*. Disponível em: <http://people.ufpr.br/~soniaisoldi/ce220/Questionarios2.pdf >. [Acesso: 23 julio 2012]

QUARESMA, M. (2011) *Antropometria Aplicada. In Fábio Bittencourt (Org.) Ergonomia e Conforto Humano: Uma visão da arquitetura, engenharia e design de interiores*. 1 ed. Rio de Janeiro: Rio Books.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. (2010) *Diagnóstico de oferta de madeira de pequenos e médios produtores florestais e da demanda atual e futura de madeira nativa e/ou de reflorestamento, por espécie, por parte da indústria de móveis no Estado do Amazonas*. Estruturante: Madeira e Móveis da Região Amazônica. Belém: SEBRAE.

SOUZA, A. P. et al. (2010) *Avaliação ergonômica de cadeiras de madeira e derivados*. Revista Árvore, Viçosa, jan./fev. <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622010000100017&script=sci_arttext>. [Acesso em: 01 out. 2010].

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3308

Harnessing user's knowledge in the construction of rating flows: The design of a collaborative system applied to academic repositories

Azevedo-Monteiro, Bruno Miguel[a]; Silva, Helder[b] & Tortosa, Rubén[c]

[a] Department of Drawing. Universitat Politècnica de València, Spain. brunomiguelam@gmail.com.

[b] Department of Industrial Electronic. University of Minho, Portugal. helderdavidms@gmail.com.

[c] Department of Drawing. Universitat Politècnica de València, Spain. rtortosa@dib.upv.es.

Abstract

Artifacts developed over several ages, such as libraries, encyclopedias, and databases, show the cultural evolution of information systems. Compiling, organizing and visualizing information is a task that has been carried out by mankind for thousands of years. The added difficulty in effectively communicating information in various sectors and services of our society reveals that an efficient communication of information is of the utmost importance in the current network society. The glut of information is directly related to the fact that the information we are exposed to is not subject to a filtering and organization process. This reveals an urgency to develop strategies that not only prioritize the organization and searching, but also increase the efficiency of the communication process, in order to promote an efficient framework to the user's cognitive and perceptual field. Therefore, the task of designing complex information systems in an accessible manner currently represents an important goal and an imperative task to the Design/er.

The publication and the querying of papers, journals, books, is an integral part of the research process. However, the querying and information visualization process in a scientific academic repository often proves to be a complicated and inefficient task, as the wide range of results hardly fits in the user's specific subject. However, if we equate that the knowledgeable objects are accessed by a significant number of users with a specific interest in a topic and that, in the course of their research, each user handles a significant amount of results, it is, then, possible to consider the existence of an hierarchical and relational structure of evidences that emerges from the relationship established between the users, their specific interests and knowledge concerning a topic and the querying performed. Therefore, it is fundamental to consider the users' experience and the leading role that it plays concerning the information filtering process.

This paper aims to present key insights on the information glut problematic related to/associated with a massive amount of knowledge objects stored, and proposes a new approach/system applied to the academic scientific repositories. A collaboration system is designed, in order to filter and visualize the rating flows based in users' experience, instead of the usual citation "object" centered approach. The focus of this work is to describe one part of the system: the experimental implementation of an interactive hierarchical structure.

Keywords: *collaboration, design, information, hierarchical structures, visualization.*

1. Introduction

Aspects such as the structuring and presentation of information, framework and content filtering are an urgent and ongoing challenge nowadays (Thackara, 2006), fact that is evident throughout the cultural evolution of information systems (Wright, 2008). However, due to Humanity's tremendous effort to collect and store information in earlier times (idem, 2008), the need to design and develop strategies to filter and reduce the information volume becomes evident (Card et al., 1999), (Wurman, 2001), (Thackara, 2006), (Wright, 2008), (Gleick, 2011) in the current digital information society (Castells, 2010). In fact, the current digital repositories of knowledge (DRK) only constitute an apparent solution to the problematic, as they allow the reduction of the distance and limits of the access to information and make a wide typology of knowledge objects available online (KO) (e.g. books, scientific journals, papers, thesis). Despite the referred advantages, the current problems addressed to DRK are directly related to filtering processes and the visualization of the retrieved information (Thackara, 2006). Although the KO is just one click away, the search for information on DKR proves to be a complex, inefficient and arduous task. This procedure is exacerbated by a slow query process of long lists of results (Marks et al., 2005, p. 57-59), which implies an individual analysis process of each KO (in the specific context of papers, books, thesis). In this sense, it becomes clear not only an intrinsic problem related to the wide range of results obtained that translates into a visualization difficulty due to the disturbing amount of data available in the users' cognitive and perceptual field, but also a problematic directly related with the filtering of the KO. Usually, the search engines of the DKR merely allow a search/filtering process based on topics like keywords, author, ISBN, subject, year of publication, title, among other similar examples. However, there are two other problems that are related to the lack of information concerning the characteristics of knowledgeable objects and users, because in both cases the available metadata is very limited, and, in the case of the users, they are virtually nonexistent.

In this sense, the current knowledge retrieval systems are insufficient, due to the exponential amount of published scientific knowledge made available online. In fact, according to Börner (2010, p. 12), the current DKR do not allow a clear understanding of the various academic entities and their numerous and complex interdependencies. Therefore, the design and development of new visual languages and new communicative paradigms, whose purpose is the representation of knowledge structures at different scales, is an important and urgent issue in the complex field of academic research (Börner, 2010, p. 12). In this sense, this article aims to describe part of a system that intends to allow visualization of a wide range of KO, based on the rating flows, through a specific and interactive visual structure in order to provide relevant and efficient results for the user. A brief explanation of the rating process, which is based on a simplified evaluation factor/metric, is presented in point 2.1.

The problem with information flood reveals another issue concerning the exponential growth of stored KO, which is directly related to the user's inability to consult each KO individually, given the wide range of results obtained. This fact shows that the cooperation factor is a key component in the filtering process, through the rating of the KO by the academic community. Understanding and visualizing the collaborative structure of evidences reflecting the multiple perspectives and individual experiences of each user proves to be the key equation in allowing a more efficient insight of the KO with greater relevance, based in the wisdom of the academic community in a particular field of research.

2. Digital Knowledge Repositories And The Problematic Of The Information Glut: Brief Analysis Of The Context

Taking into account the evolution of biological and cultural information systems (Wright, 2008), the current digital libraries are the main source for Humanity knowledge (Börner et al., idem, 2002). In this sense, it is fundamental to develop and redesign new interfaces focused on management, access, visualization and understanding of the various information types stored in the DKR. In fact, the DKR are key artifacts in the access to a wide typology of KO. The current research and development in the field of interfaces and Information Visualization (InfoVis) concerning DKR is directly related to the problematic of the information flood (Card et al., 1999), (Wurman, 2001), (Wright, 2008), (Castells, 2010), (Gleick, 2011), fact that is originated by increased storage and processing capacity, interconnection between different systems and development of new interfaces that facilitate both access and publication of contents.

According to Börner et al. (2002), the fast pace of scientific discoveries and technical development, and the appearing of new fields and themes in increasingly shorter periods, significantly contributed to a consequent increase of scientific publications. However, in spite of the published data being scientifically valid, the problematic of scientific information stored and available online also contributes to the current problem of the information abundance in academic contexts (Thackara, 2006, p. 163). That implies that this is a problem concerning scientific knowledge networks. In the field of DKR it is directly related to cataloguing, categorizing, structuring and allowing visualization of an exponential amount of produced and published scientific content and it clearly shows that users are experiencing difficulties to perceive and process such large volumes of available KO. Such fact stresses the need to conceptualize and develop new artifacts concerning the retrieval, visualization and communication of all stored data types, such as data resulting from users' interaction with DKR and KO. The current DKR interfaces are featured by advanced data analysis techniques, in order to display results, normally in the form of extensive lists of KO (Marks et al., 2005, p. 57), and organized according to a metric (e.g Association for Computing Machinery Digital Repositories) (Kim et al., 2011, p. 123). However, this is not an adequate solution, due to the growing volume of stored KO (Dushay, 2004). In this sense, InfoVis constitutes a viable response to difficulties concerning search and navigation tasks, as it allows a greater cognitive and perceptual efficiency (Marks et al., 2005, p. 57-69), (Kim et al., 2011, p. 123-136). This efficiency is ensured by the fact that InfoVis has the capacity to transform abstract data on visual attributes (e.g. shapes, colours, scales), therefore reducing the cognitive and perceptual effort required to process large volumes of information.

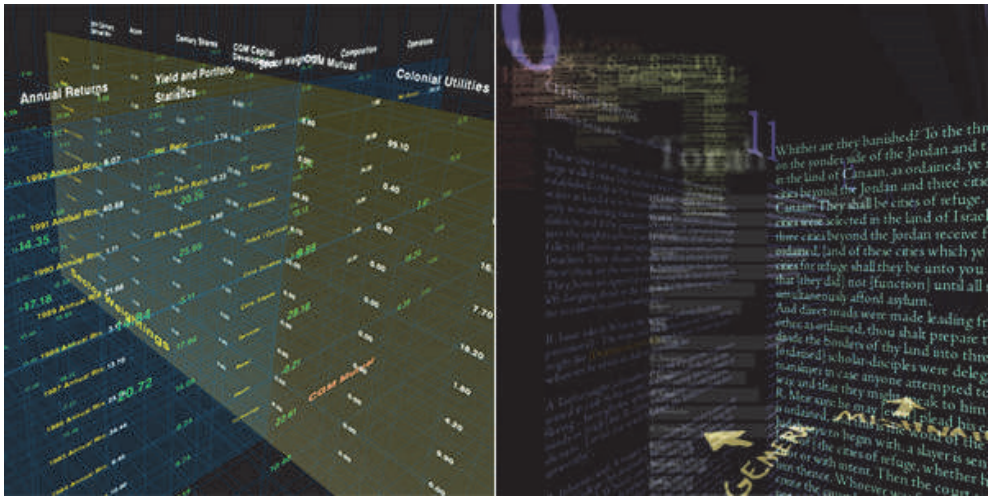


Fig.1 Information Landscapes. Visible Language Workshop. MIT Media Lab. Cooper (1994).

In fact, the main purpose of InfoVis lies fundamentally in structuring complex information spaces (Cooper, 1994) [Fig.1], proving to be an asset to the interaction of users with DKR (Börner et al., 2002). This means not only a reduction on the degree of cognitive processing effort, by taking into account difficulties concerning the slow process of consultation and reading, but also translates into a more efficient perceptual process based on visual attributes, that allows efficient decoding and presentation of patterns and evidences imbued in the data, some of them unnoticeable until then (idem, 2002). In fact, the InfoVis makes use of the advantages and capacity of the human perceptive and cognitive system (Card et al., 1999), in order to assist the user with his mental organization and structuring of data while accessing and decoding complex information spaces (Shiri, 2008, p. 764-765). In this sense, it is stated by Börner et al. (2002) that the integration of InfoVis in interfaces such as digital libraries and repositories is fundamental, particularly in terms of search time; understanding and decoding a complex and broad set of data; visualization of relationships and evidences; simultaneous visualization of data and multiple perspectives; access to efficient sources of communication; quick access to contents and new forms of analysis.

According to Börner et al. (2002), the interfaces aimed to the DKR are defined by four implementation scenarios: identifying the composition of a particular result; providing an overview of the entire collection and facilitating of retrieval tasks; visualizing the interaction between user and data in relation to the documents available, in order to evaluate and upgrade the interaction properties; improving the sharing methodology of both information and collaboration (idem, 2002).

The current DKR are, in fact, the principal knowledge repositories, (Fox et al., 2002 p. 506-507), and the design of user-friendly interfaces for management, access and efficient understanding of the complex volume of stored data is nowadays both an imperative challenge and an essential task of the Designer (Wurman, 2001). To sum up, and according to Börner et al. (2001, p. 12-15), it is fundamental to study and develop interactive visualizations concerning the field of DKR, taking into account the following key points: intuitive interfaces; fast and efficient access to an increasing volume of KO; new ways to analyze the KO; addition of new data to existing information (e.g. metadata) and easier sharing of information.

2.1 Knowledge Networks: Brief Analysis Of The Context

Currently we live in a globally connected network society (Castells, 2001), (Wright, 2008), in which "billions of people produce trillions of connections" (Hansen et al., 2010, p. 3). Such fact is extensively expanded by the exponential development of Information and Communication Technologies, the appearance of the digital social networks (Web 2.0) being an example of it. According to Wright (2008, p. 9), if we consider only one focused perspective on the current cultural information systems, this proves to be shallow. In fact, the hierarchical and network systems and the tension between these two coexistent structures (idem, 2008) form the structural and organizational model that permeates in all layers of our biosphere, as well as in our infosphere (idem, 2008), (Castells, 2010), (Gleick, 2011). An example is the natural biological organization that follows an hierarchical logic (Simon, 1996, p. 172), (Wright, 2008). At the infosphere level, the World Wide Web is an hierarchical structure, as it obeys a physical system (hardware) organized hierarchically, and it simultaneously is a relational structure composed of an exponential number of hyperlinks (Yam, 1997), (Wright, 2008), (Gleick, 2011). In this sense, we can consider that hierarchies and networks are the basic structures of information, and that understanding them is fundamental to comprehend the biological and cultural evolution of information systems (Yam, 1997), (Wright, 2008).

In fact, the DKR is actually featured by hierarchical structures. One example of this is the organization per alphabetical order of the KO. Another example is a book or paper index. However, scientific papers or books are defined by a relational structure of hyperlinks (bibliographic references), namely a complex structure of citations between several KO. In fact, scientific publications are based on a set of references based in previous work, which holds a substantial impact on the actual research object, usually located at the final section of each paper or book, specifically the reference section. According to Börner et al. (2014, p. 170), the visualization of information networks is a branch of InfoVis, intending to perform the analysis of both natural/biological and digital/cultural networks, specifically, social networks, information science, bibliometrics, scientometrics, econometrics, infometrics, webometrics, communication theory, sociology of science and many other disciplines. In this context, the connections are featured for example by collaborations between authors, quotes from papers and patents (ibid., 2003, p. 4), (idem, 2014, p. 170). In the case of scientific knowledge networks, the main objective is to identify the authors, papers or knowledge domains with the largest number of connections, (e.g. citation and collaboration); network properties (e.g. size and density); structures (e.g. clusters) (idem, 2014, p. 170). It should be noted that the analysis around knowledge networks/domains is defined by three scales, specifically micro, meso and macro. In this sense, it is important to highlight that the presented experiemental implementation is in the meso level. According to Börner et al. (2014, p. 3-7), the meso level is featured by values between 101 and 10,000 records, such as the number of researchers of a single university and/or a particular subject that is investigated.

It should be noted that this subfield of InfoVis is intrinsically linked to the metric of the impact factor of a journal or paper, meaning that the importance of a scientific publication is directly related to the number of citations: the greater is the number of citations, the bigger is the impact/relevance of the publication. It is therefore important to highlight Garfield and his fundamental contribution to the study of communication/scientific dissemination (field of bibliometrics, scientometrics). In fact, Garfield (1963, p. 5) revealed concerns with the aesthetics of scientific communication, taking into account its chaotic state in the 1963 period (Garfield, 1964, p. 88). According to Wright (2008, p. 203), the article published by Vannevar Bush, *As We May Think* (1945) (1996, p. 35-46), inspired Garfield to explore and develop new forms of access to scientific journals (Wright, 2008, p. 203). Therefore Garfield develops a methodology called citation ranking, that is a tool to assess the impact factor of academic publications based on the number of citations (Garfield, 2003, p. 363-339), (Wright, 2008, p. 203). The Science Citation Index then

allowed measuring of the impact factor of the KO determined by the cumulative value of citations. In fact, the bibliographic citation is a common practice in various types of academic publications and an important measure of credibility and popularity for research projects, journals, papers, researchers and institutions (idem, Garfield, p. 363-339), allowing equating the existence of a vast relational structure and/or similarities between subjects (Lima, 2011, p. 102).

Taking into account the vast scenario of academic publications, it is possible to infer the existence of a vast hierarchical and relational structure in which it is, for example, possible to gain insight about the proximity between distinct areas (Lima, 2011, p. 102) and /or citation patterns between different areas: which papers are most cited in a given area; which area has the highest number of citations; and if an author of a paper is cited by other authors. In fact, a large part of quantitative studies about science is based in the analysis of hierarchical and relational structures that are based on the reference or citation of publications or coauthoring, namely cooperation structures between researchers (Staudt, 2011, p. 1). This means that two researchers are interconnected when they are co-authors in one or more KO (Newman, 2001b). According to Newman (2001b), quantitative analyzes of relational structures are defined by the number of papers written, the number of authors of a paper, the number of contributors, the existence and the extent of a researchers network and the degree of network clusters.

According to Meirelles (2013, p. 49), individuals are actors (vertexes or nodes) and links (edges) between individuals are ties. This designation might refer to trust and cooperation ties between two or more individuals, or from an ordinary member between groups, among other examples (idem, 2001), (Hansen, 2010, p. 34-35).

In short, in the academic collaborative social networking actors are researchers, and the bonds that emerge from their collaborative relationships represent the co-authoring linkages between one or more papers. According to Börner (2015, p. 60-61), network analysis and techniques that enable the visualization of relational structures allow to answer the question "with whom?". However, it should be noted that the hypothesis here presented highlights one fundamental question: “Which?”. It stresses the need to promote an approach around the retrieval problematic and the obtained results, through the visualization of the hierarchical structures (the main object of study of this article) and the relational structures that emerge from each user’s interaction with researched objects.

3. Material and Methods

The equated hypothesis is a new paradigm that determines a change on the approach focus, usually centered in the citation of KO or authors. That means that this article presents an experimental implementation of one part of the system, specifically the design and computation of a contention hierarchical structure using the programming language Processing, intended to assure the visualization of KO with greater relevance within a particular branch of knowledge. As mentioned before, it emerged from the relationship of a problem concerning the retrieval and filtering of KO and the visualization of the structure of evidences that results from the relationship established between the users’ queries and the enrichment process (rating) of the KO. Therefore, instead of the usual “object” centred approach, it establishes an approach based on user’s experience.

The main goal of this point is to present and describe one part of the system, that is the experimental implementation of an interactive hierarchical structure. It should be noted that in the absence of data concerning the rating of KO, it was decided to simulate hypothetical contexts of interaction by using a set of structured data between users, KO, ratings, knowledge domains and knowledge subdomains. In this context, a set of fictitious data (meso level) was generated in order to simulate the interaction of users

while performing their consultation and rating of the stored KO in the DKR. The use of fictitious data concerning the metadata of the KO (e.g. ISBN, Title, Year) should also be highlighted. MySQL was used to implement the database system, as it is an open-source relational database management system. A more detailed description of the modeling of relations in the database is out of the scope of this article.

The decision to maintain the evaluation system centered in and closed to the academic community is related to the advantage of being able to identify the type of user (Student, Professor, Researcher). As the system can only evaluate the KO one time, and taking into account that in open systems such as Amazon or Ebay the user remains anonymous and normally uses a pseudonym making it impossible to know what type of user it is (Rheingold, 2002), in the particular case of the formulated hypothesis the access to the institutional repository and rating of the KO is conducted in accordance to each user's access credentials.

3.1 Simplified Weighting Factor: Brief Explanation

Regarding the KO rating process, the evaluation was made based in a range of integers from one to five, which is directly related to the user's knowledge subdomain and with the KO subdomain. Therefore, at the relational level, the sub-levels of the knowledge branch of the users and of the KO were considered. This means that in the hierarchy of relations, particularly between the users and the KO, a linkage between the user's knowledge subdomain and the KO subdomain is considered. Thus, in knowledge domain, Design is taken into account on various subdomains, such as, for example, Communication Design and/or Information Design. Considering the weighting factor, it should be noted that a greater weight is assigned to users whose subdomains are directly related to the subdomain of the consulted article. Therefore, the rating of a user who belongs to the subdomain of the consulted KO has more weight than a user who does not belong to the general domain or subdomain of the KO.

Despite being outside of the scope of this article, a more rigorous approach will be considered in the rating of the KO consulted. In this context, a distinct weighting factor between users belonging to different knowledge subdomains of the same domain must be considered. This means that, if the KO consulted belongs to the subdomain Multimedia, the weight of an evaluation of a user belonging to the subdomain Communication Design should be inferior to the weight of an evaluation from a user belonging to the subdomain Multimedia. It should also be noted that both users belong to the same field of knowledge, namely Design. It would also be important to consider each different type of user, making it essential to assign different weighting factors to Students, Professors and Researchers. The modeling of relations between users of the same subdomain, although described, remains an open question that will be the subject of future studies and work.

Concerning the simplified weighting factor, the rating of an user that belongs to the knowledge subdomain of the KO consulted has a greater weight than the rating of a user who does not belong to the KO subdomain. It should be highlighted that the evaluation weight of users who belong to the same subdomain of a knowledge domain of the KO is equal. However, it presents a higher weight in comparison to a user that does not belong to the knowledge domain or subdomain of the consulted KO, as a value of one (+1) is assigned to the evaluation performed. This implies that the simplified weighting factor is associated with a correlation of the subdomain of the user and the subdomain of the KO consulted.

Thus, the weight of an evaluation would function in two directions, to improve or decrease the rating impact. A study on a parameter that balances the final evaluation is outside the scope of this article. The example included on the previous paragraph reveals the kind of complexity that could be implemented at the level of relations between the knowledge subdomains of each knowledge domain and the knowledge subdomains and the typology of users. It should be noted that the ratings assigned by users of the

knowledge subdomain of the KO have greater resistance to change when compared to the ratings assigned by users that do not belong to the KO subdomain. However, if the number of evaluations performed by users who do not belong to the KO subdomain increases, the value can tend to the evaluation allocated by these users due to the increased number of evaluations.

The approach stated in this section considers a relationship based on the KO subdomain and in the user's knowledge subdomain. It should, however, be noted that in the present approach a different weighting factor was not implemented, neither in terms of subdomains nor in terms of user's type. This means that only the user knowledge subdomain was considered, despite belonging to a knowledge domain. It should also be highlighted that, in case of equated hypothesis, the views of the structures will be available only if there is a participation of the user.

3.2 Contention Hierarchical Structure: Experimental Implementation with Ordered And Squarified Treemap

The main objective of the experimental implementation is the visualization of the KO with greater relevance within a particular subdomain of knowledge. It should be noted that this experimental implementation is based on the treemap algorithm developed by Fry (2007, p. 182-219) in the programming Processing language, specifically the Ordered Treemap (SHNEIDERMAN et al., 2001), (BEDERSON et al. 2002) and the *Squarified Treemap* (*Bruls et al.*, 2000, p. 33-42) algorithms. In this sense, the main objective of this point consists in the experimental implementation of both structures. In both cases the size of the squares varies according to the relevance of the KO in a particular knowledge domain. As previously mentioned, the proportion of the areas is based on an evaluation factor, as described in section 2.1 (Simplified Weighting Factor). The two knowledge domains are defined by two colours (grey and blue): a range of grey and blue shades define the various subdomains of the two principal knowledge domains.

Regarding the treemap context, this is a visualization technique that is originally based on the algorithm developed by *Johnson et al.,* (1991) and *Shneiderman* (1992). It consists on a rectangular hierarchical structure of containment, aimed to the visualization of a large hierarchical structure of quantitative data (Card et al., 1999), (CHEN, 2006, p. 190-194). The Treemap technique is fundamentally characterized by a rectangular layout, divided into a sequence of rectangles, in which the area of each rectangle corresponds specifically to a given attribute of the data (BEDERSON et al., 2002). It is also characterized by an efficient use of the layout space when compared to horizontal or vertical relation hierarchical structures, which are very extensive structures. Thinking of disadvantages of the Treemap algorithm it is important to highlight that the rectangular shapes do not allow an efficient comparison between areas of identical proportions when randomly positioned in space, and that in the case of rectangles with very small proportions it is not possible to perfom an efficient selection of the areas (BRULS et al., 2000).

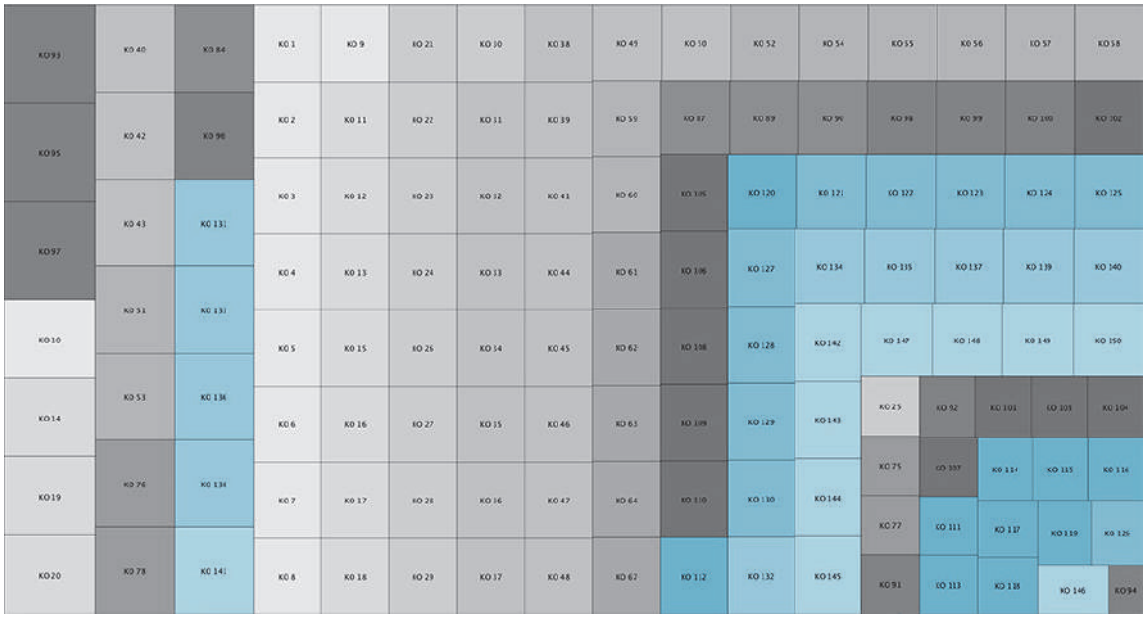


Fig. 2. Experimental implementation of the Squarified Treemap Algorithm. Bruls et al. (2000)

According to Bruls et al. (2000), the Squarified Treemap algorithm [Fig. 2.1] allows the transformation of rectangles with similar proportions into square shape proportions. That said, the main advantages of this algorithm are the efficient use of available layout space; the easier distinction and selection between square shapes when in comparison to rectangular shapes, as, even if the shape proportions are similar, it is easier to establish comparisons; and the improved presentation accuracy. As it is pointed out by Bruls et al. (2000), the main disadvantage of this technique lies in the ordering of subjacent data (sibling data), because it is not possible to establish comparisons between the subjacent data, as they are not organized according to a relation of proximity, such as by area or by colour. This means that it is not possible to establish comparisons with KO with most relevance in a specific knowledge subdomain.

Schneiderman et al. (2001) and *Bederson et al.* (2002), taking into account the several algorithms developed (*Strip/Clusters Treemaps, Squarified Treemaps,*) (MEIRELLES, 2013, p. 32), emphasize several disadvantages, despite the improvements in areas such as visualizations modes and integration of smaller proportions in a single layout. In fact, they prove to be unstable when the data is changed (Updates) and disadvantageous in comparison to the ordering and agglomeration of adjacent data, originating layouts that do not allow the establishing of comparisons, as well as efficient visualization of patterns.

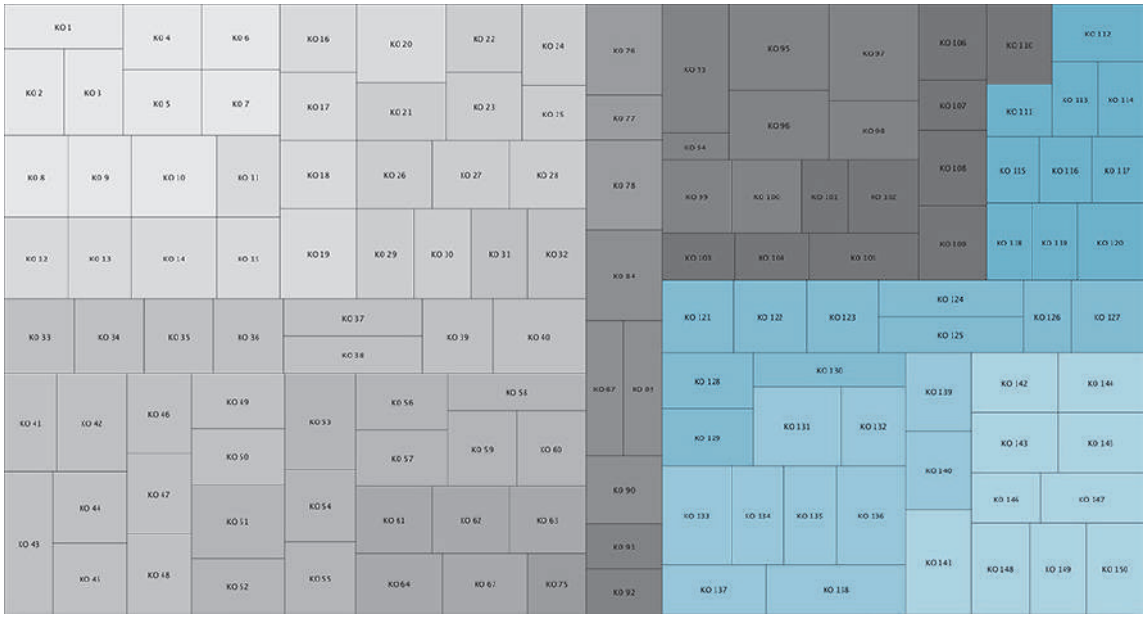


Fig. 2.1 Experimental implementation of the Ordered Treemap Algorithm. Bruls et al. (2000).

In the *Ordered Treemap* algorithm [Fig. 2.1] (Shneiderman et al., 2001), (Bederson et al. 2002) previously ordered data preserves the proximity/adjacency in the layout. In this sense, we highlight the algorithm adaptability, taking into account the problem of dynamic data representation, allowing the previously ordered data to maintain a position of proximity on the layout, as well as a balanced proportion ratio of the rectangles.

To sum up, the Ordered Treemap algorithm is distinguished by the following characteristics: in the dynamic updates the changing of the forms occurs relatively smoothly; it preserves the subjacent data order in the layout; and it generates rectangles with reduced proportion ratio.

4. Discussion And Future Work

In terms of results, and although being preliminary, it can be deducted that treemaps constitute the most efficient search solution, by translating synthetically a large structure of evidences. In this sense, the two hierarchical containment structures tested (Squarified and Ordered Treemap) allowed to provide a birds-eye perspective of the KO with greater weight within a knowledge domain. This means that the greater the rating of the KO is, the bigger is the area it occupies. In fact, each area represents a KO, and each area's size varies according to the weight of the global evaluation assigned. Taking into account the advantages and disadvantages of the studied algorithms, one must conclude that it is fundamental to establish a fusion between this two types of Treemaps, an issue that it will be studied and implemented in future work.

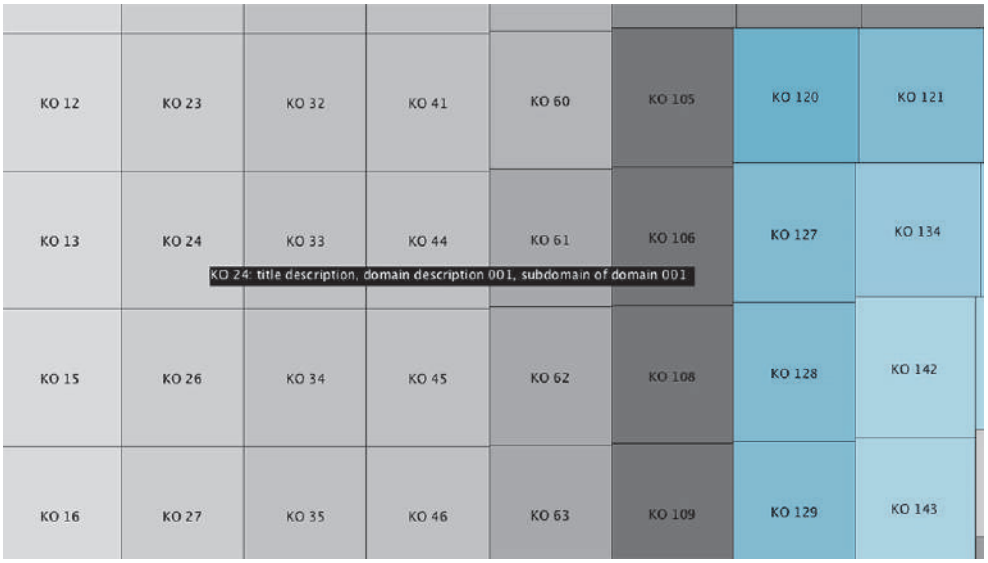


Fig. 3 Experimental implementation of the interactive tooltip (Ordered Treemap Algorithm)

Given the limited space of the areas to show relevant information about the characteristics of the KO (metadata), an interactive tooltip was implemented [Fig. 3] in order to provide specific details on the KO, specifically metadata such as ISBN, Title, Year, Author/s, title, type of KO and subdomain and the average of the ratings assigned by the community. In this sense, the tooltip is shown when a specific area of a particular KO is clicked. Tufte (2009, pp. 178-182) points out that the integration of tables, graphs and words (legends) is fundamental, because even though they belong to different systems, they have a single purpose: the presentation of information. It is nevertheless necessary to pursue improvements in areas such as presentation and communication of metadata, a theme that will be addressed in future work.

To summarize, the advantage of using this structure lies in the fact that it gives, at first glance, a panoramic view of the most relevant KO within a particular area of knowledge. It is important to emphasize that the collaborative filtering mechanism conceptualized and implemented plays a key role in allowing users to perform a more sustained and directed research on their specific theme, based on the relevance of the KO that is determined by the "wisdom of crowds."

Intending to optimize the preliminary results of this study, it is fundamental to maintain open lines for future work, the implementation of the interactive zooming techniques being one of the key components.

5. References

BAR-YAM, Y (1997). "Complexity Rising: From Human Beings to Human Civilization, a Complexity Profile" In Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS UNESCO Publishers, Oxford, UK, 2002); NECSI Report, Vol. 01, nº. December, p. 1–33.

BEDERSON, BENJAMIN; SHNEIDERMAN, BEN; WATTENBERG, MARTIN. "Ordered and quantum treemaps: Making effective use of 2D space to display hierarchies." In ACM Transactions on Graphics, Vol. 21, nº. 4, p. 833–854.

BÖRNER, K (2010). *Atlas of Science: Visualizing What We Know*. Massachussetts: MIT Press.

BÖRNER, K (2015). *Atlas of knowledge: Anyone can Map*. Massachussetts: MIT Press.

BÖRNER, K., CHEN, C., (2001). "Visual interfaces to Digital libraries". In ACM

SIGIR Forum, Vol. 35, no. 1, p. 12–15.

BÖRNER, K; CHEN, C (2002). Visual Interfaces to Digital Libraries. Springer-Verlag.

BÖRNER, K; POLLEY, D (2014). *Visual insights A Practical Guide to Making Sense of Data.* Massachussetts: MIT Press, 2014. ISBN 978-0-262-52619-7.

BRULS, M; HUIZING, K; WIJK, J. V.(2000). "Squarified Treemaps". In *de leeuw, Willem Cornelis and Van Liere, Robert (eds.), Proceedings of the Joint EUROGRAPHICS and IEEE TCVG Symposium on Visualization in Amsterdam*. Amesterdam, Netherlands: Springer Vienna, 2000. 33–42.

BUSH, V (1996). "As we may think." In Interactions, Vol. 3, nº. 2, p. 35–46.

CARD, S; MACKINLAY, J; SHNEIDERMAN, B. (1999). *Readings In Information Visualization: Using Vision To Think*. San Francisco: Morgan Kaufmann.

CASTELLS, M. (2010). *The Rise of the Network Society*. United Kingdom: Wiley Blackwell.

CHEN, C. (2006). *Information Visualization Beyond the Horizon*. London: Springer-Verlag.

COOPER, M. (1994). Information Landscapes. Visible Language Workshop. MIT Media Lab". *You Tube* <https://www.youtube.com/watch?v=Qn9zCrIJzLs> [Consulted: 13 May 2016]

DUSHAY, N. (2004). "Visualizing bibliographic metadata - A virtual (book) spine viewer." In D-Lib Magazine, Vol. 10, nº. 10.

FOX, E; URS, S. (2005). "Digital libraries." In Annual Review of Information Science and Technology, Vol. 36, nº. 1, p. 502–589.

FRY, B. (2007). *Visualizing Data*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

GARFIELD, E. (2003). "The meaning of the Impact Factor." In International Journal of Clinical and Health Psychology, Vol. 3, p. 363–369.

GARFIELD, E. (1963). "Aesthetics In Scientific Communication." In Essays of an Information Scientist: 1962-1973, Vol. 1, p. 5

GARFIELD, E. (1964). "Towards the World Brain." In Essays of an Information Scientist: 1962-1973, Vol. 1, p. 8

GLEICK, J. (2011). *The Information, A History, A Theory, A Flood*. New York: Vintage Books.

HANSEN, D; SHNEIDERMAN, B. & SMITH, M. (2010). *Analyzing Social Media Networks With NodeXL: Insights From a Connected World*. USA: Morgan Kaufmann. <https://i11www.iti.uni-karlsruhe.de/_media/teaching/theses/da-staudt-11.pdf>. [Consulted: 14 june 2015]

KIM, B; SCOTT, J; KIM, S. (2011). *Exploring Digital Libraries through Visual Interfaces*. Digital Libraries - Methods and Applications. InTech, p. 123–137. Available from: <http://opus.ipfw.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1034&context=compsci_facpubs> [Consulted: 4 july 2015]

LIMA, M. (2011). *Visual Complexity. Mapping Patterns of Information*. New York: Princeton Architectural Press.

MARKS, L; HUSSELL, J; MCMAHON, T; LUCE, R.(2005). "ActiveGraph: A digital library visualization tool." In International Journal on Digital Libraries, Vol. 5, no. 1, p. 57–69.

MEIRELLES, I. (2013). *Design for Information: An introduction to the histories, theories, and best practices behind effective information visualizations*. USA: Rockport Publishers.

NEWMAN, Mark (2001). "Scientific collaboration networks. Network construction and fundamental results " In Physical Review, Vol. 64, nº. 1, p. 1–8.

RHEINGOLD, H. (2002). *Smart Mobs The Next Social Revolution*. USA: Perseus Basic Books.

SHIRI, A. (2008). "Metadata-enhanced visual interfaces to digital libraries." In *Journal of Information Science*, Vol. 34, no. 6, p. 763–775.

SHNEIDERMAN, B. (1992). "Tree visualization with tree-maps: 2-d space-filling approach." *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 11, nº. 1. 92–99.

SHNEIDERMAN, B. & WATTENBERG, M. (2001). "Ordered treemap layouts." *In IEEE Symposium on Information Visualization, INFOVIS 2001*. IEEE. 73–78.

SIMON, H. (1996). *The Sciences of the Artificial*. Massachusetts: The MIT Press.

STAUDT, C. (2011). “Analysis of scientific collaboration networks: social factors, evolution, and topical clustering.” Germany: Karlsruhe Institute of Technology. Available from:

THACKARA, J. (2006). *In the Bubble: Designing in a Complex World*. London: MIT Press.

TUFTE, E. (2009). *The Visual Display of Quantitative Information*. USA: Graphics Press LLC.

WRIGHT, A. (2008). *Glut Mastering Information Through the Ages*. Ithaca and London: Cornell University Press.

WURMAN, R. (2001). *Information Anxiety 2*. Indiana: QUE.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3696

O Design Sistêmico como método de inovação aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas – Brasil

Cordeiro-Mota, Sheila[a]; Pacheco, Karla Mazarelo[b] & Hernandis-Ortuño, Bernabé [c]

[a]PhD, candidate at Universitat Politècnica de València, Spain. sheimota@yahoo.com.br.

[b]PhD, Professor at Universidade Federal do Amazonas, Brazil. karlamazarelo@hotmail.com.

[c]PhD, Full Professor, Universitat Politècnica de València, Spain. bhernand@degi.upv.es.

Resumo

Este trabalho analisa alguns sistemas tradicionais de cocção cerâmica, propondo uma nova configuração sistêmica. Mediante a avaliação da produção de blocos cerâmicos, tomamos como foco de pesquisa o processo de queima em fornos tradicionais, levando em consideraçao questões econômicas e sociais do Amazonia brasileira. Esta pesquisa tem como propósito, desenvolver um novo sistema, considerado eco-eficiente e sustentável, unindo o que é tecnicamente viável na área de tecnologias limpas, com o que é culturalmente desejável em relação aos produtos sem prejudicar os usuários de seus sistemas, bem como as relações sociais de produção que estão envolvidas durante o processo. Com base em dados levantados a partir de visitas técnicas realizadas as empresas de cerâmica da região do Iranduba e entrevistas a expertises do setor a nível nacional, observou-se outros aspectos que prejudicam a qualidade do processo de cocção cerâmica. Geralmente se utilizam fornos com queima ineficiente da lenha ou outros insumos energéticos, resultando em uma série de inconvenientes que comprometem o desempenho produtivo e econômico, causando danos ambientais, sobretudo quando se trata das pequenas e médias empresas. Em se tratando de uma análise sobre o estudo de caso, a interpretação dos dados coletados se caracteriza por um esquema não rígido, considerando que os elementos envolvidos compõem blocos conceituais que visam gerar os requisitos e parâmetros considerados essenciais a projetação de um novo sistema de queima cerâmica. Buscando materializar as necessidades e objetivos do projeto, se lançou mão do modelo de Design concorrente, abordando os aspectos formais, ergonômicos e funcionais do sistema, incorporando a estes o contexto social, econômico, tecnológico e ambiental.

Keywords: Design, estudo sistêmico, fornos olaria.

Abstract

This work analyses some traditional brick kilns cooking systems, and proposes a new systemic configuration. Upon evaluation of the production of ceramic blocks, we took the burning process in traditional ovens as the research focus, taking into account economic

and social issues of the Brazilian Amazon. This research aims to develop a new system, that can be consireded both eco-efficient and sustainable. By putting together what is technically feasible in the area of clean technologies, what is culturally desirable for products without harming the users of their systems, we respect the social relations of production involved in the process. Based on data collected from technical visits in the ceramic companies of the Iranduba region, as well as the results of interviews with the expertise of the national industry, we detected other aspects affecting the quality of the ceramic firing process. In general, the stoves use inefficient burning of wood and other energy inputs, yielding a number of drawbacks that compromise the productive and economic performance, causing environmental damage, particularly when it occurs in small and medium enterprises. In this case study, the interpretation of the collected data is characterized by a non-rigid scheme, considering that the involved elements make conceptual blocks aimed at generating the requirements and parameters considered essential to design a new ceramic firing system. To realize the needs and objectives of the project, we made use of the concurrent model design, by addressing the formal, ergonomic and functional system aspects, and incorporating the social, economic, technological and environmental contexts.

Keywords: Design, systemic study, bricks kilns.

1. Introdução

Segundo dados da NEAPL/AM, 2009, a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Amazonas, se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e/ou administrativa. Em sua maioria, as empresas estão organizadas com estrutura familiar, onde tanto os proprietários quanto os empregados exercem funções diversificadas.

Os aglomerados produtivos que juntos poderão evoluir para a formação de um único Arranjo Produtivo Local – APL, são compostos pelos Polos cerâmicos do Ariaú, Cacau-Pirêra e Iranduba, onde se encontram instaladas 27 empresas cerâmicas, das quais mais da metade está instalada no Polo de Cacau-Pirêra, na margem direita do rio Negro, frontal à sede municipal de Manaus (SEPLAN, 2009).

O setor da cerâmica vermelha emprega como combustíveis, principalmente a lenha nativa (50%) e resíduos de madeira (40%): cavaco, serragem, briquetes e outros resíduos. Dados do setor apontam uma tendência no aumento do uso de lenha de reflorestamento visando à sustentabilidade energética do empreendimento e levando a um excedente de biomassa para comercialização de madeira, contudo essa é uma tendência que não se aplica ainda ao âmbito de estudo desta pesquisa, havendo ainda necessidade de intervenções por parte do setor público, no que tange ao desenvolvimento de programas de reflorestamento no Amazonas voltado para esse segmento da indústria ou demais segmentos (SEPLAN - AM, 2009).

O bloco cerâmico também é conhecido como tijolo de oito furos, sendo este o produto cerâmico mais consumido em Manaus, onde 90% destes blocos provêm da região de Manacapuru e Iranduba. Esta produção abastece quase totalmente a capital, cuja distribuição da produção se divide do seguinte modo: 25% são de olarias de grande porte com capacidade de produção que pode chegar a 50.000 tijolos por dia; 25% são de olarias de médio porte com capacidade média de 30.000 tijolos diários; e os 25% restantes são de olarias de pequeno porte que não passam de 10.000 tijolos por dia. Porém, esse material é um dos que ocasiona um elevado índice de perda na construção civil, chegando a um valor médio de 13% (FURG, 2005).

Em relação ao custo médio da indústria cerâmica da região, o consumo da lenha e derivados se destaca dos demais, indicando baixa eficiência dos fornos e alto custo desse insumo. Também se observa os custos com energia elétrica, contudo os custos administrativos e referentes a comercialização são baixos. Essa relação ocorre em razão da pequena estrutura administrativa e ausência de estrutura comercial na maioria das empresas (NEAPL/AM, 2009).

Dentre as principais questões que afetam o Setor Cerâmico, principalmente o Segmento de Cerâmica Vermelha, destaca-se a baixa qualidade dos produtos, observada em uma parcela significativa da produção, em função das grandes variações dimensionais e baixa resistência mecânica observada. Este fato gera grandes perdas durante o processo produtivo. (SILVA 2007). Dentre outros fatores que influenciam essa baixa qualidade dos blocos cerâmicos, há a natureza do material utilizado, sendo a fase da queima o processo mais crítico conforme observado durante as visitas técnicas realizadas às empresas da região.

Este artigo apresenta um recorte da pesquisa, destacando uma avaliação, por parte de especialistas do setor da indústria de ceramica vermelha, sobre os processos tradicionais da produção de cerâmica vermelha, especificamente sobre os sistemas de queima ainda utilizados pelas pequenas e médias olarias a nível de Brasil. , considerando como ambiente de estudo o Pólo oleiro de Iranduba e Manacapuru, cidades próximas a Manaus, capital do Estado do Amazonas – Brasil.

Esta pesquisa se delimita aos aspectos tecnológicos sobre o processo de produção de blocos cerâmicos em fornos tradicionais que fazem uso de insumos madereiros e que apresentam as respostas a partir de um estudo sistêmico, com base no Modelo de Design Concorrente (Hernandis 2003). O estudo realizado propõe uma adaptação tecnológica entre os sistemas de queima, que funcionam a partir do modo de queima com a chama em sentido desecendente e o sistema de queima conhecido como downdraft, de acordo com os trabalhos de Khan et al (1989) apud Borges (1994), citado por Mota et al (2015), os quais demonstraram que a combustão por processo downdraft propicia a queima da lenha praticamente completa, diferenciando-se entre os processos de queima tradicionais. Esta ocorre por meio de modificações morfológicas e geométricas na câmara de combustão, tornando a combustão adiabática e invertendo o fluxo de ar.

2. Abordagem Metodológica

Em razão da concepção de um novo sistema de queima para cerâmica estrutural, considerando os aspectos relativos ao método de pesquisa utilizado, lançou-se mão de uma abordagem metodológica híbrida, incorporando a esta elementos descritivos de base teórica, observacional e de cunho qualitativo por meio de pesquisa junto a expertises e empresários do setor da cerâmica vermelha a nível nacional e local.

Esta pesquisa analisa dois sistemas tradicionais de cocção cerâmica, propondo uma geometrização sistêmica analítica com base no método sugerido por Hernandis (2003), cujo propósito se fundamenta sob as práticas orientadas para analisar e desenvolver com mais especificidade os aspectos funcionais, formais, ergonômicos, culturais, sociais e tecnológicos do produto. Os resultados preliminares desta aplicação gerou um novo modelo respeitando os parâmetros conceituais do sistema em estudo.

O modelo de design concorrente, baseado na teoria geral de sistemas, proposto por Hernandis (2003) para a criação de produtos inovadores, representado pela figura 01, centra-se na definição de todos componentes intervenientes no processo de design, para definir o produto. Com base em toda a informação recopilada, definem-se os aspectos formais, funcionais e ergonômicas do produto como subsistemas principais na formulação de atributos e na emissão de variáveis que circulam dentro de um sistema vivo para a formulação de uma solução (Paixão-Barradas, Pacheco, & Hernandis, 2012) apud (Mota et al 2015) e (Rivera et al 2015). O uso de um modelo sistémico especifico, como este, justifica-se pela possibilidade que este oferece em poder examinar as variáveis necessárias para o design do produto, considerando a dinamicidade e constante atualização que os produtos devem possuir para manter-se no mercado ou cativar outros mercados. Uma forte característica deste modelo é sua plasticidade através da retroalimentação das informações e consequentemente do feedback de todas as partes que compõem o modelo, nas quais as próprias variáveis se tornam nas responsáveis por analisar, comprovar e manter todo

o sistema ativo e controlado (Pacheco, Hernandis, & Paixão-Barradas, 2012). Tomando como referência as definições de Briede e Hernandis (2011), as análises dos subsistemas e relações comuns entre os dois tipos de fornos estudados, demonstram como a partir da definição abstrata, inicial do projeto, elementos comuns podem ser definidos para uma representação maior de produtos, independentemente de suas características de forma. (BRIEDE e HERNANDIS, 2011).

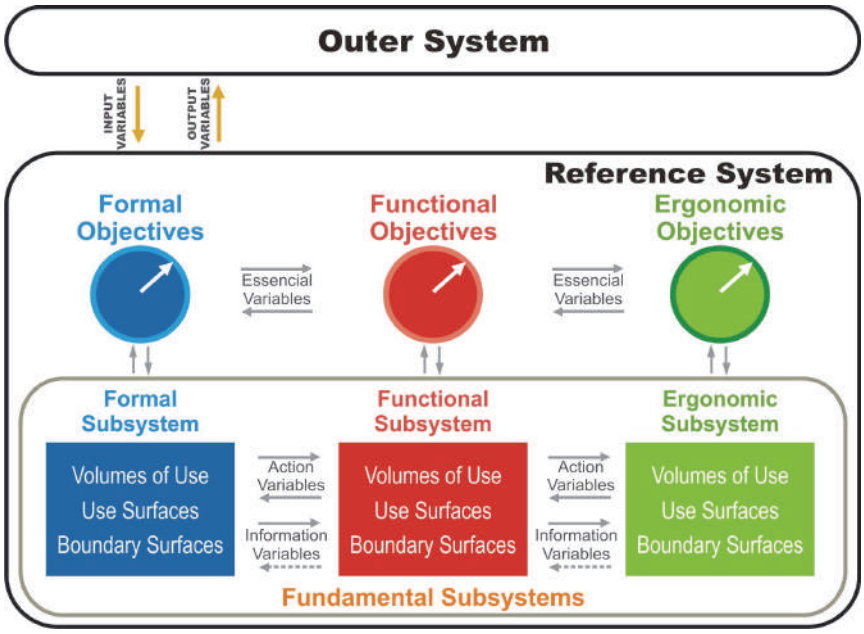


Fig. 1 Modelo de Design Concurrente. Fonte: Adaptado de Hernandis (2003) e Rivera et al (2015).

Esta fase da pesquisa, corresponde aos aspectos práticos, especificamente as fases de coleta e compilação de dados em busca de informações junto a especialistas, bem como no desenvolvimento de uma aplicação, seguindo os conceitos estabelecidos pelo modelo de design concorrente. Desta forma se evidencia descritivamente as variáveis essenciais e informacionais do sistema em estudo, para propor um novo conceito que atenda os objetivos da pesquisa.

Ficou estabelecido, por meio do percurso metodológico atribuído a esta pesquisa, que as variáveis que alimentam e movimentam este sistema teria como fonte os resultados das pesquisas teóricas, por meio de consulta bibliográfica, pesqusia de campo e entrevistas a expertises do setor da indústria e da pesquisa, assim como empresários do pólo oleiro estudado. Os objetivos que direcionam a pesquisa prática no que se refere a entrevista a especialistas, busca analizar por meio de uma estrutura de questionários virtuais, basicamente três objetivos principais, estando presentes em todos os contetxtos, quais sejam: a) avaliar o que existe; b) levantar as necesidades para resolução do problema e; c) validar as quetões conceituais desenvolvidas para o sistema em estudo.

Antes de elaborar o instrumento da entrevista, buscou-se entender os fundamentos psico-sociais que envolve o processo de entrevistas. O desenvolvimento do instrumento de pesquisa a especialistas obedece a uma estrutura lógica, conforme sugerido por Dillman (1978, p. 12), que afirma: … “o processo de mandar um questionário a respondentes em potencial, conseguir que completem e devolvam o questionário de maneira honesta pode ser visto como caso especial de ‘troca social’ ”. Complementando a abordagem, o mesmo autor também coloca que há três fatores que devem ser considerados a fim de maximizar a qualidade das repostas (Dillman, 1978, p. 18), como por exemplo: reduzir o custo de resposta por parte do respondente, recompensar o respondente e establecer confianaça.

O questionário elaborado considera o objetivo da entrevista em termos dos conceitos a serem pesquisados e da população-alvo. Utilizando-se como ponto de partida as considerações de Schuman & Kalton (1985), resumidas na Figura 02. Diante do esquema que esclarece a relação existente entre os elementos que constituem uma entrevista, apresenta-se na seqüencia seus objetivos, os conceitos derivados destes, bem como a identificação da população e da amostra. Também se apresentam os elementos técnicos da entrevista, como: a) Os itens da entrevista, representados pelas questões / perguntas do instrumento, constantes anexados ao relatório final desta pesquisa; b) O modo de administrar, representado pelo meio de difusão da entrevista (questionário online); c) Método de edição e codificação dos dados; d) Método de processamento dos dados e; e) Análise dos dados por meio de representação gráfica.

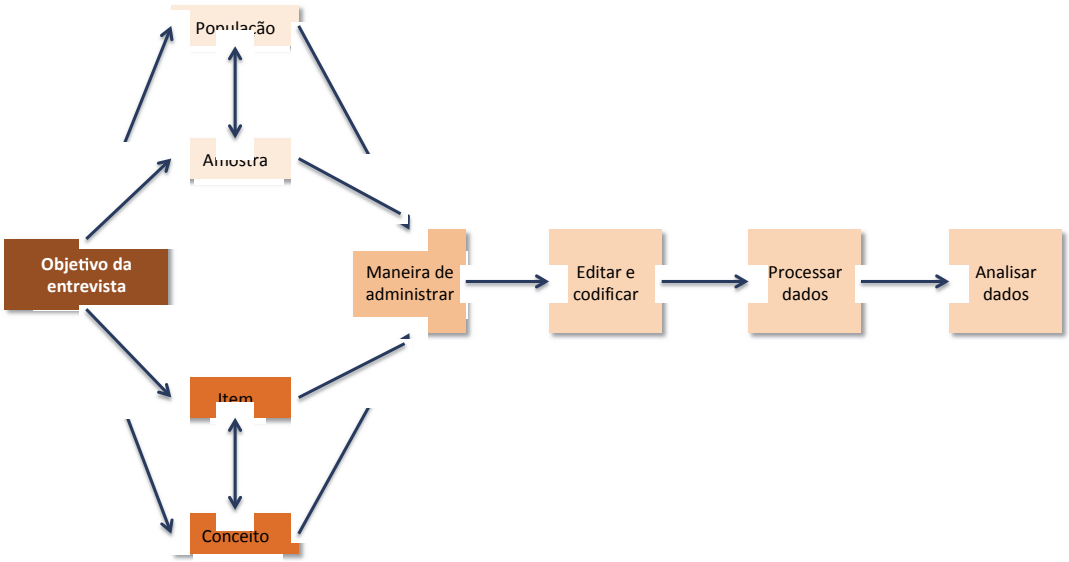


Figura 02: Arquitetura conceitual de uma entrevista. Fonte: Schuman & Kalton (1985)

O objetivo principal desta entrevista foi coletar dados que consolidassem as informações sobre a temática desenvolvida na pesquisa. Os itens da entrevista envolvem os aspectos relacionados ao processo produtivo com ênfase na queima em fornos tradicionais. Desta forma foram analisados os aspectos tecnológicos, ergonômicos, ambientais e culturais, compondo parte do contexto investigativo para o desenvolvimento de um modelo de forno mais eco eficiente, que responda sobretudo as necessidades de desenvolvimento sustentável para este setor.

O universo estudado, seleção e tamanho da amostra investiga um grupo de especialistas e empresários locais, que pelo critério de tipicidade faz parte do contexto investigado. Foram selecionados 18 expertises das áreas de tecnologia cerâmica, ciências ambientais, ergonomia industrial, materiais industriais, engenharia civil e engenharia de produção, assim como 8 empresários de pequeno e médio porte do Polo Oleiro de Iranduba. O tipo de amostra dentro do espaço amostral definido se caracteriza como não-pro balística, ou seja, selecionada pelos critérios de acessibilidade e tipicidade.

O processo de análise e interpretação dos dados desta pesquisa varia em função dos diferentes aspectos que estruturam a mesma, e seguem os passos orientados por Carvalho e Vergara, 2002, p. 84.

3. Discussão dos resultados da entrevista a expertises e empresários do setor da cerâmica industrial.

O método de pesquisa qualitativa utilizada se caracterizou como: a) Estudo de Caso: Este método de pesquisa qualitativa é um estudo profundo de um indivíduo ou fenômeno específico no seu contexto de vida; b) A Coleta de dados: Entrevistas – Questionários escritos e estudos indutivos sobre aspectos,

percepções e pensamentos observados a partir dos estudos em pesquisa exploratória e; c) Organização da entrevista. em 4 (quatro) blocos conceituais, abordando os aspectos relacionados a pesquisa, cujos gráficos encontram-se anexado ao relatório de pesquisa geral e que por uma questão didática não se insere aqui neste artigo.

As primeiras questões apresentadas aos especialistas, conforme mostra o gráfico 01, detectou o nível de aceitação dos sistemas tradicionais de cocção cerâmica, que ainda fazem uso de combustíveis lenhosos. Os resultados da entrevista apontam que estes sistemas ainda são indispensáveis para o abastecimento da cadeia produtiva, considerando que grande parte dos produtores de tijolos e telhas, dentro do âmbito nacional, ainda fazem uso destes sistemas por questões de viabilidade técnica e sobretudo econômica.

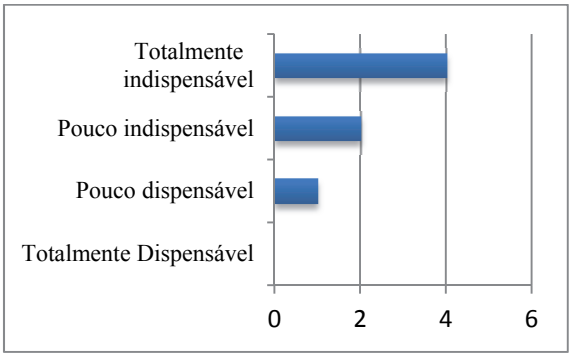


Gráfico 01: o nível de aceitação dos sistemas tradicionais de cocção cerâmica

Conforme apresenta o gráfico 02, os expertises corroboram com os dados apontados pela literatura consultada (VASCONCELOS et al 2012), estes fornos ainda predominam o segmento da indústria cerâmica nacional. Desta forma pode se dizer que o desenvolvimento de um sistema de queima ecoeficiente irá contribuir de forma significativa para o setor a nível nacional. Isso fortalece a ideia desenvolvida por esta pesquisa, que é tornar mais eco eficiente o sistema tradicional da queima cerâmica.

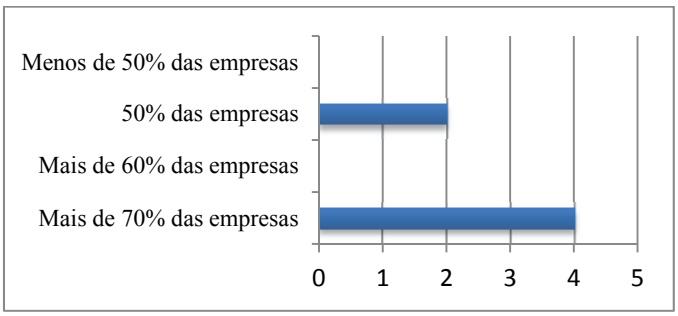


Gráfico 02: Predominancia dos fornos de queima tradicional no cenário nacional.

Considerando a hegemonia da área de conhecimentos dos expertos entrevistados, são agrupados por blocos os aspectos tecnológicos, ergonômicos, ambientais e sócio/culturais. O bloco de entrevista referente aos aspectos sócio culturais foram dirigidos diretamente aos empresários da zona estudada (polo oleiro de Iranduba). Os aspectos investigados junto aos expertises e empresearios do setor forneceram os dados necessários para consolidar as ideias pré-estabelecidas por meio de levantamento bibliográfico e observacional em campo, além disso, estes dados alimentaram o modelo de design concorrente, utilizado como método de desenvolvimento do novo sistema e foram explorados em quatro blocos distintos por

meio da entrevista. Estes blocos perfazem todo os contexto investigado e extrapolado pelo MDC, sendo estes:

1) O aspecto tecnológico buscou identificar características gerais da produção com foco na queima envolvendo o sistema exterior, de acordo com o M.D.C (Hernadis 2003), considerando a tipologia dos fornos tradicionais mais utilizados por pequenas e medias empresas. Os expertises do setor da indústria foram questionados quanto as características das necessidades de inovação em função da acessibilidade tecnológica e sobre os critérios de produtividade, ganhos econômicos e qualitativos da produção, além das características estruturais e operacionais mais comuns e mais representativas, entre os modelos de fornos "abóboda" e "paulistinha", que de acordo com Vasconcelos et al (2012), estes modelos de fornos fazem parte do contexto produtivo de quase todas as empresas do polo oleiro do Estado do Amazonas.

2) O aspecto ergonômico: Qualquer ambiente de trabalho deve buscar adequações ergonômicas que reduzam as exigências biomecânicas e cognitivas dos operadores do sistema, permitindo que o mesmo se sinta confortável para executar suas tarefas. Os atributos macro ergonômicos da produção, foram identificados por meio de algumas características, com foco na queima, envolvendo os aspectos do ambiente de trabalho e sua influência sobre o operador do sistema de queima. Além disso, foram detectados alguns aspectos que relacionam a tipologia dos fornos tradicionais utilizados, como disfunções e riscos acidentais sofridos pelo executor da tarefa destes sistemas.

Considerando o contexto macro ergonômico, os entrevistados avaliaram por grau de importância as seguintes questões: a) o grau de importância da exposição ao calor proveniente do processo de queima sofrido pelo operador do sistema; b) o grau de importância dos riscos acidentais, aos quais está exposto o operador do sistema; c) o grau de importância da pouca iluminação durante a execução da tarefa do forneiro; d) o grau de importância do ruído para com o desempenho do operador do forno; e) o grau de importância dos agentes químicos, resultantes das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima e; f) o grau de importância da umidade resultante das características ambientais locais, as quais estão expostos os operadores do sistema de queima;

3) Aspecto Ambiental: Este bloco aborda os aspectos tecnológicos da produção dos fornos que fazem uso de combustíveis madeireiros, considerando os parâmetros ideais de otimização da produção em termos de ganhos produtivos e ambientais, avaliando por grau de importância as seguintes questões: a) a queima eficiente que promova redução de insumos madeireiros, da lenha ou outro material combustível; b) a redução de perdas produtivas em função da melhoria do processo de queima; c) a redução de resíduos e poluentes; d) a melhoria do produto final, a partir da melhoria do processo.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados atribuíram valores de significativa importância para todos os itens, que representam alguns parâmetros ideias de otimização da produção, considerando os ganhos produtivos e ambientais. Esta pesquisa avaliou alguns aspectos ambientais da produção, que envolvem a utilização de insumos madeireiros, bem como o desperdício dos mesmos. Esta avaliação teve foco na queima cerâmica, envolvendo os aspectos ambientais do sistema exterior, abordado pelo MDC (Modelo de Design Concurente), por Hernandis 2003;

4) Aspecto Sócio/Cultural: Os aspectos sócio/culturais que influenciam a falta de modernização das pequenas e médias empresas, a partir do foco da pesquisa, que estuda um dos elos mais críticos desta cadeia produtiva (sistema de queima), este bloco de questões, avaliou dentre os especialistas e empresários do setor, alguns aspectos que influenciam a falta de modernização das pequenas e médias empresas.

Considerando que a maioria das empresas de cerâmica vermelha do Estado do Amazonas se configuram como micro e pequenas empresas à margem dos avanços da modernização tecnológica e ou administrativa, foi verificado dentre os entrevistados algumas razões pelas quais este fato ainda se justifica, sendo julgado por grau de influência elementos que contribuem e/ou explicam este status tecnológico.

Os resultados apontam que a maioria dos entrevistados concordam que a falta de acesso a tecnologias economicamente viáveis influencia muito essa realidade e que o atraso tecnológico é um reflexo das características do setor. Além disso, ao se verificar o resultado, é observado que os entrevistados possuem opiniões divergentes, no que diz respeito a falta de compromisso com as normas vigentes, por parte dos

empresários e/ou não cobrança devida por parte dos setores públicos responsáveis, caracterizando responsabilidades mútuas, considerando que os agentes, tanto empresários, como poder público possuem uma cota igualitária neste contexto. A última questão deste bloco avalia se a falta de conhecimento, por parte dos empresários, em relação a outras e novas tecnologias também influenciaria para com a continuidade do atraso tecnológico nas pequenas e médias olarias do Estado do Amazonas. Os resultados confirmam a existência de uma influencia significativa neste sentido, permitindo ressaltar que o direcionamento deste estudo para a realidade observada poderá suprir esta demanda de informação e acesso a novas tecnologias, tornando-se justificável o desenvolvimento de um novo sistema que proponha uma alternativa satisfatória.

A partir dos resultados obtidos com a pesquisa realizada por meio de consulta bibliográfica, pesquisa observacional, entrevista a expertises do setor industrial cerâmico e empresários do polo oleiro de Iranduba – Manaus, AM, ficam estabelecidos alguns requisitos de projeto, considerados variáveis de ordem qualitativa e quantitativa que orientam e delimitam o desenvolvimento do novo sistema. Estes requisitos permitem gerar, por meio de parâmetros técnicos, alternativas solucionadoras para o problema pesquisado.

Com base nos aspectos investigados, que refletem os objetivos propostos pelo MDC (Modelo de Design Concorrente, Hernandis 2003), foram organizados em grupos de requisitos, correspondentes as características do problema de pesquisa. Estes grupos de requisitos são apresentados e ordenados pela tabela 01.

Tabela 01: Parametrização do Projeto

Requisitos Tecnológicos de projeto	Parâmetros tecnológicos de projeto
1) Utilizar sistema de queima invertida; 2) Os fatores técnicos operacionais devem ser considerados essenciais no que diz respeito a influência destes sobre a qualidade final dos blocos cerâmicos, otimizando os elementos de apoio que compõem os subsistemas; 3) Manter padrão de queima da carga; 4) Gerar calor gradativo com respeito a curva de queima; 5) Modificar a geometria do queimador; 6) A curva de queima deve ser monitorada; 7) O modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser planejado, considerando melhor aproveitamento da temperatura; 8) A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais; 9) A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima; 10) Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores; 11) Deve ser contemplado o isolamento das paredes dos fornos.	• Utilizar processo de queima adiabática; • Otimizar os aspectos técnicos em função do processo de queima adiabática; • A curva de queima deve ser monitorada com a utilização de medidores digitais; • O modo do empilhamento da carga na câmara de cocção deve ser realizado, considerando melhor aproveitamento da temperatura, fazendo uso do método de empilhamento em xadrez (checkerwork) ou em camadas longas (benches), conforme sugerido por Fonseca (1997) apud F. H. Norton (1973), de maneira que permita a circulação dos gases, para se obter uma máxima regularidade da temperatura e do calor. Uma colocação em demasiadamente aberta ou separada permite que os gases passem com certa facilidade, o que não é aconselhável; • A regulagem e alinhamento dos queimadores devem ser consideradas essenciais, respeitando o método de alimentação das fornalhas, conforme a técnica de queima adiabática e o controle da curva de queima; • A disposição espacial dos queimadores deve ser considerada em função da distribuição homogênea dos gases quentes durante o processo de queima; Deve haver uma relação funcional e sub sistêmica entre o formato da câmara e os queimadores; Deve ser contemplado o isolamento das paredes dos fornos; • Deve haver uma otimização espacial e geométrica entre os subsistemas que operam conjuntamente com os queimadores e câmara de cocção.
Requisitos Ergonômicos de projeto	**Parâmetros ergonômicos de projeto**
1) Melhorar aspectos macro ergonômicos (conforto ambiental); 2) Melhorar a manipulação da carga antes e depois da queima; 3) Adaptar e ou melhorar os elementos de acionamento dos sistemas; 4) Reduzir a exposição do trabalhador aos agentes nocivos do processo de queima.	• O novo sistema de queima deve oferecer as condições devidas para que o operador do forno não se exponha ao calor emanado dos queimadores de combustível, não entre em contato com poluentes, como fumaça, agentes químicos e não se exponha a riscos acidentais durante o processo de abastecimento das fornalhas; • Deve haver a inserção de um sistema de coleta de cinzas proveniente da queima para facilitar a manutenção e limpeza; • A adaptação do processo de queima adiabática promove a queima da chama em

	sentido invertido, evitando que o operador do sistema entre em contato com as chamas; • O sistema de tiragem (chaminé) promove tanto o direcionamento do fluxo dos gases quentes para a área interna da câmara, quanto o direcionamento da fumaça ocasionada pela queima;
Requisitos Ambientais de projeto	**Parâmetros Ambientais de projeto**
1) Reduzir fumaça e poluentes provenientes da queima; 2) Redução de perdas produtivas; 3) Redução de insumos madereiros como fonte energética de queima.	• Deve haver uma redução da queima dos insumos a partir da otimização da queima dos mesmos por meio de sistema adiabático; • Deve haver uma adaptação entre o processo de queima tradicional e queima adiabática, proporcionando eficiência da queima dos insumos, que consecutivamente reduzirá perdas produtivas.
Requisitos Sócio / Culturais de projeto	**Parâmetros Sócio / Culturais de projeto**
1) Manter a geometria predominante dos fornos paulistinha e abóboda; 2) Manter os materiais constitutivos comumente utilizados na construção de fornos tradicionais; 3) Quebrar paradigmas do retardo tecnológico das pequenas e médias olarias; 4) Motivar e viabilizar o acesso a tecnologias economicamente viáveis; 5) Motivar o compromisso com o meio ambiente.	• Deve haver uma interlocução estrutural que relacione os parâmetros constitutivos, formais e funcionais, considerando simplicidade da forma, utilização de materiais de fácil aquisição no mercado local e utilização de técnicas construtivas já conhecidas na construção dos fornos tradicionais; • Os custos de implantação do novo sistema deve se adequar a realidade das PIMES; • O novo sistema deve ser versátil do ponto de vista da adaptabilidade combustível; • A formatação do novo sistema de queima deve atender aos requisitos funcionais e operacionais, representando uma adequação do item viabilidade técnica e viabilidade econômica.

Todos estes requisitos e parâmetros encontram-se distribuídos e interrelacionados no modelo sistêmico aplicado ao desenvolvimento do novo sistema de queima. A aplicação deste método para esta pesquisa se restringiu as análises estrutural, funcional e morfológica, por meio do qual se reconheceu e compreendeu os tipos e números de componentes dos subsistemas envolvidos, bem como princípios de montagem, tipologia de união e estruturas de suporte. A análise funcional permitiu se avaliar as funções técnicas e físicas de cada subsistema, incluindo aspectos ergonômicos (macro análise) do ponto de vista da ergonomia ambiental. Com base em tais análises, as informações daí advindas compuseram a estrutura subsistêmica absorvida pelo modelo de design concorrente (Hernandis 2003).

3.1. Aplicação do Modelo de Design Concorrente ao Estudo de Caso – Resultados preliminaries.

Este artigo apresenta a aplicação deste modelo de forma resumida, considerando que a representação completa e aplicada do MDC tornar-se-ia ilegível neste documento, em função de sua estrutura gráfica, portanto, foram resumidas as definições do sistema exterior, objetivos e os subsistemas formal, ergonômico e funcional, bem como suas relações com os aspectos sócio culturais, ambientais e

tecnológicos, apresentando desta forma os conceitos técnicos do novo sistema de queima para cerâmica estrutural tradicional.

No geral a estrutura do modelo sugerido por Hernandis (2003), tem como objetivo analisar os vários fatores externos ao problema estudado, considerando as interfaces entre o que se está estudando e estes fatores.

A figura 03 apresenta a aplicação deste Modelo de Design Concorrente, como método sistêmico aplicado ao estudo em questão. O Sistema Exterior, prevê especificamente as variáveis de entrada (VE) que determinam o funcionamento do sistema estudado, compondo os objetivos Formais, Funcionais e Ergonômicos do produto. Estes objetivos representam a conversão da problemática detectada por meio da análise do problema, em metas a serem alcançadas. Estas metas possuem VE - Variáveis Essenciais que se relacionam entre si e que formam os subsistemas Formais, Funcionais e Ergonômicos, respectivamente. Entre cada um destes subsistemas, interatuam as diferentes variáveis de ação e de informação que estabelecem o vinculo e a interação, indispensáveis ao funcionamento do modelo. A partir dos subsistemas se estabelecem os volumes de uso, as superfícies de uso e os limites de contorno do produto, elementos delimitadores dos parâmetros que devem possuir o produto conceitual, retroalimentando o modelo e fornecendo assim os meios para se alcançar as metas do projeto.

Os subsistemas funcional, ergonômico e formal foram estudados e desenvolvidos de acordo com as variáveis essenciais e informacionais, advindas de todos os critérios, requisitos e parâmetros definidos como indispensáveis. Considerando que o produto desenvolvido se trata de um sistema aberto e definido como um conjunto de elementos que se relacionam entre si e com o ambiente, havendo, portanto, contextos diferenciados e ao mesmo tempo integrados, sujeitos a sofrer interferencias positivas e negativas, dependendo do modo como este se interfaceia. Neste sentido a estrutura do sistema macro foi dividida em áreas de estudo, sendo elas: a) Área de queima (fornalha, grelha e cinzeiro); b) Área de queima e difusão dos gases (crivos, base subterrânea e chaminé) e; c) Área de empilhamento e queima de carga (câmara, portas e teto). Sobre todas estas áreas e relacionado a cada susbsistema (funcional, ergonômico e formal) todas as áreas foram representadas e desenvolvidas respeitando o volume de uso, superfície de contorno e superfície de uso.

De posse das observações e compilação dos dados acerca do ambiente e influencias que se relacionam com este sistema, foram obtidos, por meio de critérios relativos aos aspectos concernentes ao forno de queima cerâmica, os objetivos formais, funcionais e ergonômicos do novo sistema de queima. A partir da definição de tais objetivos como resultante das variáveis de entrada, foi desenvolvido uma modelagem préliminar de acordo com critérios funcionais, volumétricos e de usabilidade de produto.

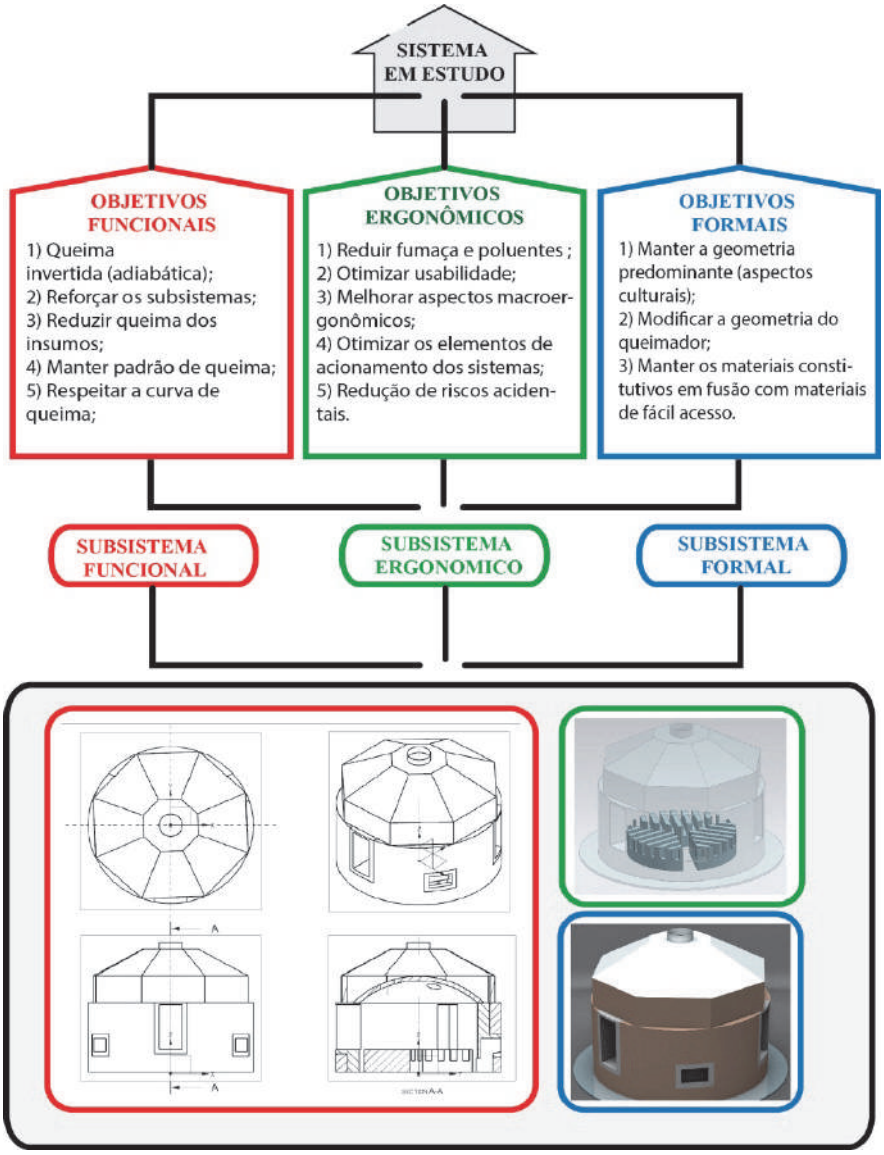


Figura 03: Representação resumida da aplicação do Modelo de Design Concorrente aplicado a fornos tradicionais de cerâmica vermelha no Amazonas - Brasil

4. Conclusão

O objetivo desta pesquisa tem como cerne a queima da cerâmica vermelha, cuja motivação se justifica a partir do forte apelo de cunho sustentável que possui, considerando que os resultados pretendidos irão contribuir de maneira considerável para a minimização da queima irregular de lenha, poluição do ar, bem como tornar mais eficiente o processo produtivo e melhorando a qualidade final do produto (tijolo).

A análise sobre a produção de cerâmica vermelha se justifica em função de sua grande projeção de uso em meio as empresas de pequeno e médio porte na região estudada, considerando que todas as empresas utilizam esses modelos de fornos, sejam eles de uso exclusivo ou não. As informações aqui apresentadas se respaldaram tanto em observações realizadas em chão de fábrica, como em entrevistas a expertises do setor e junto aos empresários

Também é importante colocar, que este processo, considerado tradicional, em função de suas características ainda rudimentares, é o segmento produtivo que abastece o setor da indústria civil local,

em forte crescimento no Estado do Amazonas, contudo, em função das adversidades e limitações existentes no contexto produtivo da cerâmica estrutural tradicional e especificamente amazônico, torna-se cada vez mais necessário e justificável a implementação de mecanismos que possam auxiliar o desenvolvimento de produtos eco eficientes para a indústria, sobre os quais possam atuar os elementos indispensáveis à redução dos impactos ambientais negativos, assim como o uso racional dos recursos naturais.

A utilização do método de Design concorrente para este trabalho, sugerido por Hernandis (2003), possibilitou tanto uma análise pormenorizada do problema em questão, quanto a realização de uma modelagem teórica e prática que se materializará em forma de sistema inovador de queima para cerâmica estrutural, fazendo-se cumprir todos os requisitos inerentes a esta pesquisa.

Os benefícios originados a partir da contribuição do Design Sistêmico para o desenvolvimento de um novo sistema de queima se concretizará por meio dos testes simulados em protótipo, os quais serão divulgados com a continuidade desta pesquisa, contudo os resultados preliminares adiantam a eficácia do método de modelagem sistêmica, garantindo uma estrutura concreta de desenvolvimento projetual.

5. Agradecimentos

Sou grata ao CNPQ por me conceder bolsa de estudos de doutorado, número do processo: 207366 / 2014-4. Também agradeço a UFAM - Universidade Federal do Amazonas – Brasil e a UPV - Universidad Politécnica de Valencia - Espanha.

6. Referências

ALVES-MAZZOTTI, A. J., & GEWANDSZNAJDER, F.O (1998) método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira.

BERNI, M. D.. (2010) Oportunidades de eficiência energética na indústria: relatório setorial: setor cerâmico / Mauro donizeti Berni, Sérgio Valdir Bajay, filipe d. gorla. – Brasília: cni, 2010. 75 p. ISBN 978-85-7957-008-7.

BONSIEPE, GUI E OUTROS. Metodologia Experimental: Desenho Industrial. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1986.

BORGES, T. P. F., Fogão a Lenha de Combustão Limpa. MSc. Thesis. Universidade Estadual de Campinas. 1994.

BRIEDE, J., & HERNANDIS, B. (2011). New Methods in Design Education: The Systemic Methodology and the Use of Sketch in the Conceptual Design Stage. . Us-China Education Review , 8 (11), 118-128.

CARVALHO, J. L. F.; VERGARA, S. C. A fenomenologia e a pesquisa dos espaços de serviços. Revista de Administração de Empresas – RAE, v. 42, n. 3, jul./set. 2002.

FURG, Portal dos alunos de engenharia civil. Materiais – Desperdício. Disponível em <www.projetoeconstrucao.hpg.ig.com.br> .

HERNANDIS, B. (2012). Diseño Concurrente. En R. Martins, & J. van der Linden, PELOS CAMINHOS DO DESIGN: Metodologia de Projeto (págs. 327-391). Londrina, Brasil: EDUEL.

HERNANDIS, B. (2003). Tesis Doctoral:Desarrollo de una metodología sistémica para el diseño de productos industriales. . Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

HERNANDIS, B. ;BRIEDE, J. (2009).An Educational Application for a Product design and Engineering systems using integrated conceptual models.(pp.432-442)Arica. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería.*

IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo. 2a edição. Edgar Blucher LTDA 2005.465p.

KHAN, A. M. HASAN, SHUTTE, E., “et al.” (1989): Application of Downdraft Combustion to Woodburning Devices. WSG Publicação Interna vol., 6 páginas.

MOTA, S. C; SOUZA, R. C. R; MARTINS, G. (2006) - Technical and ergonomic improvements in the furnace design of a manioc flour house. Artigo dos anais do 16th World Congress on Ergonomics – IEA. Associação International de Ergonomia. HOLANDA. Edited by R.N. Pikaar Eur.Erg., E.A.P. Koningsveld Eur.Erg. and P.J.M. Settels Eur.Erg., ISSN 0003-6870, Elsevier Ltd.

MOTA, S. C. ; SOUZA, R.C.R. . Inovação Tecnológica e Melhorias no Design do Forno da Casa de Farinha.. In: XXVII ENEGEP 2007, Foz do Iguaçu.

MOTA, S. C. ; HERNANDIS, B.; MAZARELO, K. P.; BATALHA V. & VERGARA L. (2015) Ecoeficiency and Enviroment Ergonomics to the production of ceramic bricks in the Brazilian Amazon - 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015.

MINAYO, M. C. S. Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Rio de Janeiro: Vozes, 2001.

NEAPL – Núcleo Estadual de Arranjos Produtivos Locais – Plano de Desenvolvimento Preliminar APL de Base Mineral – Cerâmico Oleiro – Cidade Polo Iranduba - 2009

PACHECO, K., HERNANDIS, B., & PAIXÃO-BARRADAS, S. (2012). La importancia del diseño sistémico para la competitividad de la fibra natural Amazónica de tucumã-i (Astrocaryum acaule) en el desarrollo semi-industrial de productos: Un estudio de caso para la categoría del vestuario. En U. R. Llull (Ed.), 2º Congreso Internacional de Diseño e Innovación. Sabadell: Escuela Superior de Diseño ESDi.

PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2011). Design mediante o uso de materiais naturais: análise de atributos essenciais ao desenvolvimento de novos produtos. Lisboa: VI Congresso Internacional de Pesquisa de Design, 10-12 Outubro.

PAIXÃO-BARRADAS, S., PACHECO, K., & HERNANDIS, B. (2012). La piedra natural como un material de diseño para el desarrollo de equipamiento urbano: reporte de un caso. ICONOFACTO , 8 (11), 77-95 .

RELATÓRIO ARRANJOS Produtivos Locais – APLs - GRUPO DE PESQUISAS EM MATERIAIS DE ENGENHARIA/UFAM – EDITAL MCT/CT-Mineral/CNPq Nº 44/201

RIVERA, J.; HERNANDIS, B.; MOTA, S. & MIRANDA, (2015). O. Immaterial elements as drivers of sustainability in products and services. The 22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering. 2212-8271 © Published by Elsevier B.V. Conference "22nd CIRP conference on Life Cycle Engineering.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DO ESTADO DO AMAZONAS. Legislação de Incentivos Fiscais do Amazonas. Lei nº 2.826/2003 – Amazonas: SEPLAN, 2009.

SCHUMAN, H.,& KALTON,G.(1985).Surveymethods. Em G.Lindzey&E.Aronson(eds.), Handbook of social psychology, 3rd ed. Vol. 11 – 1985. NewYork: RandomHouse.

SILVA, M. M. PEREIRA DA. Avaliação de perdas de blocos cerâmicos em Pernambuco: da Indústria ao Canteiro de obras. Dissertação Mestrado – Universidade Católica de Pernambuco. Curso de Mestrado Engenharia Civil 2007. Fonte: <http://www.unicap.br/tede//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=340>, [acessado em 25/02/14]

SWANN, C. (2002). Action Research and the Practice of Design. . Design Issues. , 18, 49- 61.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3360

Scrap denim-PP composites as a material for new product design

Gómez-Gómez, Jaime Francisco[a]; González-Madariaga, Francisco Javier[b]; Rosa-Sierra, Luis Alberto[c] ; León-Morán, Ruth Maribel[d] &Tobias Abt[e]

[a]PhD Materials Science & Engineering – Universidad de Guadalajara, Mexico. jaime.gomez@cuaad.udg.mx,

[b]PhD Tecnologic Innovation Projects – Universidad de Guadalajara, Mexico. francisco.madariaga@cuaad.udg.mx,

[c]PhD. Materials Science & Engineering – Universidad de Guadalajara, Mexico. alberto.rossa@cuaad.udg.mx,

[d]PhD Design – Departamento de Diseño Industrial, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Mexico. ruthleon@itesm.mx.

[e]PhD Materials Science & Engineering – Universitat Politècnca de Catalunya, Spain. tobias.abt@upc.edu.

Abstract

The growing interest of manufacturing companies to use its scraps as raw material to design and develop alternate products has led them to new ways of processing them. The present project arises from a jeans manufacturing company's interest on making an effort to reuse its daily denim scrap to manufacture a different kind of product without diversifying its capabilities. Some studies on denim-binder mixtures have been previously performed, amongst which binders such as corn starch and vinyl adhesives were used. In the present work some preliminary findings are shown using denim in its woven form combined with polypropylene, a common waste worldwide. The goal of this project is based on the assessment of some of the mechanical properties from the obtained mixtures in order to determine their attributes and possible fields of application in the process of designing new products. For that purpose, the materials' testing was structured in four stages regarding the variables linked to the diversification of the mixes. In the first stage a sandwich-like material was prepared, consisting of two denim skins and a polypropylene core. In the second stage a multilayered "film-stacking" material was developed. In the third stage, a combination was developed consisting of polypropylene mixed with 5% weight of shredded denim. Based on these preliminary findings and the inherent attributes of denim, the fourth stage is a first attempt to use the obtained materials to design new products. In this process an introductory material-product mapping was used in order to provide early insights and define scenarios and user profiles. The results of the whole process yield a first approach to configure future experiments using combinations of denim scrap and other thermoplastic polymers in order to use them in new product development.

Keywords: *Polymer-denim composites, upcycling, product development, user profiles.*

1. Introduction

There is a growing interest among some manufacturing companies to develop new composite materials based on upcycling its own industrial scrap to use it for product development. Composite materials are basically defined as a mixture of two or more constituent materials that possess different physical or chemical properties. To make such a combination, there must be at least 5% of one of these constituent elements, producing a material with considerably different properties from those of the individual components (Mathews, 2003). There are two phases in such materials: a continuous phase, known as the matrix (polymer, ceramic or metal), and a dispersed one known as the reinforcement (fibers and particles), which can have different configurations.

Polymer based composites are generally classified depending on the type of reinforcement employed in the mix: from particles of mineral origin such as talcum powder and clays, to fibers, either natural or synthetic.

In the case of polymer matrix-textile fiber mixtures, experimentation has been performed with linen using several polymer matrices such as polylactic acid (PLA), polyhydroxybutyrate (PHB), Polybutylene succinate (PBS), and polybutyrate (PBAT). It was found that the specific tensile strength and modulus of these composites were similar to those of glass fiber reinforced polyester (Bodros, et. al.: 2006) and are higher than composites such as PP-linen (Oksman, et. al.: 2003). Regarding PLA-denim composites, mechanical and thermal properties also improve compared to similar composites made with other fibers (Lee, *et al*: 2010). With respect to polypropylene-denim mixtures, Haque, et al (2014) reported that the more fibers are used, tensile strength decreases but in contrast, there is an increase in flexural strength.

Among industrial applications of polymer-cotton composites (denim being the most widely used) due to its properties, several car manufacturers use them in upholstered panels to improve acoustics in the interiors of certain vehicles (Ahmad, Choi & Park, 2014). Notwithstanding previous works, the present study is a first approach to evaluate such mixtures without the use of coupling or compatibility agent treatments, aiming to minimize or reduce reprocessing operations within the company.

On the other hand it is important to mention that research from Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), has found that plastics constitute 11% of the total composition of waste in Mexico (Frías, Lema & Gavilán, 2007). Solid waste of thermoplastic materials can be reused as raw material to produce new products, with the caveat that these materials can degrade during thermal reprocessing, partially diminishing some of its properties compared to its virgin counterpart. Regarding polypropylene (PP), the chosen material, it is a semi-crystalline polymer (presenting both crystalline and amorphous phases) and among its most useful properties, it has a wide processing window (allowing it to be transformed using a variety of processes) presenting greater stiffness and higher melt temperature than polyethylene. This material is considered a *commodity* in the world market given the fact that its demand constitutes 25% of the world plastics production (IHS, 2015) and due its wide range of molecular architectures and grades it is used to manufacture multiple kinds of products. In Mexico, this is the highest demanded resin, reaching an estimated quota in 2012 of about 1’102,000 tons per year (Conde, 2012).

The goal of the present work is to understand the effects of denim content in a thermoplastic polymer matrix. To attain this goal, three different combinations have been studied under tensile and flexural modes. It is possible to produce composite materials with industrial scrap that have similar properties of those to the unfilled polymer matrix. This is a first approach to the subject and therefore there are several variables to be considered in order to increase the mechanical performance of the new material described

in this document. Such variables include fiber orientation (for woven textile) or the effect of temperature on the fiber during processing, just to name a few.

On the other hand, mechanical properties aside, another important aspect of this project is that unlike other fibrous materials, denim's ubiquity in the global market and acceptance among consumers from different social backgrounds and ethnical contexts, has made it an important part of modern culture for its embedded meaning (Miller & Woodward, 2007). During the design process such aesthetic and symbolic qualities were key factors to develop alternative products with the denim-PP composites.

2. Method description

2.1. Materials for stages 1, 2 and 3

For these two stages, samples were prepared using denim in its woven form. The polymer used is a PP random copolymer supplied by REPSOL (Spain) with a MFI of 21 (230 °C; 2,16 kg, ISO 1133) and a density of 0.905 g/cm^3 (ISO 1183). The denim blend used has a composition of 76 % cotton warp, and 22 % polyester with 2% polyurethane weft.

For the third stage, and based on preliminary results from the previous stages, denim trim scrap was cut in small pieces and shredded using an industrial blending machine. Later the shredded denim fibers were sun dried and mixed with recycled PP scrap. This preparation used 5% wt of shredded denim fiber.

2.1.1. Sample Preparation

A compression molding IQAP-LAP model PL 15 hydraulic hot press machine was used for the sample fabrication. Two types of composite structures were prepared: a sandwich composite consisting of two denim skins and a PP core, and a multilayer laminate consisting of 4 layers of denim and 5 layers of PP in film stacking configuration. In order to obtain regular samples, the material was compression molded using a steel frame with a squared cavity of 150 mm by side and a thickness of 2.5 mm.

For the sandwich structure the core was molded with the following processing conditions: plate temperature set at 220 °C, a pressure of 4 MPa and a cooling time of 5 minutes. Afterwards the denim skins were thermally compressed to the core using the hot plates of the press during 2 minutes.

The multilayered composite was molded using an initial pressure of 1 MPa for 3 minutes to start melting the first layers of plastic and denim and pressure was progressively increased with each layer to reach 5 MPa. Temperature remained constant at 220 ºC during all the forming stages.

2.1.2. Experimental procedure

Prismatic specimens for flexural and tensile testing (see figure 1) were obtained from the plaques using a precision circular saw. All tests were performed with a Galdabini Sun 2500 universal testing machine using a 5kN load cell. Three point bending flexural tests were performed in accordance to the ISO 178 standard with a crosshead speed of 1 mm/s. Tensile tests were performed in accordance to the ISO 527 standard.

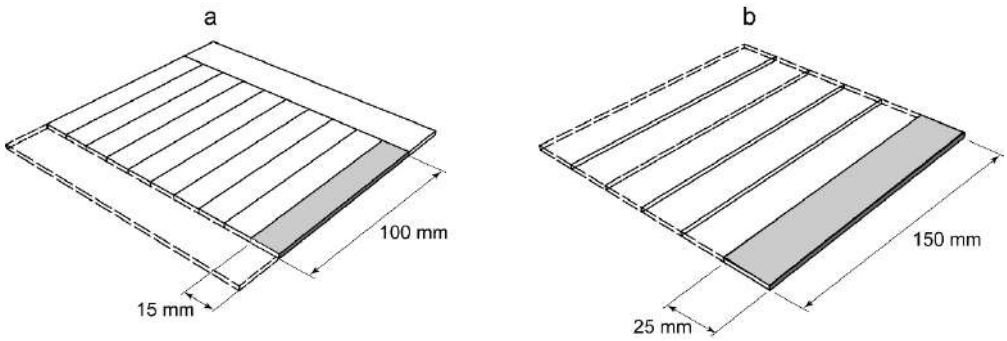


Fig. 1. Specimen sectioning for: a) flexural testing; b) tensile testing.

3. Results and discussion

Results of both, the tensile and three point bending flexural tests are presented in table 1. It can be observed that all the elastic modulus values from the new composites fall below the virgin plastic materials' and that their maximum strengths do so in a larger scale. In the specific case of the sandwich material, these values –elastic module and maximum strength- are not much different from those of the virgin polymer matrix.

The film stacking multilayered material presents even lower values to those observed on the sandwich configuration. This means that as the content of fabric increases in this composite, the mechanical properties will decline. This is attributable to the fact that the stiffness of the fabric is lower than that of the polymer matrix's, therefore instead of reinforcing the composite material it weakens the new product.

Table 1. Denim-PP composites' mechanical properties compared to virgin PP.

	Tension			Bending		
Specimen	**E (MPa)**	**□M (MPa)**	**□B (%)**	**Eb (MPa)**	**□□M (MPa)**	**□fB (%)**
PP (virgin)	1322 ± 78	42 ± 2	>100	737 ± 72	39,3 ± 0,3	n/b
Denim	283 ± 4	26 ± 1	30 ± 3	-	-	-
Sandwich	1064 ± 65	22 ± 3	12 ± 3	643 ± 208	19,7 ± 7,8	n/b
Film stacking	-	-	-	305 ± 70	18,5 ± 2,5	n/b
PP + denim shreds	-	-	-	551 ± 80	12.6 ± 1,0	n/b

The mechanical properties in tensile and flexural mode of these composites can be observed in figures 2 and 3. It is quite noticeable that the performance of these materials is below the performance of virgin PP. In other experiments (Foulk, et al, 2006) it has been observed that the mechanical performance of the composite can increase by using coupling agents and compatibilizers.

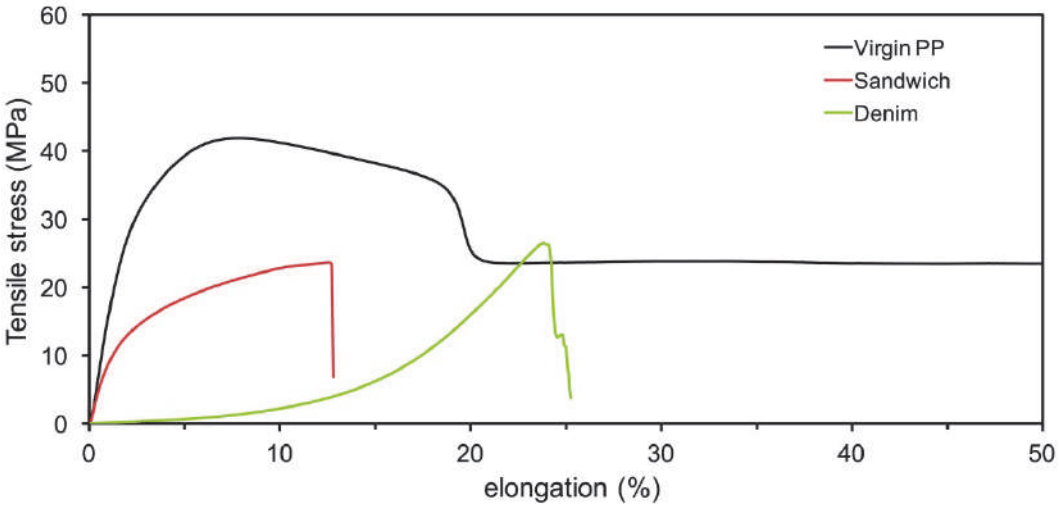


Fig. 2. Tensile behavior of denim-PP composites with respect to the unfilled material.

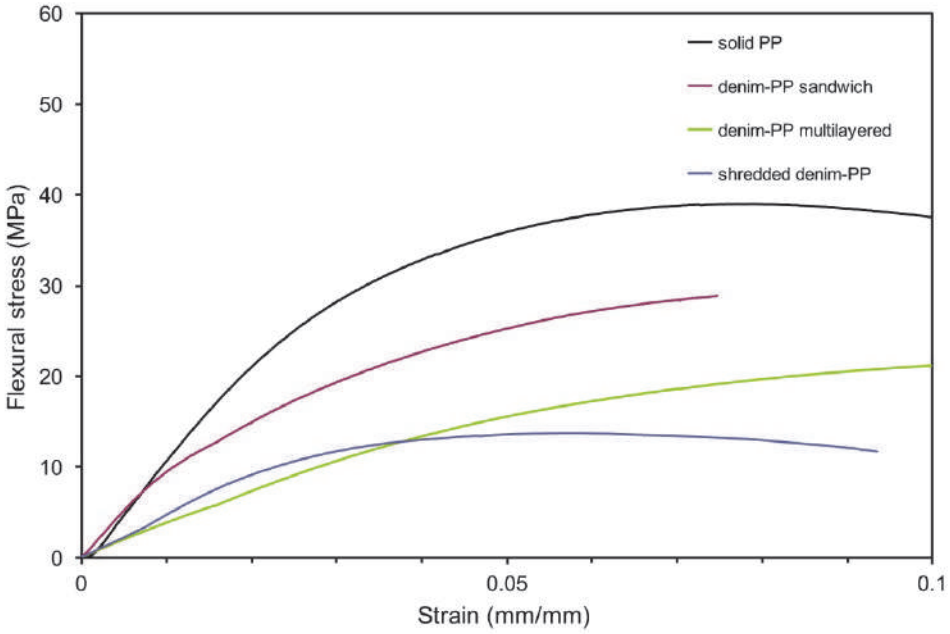


Figure 3. Comparative study of denim-PP composites' flexural behavior against virgin PP.

Considering the results from table 1, the sandwich structure in tensile mode has a Young's Modulus similar to the virgin material. This is due because at low strain rates, the fabric does not work mechanically until 10 % of elongation, whilst the denim-PP composite breaks just above this value. The maximum strength value falls down to half the one from the virgin material. Mechanically, denim fibers do not work but occupy a significant volume of the composite, therefore, denim acts more as internal and superficial defects and consequently weakens the new material. This can be seen more clearly in the ultimate strength and strain values, but not in the modulus.

Regarding flexural tests, (see figure 3) it is noticeable that they present a similar trend to the one observed in tensile mode tests. Unlike the latter, flexural tests, stop at 5% elongation, and at this point of the test the load will not break the specimen. Conversely, the material tested in tensile mode (see figure 4) displays little or no plastic deformation at the fracture zone, this means that the fabric inhibits the plastic deformation of the matrix which, by itself is capable of doing so if subjected to heavy loads. It can be observed that strain values drop significantly with the inclusion of denim fabric.

The fabric alone was tested under tensile mode and it can be observed that it tears at very long crosshead displacements (see figure 2). It is clear that this material presents very low stiffness compared to the composites but it starts tearing at higher strengths than those of the new composites.

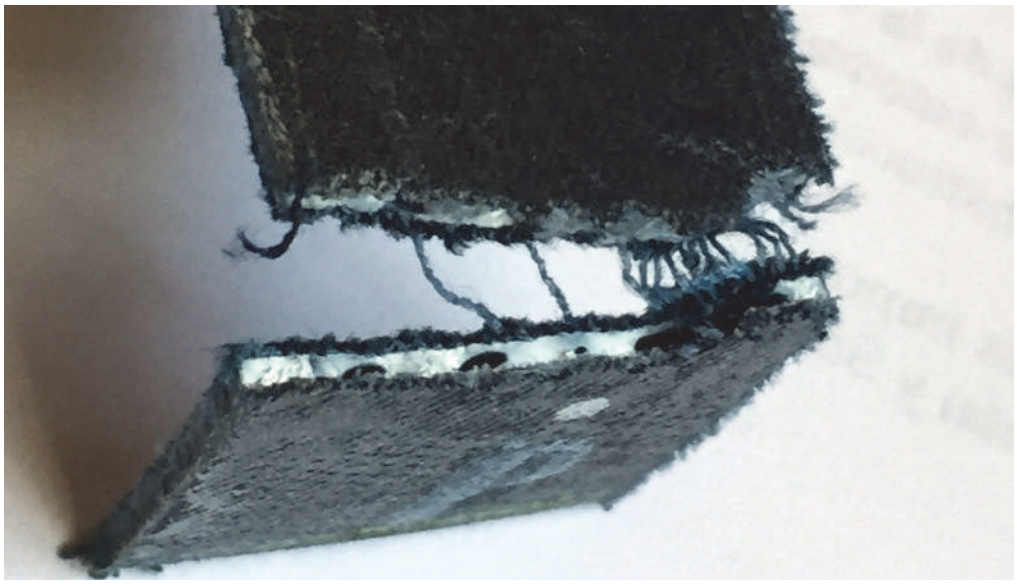


Fig. 4. Close up at the fracture zone of denim-PP tensile specimen.

Flexural tests of the shredded denim-pp mix show a similar behavior to the one observed in the sandwich and multilayered preparations. Despite displaying a lower stiffness compared to the virgin material, the values are higher than those observed in the multilayered composite. There is also a change in behavior in the elastic zone of the curve, where the slope becomes slightly steeper at low strain rates (see figure 3). This can be attributed to the presence of knots within the mix, affecting the interphase between the fibers and the polymer matrix. These samples presented low stiffness and moderate plastic deformation accompanied by delamination, hinting a possible use in applications under impact mode.

4. Stage 4: Design research and material application

Once the mechanical tests were performed, the resulting properties were given to the design teams in order to understand the material's application possibilities. Due to the fact that these composites presented similar or lower stiffness values and limited strengths compared to virgin PP, a property comparative was developed. Another important aspect that was kept in mind about the composites was its low apparent density (0.75 g/cm^3 for the shredded denim-PP composite, and 0.88 g/cm^3 for the layered materials) a quality suitable for products that could potentially benefit through weight reduction. At this point, in order

to build scenarios, the teams reviewed what had been done with denim outside the garment industry. The results of this first material-product mapping were graphically presented in material-product map shown in figure 5.



Fig. 5. Material-product mapping.

The teams identified several uses with different forms of this material: shredded fibers, partially shredded, trimmed figures, in combination with a variety of binders, such as eco-resins, and thermoplastics. In few cases, to say the least ones, some products were developed making new yarns from denim shreds to produce new fabrics.

Another key element observed during this stage was that denim fibers were visible in most of the composites developed with them, adding a distinctive trait to the final product. From this analysis, several areas of opportunity were drawn: home decoration, architectural and construction applications, car parts, fashion accessories and apparel, personalized accessories and safety gear. As research continued, the design teams observed that many of these products were offered to a particular type of user: an environmentally conscious well educated kind, yet eager to acquire new/fashionable items. Considering denim's symbolic qualities and the idea that this industrial trim/scrap can be used to make new materials and contribute to protect/preserve the environment, designers explored the possibility of developing tailor-made products.



Fig. 6. Urban cyclist psychometric profile.

For this purpose, two user profiles were studied: a) young professionals using technologies in their daily life; b) urban cyclists. In both cases, these users openly express their points of view and have an easy-going lifestyle. In the present work the attention will be given to the second group. In figure 6 the user profile is graphically explored.

Urban cyclists are a new kind of social movement. It is mostly about young people, aged between 15-25, the eldest are attending college or studying a major, and most of them are tech savvy. For this group, riding in the city is a personal statement and as they keep up with it, they are subjected to different kinds of threats, such as heavy traffic, occasional harsh weather conditions and continuous dog chases, just to name a few. The design team surveyed a sample of 100 urban cyclists from the city of Guadalajara, in order to understand their specific needs. Due to its lower stiffness, at first the team thought of designing a tool pouch based on the multilayered material, but the survey showed that most of the users would rather have someone with mechanical skills repair their bicycles. Instead, the object that was mostly sought after were cargo bags. Another question of the survey confirmed the assumption regarding the willingness to acquire products made with recycled materials: 90% had a positive response. In the following step, the team analyzed several products that were manufactured using different kinds of industrial waste, and compared their properties. A radar comparison graph is shown in figure 7.

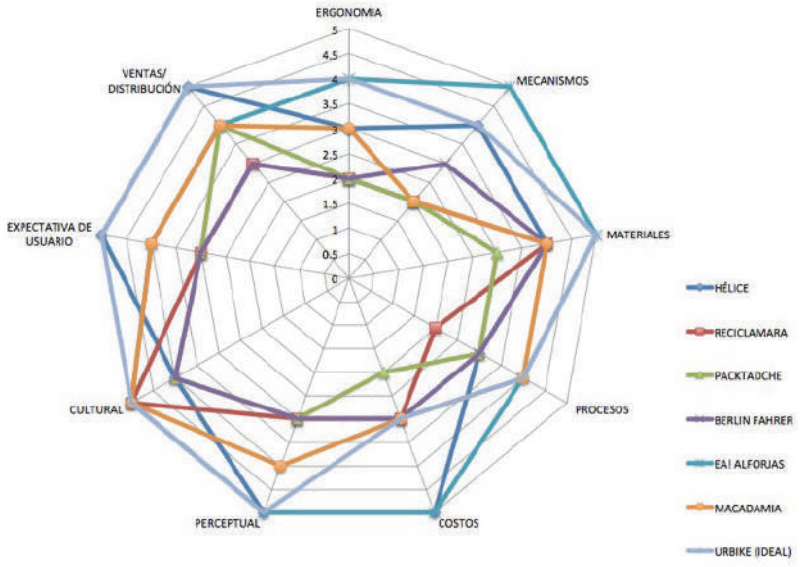


Fig. 7. Radar comparative graph.

Six products are displayed in this graph but four were rather significant by the materials employed for their fabrication: recycled tire tubes, cardboard, recovered leather, and recovered canvas. Some materials with lower densities than the denim-PP composite presented certain inconveniences: cardboard had a limited durability; tire tube products were not so appealing despite its inherent flexibility; recovered leather was relatively heavy; and canvas is not completely puncture resistant. Designers chose to use the sandwich structure instead of the multilayered, taking advantage of its higher stiffness and low density. Figure 8 shows several sketches of the product.

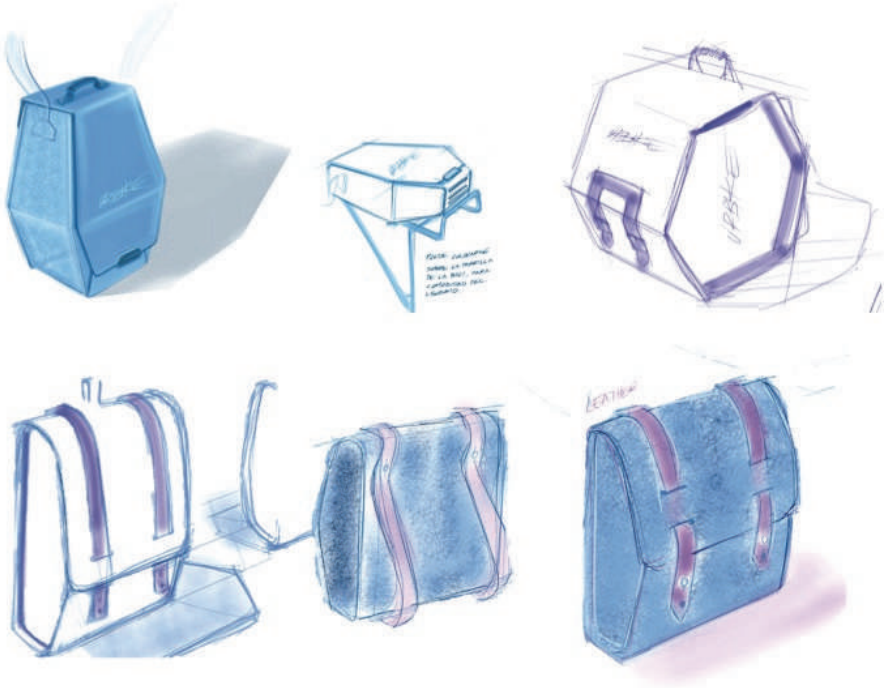


Fig. 8. cargo bag sketches.

5. Conclusions

In the present study some mechanical properties of denim scrap-PP composites were evaluated. It was observed that none of the mixtures had a higher mechanical performance than the virgin polymer matrix. Despite the results, the stiffness of some mixtures was not drastically affected by the denim fibers. Designers were able to compare the preliminary findings with data from other materials and managed to understand the possibilities of the new material to be used in the fabrication of a product. During this process, information visualization became an important strategy to understand the new materials as well as the users and their needs. It is important to note that more research is needed to fully understand the properties of the composites and assess its application for product development.

6. Acknowledgements

This work was financed through Programa de Desarrollo del Profesorado (PRODEP) and tests were performed at Centre Català del Plàstic. Special thanks to the designers participating in this project: Sayda Mascareño, Sandra Padilla, Abigail Hermosillo, Ana León, Mariel Vázquez and Eric Nápoles.

7. References

BODROS, E. et. al., (2007) "Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fiber be used in structural applications?" *Composites Science and Technology,* (Volume 67, Issues 3-4, pp. 462–470).

CONDE, M. (2012) "Presente y futuro de la industria del Plástico en México", en *Ambiente Plástico, Centro empresarial del Plástico*, México, D.F.

FOULK, J., et. al. (2006), Analysis of Flax and Cotton Fiber Fabric Blends and Recycled Polyethylene Composites. *Journal Of Polymers And The Environment,* 14(1), 15-25. doi:10.1007/s10924-005-8703-1.

HAQUE, M., & Sharif, A. (2014). Processing and Characterization of Waste Denim Fiber Reinforced Polymer Composites. *International Journal Of Innovative Science And Modern Engineering*, *2* (6), 24-28.

IHS. (2015). *Chemical Economics Handbook Polypropylene Resins.* < https://www.ihs.com/products/polypropylene-resins-chemical-economics-handbook.html> [Consulted: 7 jul 2016].

LEE, J. T., et. al., (2010), Mechanical Properties of Denim Fabric Reinforced Poly(lactic acid). *Fibers and Polymers,* Volume 11, No.1, pp. 60-66.

MATTHEWS, F.L., & RAWLINGS R.D. (2003), *Composite Materials: engineering and science, 1st* ed., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, ISBN 1 85573 473 7.

MILLER, D. & WOODWARD, S. (2007). Manifesto for a study of denim*. *Social Anthropology, 15(3)*, pp 335-351.

OKSMAN, K., et. al. (2003), Natural fibers as reinforcement in polylactic acid (PLA) composites. *Composites Science and Technology,* Volume 63, Issue 9, pp. 1317–1324.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3357

A eficiência da materialidade. O recurso a ferramentas digitais de simulação e fabricação aditiva na procura de uma maior eficácia dos dispositivos

Gonçalves, Sérgio[a]; Mateus, João[b] & Hernandis-Ortuño, Bernabé[c]

[a] Escola Superior de Artes e Design de Caldas da Rainha, Instituto Politécnico de Leiria, Laboratório de investigação em Artes e Design, Centro de Desnvolvimiento Rápido e Sustentado de Produto, Portugal. sergio.goncalves@ipleiria.pt

[b] Escola Superior de Artes e Design de Caldas da Rainha, Instituto Politécnico de Leiria, Laboratório de investigação em Artes e Design, Centro de Desnvolvimiento Rápido e Sustentado de Produto, Portugal. sergio.goncalves@ipleiria.pt jvmateus@ipleiria.pt

[c] PhD Full Professor - Universitat Politècnica de València, Spain. bhernand@upv.es.

Resumo

A praxis do Design de produtos, condicionada pelas crises sociais e ambientais que o mundo atravessa, deve passar pela procura de uma cada vez maior eficiência dos objetos na sua dimensão ambiental. Embora esta questão esteja a jusante de questões eventualmente mais relevantes na minimização deste problema, e que têm a ver com a legitimação da própria existência dos dispositivos, a otimização do recurso a matérias-primas no fabrico de objetos é de fulcral importância. A possibilidade de otimizar os produtos pela redução da incorporação de matéria-prima no seu fabrico e adequar o material a uma determinada utilização é central no seu processo de desenvolvimento. Por outro lado, as novas possibilidades trazidas pela fabricação aditiva no sentido de reduzir a quantidade de materiais e processos industriais associados à produção de componentes técnicos complexos permitem perspetivar uma melhoria significativa do impacto ambiental tradicionalmente associado à sua obtenção.

O presente artigo procura examinar como as tecnologias digitais de análise, otimização e fabricação aditiva poderão constituir uma resposta viável para uma produção mais eficiente do ponto de vista da incorporação de recursos não-renováveis e da minimização do impacto ambiental associado às tecnologias de produção tradicionais.

Será efetuada uma pesquisa bibliográfica relativa à questão da sustentabilidade e tecnologias de fabricação aditiva, assim como às suas relações com o design.

Serão seguidamente identificados exemplos que testemunhem o estado atual da aplicabilidade destas tecnologias na produção direta de objetos, a partir dos quais se procurarão tirar conclusões que permitam entender em que medida as tecnologias aditivas poderão ter um impacto positivo na sustentabilidade ambiental, e como poderá o design posicionar-se perante esta nova realidade.

Palavras chave: *design, sustentabilidade, fabricação aditiva.*

Abstract

The praxis of product design, conditioned by social and environmental crises that the world is facing, must go through the search for increasing efficiency of objects in its environmental dimension. Although this issue is downstream from possibly more relevant issues to minimize this problem, and that have to do with the legitimacy of the existence of the devices themselves, optimizing the use of raw materials in the manufacture of objects is of crucial importance. The ability to optimize products by reducing the incorporation of raw materials in their manufacture and adapting the material for a particular purpose, is central to the development process. Moreover, new possibilities brought by the additive manufacturing to reduce the amount of materials and industrial processes associated with the production of complex technical components, allows to foresee a significant improvement in environmental performance traditionally associated with its obtainment.

This paper seeks to examine how digital Technologies of optimization, analysis and additive manufacturing, may constitute a viable response to a more efficient production from the point of view of the incorporation of non-renewable resources and minimize the environmental impact associated with traditional production technologies.

A bibliographic research on the issue of sustainability and additive manufacturing technologies, as well as its relations with design will be made.

Examples will then be identified, which witness the current state of the application of these technologies in the direct production of objects, from which the drawing of conclusions will be sought, allowing us to understand to what extent the additive technologies can have a positive impact on environmental sustainability, and how can the design positions itself to this new reality.

Keywords: design, sustainability, additive manufacturing

1. Introdução

A problemática ambiental subjacente da atividade humana tem, na atualidade, uma urgência que cresce a cada dia que passa. Passamos a coexistir no quotidiano com os dramáticos impactos da atividade desregulada do mundo ocidental, com consequentes catástrofes ambientais e uma enorme pressão sobre os ecossistemas, a qualidade do ar e da água. A situação atinge proporções dramáticas em países com elevados níveis de produção industrial, como a China, mas também em países pobres como o Gana, apenas para dar dois exemplos que ilustram a capacidade devastadora da atividade humana, independentemente da prosperidade ou situação geográfica dos países. Sendo desde há muito conhecida a realidade de Agbogbloshien no Gana, para onde, segundo o site *WorstPolluted.org*, são anualmente exportadas 215.000 toneladas de lixo eletrónico (que se prevê poder chegar ao dobro em 2020, no caso de

se manter a linearidade do crescimento económico), o alarme soou veementemente no final de 2015 com o elevado nível de poluição do ar atingida em Pequim, para onde uma empresa canadiana passou a exportar ar embalado no início de 2016. Segundo o site do jornal The Telegraph, *"Cada embalagem de 7,7l é vendida por um montante aproximado de €13, o que representa um custo 50 vezes maior que uma garrafa de água mineral na China."* O ar passou assim de um bem vital gratuito a um produto transacionável, não por capricho ou excentricidade, mas por necessidade vital. Adensa-se, portanto, com o passar do tempo, a nuvem que paira sobre a humanidade, apesar das preocupações ambientais fazerem parte do debate mundial desde os anos sessenta, fortemente impulsionado pelo livro "Silent Spring" de Rachel Carson, que Al Gore qualifica como o "*registo de nascimento do movimento ecológico*".

Nos anos setenta, o design começa a considerar a questão ambiental como tema central da sua atividade. Tomás Maldonado, já em 1970 reconhecia que, "*o ambiente humano, um dos muitos subsistemas que compõem o vasto sistema ecológico da natureza é o único subsistema que possui a capacidade virtual e real de provocar perturbações substanciais – isto é – irreversíveis, no equilíbrio dos outros subsistemas"* (Maldonado, 1970). No ano seguinte, Victor Papanek publica o livro "*Design for the real world*", obra que se foi tornando referencial, e que já nessa altura alertava para a necessidade de repensar a prática do design, alegando que "*Nunca afirmaremos suficientemente que, nos problemas de poluição, o designer está mais implicado que a maioria das pessoas*" (Papanek. 1971).

45 anos passaram desde a publicação do livro de Papanek, e apesar de todos os esforços, estratégias, metodologias, campanhas e diferentes abordagens ao design, os resultados são diminutos, e não foram compensando a degradação galopante do ambiente.

A mudança necessária deveria passar por mudanças a vários níveis, a maior parte dos quais sociais e políticos, mas também ao nível da forma como são projetados, fabricados e utilizados os objetos e diferentes dispositivos.

A forma de projetar e produzir está em plena mudança. As tecnologias digitais de modelação evoluíram num curto espaço de tempo, começando pela capacidade de modelar e visualizar objetos em ambiente virtual, seguindo-se a capacidade de imprimir esses modelos a três dimensões. A tecnologia progrediu e atingiu a capacidade real de produzir objetos e componentes mecânicos fiáveis e precisos, de forma direta e em diferentes tipos de materiais. Esta possibilidade coloca o design perante uma forma completamente nova de se relacionar com o fabrico e a difusão dos objetos e obriga-o a entender como se adaptar às novas possibilidades tecnológicas, e sobretudo, entender em que dimensão estas poderão contribuir para minimizar os impactos associados à produção.

2. A eficiência da materialidade

Embora se parta do princípio que a questão da sustentabilidade ambiental não se limita às questões relacionadas com a matéria e a sua transformação em objetos, esta é uma dimensão determinante na resolução do problema. A eficiência da materialidade, entendida enquanto qualidade do que é material, é um aspeto incontornável. Este é o foco central da maioria das áreas que se debruçam sobre a sustentabilidade dos objetos na sua dimensão material, nomeadamente o eco design, o *cradle-to-cradle* ou a economia circular. A redução da quantidade de matéria processada para satisfazer as necessidades das sociedades contemporâneas deverá decrescer substancialmente, de forma a poder encarar-se a possibilidade de um futuro para o planeta.

"*Starting from here, while bearing in mind the growing population, as calculated, and the growing demand of the emerging and developing countries, as justified, the third parameter surfaces –*

technological eco-efficiency – with a rather impressive result: the sustainable requirements are realistic, but only if eco-efficiency is increased 10-fold. In other words: we can consider as sustainable only those production–consumption systems that employ 90% less material input per unit of service than is actually accounted for in contemporary industrial society." (Vezzoli & Manzini, 2008)

Manzini conclui que tal implicará um processo de desmaterialização do que a sociedade procura para melhorar a sua qualidade de vida. Esta consistiria numa redução drástica da quantidade de produtos e serviços necessários para uma qualidade de vida socialmente aceitável, acompanhada de um decréscimo colateral dos fluxos de material e energia utilizada, referindo ainda que tal pode ser conseguido através da redução da procura de produtos e serviços incrementando a inteligência do sistema, e diminuindo os seus fluxos de material e energia.

O panorama atual dos produtos de grande consumo continua a basear-se numa forte incorporação de energia e matérias-primas. A forma dos objetos está dependente de constrangimentos tecnológicos que muitas vezes condicionam a sua eficiência, na medida em que constantemente necessitamos de balancear o que se quer fazer com o que a tecnologia permite fazer.

3. Tecnologias digitais no design de produtos

3.1 Considerações gerais

Há 26 anos, Alan Pipes (Pipes, 1990), escreveu nas primeiras linhas do seu livro que o CAD (*Computer Aided Design*) poderia alterar a função do designer antevendo a importância que as tecnologias digitais 3D teriam no seu trabalho, e ainda antes de ser patenteada a primeira impressora 3D afirmou que "*... the need for prototypes may not be eliminated, but fewer of them will be required and the ones that have to be made will be nearer to the real thing.*" Anos mais tarde, Chang (Chang et al, 1998) definiu novos princípios orientadores visando a produção rápida do produto com a integração objetiva de metodologias digitais no paradigma de produção DFM (*Design for Manufacturing)*. Também Hague (Hague et al, 2003), referindo-se aos novos processos aditivos de fabricação, propõe o uso destas tecnologias como uma filosofia aplicada de projeto, desde as etapas iniciais do desenvolvimento do produto com o objetivo de projetar artefactos de forma mais flexível e económica e considera que "*... This new design freedom will place much more responsibility on the designer to think about exact requirements of a part*".

No livro "*Digital Design and Manufacturing*", Schodek (Schodek et al. 2005) efetua uma análise detalhada das tecnologias digitais aplicadas ao design industrial e destaca a prototipagem rápida e a "*free-form fabrication*" como ferramentas ideais para o que apelida de "*soft tooling*", e moldes utilizando metais em pó para produzir objetos de extrema complexidade. Na sequência desta evolução, Ian Gibson (Gibson, 2010) amplia o alcance do DFM para o conceito de emergente DFAM (*Design for Additive Manufacturing*). Considerando a possibilidade dos designers ignorarem os constrangimentos inerentes a processos tradicionais de produção afirma: "*... maximize product performance through the synthesis of shapes, sizes, hierarchical structures, and material compositions, subject to the capabilities of AM technologies*."

Wholers (Wholers, 2011) assume a fabricação aditiva como um processo emergente de produção e acredita que num futuro próximo se tornará a tecnologia de maior utilidade no desenvolvimento e fabrico de produtos:

"*Additive manufacturing (AM) is going places that many of us never anticipated. Frankly, I believe we've only seen the tip of the iceberg. The more I explore the future potential of AM and 3D printing*

technology, the more excited I become. I truly believe that AM will develop to become the most useful technology for the development and production of products than any other".

No livro "*Fabricated: The new world of 3D printing*" Lipson (Lipson et al, 2013) afirma que a impressão 3D já não é uma nova tecnologia dado que há décadas que existem equipamentos a produzir objetos e, segundo o autor *"... in the past few years, 3D printing technology has been driven rapidly forward by advances in computer power, new design software, new materials, and the rocket fuel of inovation, the Internet*."

3.2 Fabricação/Produção Aditiva (additive manufacturing)

Apesar da expressão Impressão 3D (3D Printing) ser utilizada vulgarmente para definir este tipo de tecnologias o comité ASTM (Intenational Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies) define a fabricação aditiva como:

"...additive manufacturing as the process of joining materials to make objects from 3D model data, usually layer upon layer, as opposed to subtractive manufacturing methods. Synonyms include additive fabrication, additive processes, additive techniques, additive layer manufacturing, and freeform fabrication."

O termo Impressão 3D, mais específico, é definido pelo comité ASTM 42 como a fabricação de objetos através da deposição de material utilizando um cabeçote de impressão, um bocal ou outra tecnologia de impressão. É normalmente associado a sistemas de baixo custo e equipamentos com capacidades de fabricação aditiva limitada.

A FA é utilizada para construir modelos físicos, protótipos, madres, componentes de ferramentas e produzir diretamente peças em plástico, metal, cerâmica, vidro e materiais compósitos.

3.3 Processos

Todos os processos da FA apresentam semelhanças. O conceito base é o mesmo. Partindo de um modelo CAD 3D, a fabricação consiste na junção de materiais em sucessivas camadas. Hopkinson (Hopkinson, 2006) identificou mais de vinte sistemas de prototipagem rápida mas reconhece que parte deles não terão capacidade para fabricar diretamente objetos funcionais. Num estádio anterior da tecnologia, os processos de FA eram divididos em três categorias que dependiam do estado inicial da matéria-prima utilizada. Chua (Chua, 2005) e Volpato (Volpato, 2007), separavam os processos em três grupos: os baseados em líquido, os baseados em sólido e os que utilizavam material pulverizado.

Em janeiro de 2012, o comité ASTM F42 aprovou uma lista, definindo designações e especificações para cada processo, que denominou "*Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies*":

Extrusão de materiais (*material extrusion*) - processo aditivo onde o material é seletivamente distribuído através de um bocal ou orifício;

Ejeção de materiais (*material jetting*) - processo aditivo onde gotículas do material de construção são seletivamente depositadas;

Ejeção de ligante (*binder jetting*) - processo aditivo onde o líquido ligante é seletivamente depositado para agregar materiais pulverizados;

Laminação em folha (*sheet lamination*) - processo aditivo onde folhas de material são cortadas e ligadas por camada para formar o objeto;

Foto polimerização em cuba (*vat photo polymerization*) - processo aditivo onde um líquido depositado numa cuba é seletivamente curado através de luz;

Fusão em cama de pó (*powder bed fusion*) - processo aditivo onde energia térmica funde seletivamente regiões determinadas na cama de pó;

Deposição por energia direcionada (*directed energy deposition*) - processo aditivo onde um foco de energia térmica é utilizado para fundir materiais que vão derretendo à medida que são depositados.

3.4 Vantagens da produção aditiva

O facto destas tecnologias, de uma forma geral produzirem objetos por sobreposição de secções planas, faz com que se possam obter formas altamente complexas sem a necessidade de se possuir particular conhecimento ou destreza técnica. O tempo associado à obtenção desta forma é assim drasticamente reduzido, ao mesmo tempo que são possíveis formas outrora impensáveis de serem produzidas com as tecnologias de fabrico convencionais.

A forma complexa ganha viabilidade, uma vez que a sua produção passa a ter um valor de produção semelhante ao da forma simples e, como refere Diegel (Diegel et al, 2010) "*... With additive manufacturing, complexity and geometry no longer affect manufacturability."*

A possibilidade tecnológica de reduzir os constrangimentos formais a que estão sujeitos os produtos permite caminhar no sentido de dispositivos mais eficientes tecnicamente, e mais duráveis emocionalmente quer pela satisfação técnica que proporcionam quer pela possibilidade de os aproximar mais das reais necessidades e espectativas dos utilizadores.

Apesar dos materiais utilizados nos processos que permitem peças mais perfeitas, dado a sua especificidade e complexidade na produção, apresentarem na generalidade custos elevados, o facto de se utilizar apenas a quantidade necessária para produzir o objeto evita desperdício e, como Alice Rawsthorn menciona "*...which is not only beneficial environmentally, but financial too, because it reduces the risk of manufacturers wasting money on superfluous raw material.*" (Rawsthorn, 2013)

4. Relação do design com a produção aditiva numa perspetiva de sustentabilidade

Nas palavras de Nathan Stegall (Stegall. 2006), "*The field of design... has become a major focal point for sustainability, which is not surprising since poorly designed industrial systems, products, and buildings can greatly contribute to environmental and social degradation*."

Entende-se que neste domínio, nomeadamente em termos da qualidade dos dispositivos e do seu impacto na natureza, as tecnologias de produção aditiva vieram ampliar a possibilidade do design poder produzir objetos mais eficientes, mais duráveis, mais próximos dos utilizadores, e simultaneamente menos nocivos na sua relação com o ambiente. Como Alice Rawsthom conclui "*... 3D printing also offers an important opportunity to make progress on the sustainable front.*" (Rawsthorn, 2013)

Inicialmente, as tecnologias de impressão 3D utilizavam-se unicamente para a produção de modelos de estudo, integrados no processo de desenvolvimento do projeto. Ainda na atualidade, e embora as tecnologias aditivas sejam já utilizadas em várias áreas, nomeadamente na medicina e na indústria aeroespacial, este tipo de tecnologia está muito associada à ideia de modelo e não de produto, na medida em que as tecnologias mais democratizadas (*makers*) ainda não atingiram um nível de rigor superficial ou uma resistência física adequada à maior parte das utilizações. Por outro lado, os produtos que já se fabricam com recurso a estas tecnologias apresentam custos elevados que não permitem a sua maior difusão, e são essencialmente utilizados em situações específicas em que se mostraram competitivos face às tecnologias até agora utilizadas. Com o seu desenvolvimento, as tecnologias aditivas deixarão de ser

entendidas como ferramentas de prototipagem para passarem a ser entendidas como ferramentas de produção.

A própria relação do designer com o utilizador poderá mudar, e esta nova forma de relacionamento permitirá uma maior adaptação dos produtos aos utilizadores, mas também a possibilidade de recolher dados sobre o desempenho do objeto de uma forma muito mais direta, na medida em que se reduzem os filtros ou intermediários da informação.

O relatório de 2012 da CSC (*Computer Sciences Corporation*) (CSC, 2012) aponta já uma substancial diferença nessa relação[69] que passará por um encurtamento da cadeia, nomeadamente no que se refere à montagem, distribuição, armazenamento e venda. O design poderá nesta medida obter um maior proveito económico, garantindo em simultâneo ao utilizador um menor custo de aquisição e uma maior qualidade e adaptação às suas necessidades específicas.

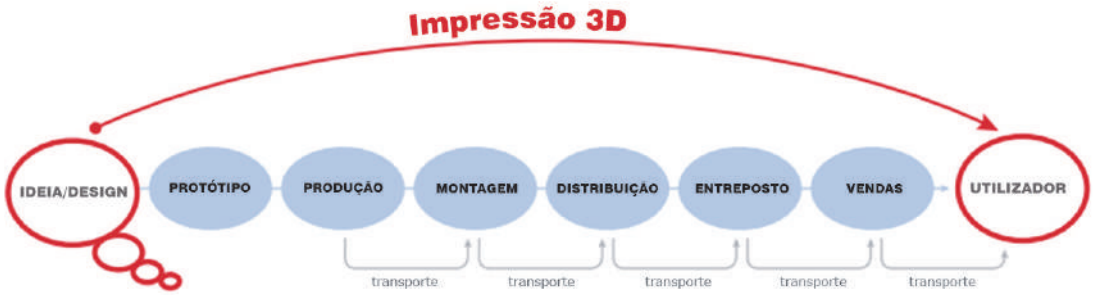


Fig. 1 A oportunidade de longo prazo para particulares (Fonte: Adaptado de (CSC, 2012))

Os produtos dispensarão também o enorme custo económico e ambiental associado ao seu transporte entre as diferentes fases do seu ciclo, e a toda a logística associada.

A adaptação do design e da produção aditiva, numa perspetiva de sustentabilidade ambiental, poderá ser analisada através da sua possibilidade de correspondência a uma estrutura de economia circular, cuja intenção é eliminar o lixo ou a poluição, através de uma relação com os objetos que passa pelo seu uso, cuidado, reparação, reutilização e reciclagem.

4.1 Adaptação ao utilizador

Nas economias desenvolvidas, a customização era a norma para ricos e pobres, isto até à revolução industrial, quando a mecanização permitiu produzir grandes quantidades de objetos estandardizados de forma mais eficiente e económica do que a produção convencional (Rawsthorn, 2013).

A produção baseada numa tecnologia que se desliga da necessidade de estandardização, na medida em que a obtenção de formas deixa de estar dependente de moldes ou ferramentas específicas, permitirá estabelecer uma ligação, outrora muito improvável, entre o utilizador e o designer, facilitando fortemente a precisão com que o objeto se adapta à sua utilização específica.

[69] Embora o relatório se refira aqui ao "design" como "desenho", na perspetiva de um utilizador poder imprimir diretamente os objetos que desenha na impressora que possui em casa, o diagrama fornece uma imagem clara daquela que pode ser entendida como a realidade da relação entre o designer e o utilizador, assim como as vantagens ambientais daí decorrentes.

Quer seja através de dispositivos médicos, como aparelhos ou próteses, quer seja através das opções que muitas empresas já disponibilizam (opções estas geralmente limitadas a um leque de escolhas definido), a possibilidade de personalização dos produtos tem vindo a aumentar, o que permite prever que o nível de adaptação terá tendência a acompanhar esta evolução.

Poderemos antever ironicamente um regresso a uma relação entre o utilizador e os produtos semelhante à que prevalecia na pré-industrialização, em que muitos objetos comuns, desde roupa a mobiliário, eram fabricados por medida.

A adaptação ao utilizador é também potenciada pelo facto do protótipo, em rigor, passar a ter o mesmo custo que qualquer um dos seus múltiplos, e o primeiro protótipo validado, mesmo para uma série elevada, pode imediatamente ser vendido e utilizado. Salvo em negociações por escala, as peças de uma pequena série custam exatamente o mesmo que as de uma grande.

Um utilizador, com o mínimo conhecimento informático, passará a relacionar-se muito facilmente com o produtor em plataformas na internet. Provavelmente, tal como se desenvolveu globalmente o serviço de cópia, impressão e digitalização de documentos, também esta tecnologia estará disponível em todas as cidades, e a fabricação de objetos passará a ser local, perto do utilizador.

Como afirma Stegall "*...another implication for the form of a product is decentralization: products that make people dependant on large, centralized, distant organizations (current power companies and large power generation plants are prime examples) encourage people to be ignorant of how they work and their environmental impact*." (Stegall, 2006)

4.2. Aumento da vida útil dos produtos

Uma das dimensões mais interessantes oferecidas pela produção aditiva é a sua capacidade de contribuir para uma maior duração dos produtos. Esta é determinante na perspetiva da sustentabilidade, na medida em que reduz significativamente a necessidade de substituição dos dispositivos por razões de falência técnica ou por razões emocionais.

Em termos de relação emocional, a possibilidade dos produtos serem mais personalizados estabelece relações mais duráveis com os utilizadores. Diegel (Diegel et al. 2010) refere-se a esta questão ao afirmar que "*... Designers can stimulate desirability, increase pleasure and deepen attachment by designing products that not only function better, are more aesthetically pleasing than comparable products, but are also tailored to better suit the individual needs of the user.*"

O aspeto mais interessante consiste no fato das tecnologias de fabricação aditiva poderem contribuir para aumentar a vida útil dos produtos já existentes. Frequentemente somos confrontados com pequenas avarias, que implicam a substituição de uma peça. Não menos frequente é essa peça já não existir no mercado, ou implicar um custo de tal maneira elevado que torna mais económica a substituição do objeto todo por um novo. Em muitos casos, seria possível prolongar consideravelmente o tempo de vida do objeto, se fosse possível reproduzi-la de maneira económica. Este problema pode ser perfeitamente ultrapassado recorrendo à realização da peça através de produção aditiva.

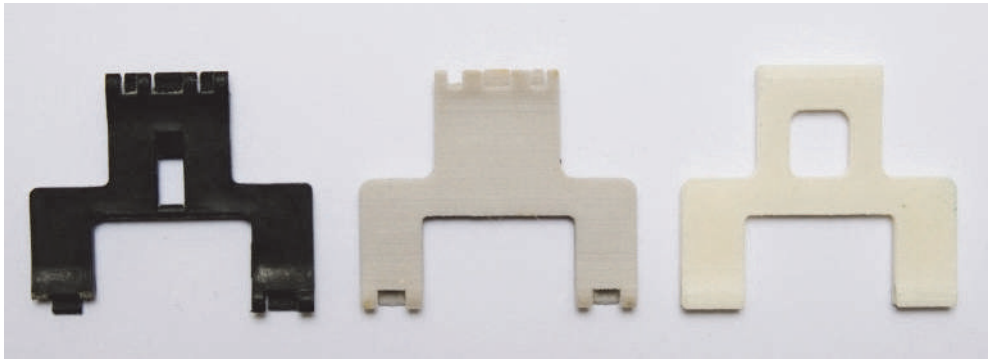


Fig. 2 Peça recuperada de uma impressora3 D - ZPRINTER

A figura 2 mostra uma peça danificada de uma impressora 3D ZPRINTER, originalmente fabricada por injeção de polímero, e duas fases da sua reprodução, a primeira, na mesma máquina e a segunda, otimizada e mais resistente onde foi usada a tecnologia SLS (*Selective Laser Sintering*). No primeiro caso, procedeu-se à replicação mimética da peça, nomeadamente no que diz respeito aos encaixes onde passa um eixo de rotação. No segundo caso, foi possível corrigir facilmente o problema de fragilidade desses encaixes, completando a superfície cilíndrica. Neste caso, obtemos um produto final com uma maior fiabilidade, na medida em que foi produzido por uma tecnologia que não limita a forma. No caso da peça original, a forma estava condicionada pela tecnologia de produção, que obriga à supressão de partes simétricas do corpo cilíndrico para permitir a abertura do molde. Acerca desta intervenção, pode referir-se que comparativamente, a peça representou um custo de reparação 100 vezes inferior ao que custaria a reparação com componentes originais.

Este exemplo permite apontar as diversas vantagens do processo:

1 – Rapidez na substituição da peça;

2 – Prolongamento do tempo de utilização da máquina;

3 – Redução dos constrangimentos produtivos que deram origem à peça, possibilitando assim otimizar o seu funcionamento.



Fig. 3 Future Baroque (Fonte: Something & Son)

A dimensão de prolongamento da vida útil das coisas é também explorada na instalação "*Future Baroque*" (Fig. 3) que o grupo "*Something & Son*" realizou para o museu Tate Modern, em Londres.

O projeto *future baroque* insere-se numa investigação que procura práticas que permitam incrementar a sustentabilidade ambiental das cidades, respeitando e enriquecendo em simultâneo edifícios antigos que pela desadequação à legislação atual teriam de ser profundamente alterados ou demolidos.

A instalação começa por ser uma fachada ornamentada, cujas formas são obtidas por técnicas tradicionais de moldagem, que são gradualmente substituídas por réplicas impressas. Esta técnica permite que no processo de substituição se coloquem elementos semelhantes, mas muito mais ornamentados do que os anteriormente existentes.

4.3 Produtos mais leves e eficientes

Nas técnicas convencionais de produção é frequente configurar os produtos de modo a que, além de suportarem as condições de uso, a sua forma seja adequada a determinada tecnologia de fabricação. Podem ser indicados exemplos como no caso da injeção de plásticos em que a forma do produto deverá permitir a fluência da matéria durante o preenchimento do molde ou situações em que a peça deverá obedecer a determinada geometria para evitar maquinações complexas e ser simples de montar. Os processos de produção aditiva associados à flexibilidade formal permitida pelas ferramentas de modelação e simulação possibilitam a eliminação de moldes e outros acessórios da produção convencional originando peças com as mesmas especificações funcionais e utilizando menos material.



Fig. 4 Otimização da fivela do cinto de segurança (Fonte: Crucible Industrial Design)

A figura 4 apresenta uma fivela do cinto de segurança de um avião otimizada e produzida em titânio com a tecnologia DMLS (*Direct Metal Laser Sintering*). Este produto fez parte de um projeto[70] de pesquisa sobre o uso de processos aditivos de produção para reduzir as emissões de carbono. O projeto, inicialmente, segundo os promotores, parecia impossível dado que o DMLS é muito intensivo em energia e, o processo em si não podia ser "verde".

Este é um importante exemplo no sentido de entender que os benefícios ambientais da tecnologia devem ser medidos em relação a todo o ciclo de vida dos produtos assim obtidos.

A fivela de aço produzida por técnicas convencionais pesaria 155 g enquanto a versão otimizada apenas 70g o que equivale a uma redução de 55% no peso. Para um avião Airbus 380, com 853lugares, a substituição das fivelas corresponderia a uma redução no peso de mais de 70 Kg. Durante a vida útil do

[70] Os parceiros do projeto foram: Plunkett Associates, Crucible Industrial Design, EOS, 3T PRD, Simpleware, Delcam e University of Exeter

avião a economia em combustível seria mais de 3 milhões de litros. A análise do ciclo de vida, para este caso, resultaria numa redução significativa das emissões de CO_2.

É na indústria aeronáutica que se está a investir mais nos processos de produção aditivos complementados pela otimização topológica de projeto. O método permite uma redução substancial do peso dos componentes garantindo a funcionalidade e resistência estrutural. Nas figuras 5 e 6 (Radny, 2010) apresentam-se as diversas fases do processo de otimização de uma asa de avião e o resultado final.

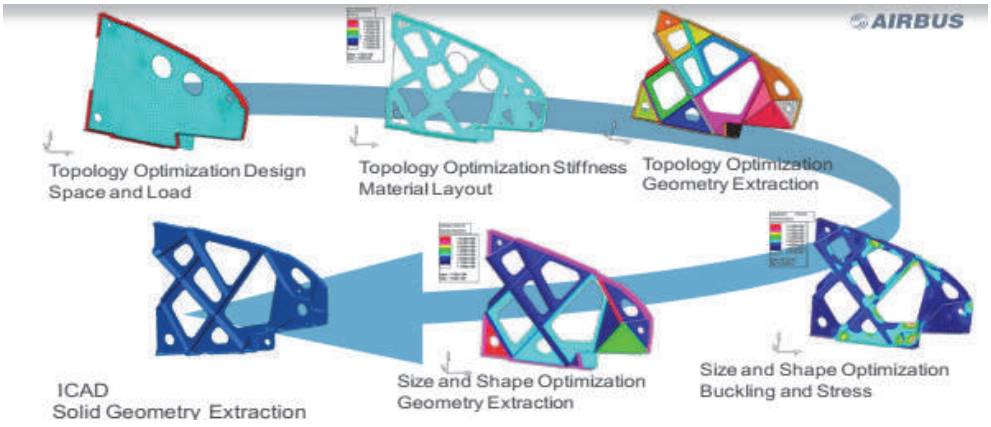


Fig. 5 Otimização topológica de asa de avião (Fonte: AIRBUS)

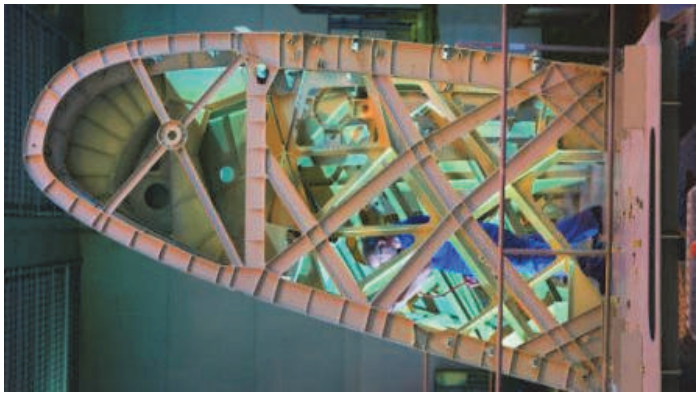


Fig. 6 Componente otimizado (Fonte: AIRBUS)

Outro método de tornar os produtos mais leves é a utilização de estruturas celulares ou em grade (*lattice*) e malhas. A forma exterior mantém as suas caraterísticas funcionais, ergonómicas ou estéticas, enquanto o interior do objeto é preenchido com uma estrutura mais leve. Na figura 7, apresenta-se um exemplo da indústria automóvel com o veículo conceptual *EDAG Light Cocoon* com uma estrutura biónica otimizada impressa em 3D.

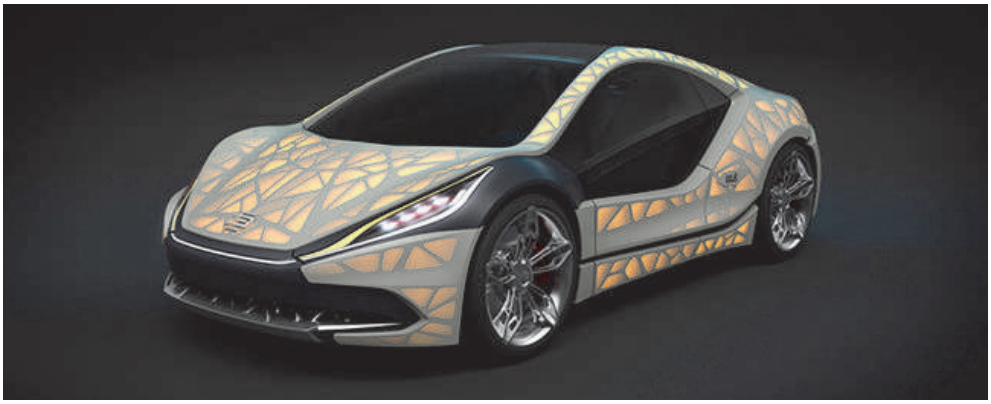


Fig. 7 "EDAG Light Cocoon": the ultimate in lightweight construction (Fonte: (EDAG. 2014)

4.4 Produção aditiva e sustentabilidade global

Os processos de produção aditiva representam tecnologia de fabrico relativamente nova, que se carateriza por potenciar fortes estímulos para o desenvolvimento sustentável. Há, no entanto, pouca bibliografia que quantifique objetivamente os benefícios da sua utilização.

Gebler (Gebler, 2014) apresenta um estudo que, segundo o autor, representa a primeira avaliação abrangente destas tecnologias a partir de uma perspetiva global da sustentabilidade desenvolvendo uma avaliação qualitativa das implicações de sustentabilidade induzida e quantifica as variações no ciclo de vida, custos, quantidade de energia e as emissões de CO2 a nível mundial até 2025. Apesar de Gebler entender que estas tecnologias funcionam ainda como um nicho de aplicação limitado e que, considerando a incerteza da sua utilização noutra escala, concluiu que em 2015, os processos de produção aditiva garantiriam uma redução de 5% nas emissões de CO_2 e no consumo de energia. O autor refere ainda que se outras indústrias como a automóvel optarem por substituir, mesmo parcialmente, as técnicas convencionais por processos aditivos de produção o potencial (teórico) da redução de emissões e de consumo de energia seria considerável.

5. Conclusões

Este trabalho permitiu, através da bibliografia e exemplos referidos, apontar um conjunto de possibilidades das tecnologias de produção aditiva que, em conjunto com o design, permitem encarar de forma positiva a evolução das tecnologias de produção no sentido de uma maior sustentabilidade dos produtos.

Extrapolando a realidade atual para aquilo que pode ser um futuro próximo, as tecnologias aditivas contribuirão fortemente para uma nova forma de pensar o projeto e o desenvolvimento de produtos, muito mais centrada no utilizador e nas suas necessidades e desejos. A capacidade de personalização precisa (já existente na área médica, por exemplo) será possibilitada por uma relação mais próxima entre o designer e o utilizador, potenciada pelas plataformas digitais colaborativas que permitirão a aquisição de dados mais precisos relativos à definição do produto na fase de desenvolvimento, e ao seu desempenho na fase de utilização.

Em termos de sustentabilidade ambiental, a tecnologia de produção aditiva possibilita uma utilização mais precisa e eficiente do material, na medida em que se ultrapassam a generalidade dos

constrangimentos de forma característicos das tecnologias de produção tradicional, permitindo componentes tecnicamente mais eficientes, e simultaneamente mais leves e com incorporação de menos material. A dispensa de moldes e ferramentas complexas terá também um importante impacto, na medida em que o material necessário para obter um produto é apenas o que o constitui.

O impacto ambiental positivo das tecnologias aditivas residirá também no facto destas permitirem reproduzir eficazmente componentes técnicos de dispositivos existentes, permitindo prolongar a sua vida útil e atrasar por esta via a sua substituição. Poderemos voltar assim a obter, com grande facilidade, peças que se danificaram e que já não se fabricam.

É razoável considerar que existirão, num futuro próximo, locais onde a digitalização e impressão passarão das duas para as três dimensões. Poderemos aí imprimir uma peça da bicicleta dos anos 50 que já não tinha reparação, mas também digitalizar o nosso pé, para os próximos sapatos se adaptarem perfeitamente. Esta realidade permitirá em muitas circunstâncias aproximar o local de fabricação do local de utilização, com importantes consequências em termos ambientais.

Conclui-se ainda que o novo paradigma da produção, entendido como indústria 4.0, ou 4ª revolução industrial, implicará uma nova maneira de pensar os produtos, de forma a aproveitar todas as potencialidades da tecnologia no sentido os tornar mais sustentáveis e adaptados às especificidades de cada utilizador.

6. Referências

CARSON, R. (2012) *Printemps silencieux.* Editions Wildproject.

CHANG, T.-C., Wysk, R. A., & Wang, H.-P. (1998). *Computer-Aided Manufacturing* (2ª ed.). New Jersey: Prentice Hall. pp.596-598

CHUA, C. K., LEONG, K. F., & LIM, C. S. (2005). *Rapid prototyping : principles and applications (2nd ed.)*. New Jersey: : World Scientific. pp. 33-233

Committee F42 on Additive Manufacturing Technologies. ASTM International. <http://www.astm.org/COMMITTEE/F42.htm>. [Consulta: 10 de março de 2016]

COSKUN, A., ZIMMERMAN, J., & ERBUG, *C. Promoting sustainability through behavior change: A review*. Design Studies, 41, Part B, 183-204.

CRUCIBLE INDUSTRIAL DESIGN. <http://www.crucibledesign.co.uk/product-design-portfolio/titanium-aircraft-seat-buckle.php>.[Consulta: 11 de março de 2016]

CSC. (2012). *3D Printing and the Future of Manufacturing*. https://assets1.csc.com/innovation/downloads/LEF_20123DPrinting.pdf [Consulta: 15 de abril de 2016]

DIEGEL, O. (2011). *Additive manufacturing: the new industrial revolution*. Paper presented at the 12th Rapid Design, Prototyping and Manufacturing Conference, Lancaster University, Lancaster, UK.

DIEGEL, O., SINGAMNENI, S., REAY, S., & WITHELL, A. (2010). *Tools for Sustainable Product Design: Additive Manufacturing*. Journal of Sustainable Development, 3(3), 68-75.

EDAG. 2014. <http://www.edag.de/en/edag/news-detail/getarticle/News/detail/edag-light-cocoon-the-ultimate-in-lightweight-construction.html>. [Consulta: 20 de fevereiro de 2016]

GEBLER, M., SCHOOT UITERKAMP, A. J. M., & VISSER, C. (2014). *A global sustainability perspective on 3D printing technologies*. Energy Policy, *74*, 158-167.

GIBSON, I., ROSEN, D., & STUCKER, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. New York: Springer.

GIBSON, I., ROSEN, D., & STUCKER, B. (2010). *Additive Manufacturing Technologies - Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. New York: Springer.p. 287

HAGUE, R. (2006). Unlocking the Design Potential of Rapid Manufacturing. In *Rapid manufacturing : an industrial revolution for the digital age*. England:Chichester: John Wiley.

HAGUE, R. J. M., CAMPBELL, R. I., & DICKENS, P. M. (2003). *Implications on design of rapid manufacturing.* Journal of Mechanical Engineering Science, 217(1), 25-30.

HAGUE, R., MANSOUR, S., & SALEH, N. (2003). *Design opportunities with rapid manufacturing*. Assembly Automation, 23(4), 346-356.

HOPKINSON, N., HAGUE, R. J. M., & DICKENS, P. M. (2006). *Rapid manufacturing : an industrial revolution for the digital age*. Chichester, England: John Wiley. p. 56

LIPSON, H., & KURMAN, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc. p. 11

MALDONADO, T (1972). *Design, nature and revolution*. New York : Harper & Row p.4

MARGOLIN, V.(2014). *Design e risco de mudança.* Vila do Conde: Verso da história

PAPANEK, V.(1974). *Design pour um monde réel*. Paris: Mercure de France p.260

PIPES, A. (1990). *Drawing for 3-Dimensional Design - Concepts - Ilustration - Presentation*. London: Thames and Udson. p. 14

RADNY, M. (2010). *Additive Layer Manufacturing: A new Perspective in Structural Design* . <http://www.3d-printing-additive-manufacturing.com/media/downloads/145-d2-14-30-a-radny-matthias-airbus.pdf>. [Consulta: 10 de maio de 2016]

RAWSTHORN, A. (2013). *Hello World – where design meets life.* London: Penguin Books. pp. 193, 201

SCHODEK, D., BECHTHOLD, M., GRIGGS, J. K., KAO, K., & STEINBERG, M. (2005). *Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design*. New Jersey: Wiley & Sons. p. 297

SOMETHING & SON. *FUTURE BAROQUE* <. http://somethingandson.com/>. [Consulta: 10 de Abril de 2016]

STEGALL, N. (2006). *Designing for Sustainability: A Philosophy for Ecologically Intentional Design*. Design Issues, 22(2), 56-63.

The Telegraph. < http://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/asia/china/12051354/Chinese-buy-up-bottles-of-fresh-air-from-Canada.html>[Consulta: 16 de Abril de 2016]

Top Ten Toxic Treats 2013. <http://www.worstpolluted.org/projects_reports/display/107>. [Consulta: 15 de abril de 2016]

VEZZOLI, C., & MANZINI, E. (2008). Design for environmental sustainability London: Springer Science & Business Media. p.7

VOLPATO, N., AHRENS, C., FERREIRA, C., PETRUSH, G., CARVALHO, J., SANTOS, J., ET AL. (2007). *Prototipagem Rápida. Tecnologias e Aplicações*. S. Paulo - Brasil: Editora Blücher. pp. 55-99

WOHLERS, T. (2011). Wohlers Talk: Views, perspective, and commentary. <http://wohlersassociates.com/blog/2011/08/additive-manufacturing-education/>. [Consulta: 15 de Abril de 2016]

WOHLERS, T. (2015). *Wohlers Report: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry*: Wohlers Associates Inc.

Worstpolluted.org <www.worstpolluted.org/projects_reports/display/107>[Consulta: 10 de Abril de 2016] [sem autoria reconhecida]

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3351

System development for the disclosure of Portuguese digital type design

Quelhas, Vítor[a]; Branco, Vasco[b] & Mendonça, Rui[c]

[a]Escola Superior de Música, Artes e Espetáculo do Instituto Politécnico do Porto / ID+, Portugal. vitorquelhas@esmae.ipp.pt

[b]Universidade de Aveiro / ID+, Portugal.vasco.branco@ua.pt

[c]Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto / ID+, Portugal. ruimendonca@fba.up.pt

Abstract

This study aims to cover the current development of a platform for the disclosure of the Portuguese type design community, since the beginning of the desktop revolution, until today. To deepen our understanding, interviews were made to a selected and representative group of type designers from our sample based on several criteria. The interview tested six dimensions: people, processes, products, uses, identity and platform. The results analysed in the last dimension, through content analysis and quantitative data, lead to the development of an online digital collaborative system – one of our specific objectives. Our hypothesis – that the development of a online digital collaborative system would allow further development of knowledge between products, users and authors, as well as, processes and uses – was also corroborated by the interviewers. Reviews have been made to reference international online projects to identify their purposes, areas of activity, objectives, mechanisms of interaction, usability and accessibility. This previous research brought together a set of notes that would become essential in the definition and development of our concept. The classification of typefaces is a subject of study by researchers and designers, but it is certainly not a topic for complete agreement. Organizing and balancing the content for the database was our first challenge since we were expecting users with good knowledge on the field, but also beginners. Several diagrams were put into test during the early stage of information architecture to better define categories, filters, and sorting methods, as well as users roles in the system. The items and categories chosen were redefined in a second stage, and in the third stage hi-fidelity wireframes were produced, to concentrate on design aspects and decisions, and put the system into test and evaluation. The current results on the platform development, with the improvements made through several user tests, evaluations and refinements undertaken in all phases of the project have been crucial. We are expecting to run some pilot tests, as well as usability tests prior to the full implementation to further improve the system and meet the expectations.

Keywords: *Digital type design; Typography; Platform; Process; System*

1. Introduction

The study of typefaces is a fairly recent discipline in Portugal. Apart from historical approaches, mainly focusing on printing, since the beginning of the Press until the 17th century, design related research based on the typefaces themselves, their authors and processes are, until today, very scarce.

In recent years, typography has been a topic of growing international interest, with a focus on studying foundries and typefaces that were well-received throughout history.

In the beginning, producing typefaces was a manual, complex and time consuming activity that involved several tools and mechanisms. Nowadays, thanks to the digital revolution, to the easy access to digital tools and to information sharing, all of this process can be done within the scope of a computer. Since the digital revolution, type-making has proliferated and today there is a huge growth in digital foundries, providing quality typefaces (Cahalan, 2007; King, 1999; King, 2001; Kinross, 1992; Leonidas, 2013a; Leonidas, 2013b; Middendorp & TwoPoints.Net, 2011).

Original type designs in Portugal were, until the digital realm, very little explored, and mainly based on the knowledge of foreign contributions (Anjos, 1886; Anselmo, 1981; Anselmo, 1997; Canhão, 1941; Pacheco, 1998; Pacheco, 2005; Pacheco 2013). In the field of typography and type design, the isolation was only abolished in the early 90s. In the last two decades teaching of typography in schools was promoted, specific subjects were created in universities, and a promising generation of type designers in Portugal started to emerge (Chaccur & Amado, 2010; Quelhas, Branco & Heitlinger, 2011).

Typefaces firstly designed by Mário Feliciano and Dino dos Santos, and later on by Ricardo Santos, Rui Abreu, Susana Carvalho, Hugo d'Alte, among others, started to achieve a notable presence in Portugal and abroad, being distributed and recommended in the main digital type foundries around the world. Although their work has been recognized with prestigious awards, honourable mentions, and also with international projects commissions, little is known about their path, processes, products and uses.

This paper addresses the systematic approach underpinned in the design and development of a digital web platform for the disclosure of Portuguese digital type design. This project has been conducted as part of a broader research that aims to analyse, describe and identify the factors that contributed to the continuous growth of the digital type design production and community in Portugal.

The platform aims to tackle the lack of systematization and relevant information about authors, products, uses and distribution, contributing to the awareness and expansion of its national and international visibility. It also intends to contribute to understanding the history of type design in Portugal, providing theoretical and practical knowledge.

2. Study framework

A mix of research methods has been used to gather as much information as possible to inform and reveal the necessity of this project. Soon we have realized that studies in our field, Portuguese digital type design, from 1990 until 2010, were scarce or very lightly explored, and the information looked scattered, both in the national and international literature available. Due to the contemporaneity of the research, our main references to similar investigations came, as expected, from the academic community, mainly in the form of master dissertation or thesis (Cahalan, 2007; King, 1999).

Information about Portuguese digital type designers is hard to find. It is also very hard to determine what constitutes nowadays to a renown or professional type designer. If that can be true at an international

level, in the national scale, the lack of an institutional organization or association that centralizes this data, makes the task of collecting it extremely challenging and it was only possible through the pioneering work of Luc Devroye. In his website[71] Devroye keeps an online archive with references of type design from all over the world. Although his selection is not classified, this resource lists exhaustively type design creations from Portuguese authors, professionals and amateurs.

Iconographic data on the typefaces were in first place gathered from the type designers personal, professional, or promotional websites, from previous versions of their websites through the Internet Archive, from Devroye list of collected material on Portuguese type design production, from social networks, blogs and forums, from foundries and distributers, as well as from printed sources, mainly catalogues and type specimens.

The form chosen to complement this collection was the use of a survey in the form of interview, as this instrument allows to obtain qualitative data related to values, attitudes, opinions and preferences of the interviewed, as well as the collection of quantitative data whenever deemed necessary (Patton, 2002).

To deepen our understanding on the typefaces, their authors, processes and uses, a series of semi-structured interviews were conducted to a selected and representative group of type designers from our universe based on a set of criteria built upon the contributions of related previous researches, mainly King (1999), Cahalan (2007) and Gomes (2010). Each author should at least meet three of the criteria listed below:

· Designers with published typefaces or custom types;

· Designers with typefaces awarded in renowned competitions;

· Designers invited for lectures and conferences;

· Designers cited or distinguished in magazines or related websites;

· Designers recognized by their peers.

Based upon these criteria, ten designers have been selected in order to pursue with the interviews (listed alphabetically): Dino dos Santos; Jorge dos Reis; Hugo d'Alte; Manuel Pereira da Silva, Mário Feliciano; Miguel Sousa; Ricardo Santos; Rui Abreu; Rúben Dias; Susana Carvalho.

The interview was conducted to all these designers, except Manuel Pereira da Silva who unfortunately was no longer with us, tested six dimensions: people, processes, products, uses, identity and platform.

In the first dimension our objective was to better know the author and his work. This part of the questionnaire was focused on training, professional activity in general, the influences and references to national and international levels; the second dimension focused on the process of designing typefaces, trying to understand the relationship between authorship/technology/program (Providência, 2003); the third dimension focused on their perceptions related to the typefaces themselves, the sales rank, awards, and also on perceiving the organization of their typeface production; the forth dimension focused in the uses concerning features such as language expansion for international markets, and understanding theirs opinions on the impact of technologies in their typefaces uses. It was also focused on understanding the gaps in the promotion and uses of national typefaces; the fifth dimension tried to evaluate the perception of each author in relation to the identity of Portuguese typefaces, cultural traits and the differences of their products in the national and international market; and the last dimension was directly related to the need

[71] Luc Devroye Type in Portugal webpage: http://luc.devroye.org/portugal.html

of creating a platform for the disclosure of Portuguese digital type design, one of our research specific objectives that will be detailed in this paper.

The interview was truly a necessary step to engage with the most relevant authors, understanding their needs and expectations. Involving them in the decision making process was part of our methodology.

2.1. Organizing and classifying typefaces and related information

The classification of typefaces is a subject of study by researchers and designers, but it is certainly not a topic of complete agreement. Over time, several methods were designed based on morphologic aspects (BS 2961, 1967; Thibaudeau, 1924; Vox, 1954; Willberg, 2001), historic movements (Bringhurst, 2004 [1992]), mixed classifications (Bauermeister, 1987; Dixon, 2001; Mundie, 1995) and later on with tags (Dixon, 2012). Nowadays, the amount of variables in typeface design and production makes the classification field a very difficult task.

Shaikh (2007) researched also this topic and concluded that "the lack of uniformity among the experts makes it difficult to definitively choose one classification system as the most representative" (p. 11). However, she noted that, the classification system proposed by Spiekermann and Ginger (1993) is comprehensible for beginners: Serif, Sans Serif, Script, Display, and Symbols.

The article *25 Systems for Classifying Typography: A Study in Naming Frequency*, by Childers, Griscti and Leben (2013), retrieved the most frequent classification words from a total of 25 classification systems published in the last century, ranging from typographic experts such as Theodore Low De Vinne and Maximilien Vox and ending with contemporary type and design researchers such as Ellen Lupton and Robert Bringhurst, in a new map, divided in three main branches of type design: Serif, Sans Serif, and Topical (for a subdivision of non-text faces) (Fig 1).

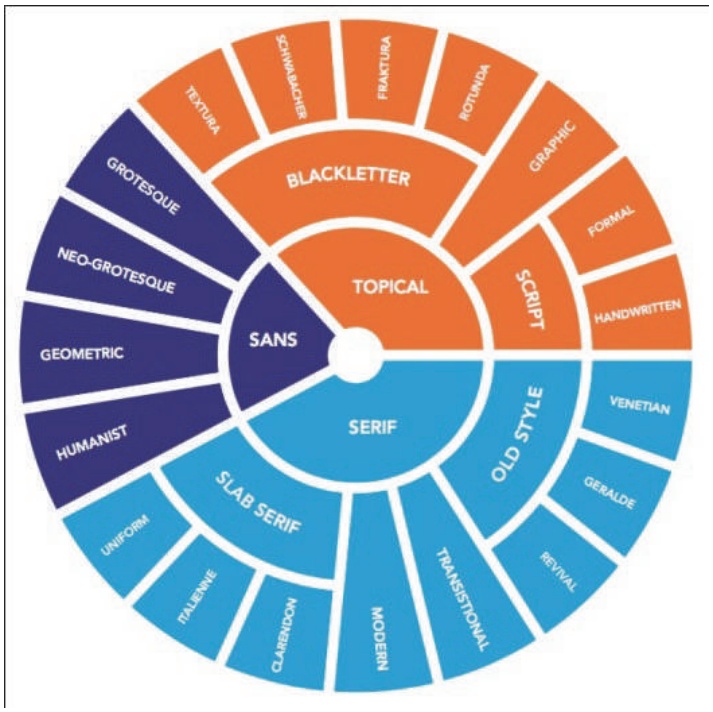


Fig. 1 Taxonomic model for Typeface classification. Source: Childers, Griscti and Leben (2013).

Childers, Griscti and Leben (2013) refers that, “It is felt that a very high level of specificity is achieved with this model without becoming overtly caught-up up in unnecessary jargon. It is therefore more usual than over-simplified orders and viable for extensive typeface class naming uses.” (p. 19).

Merging the frequency of words within the study of Childers, Griscti and Leben (2013), with Shaikh (2007) suggestion of a simplified classification based on Spiekermann and Ginger (1993), with Bringhurst (1992) unique historical approach, and Vox-ATypI morphologic classification, and confronting those findings with the information gathered into similar classification systems in international web platforms, from the most representative type foundries and distributers, a selection of terms were put into test. This helped us to understand the many possible ways to organize, filter and sort typefaces. Organizing and balancing the content for the database was our first challenge since we were expecting users with good knowledge on the field, but also beginners, the amount and ways of sorting and filtering were striped down to the essential jargon. Although we have started with a dozen terms, soon we have realized that it was best to start with a small amount of categories before adding a lot of subclassifications to cover all the typographical details. For the platform we decided to classify typefaces in a cross categorization and flexible system, according to availability (published; custom; unpublished), style (serif; sans serif; handwritten; display; symbols) and function (text; title; web; decorative; non-latin). To facilitate the access, other features and sorting methods were also included (free; families; awarded; order by AZ; most recent). To define the typefaces more specifically other descriptive components were also added to the typefaces in the form of additional searched tags.

3. The platform

3.1. Concept definition, objectives and targeted users

The results analysed in the last dimension of the questionnaire, both content analysis and quantitative data, was an encouraging footstep that led to the development of an online digital platform.

Our hypothesis – that the development of an online digital collaborative system would allow further development of knowledge among products, users and authors, as well as processes and uses – was also corroborated by the interviewers. This positive feedback encouraged us to continue our research with the development of a project based approach delivered through action-research methodologies.

The main goal of this project is to research and develop a prototype that merges information on digital typefaces, providing room for several ways of organizing them, selecting and deepen our understanding on their authors, their process of development and uses. Currently, the most recent books, blogs, or foundries websites deliver a couple of information regarding a particular typeface, such as the authors name, year, foundry, classification, brief context, purpose of creation or use, among other details. But it is hard to retain and sometimes find those details.

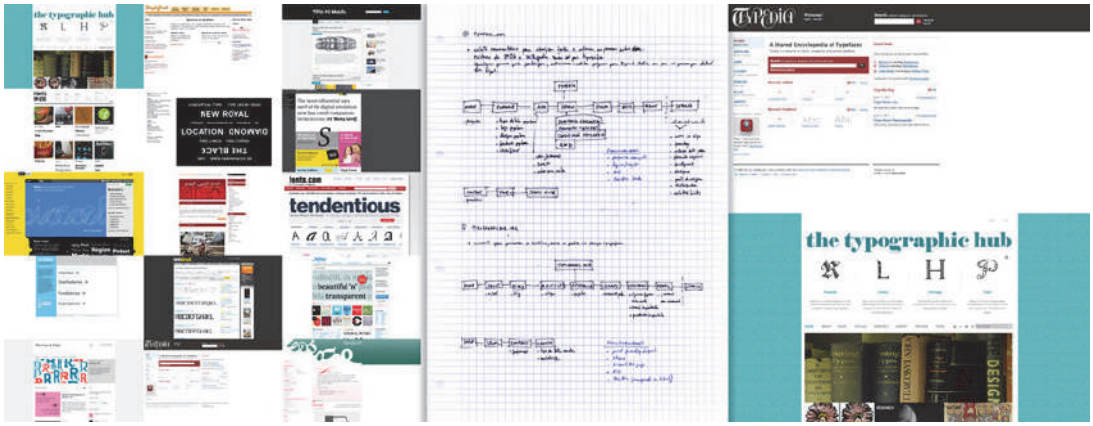


Fig. 2 Previous research and analysis to related international platforms

Studies have been made to similar international online projects to identify their purposes, areas of activity, objectives, mechanism of interaction, usability and accessibility (Fig 2). This previous research brought together a set of notes that became essential in the definition and development of our concept, specially in regard to the classification and sorting of typefaces.

The platform named Portype is developed with two different approaches in mind: first deliver a curated and detailed gallery of typefaces and their authors, from selected experts (the process described in this study); and secondly create the basis for an open version, dedicated to all those interested in showing and sharing their typefaces, whether free, academic or professional scopes, that don't meet the criteria to take part of the curated version (the same criteria adopted above to select the sample for interviewing). This last version (still in study) is expected to bridge the gap between experts and initiates, contributing in a collaborative and pedagogical form, not only as an observatory of the type design community, but also hopefully serving as an incubator for the development of type design practices in Portugal.

Independently of the version, special focus was put on the potential users, exploring the many possible scenarios – the design students, professional designers, and in a broader sense all of those interested in the fields of type design and typography.

3.2. Navigation structure, contents, links and workflow

Several diagrams were put into test during the early stage of information architecture and database structure to better define categories, filters, and sorting methods, as well as users' roles in the system and workflow (Fig 3).



Fig. 3 The design process: Diagrams, sketches and first digital wireframes

In the first version, the prototype would allow users to view, search and identify typefaces based on a multitude of filtering and sorting methods, show detailed information of a typeface (name, author, year, availability, style, function, tags), through text descriptions, specimen images and examples of the type in use. Regarding the authors, the users could see an overview of the most relevant authors, access to the author specific information showing their biography, contact details, and their work organized according to the availability of their typefaces: published, custom, and unpublished typefaces. Users would also be allowed to contribute with more information, suggesting typefaces, authors or new examples of type in use.

Since the platform aspires to appeal to a wide audience, from design students to professional designers, and, in a broader sense, to all of those interested in the field of type design and typography, the amount and ways of navigating, sorting and filtering were striped down to the essential. We have tried to guide the user, even those who are new to the field, through a set of perceptible steps, according to the scenarios and user's role previously defined.

However, its features were not only based on the input received from the data previously obtained through the review of similar projects, neither from user's needs and desires, but also on the conventions and best practices within the field of design and interaction.

3.3. Interaction design

From the beginning, our approach to the interaction design pursued simplicity and easy to use, since it was mainly intended to be used specially by designers. We also knew the importance of ensuring that the interface presented to users from a non-technical background needs to be straightforward and easy to use. In interaction design, usability is a key concept when it comes to achieve these goals: effective to use (effectiveness), efficient to use (efficiency), safe to use (safety), have good utility (utility), easy to learn (learnability), easy to remember how to use (memorability) (Nielsen & Tahir, 2002; Preece, Rogers & Sharp, 2011).

Hence it was necessary to ensure that the right amount of decisions, as well as functionality was provided to users.

From the information gathered previously a few items were considered a priority for the platform: the typefaces page, the typeface specific page, the authors page and the author specific page. In a first stage sketches were done in paper. The items and categories chosen were redefined in a second stage, where a series of alternative designs were experimented and tested to meet those requirements, but now with digital wireframes to test and evaluate again. In this phase we were not only concerned with the content, but also with technical issues since we wanted the platform to work well on several devices, meeting a responsive design. Most of the decisions were taken during this stage. In the third stage hi-fidelity wireframes were produced (Fig 4), to concentrate on design details and decisions, and put into test and evaluation.



Fig. 4 Hi-fidelity digital wireframes: The typefaces page, the typeface specific page and the author specific page

3.3.1. Brief description of the main functionalities

For this version of the prototype the main functionalities tested were the homepage, the typefaces page, the typeface specific page, the suggestion page, the authors page and the author specific page.

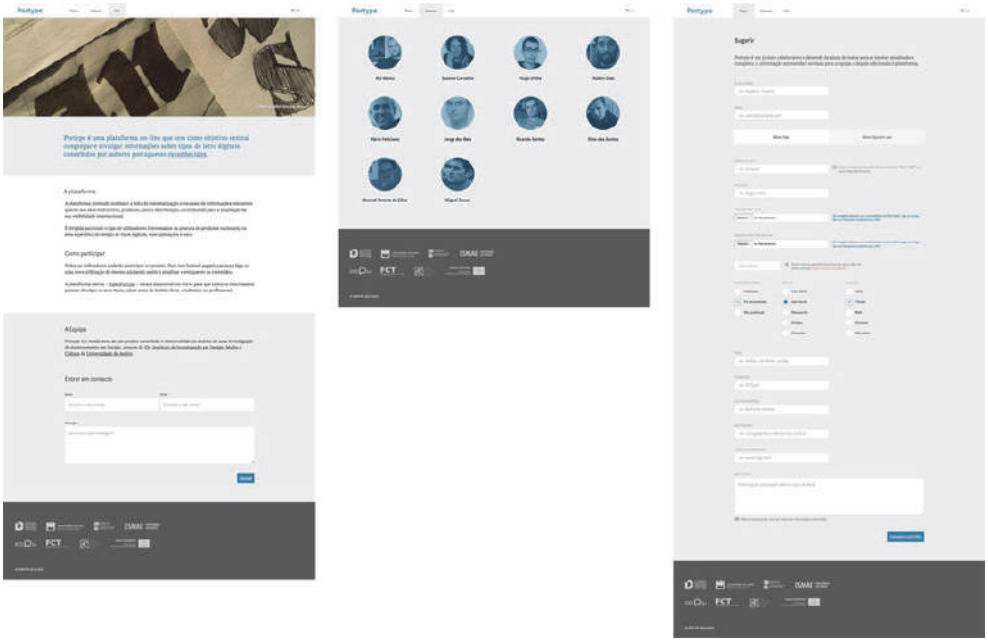


Fig. 5 Info, authors and suggest new typeface pages

The homepage shows the project general information (Fig 5) presenting at the top the main menu and the language selector. Then a slideshow is displayed followed by the project aims, a brief description on how users can collaborate, the team and ends with a brief contact form.

The typefaces page displays the curated grid based gallery of Portuguese digital typefaces (see Fig 4). Each typeface is represented with a specimen image, followed by the typeface name and year. At the top the system is divided into selection filters (availability; style; function; others), sorting methods (Order AZ; Most recent) and a search form, if user want to search a typeface based in other criteria, such as tags.

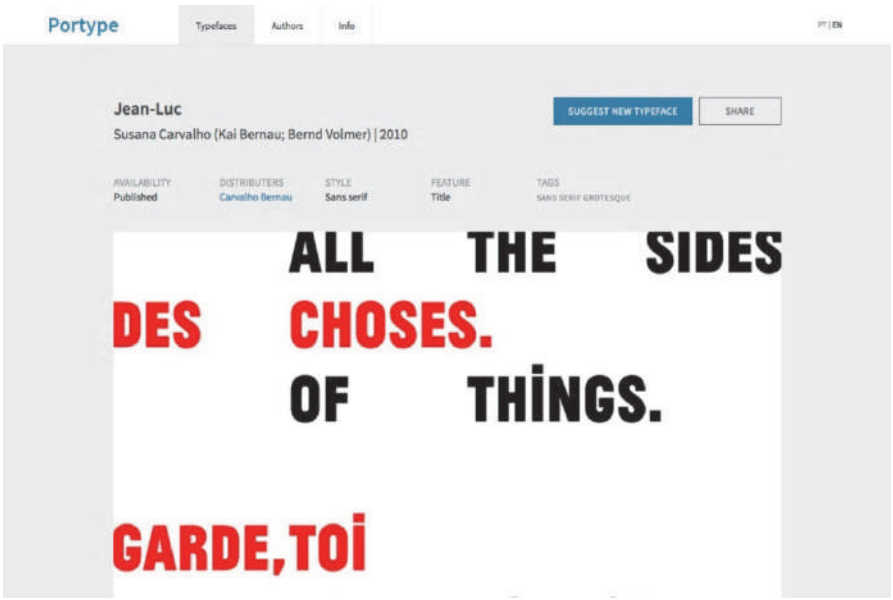


Fig. 6 Detail of Jean-Luc typeface specific page

The typeface specific page retrieves the description topics from the database regarding the availability, distributers, style, feature, and tags (Fig 6). Several specimen images are displayed showcasing the typeface diversity and overall features followed by a scrolling gallery of the type in use. It ends with a suggested gallery of other typefaces from the same author. It's also possible to share the hole page or suggest a new typeface from the top links.

The suggestion page (see Fig 5) is divided into two options that the user needs to specify: suggest a new typeface or a new type in use. After specifying their choice, the form adapts to the information needed. In this curated version, all suggestions are recorded by the system and put on hold for further revision and approval.

The authors page, similar to the typefaces page, shows the selected type designers in a four column grid based layout (see Fig 5). Each author is displayed by a circular image that also represents the link interactive area.

The authors specific page holds complete information on each author (see Fig 4): highlighted and brief description of the author; two highlighted typefaces; biographical data; website; related links; contacts and social media. Then a gallery of typefaces organized by availability is displayed: published; custom; and unpublished typefaces.

4. Implementation and evaluation

A prototype was built from scratch to test the platform functionality, both through technical compliance tests, and user tests. Evaluating what has been built is very much in the center of interaction design (Preece, Rogers & Sharp, 2011). It is important to develop a method for measuring user satisfaction with prototypes of future systems (Lewis, 1991).

In this phase we have conducted a questionnaire to measure user attitude and satisfaction with the first version of the prototype. The inquiry questionnaire was divided in three sections. The first section gathered information related with the characterization of the respondents (genre; age; professional activity; and the level of self awareness as a typography user). The second section recorded the agreement of users' opinions and attitudes according to three major dimensions: Overall Design, Interface and Contents. For that purpose, Osgood's semantic differential scale were used (Osgood, Suci & Tannenbaum, 1957). A list of opposite adjectives gathered through contributions in the literature (BBC, 2002; Chin, Diehl & Norman, 1988; Lewis, 1992; MacGregor & Lou, 2005; Shaikh, 2009; UX for the masses, 2010) was developed in order to measure the platform connotative meaning in a seven-point scale. For the Overall Design dimension, these six opposed items were assessed: unpleasant/pleasant, traditional/contemporary, amateur/professional, unfriendly/friendly, confusing/clear, vulgar/elegant. In the Interface dimension: inadequate/adequate, inefficient/efficient, fragile/solid, complicated/simple, decorative/functional, difficult/easy. And in the Content dimension: common/rare, useless/useful, not recommended/recommended, irrelevant/relevant, insignificant/significant, general/specific. The third section measured the users' attitudes towards the prototype with four statements scored along a range of a five-level Likert scale (Strongly disagree; Disagree; Neither agree nor disagree; Agree; Strongly agree). The main focus was on ensuring that the project was useful and usable. We have adapted some of the contributions based in the literature from other surveys to meet our needs (Brooke, 1996; Davis, 1989; Lund, 2001). Thus, the range captures the intensity of the respondents feelings towards that aim.

The inquiry was applied to three groups of users (311 answers were considered valid): design students (95,2%), teachers (2,6%) and professionals (2,2%). With the design students our focus was to evaluate the

perceptions of beginners, usually with an incipient background on type design and typography in general, and with teachers and professionals the perceptions of experienced users.

Design students were obtained from the universe of Portuguese higher education institutions that offered a subject on Typography (5 universities and 3 polytechnic institutes). A total of eight institutions distributed all over Portugal, with both undergraduate (74,2%) and master's courses (25,8%), constituted the most significant part of our population sample (95,2%).

Prior to the distribution and completion of the survey, a brief presentation of the researcher, the purpose and context of the research was conducted, as well as a demonstration of the functional prototype.

In the end, respondents could test themselves the prototype and filled out the anonymous survey. In the end some of the respondents shared their thoughts and suggestions, through a spontaneously conversation. All were noted down for future consideration.

Data was processed through statistical analyses, descriptive and inferential analysis, and were conducted to test for significance of the quantitative findings using IBM SPSS 22.0.

The sample revealed that the majority of the respondents were women (63,3%), with an average of 21,67 years of age and a medium self perceived level of typography usage.

The output from the second section revealed that there is a good overall evaluation of the prototype.

Content was the dimension that met the highest classification (M=6,39), followed by Interface (M=6,33) and Overall Design (M=6,10).

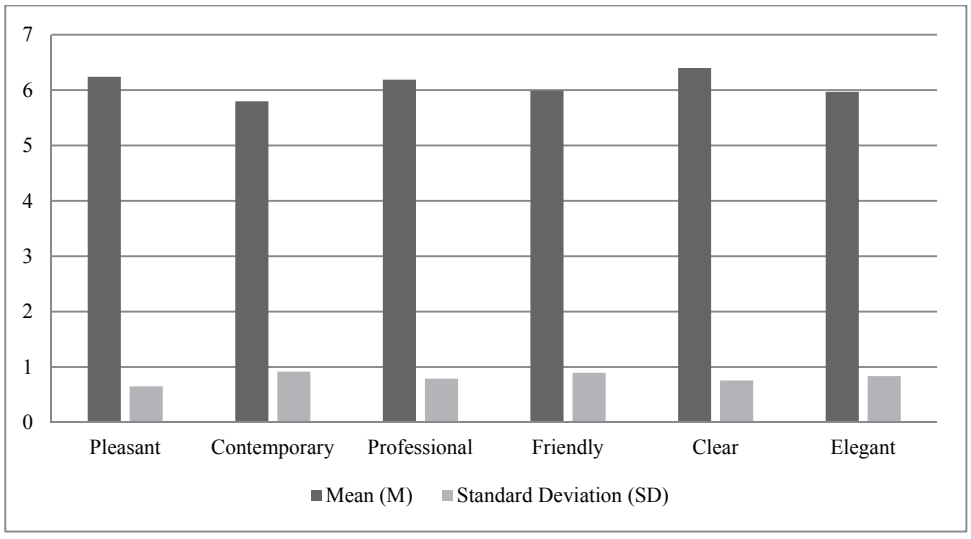


Chart 1 Overall Design (M=6,10)

In the Overall Design dimension, the item Clear is the one with the highest average (M=6,40) and the Contemporary item is the one with the lowest average of (M=5,80; SD=0,917). Although that result represents a good average score, it denotes little agreement among respondents attested by the standard deviation which is also the highest in this items dimension. All other items are between 5,97 to 6,24.

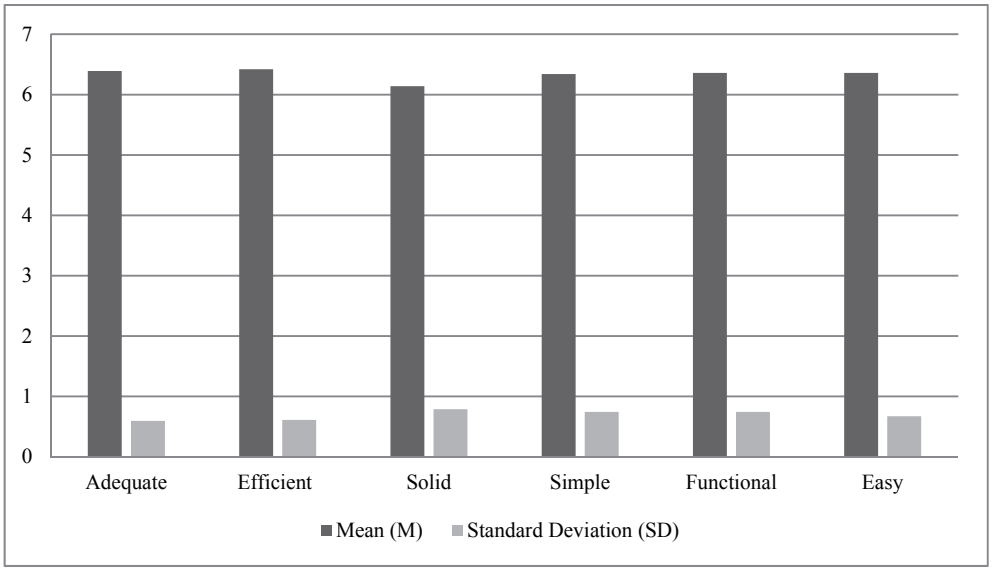


Chart 2 Interface (M=6,33)

In the Interface dimension, the item Efficient has the highest average (M=6,42) and the Solid item is the one with the lowest average of (M=6,14; SD=0,789).

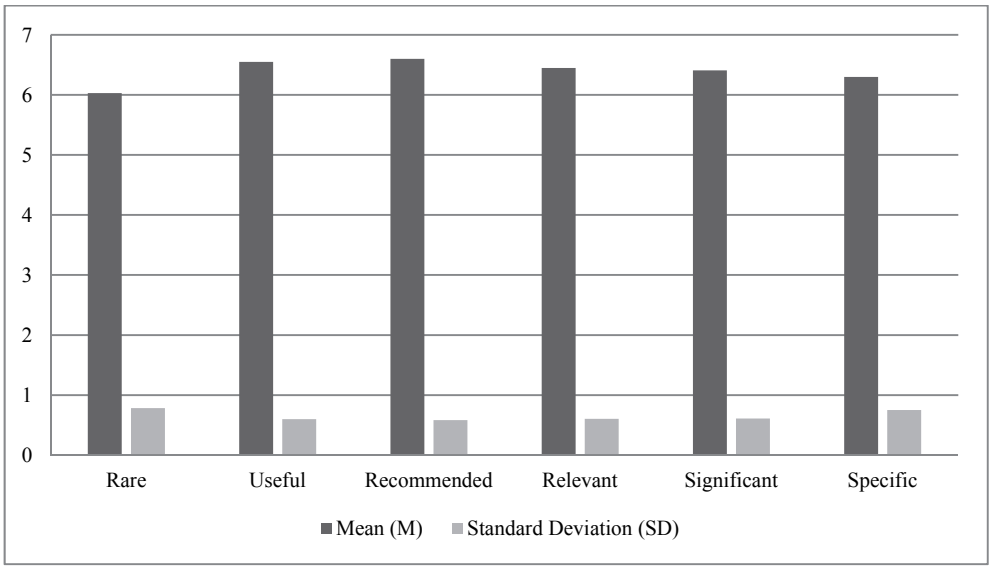


Chart 3 Contents (M=6,39)

In the Content dimension, the item Recommended has the highest average (M=6,60) and the Rare item has the lowest average (M=6,03; SD=0,784), but the standard deviation of this item shows the lack of consensus in the responses. All other items are positioned from 6,30 to 6,55.

In regards to the third section, respondents were especially in agreement with the fact that the project could bring more visibility and quality to national projects (Strongly agree: 59,6%; Agree: 35,6%). In general, the sample seems to agree that the project would take more authors to participate and motivate

them to quality (Strongly agree: 42,9%; Agree: 43,3%), the regular usage of the project (Strongly agree: 36,2%; Agree: 58,3%), and with the recommendation of its use (Strongly agree: 19,9%; Agree: 66,3%).

With this data in hand we also wanted to test if there was significant differences in the evaluation of the Overall Design, Interface and Content according to genre, degree of study, and different professional activities. We have found that users from the master's courses evaluate the Overall Design and the Interface with lower classifications, but the inquiries with more than 35 years old have a better average evaluation.

Teachers revealed a statistically significant higher score in the evaluation of the platform interface. Users from 26 to 30 years old and with more than 35 years old recorded the highest scores in assessing the platform interface. Regarding the Content, respondents from the universities are the ones that better evaluate it .

These results are consistent with the hypothesis that the development of an online digital collaborative system would allow further development of knowledge of products, users and authors, as well as processes and uses. The questionnaire was a relevant tool to capture information regarding the system usefulness, information quality, interface quality.

5. Conclusion

This paper addressed the current system development of a platform for the disclosure of the Portuguese type design community, focusing on a group of selected type designers, from 1990 to 2010.

The systemic approach was revealed from the beginning of our research, where we had to find out the best possible ways to select the typefaces and their designers. The interviews conducted in the first stage of our study were crucial to deepen our understanding of their work and attitudes toward the development of the platform.

Review of the literature showed that there was a lack of uniformity among several authors which made it difficult to definitively choose one classification system as the most representative. This led us to systematically search for the most comprehensible terms, by studying different classification systems, comparing them with our research among the most representative type foundries and distributers, helped to gather information and refine our strategy towards the classification system used in the prototype, since we were aiming to appeal to a wide audience.

With that in mind, we have started to organize the information structure of the platform in order to fulfil the users' needs and expectations. For that purpose, after several tests during the initial phases of development (sketches; wireframes; hi-fi wireframes) the structure of the prototype was adjusted for a first test. Putting the users in the center of our approach was a very important step to inform us of their perceptions and needs. Evaluating systematically what was being built throughout the process was crucial (and still is). Searching the attitudes and behaviours of users is relevant especially for the development and improvement of the prototype.

The questionnaire developed to test the perceptions and attitudes of potential users made us aware of their needs and behaviour, highlighting how they perceived the prototype in the Overall Design, Interface and Content dimension, as well as their opinions regarding the usefulness of this project. The results revealed that users had a very good evaluation of the prototype rating all the dimensions with high values, highlighting the clarity of the design and that it is efficient and easy to use, which corroborated the

hypotheses that the development of an online digital collaborative system would allow further development of knowledge between products, users and authors, as well as processes and uses.

One important finding of this study is that there was a good perception of the prototype aims, with the majority of users agreeing with the fact that the project could bring more visibility and quality to national typography taking more authors to participate and motivate them to quality. Most users agreed that they would regularly use the project and recommend its use to others.

Performing this test with the majority of respondents being students of design all over Portugal had an enormous impact in our research prospecting that the project will be well welcomed. Despite the positive feedback, it is still a prototype, with some improvements to make in the future to meet the users' expectations, mainly with issues related to both usability and contents. With the collaborative input from the users, we hope that the project contents become even more complete and up to date.

The project contributes to knowledge by presenting the methods and reasoning that support the design of digital typefaces while recording information from the past until the present. From the compilation of information on the subject, to the simplified classification mechanism; from the search, filtering and sorting capabilities, to the collaboration of users to increase the systems information. In short, involving the users as part of our research methodology turned out to be a valuable tool in the development of a platform for a wide possible spectrum of users. The current results on the platform development, with the improvements made through several user tests, evaluations and refinements undertaken in all phases of the project were crucial.

6. References

ANJOS, J. (1886). *Manual do Typographo*. Lisboa: David Corazzi Editor.

ANSELMO, A. (1981). *Origens da Imprensa em Portugal*. Lisboa: Imprensa Nacional.

ANSELMO, A. (1997). *Estudos de História do Livro*. Lisboa: Guimarães Editores.

BAUERMEISTER, B. (1987). *A manual of comparative typography: The Panose System*. New York: Van Nostrand Reinhold.

BBC (2002). *The Glass Wall: the homepage redesign 2002*. <http://www.liamdelahunty.com/blog/media/theglasswall.pdf> [Retrieved: 2016, may 1]

BRINGHURST, R. (2004 [1992]). *The Elements of Typographic Style*. 3rd ed. Point Roberts, WA: Hartley & Marks. (Originally published in1992)

BROOKE, J. (1996). "SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale" in Jordan, P. W., Thomas, B., Weerdmeester, B. A., & McClelland, A. L. (Eds.). *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.

CAHALAN, A. (2007 [2004]). *Type, Trends and Fashion: A Study of the Late Twentieth Century Proliferation of Typefaces*. PhD thesis (2004). Curtin University of Technology, Perth, Western Australia. New York: Mark Batty Publisher.

CANHÃO, M. (1941). *Os caracteres de Imprensa e a sua evolução histórica, artística e económica em Portugal*. Lisboa, Porto e Coimbra: Grémio Nacional dos Industriais de Tipografia e Fotogravura.

CHACCUR, M., AMADO, P. (2010). "Os tipos de Além Mar" *in Tupigrafia*, 9, p. 62-69.

CHILDERS, T., GRISCTI, J., & LEBEN, L. (2013). "25 Systems for Classifying Typography: A Study in Naming Frequency" *in Parsons Journal for Information Mapping*, vol. V, issue 1, winter 2013, p. 1-22.

CHIN, J.P., DIEHL, V.A., NORMAN, K.L. (1988). "Development of an Instrument Measuring User Satisfaction of the Human-Computer Interface" *in ACM CHI'88 Proceedings*, 1998 ACM, p. 213-218.

DAVIS, F. D. (1989). "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology" in *MIS Quarterly*, 13:3, p. 319-340.

DIXON, C. (2001). *A description framework for typeforms: an applied study*. PhD thesis. London: Central Saint Martins / University of the Arts London.

DIXON, C. (2012). "The role of typeface categorization systems in the typographic education of the printer: a corrective legacy still with us today" *in Design Frontiers: Territiories, Concepts, Technologies / Proceedings of the 8th Conference of the International Committee for Design History & Design Studies - ICDHS 2012*, São Paulo, Brazil: Blucher.

GOMES, R. (2010). *O design brasileiro de tipos digitais: elementos que se articulam na formação de uma prática profissional*. Master thesis. Rio de Janeiro: Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

KING, E. (1999). *New Faces: type design in the first decade of device independente digital typesseting (1987–1997)*. PhD thesis. London: Kingston University.

KING, E. (2001). "Digital Type Decade" *in Eye*, no. 40 vol. 10, summer 2001. <http://www.eyemagazine.com/feature/article/digital-type-decade-full-text> [Retrieved: 2016, may 1]

KINROSS, R. (1992). "The Digital Wave" *in Eye*, no. 7 vol. 2, summer 1992. <http://www.eyemagazine.com/feature/article/the-digital-wave> [Retrieved: 2016, may 1]

LEONIDAS, G. (2013a). The next ten years. <http://leonidas.org/2013/03/12/thenexttenyears/> [Retrieved: 2016, may 1]

LEONIDAS, G. (2013b). *Going Global: The Last Decade in Multi-Script Type Design*. <http://typographica.org/on-typography/going-global-the-last-decade-in-multi-script-type-design/> [Retrieved: 2016, may 1]

LEWIS, J. (1991). "Psychometric Evaluation of an After-Scenario Questionnaire for Computer Usability Studies: The ASQ" *in ACM SIGCHI Bulletin*, 23 (1), p. 78-81.

LEWIS, J. (1992). "Psychometric Evaluation of the Post-Study System Usability Questionnaire: The PSSUQ" *in Proceedings of the Human Factors Society 36th Annual Meeting, 1992*, p. 1259-1263.

LUND, A.M. (2001) *Measuring Usability with the USE Questionnaire.* STC Usability SIG Newsletter, 8:2.

MACGREGOR, S., & LOU, Y. (2005). "Web-Based Learning: How Task Scaffolding and Web Site Design Support Knowledge Acquisition" *in Journal of Research on Technology in Education*, vol. 37, n. 2, p. 161-175.

MIDDENDORP, J. & TWOPOINTS.NET (2011). *Type navigator: the independent froundries handbook*. Berlin: Gestalten.

MUNDIE, D. (1995). *A field guide to the faces*. Pittsburgh, PA: Polymath Systems. <http://www.dodomagnifico.com/686/Typography/Faces.html> [Retrieved: 2016, may 1]

NIELSEN, J., & TAHIR, M. (2002). *Homepage usability: 50 Web sites deconstructed*. Indianapolis, IN: New Riders.

OSGOOD, CHARLES .E.; G. SUCI AND P. TANNENBAUM (1957). *The Measurement of Meaning*. Urbana, IL: University of Illinois Press.

PACHECO, J. (1998). *A Divina Arte Negra. O livro português. Séculos XV e XVI*. Lisboa: Vega.

PACHECO, J. (2005). *O Typographo na Contemporaneidade do Designer Gráfico*. Phd thesis. Lisboa: Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa.

PACHECO, J. (2013). *As artes gráficas e a imprensa em Portugal (séculos XV-XIX).A arte das artes*. Lisboa: Instituto Superior Manuel Teixeira Gomes.

PATTON, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation methods* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

PREECE, J., ROGERS, Y., & SHARP, H. (2011). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction.* New York: John Wiley & Sons Ltd.

PROVIDÊNCIA, F. (2003). "Algo más que una hélice" in Calvera, A. (ed.) *Arte¿? Diseño*. Barcelona: Gustavo Gili, p. 195-213.

QUELHAS, V., BRANCO, V., & HEITLINGER, P. (2011). "The languages of Typeface Design in Portugal" *in Strategic Design Research Journal*, 4(2) p. 84-92 May-August. Unisinos – doi: 10.4013/sdrj.2011.42.07.

SHAIKH, A. (2007). *Psychology of onscreen type: investigations regarding typeface personality, appropriateness, and impact on document perception*. PhD Thesis. Wichita State University.

SHAIKH, A. DAWN (2009). “Know Your Typefaces! Semantic Differential Presentation of 40 Onscreen Typefaces” *in Usability News*, October 2009, vol. 11, issue 2. < http://usabilitynews.org/know-your-typefaces-semantic-differential-presentation-of-40-onscreen-typefaces/ > [Retrieved: 2016, may 1]

BS 2961 (1967). *Specifications for type face nomenclature & classification* BS 2961:1967. Londres: British Standards Institution.

SPIEKERMANN, E. & GINGER, E. (1993). *Stop Stealing Sheep & Find Out How Type Works*. Mountain View, California: Adobe Press.

THIBAUDEAU, F. (1924). “Classification des caractères d’imprimerie” in Thibaudeau, F., *Manuel Français de Typographie Moderne.* Paris: Bureau de l’édition, p. 37-109.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3345

Materials to boost companies innovation. Systemic production network and technological crossbreed

Lerma, Beatrice[a] & Dal Palù, Doriana[b]

[a] Department of Architecture and Design. Politecnico di Torino, Italy. beatrice.lerma@polito.it

[a] Department of Architecture and Design. Politecnico di Torino, Italy. doriana.dalpalu@polito.it

Abstract

The origin of resources and location of suppliers and manufacturers are key elements in environmental sustainability. Equally important are the potential new areas of application and the development of further production. The aim of this article is to investigate how designers can help manufacturing companies providing sustainable solutions that envisage a future beyond processes, by considering the complexity of a territory and its production system. The creation of "zero-km" contacts network among companies, dealers, producers and suppliers could be useful for Small and Medium Enterprises (SMEs) in order to improve their production in a sustainable way. Moreover, developing new products and investigating on new potentialities of the currently produced series drive manufacturing companies towards (eco) innovation. Doing so through envisioning unconventional interpretations for materials, semi-finished products and components alike, through technological crossbreed.

This is the direction through which material libraries should seek to progress: in fact on the one hand today's materials and production/finishing processes are smart and encase performance and functionalities that require complex systems. On the other hand the origin of resources and localization of local suppliers and manufacturers are key elements when it comes to environmental sustainability.

The article presents an analysis of the potentialities of material libraries and the activity of an academic material library, conceived not only as an archive but also as a support to boost companies' innovation management. In this last case, the support offered to firms is characterized by a strong design slant and ensures the methodologies and principles of Eco-Design, Exploring Design and Advanced Design (ADD) paths: following these methodologies, solutions related to firms productive district are defined, taking into consideration materials/semi-finished products that can be renewed by transferring them to different manufacturing cycles.

In material libraries the designer's role is to transform the intangible aspects associated with territorial and technological dimensions into tangible solutions. This article will present case studies of SMEs working in different fields, which started to produce new objects and updated their production using new materials and semi-finished products.

Keywords: *Materials libraries; sustainable strategies; companies' innovation; design research; Advanced Design.*

1. From the materials' hyper-choice to the materials archives: Their role in a local context

Currently, around the world, there are millions of different materials and new ones are constantly springing up: "the proliferation of new materials and the enormous technical and expressive possibilities offered mean designers must keep continuously updated on their properties and possible applications" (Langella, 2003); in fact the designer and manufacturer are faced with a huge and growing scope of possibilities, in which the choice of materials and the transformation processes can be combined, giving rise to what is known as "hyper-choice" (Manzini, 1986).

In order to search for and classify innovative materials and products for the world of architecture, design and industrial production, "material libraries" have been created; real and virtual archives of indexed material samples that are offered to designers as research tools in an attempt to increase awareness of all the materials available (De Giorgi, 2012). The term "material library" is a neologism, coined to identify physical or virtual places in which technical information is collected and made available in relation to a wide range of materials, particularly in the world of architecture, design, fashion and industrial production in general (Lerma, De Giorgi & Allione, 2013). "For some designers, material libraries are primarily centres in which to find inspiration for new projects; there are people who consider them as places to visit, like a contemporary sculpture exhibition or a 'documentary' of current affairs, in which 'curious' simple materials with an extra-terrestrial aspect become major protagonists or collector's items [...]. For others, they are considered places in which to work, to conduct in-depth research on a specific component with the possibility of drawing upon the expertise of consultants [...]" (Campogrande, 2009).

As Dehn underlines (Dehn, 2014), materials have become "more sophisticated in appearance and performance and most of them were in production": the possibility to give access to samples and information on a variety of materials and technologies has become fundamental for students, professionals and companies in order to be up-to-date in terms of material and technology innovations. In fact, material libraries are not just born from the need to assist the designer in gathering information on new materials, but also to help companies promote their products on the market, to become part of a community and thereby gain contact more quickly with other organizations, to build solid collateral and publicity and to meet potential new customers or partners: creating a network of contacts in the territory facilitate the manufacturing companies, particularly the Small and Medium Enterprises (SMEs), while selecting their suppliers or researching and evaluating local partners for processing operations. This is the direction in which material libraries should seek to progress in order to support SMEs innovation.

1.2 Materials for sustainability dimension: Supply chain and production systems

When it comes to environmental sustainability, opting for the use of materials and semi-finished products sourced from areas comparable to that where the company operates is strongly advisable (Lerma, 2014); in fact, planning and organizing a short production chain is akin to keep down logistic costs, harmful emissions (e.g. CO_2) to the air, distance to move goods within, thus resulting in an improved quality of the distribution chain (Marino, 2013). On the other hand, the sustainable supply chain requires conscious choices to be made at all industrial stages: from the purchase department, through to product development, Marketing, Transport and Logistics organization" (Colicchia, 2012). According to the

Cluster Theory, a.k.a. conglomerate theory or cluster (Lanzavecchia, Barbero & Tamborrini, 2012), the local economy could greatly benefit from companies part of the same cluster that share and interconnect raw materials and suppliers. Conversely, companies have instead a scarce knowledge of who their neighbours are and what their productions are all about, so much so, that they end up liaising with faraway suppliers and transformation partners: the logistics activity, referred both to distribution chain and the actual/organizational product management, gets tangled, hence, it weighs more on environment.

Local SMEs and manufacturing companies will be able to reduce waste and consumption and optimize the use of resources, as well as encouraging the pre and post consumption use and re-use of waste throughout the production process, by adhering to a sustainable logistics, that is more efficient and sensitive to the ecosystem requirements (Aguiari & Provedel, 2013).

1.3 MATto materials library of Politecnico di Torino: A consultancy service for SMEs of the Piedmont Region

MATto materials library of Politecnico di Torino (Design and Visual Communication Degree Course) is a material archive, which includes more than 700 samples of new generation materials, particularly used in the field of design and architecture. MATto has been developed in the Politecnico di Torino Design Course, also with the help of the students, in order to keep designers up to date about the latest materials available for their projects. Up to now, for each MATto material samples, an analysis sheet is arranged, which reports the technical (physical-mechanical) properties of the materials, its applications, the available format and a cost estimation (Ashby & Johnson, 2002). MATto is aimed at becoming a support tool for the problem setting, by which the designers (and the other figures involved into the product development) are assisted for identifying which material parameters influence the product eco-performances. Consequently, a multidimensional profile is provided and the several parameters are not averaged in a unique performance indicator (Graedel, 1997). At the same time, another important information provided by MATto material library is the sensory profile, which could be useful for considering the human perception of materials too.



Fig. 1 MATto material library in Politecnico di Torino: the exposition and a phase of the consultancy service

In 2010, it has become a consultancy service (fig. 1) supported by Torino Chamber of Commerce for the SMEs of the Piedmont Region in Italy (De Giorgi, 2012). The innovative aspect of MATto is to provide meta-project solutions, in other words some indications to the design process without the specific solutions that will be subsequently implemented, by identifying new materials or semi-finished products suitable for every specific need or request of each project, based not only on the technical and economical performances: also the sensory and environmental material properties are considered.

The MATto_Materials for Design consultancy service organized by MATto materials library aims to address companies' needs related to critical product, materials, processes, environmental sustainability of materials, semi-finished products, innovation in their field and new markets for businesses. Materials are identified in order to help companies to develop new products and explore new potential products on the basis of their specific requests. Since 2010, more than 150 firms have taken advantage of the consultancy service and their production fields are various: from the automotive field to jewelry, to packaging to lighting, to technical textiles, to personal accessories, etc.

2. The research question: How to support SMEs towards a progressive innovation?

The search for innovative materials and, in particular, for innovative production processes, is fundamental and crucial for every enterprise. Innovative enterprises in fact are constantly looking for new ideas, for a new future product, to obtain improved solutions for a product already in the design process or obtain solutions for a product already in production.

For SMEs, this issue is far more crucial. In fact, they are the most disadvantaged realities specifically concerning environmental innovation, basically because they cannot invest in, and consequently benefit from, a Research and Development unit (De Giorgi, Dal Palù & Allione, 2015); furthermore, no permanent educational tool has as yet been provided in support both to the managerial level and to the innovators involved in the enterprises (Halila & Tell, 2013; Le Pochat, Bertoluci & Froelich, 2007).

Moreover, revolve around innovation issue is not easy: innovation both in terms of materials and production processes and technologies, is defined not only by applying high innovative materials/technologies/semi-finished products, but also through using "traditional" materials in an innovative way or/and in a new context. Developing new products and investigating over new potentials of the currently produced series drive manufacturing companies towards (eco) innovation through envisioning unconventional interpretations for materials, semi-finished products and components alike, through technological crossbreed.

Both the facts that in SMEs very often there is not the culture of innovation research, as well as the time to do research or people trained to do it, lead these companies in a standstill situation. Design, instead, can supply the drivers to define innovation strategies, in order to obtain concrete results starting from researches: in these terms materials research in MATto is a support to boost companies' innovation management. Researches about innovative materials and production processes are, for designers and researchers of MATto materials library, a median to intervene in design and production processes.

2.1 Overview of the adopted research methods

In MATto, the consultancy service MATto_Materials for Design is organized for firms, and especially for SMEs, following some specific methodologies adopted in Politecnico di Torino and typical of the design process, such as: the Advanced design, the Exploring design and the Eco Design guidelines.

In the absence of market, for example, the Exploring Design path allows designers to generate system-product, process, service design projects that are always original and innovative, capable of leading quite easily to new methods, business ideas and spheres of activity in which customers can become involved later on. More in details, adopting the Exploring Design path (Germak & De Giorgi, 2008), a background analysis of the product pointed out both the stereotypes and new possible options representing an innovation (Lerma, De Giorgi & Dal Palù, 2014). This overview which we call it "scenario analysis", focusses mostly on materials, processes, environmental and social sustainability, and relationships with the productive district, in particular on materials used in the current production system. The research team defines a process scenario that takes into account key details such as company history, currently used technologies, flow of materials and adopted strategies in order to assess the company's starting level of innovation and ecological mind-set (De Giorgi, 2014). In particular, the actual production of the company-case study is analysed, as well as the competitors' products, in terms of innovation, materials, sustainability and processes. Moreover, according to the Eco Design guidelines (Vezzoli & Manzini, 2007; Tamborrini, 2009; Lanzavecchia, Barbero & Tamborrini, 2012; Lerma, De Giorgi & Allione, 2013), focus in particular on the resources of the territory (in particular, the Piedmont Region). As defined by Advanced Design (ADD) discovery and new degree of knowledge can turn into continuous innovation, contributing to create new producers, new production processes, new users and new markets to spread innovation (Lerma, De Giorgi & Dal Palù, 2014).

Moreover, in MATto, the researches are organized ad hoc for each firm, adopting the Design Thinking, a complex problem-solving method based on analytical phases, multidisciplinary research, brainstorming and the creation of ad hoc strategies; in fact, this method is applied more and more often to business in general: as Branzaglia underlines (Branzaglia, 2014) ADD is aimed to translate technological innovation

into behaviour innovation. Moreover, this method defines two specific working sectors to designers: defining a context for a new product and a new semi-finished product, and redefining the relationship between different production chains.

2.2 The technological crossbreed key concept

"An innovation, originally conceived for a specific production process, subsequently enters products and sectors often far from the expectations of economic promoters" (Penati, 2004). The cross-fertilization phenomena may be a stimulus to the introduction adoption of innovations in companie's production (fig. 2).

Innovative materials come from highly specialized, if not niche sectors; such materials, along with semi-finished products, components and surface treatments traditionally applied to sophisticated, high-tech content items, are also used for producing everyday, ordinary utility objects. Companies can find then "new raw materials" for their productions by researching materials and semi-finished products that can be renewed by transferring them on to further manufacturing cycles.

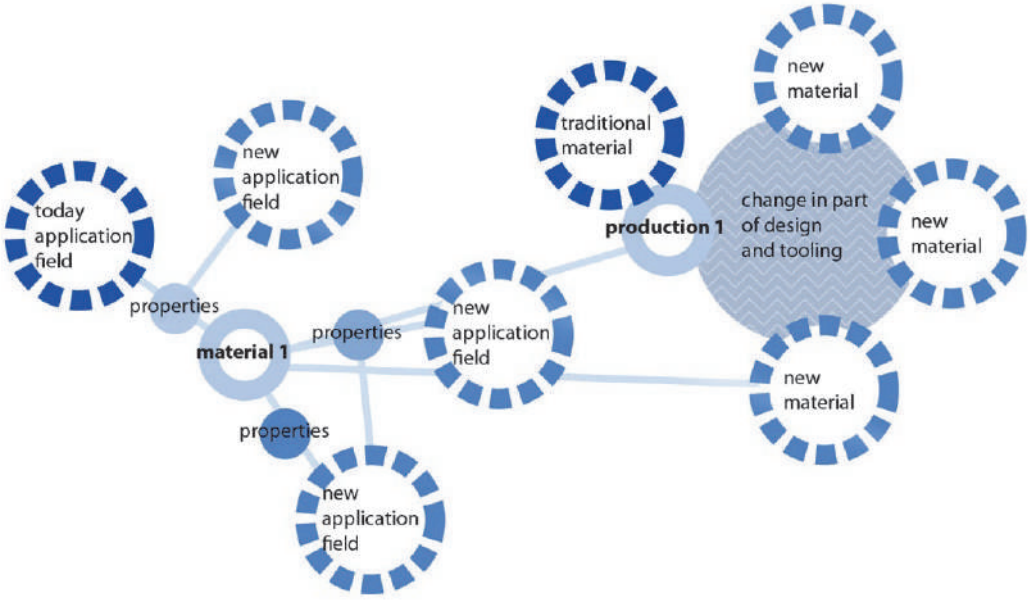


Fig. 2 The technological crossbreed: from a traditional application field to an innovative one

Developing new products and investigating over new potentials of the currently produced series drive manufacturing companies towards innovation through envisioning unconventional interpretations for materials, semi-finished products and components alike.

The technological crossbreed represents then a cross-feritilization approach often adopted by the MATto researchers. Thanks to this approach, the firm can take advantage from the experience already reached in a specific context in which that specific technology or material was traditionally adopted, and move those expertise into its new productive context. In the next paragraphs several results generated by the disclosed research methods applied to the MATto_Materials for Design consultancy service will be presented.

3. Results

Over the past six years, more than 150 firms have taken advantage of the MATto_Materials for Design consultancy service. The production fields of the supported companies varied from time to time: they ranged from the automotive field to jewellery, packaging, lighting, technical textiles, personal accessories, etc. Each researches was organized ad hoc for each firm, following the specific needs and requirements in innovation. Several case studies could be presented in order to show the results reached thanks to the support of the consultancy service. In this contribution, two meaningful examples will be disclosed.

3.1 Case study #1: New materials for sustainable luxury

The role of designers of MATto material library in this case was to investigate how sustainable design can help a prestigious goldsmith company which faced financial difficulties in identifying new strategies in selecting materials for their jewelry creation. Therefore helped the firm to preserve their luxury levels and their market positioning, as well as retaining their target audience, and focusing on new more eloquent and environmentally bearable opportunities (Lerma, De Giorgi & Dal Palù, 2016, in press) (fig. 3).

The proposals defined by the research team were linked to environmental and material lightness, territory and different productive chains. More in details (De Giorgi, 2014), the choice was about light alloys used in the aeronautics and aerospace fields (aluminium and titanium alloys); in fact, the goldsmith company territorial location also housed an international outpost of aerospace fields.

According to previous background analysis about jewels and company production, the recently soaring price of gold and the considerations following the eye-tracking analysis (on jewels and other products) about the importance of elegance (Buiatti, 2013), the research group defined several ways in which gold can coexist with other metals: the main proposal focused on the surface finishing, which can transform the visual perception of the material, while retaining its intrinsic characteristics. In particular, the defined finishing colour was black: this colour, in fact, is generally linked to semantic areas of elegance and preciousness. This solution was defined in order to maintain the company corporate identity and elegance: the focus was then placed on surface finishing available with a specific advanced finishing technique (DLC), similar to PVD, but more performing, used in healthcare and automotive fields and able to ensure biocompatibility, wear and corrosion resistance and availability to carry both a matt or glossy finishing.

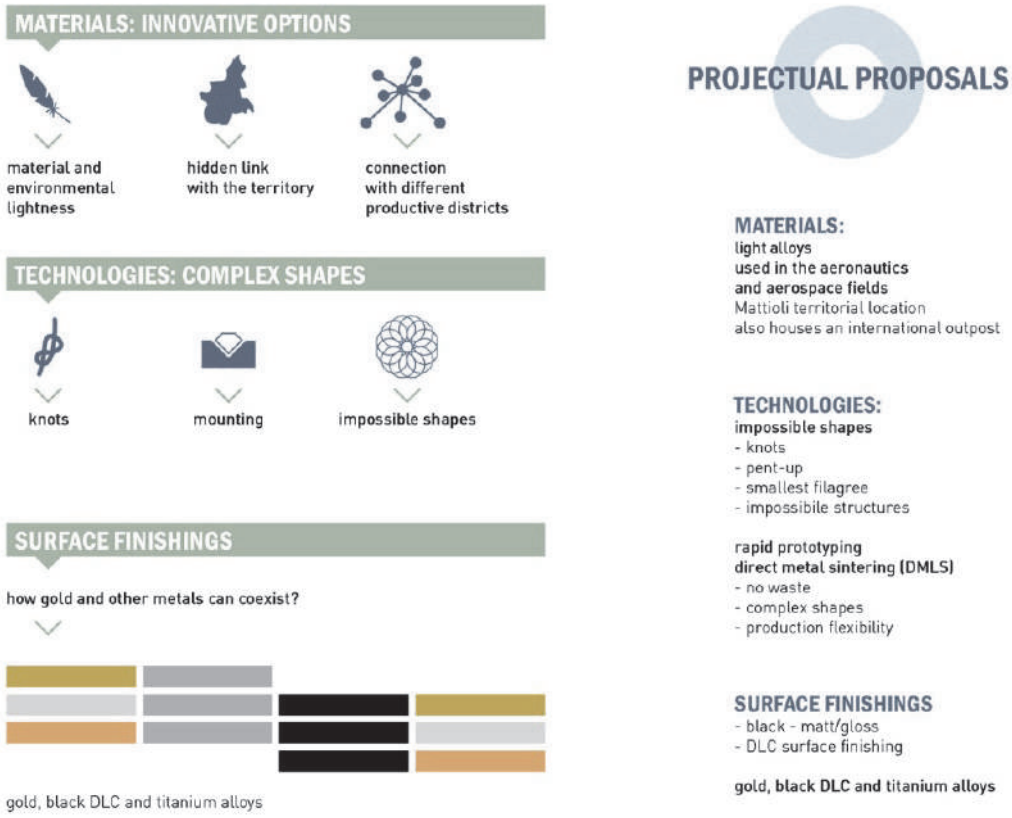


Fig. 3 Innovative materials and projectual proposals for jewellery case study (credits: De Giorgi, 2014)

Specifically, the hypothesis of black finishing was tested by the firm through a prototyping phase and several mechanical tests (Maleck De Oliveira Cabral, 2013). The DLC process is a plasma-assisted chemical vapour deposition (PACVD) technology used to apply the diamond-like carbon to the watches; moreover, Diamond-like carbon, or DLC, is amorphous carbon plasma - a material that exhibits astounding properties whose, for years, have benefitted a variety of industries including aerospace, military, medical and automotive industries that constantly demand new heights of material innovation.

The cross-fertilization operated thanks to a technological crossbreeds from aerospace, military, medical and automotive sectors to the jewelry sector could provide some alternatives to the traditional materials, in order to emphasize the "project value" and the "innovation value", instead of the traditional gold preciousness. The goldsmith company introduced this technological innovation in several of its jewels collections and are currently on the market. Furthermore, they benefited of several advantages: thanks to the "black gold" they strengthened the brand identity, the perceived luxury of the product as well as the market positioning; at the same time, minimizing the gold quantity usage and they also controlled the costs of this new environmentally friendly collection.

3.2 Case study #2: The innovative dimension of digital decoration

In 2015, MATto started a collaboration with a SME, leader in digital decoration located in Piedmont Region, looking for new commercial partners. The collaboration with this company was conceived as a new opportunity offered by MATto to the Italian and international productive firms of materials and semi finished products to experience for free the potential of the digital decoration, directly on their products, adopting a win-win strategy.

The digital decoration process is proposed for reproducing every graphic idea (pictures, patterns but also flat colours) on a wide rage of materials, going from wood to glass, paper, textiles, aluminum, steel, copper, ceramics, stone, leather, PVC (polyvinyl chloride), PMMA (polymethyl methacrylate, i.e. Plexiglass) and many other materials; with this technique is possible to customize and tailor products and semi finished products, by realizing opaque or transparent decorations, in high definition quality and with a perfect integration colour-material (fig. 4).

Several opportunities are offered to productive firms, and right the innovative potential of this new technique was at the basis of the consultancy service. Some of the opportunities ranged from testing the monochromatic colourings, to realize vectorial patterns, decorate with bitmap images, using four-colour printing with transparent (CMYK) or opaque (CMYK-W) finishing, opaque white (the firm can control also the opaqueness gradient), transparent inks (another opportunity is to test the matte effect, with the ability to control the matte gradient), four-colour opaque (CMYK-W) printing. Moreover, it is possible to print more than 16.000.000 possible colours, in high resolution (up to 1400 x 1400 dpi), with non-toxic water-based organic inks (with an advantage given by a stronger chromatic power, and the possibility to create more details) and in absence of materiality and thickness of decorated parts (this technique generates no “gap-effect”).



Fig. 4 Digital decoration on wood: Geometrico, Tulipae Gemini and Ramoscelli | DESIGN collection, by Xilo 1934

Thanks to presence of different suppliers of the digital decorative company in the Centre of Italy and in other Countries in the world (such as in Spain and in Portugal), the digital decoration could be presented not only in a local context, but also internationally.

The opportunity to test the digital decoration on its own material samples was spread through the MATto communicative channels. Companies working in different fields (from floating flooring systems, to furniture and interiors fittings, to acoustic panelling for theaters and opera house producers) and producing various typologies of materials are now testing the digital decoration with positive feedback. Paper with particular coatings that are used in furniture field, leather-no-leather, semi finished products made in wood (innovative in materials composition), wood veneers for interior applications: these are just some of the materials on which the digital decoration was tested in these months, and on which other tests, such as wear resistance and colour brilliance, are currently underway, in order to investigate and improve the technical aspects and feasibility of the adoption of this innovative process in the current production (fig. 5).

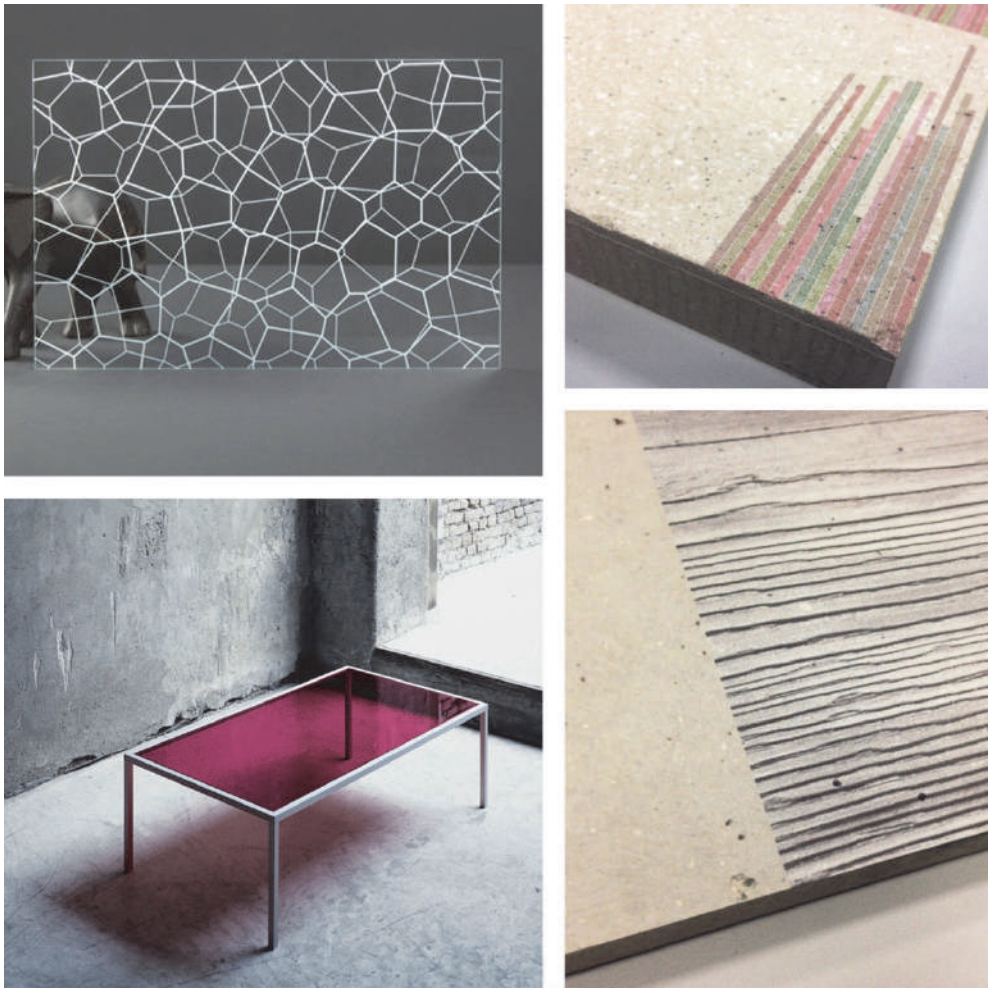


Fig. 5 Digital decoration on other materials: some examples of effects on glass (table Go on Evolution 20, by Glas Italia) and on composites

In this case, MATto played the role of a connection between a company that offers a specific technology and its new possible clients: MATto identified new possible fields of interest for the current technology object of the research, and focused the firms interested in innovate their production by using a specific innovative coating system. With this aim, thanks to the collaboration with MATto, new high technological level productive synergies were created. National and international productive firms had the opportunity to test the technology for free, and the digital decoration firms obtained new commercial contacts, possibly interested in exploiting its technology.

4. Conclusion

The results of the experiences disclosed in the article are useful to provide insights for further applications to small and medium enterprises, researchers, designers and other innovation practitioners. Moreover the researches and consultancy activities in MATto are characterized by a very good satisfactory level. In fact, results presented to SMEs are easy-to-use: MATto materials library is focused on applied research (on-demand researches for each company) to obtain expandable results, such as specific contacts of productive companies in order to apply innovative materials and technologies in productive process.

MATto consultancy service aims to define new possible fields of interest for firms, in particular SMEs, and to create new high technological level productive synergies: reaserches in MATto seek to organized an activity that can't be performed within SMEs.

The case studies previously presented provide examples of firms working in different fields, which started to produce new objects and updated their production using new materials and semi-finished products, thanks to the consultancy service provided by MATto materials library. Moreover, the adopted methodologies could be applied in different productive fields: developing new products and investigating the new potential of the current ranges drives manufacturing companies towards eco-innovation by envisioning unconventional interpretations for materials, semi-finished products and components (Lerma, 2014). Thanks to this approach, the solutions presented to firms are not far from to be applied, because in many cases these are already adopted, as traditional materials or technologies, in other specific context.

MATto researchers and designers are able to design the tangible and transform intangible objective into products: the territorial and technological dimensions of researches developed are transformed into tangible solutions thanks to the ADD and Exploring design approaches and the problem solvers designers' ability to identify innovative solutions and strategies useful for companies' production.

5. References

AGUIARI, G. y PROVEDEL, R. (2013). *Logistica sostenibile: un'occasione di sviluppo & innovazione*. Milano: Franco Angeli, Milano.

ASHBY, M., F. y JOHNSON, K. (2002). *Materials and design: The art and science of materials selection in product design*. Boston, MA: Butterworth-Heinemann.

BRANZAGLIA, C. (2014). *Design di filiera. Il ruolo del design nelle filiere produttive. ADI design codex delegazione Emilia-Romagna.* Bologna: Fausto Lupetti Editore.

BUIATTI, E. (2013). "Perception of the sustainability and quality of food packaging - Percepire la sostenibilità e la qualità del packaging alimentare" in De Giorgi*, C. Sustainable Packaging? - Packaging Sostenibile?*. Torino: Umberto Allemandi & C.

CAMPOGRANDE, S. (2009). "Diffondere i materiali" in *Design follows Materials*. Firenze: Alinea Editrice s.r.l.

COLICCHIA, C. (2012). "Casi di successo per una logistica sostenibile", in *Logistica*, n. gennaio.

DE GIORGI, C, DAL PALÙ, D. & ALLIONE, C. (2015). "Development and results of a cross border network project, aimed at the engineering of eco-compatible products" in *Journal of Cleaner Production*, vol. 106, p. 619-631.

DE GIORGI, C. (2012). "MATto - A New Material Libraryat Politecnico Di Torino, Design Course" in *Innovation in Design Education. Theory, research and processes to and from a latin perspective. Proceedings of the Third International Forum of Design as a Process*. Torino: Umberto Allemandi & C, p. 75-88.

DE GIORGI, C. (2014). "Mattioli. Not-only-gold: sustainable innovation in jewellery – Mattioli. Non solo oro: l'innovazione sostenibile nella gioielleria" in in *Towards conscious design. Research, environmental sustainability, local development / Verso una progettazione consapevole. Ricerca, sostenibilità ambientale, sviluppo locale.* Torino: Umberto Allemandi & C.

DEHN, J. (2014). "Conception and Realization of a Sustainable Materials library" in Karana, E., Pedgley, O. y Rognoli, V. *Materials Experience: fundamentals of materials and design.* Waltham, MA: Butterworth-Heinemann.

GERMAK, C. y DE GIORGI, C. (2008). "Exploring Design", in Germak C., *Uomo al centro del Progetto - Man at the Centre of the Project*. Torino: Umberto Allemandi & C.

GRAEDEL, T. E. (1997). "Designing the ideal green product: LCA/SCLA in reverse" in I*nternational Journal of Life Cycle Assessment*, vol.2, issue 1, p. 25-31.

HALILA, F. y TELL, J. (2013). "Creating synergies between SMEs and universities for ISO 14001 certification" in *Journal of Cleaner Production*, vol. 48, June 2013, p. 85–92.

LE POCHAT, S., BERTOLUCI, G. y FROELICH, D. (2007). "Integrating ecodesign by conducting changes in SMEs" in *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, issue 7, p. 671–680.

LANGELLA, C. (2003). *Nuovi paesaggi materici. Design e tecnologia dei materiali.* Firenze: Alinea Editrice s.r.l.

LANZAVECCHIA, C., BARBERO, S. y TAMBORRINI, P. (2012). *Il fare ecologico: il prodotto industriale e i suoi requisiti ambientali*. Milano: Edizioni Ambiente.

LERMA, B. (2014). "Eco-sustainable production networks. From the choice of zero-mile resources to new uses of output. Materials, source and production / Network produttivi ecosostenibili. Dalla scelta di risorse km zero a nuovi impieghi degli output di processo. Materiali, provenienza e produzione» in *Towards conscious design. Research, environmental sustainability, local development / Verso una progettazione consapevole. Ricerca, sostenibilità ambientale, sviluppo locale.* Torino: Umberto Allemandi & C.

LERMA, B., DE GIORGI, C. y ALLIONE, C. (2013). *Design and materials. Sensory perception_sustainability_project*. Milan: Franco Angeli.

LERMA, B., DE GIORGI, C. y DAL PALÙ, D. (2016). "Sustainable luxury: the new black gold. Materials, coatings and processes for sustainable jewels". In: *The Value of Design Research - 11th European Academy of Design Conference Proceedings*. In press.

LERMA, B., DE GIORGI, C. y DAL PALÙ, D. (2014). "Design without a customer: the Exploring Design path" in *AdvanceDesign Cultures: The Shapes of the Future as the Front End of Design Driven innovation: proceedings of the 5th International Forum of Design as a Process - AdvanceDesign Cultures: The Shapes of the Future as the Front End of Design Driven innovation*, Guadalajara: Ed. Tecnologico de Monterrey.

MALECK DE OLIVEIRA CABRAL, T. (2013). *Studio e valutazione dell'applicabilità del rivestimento DLC in azienda del settore orafo*, Trabajo Final de Máster in Jewellery Engineering. Politecnico di Torino, Alessandria [Consulta: 15 de abril 2014].

MANZINI, E. (1986). *La materia dell'invenzione. Materiale e progetto.*Milano: Arcadia Edizioni.

MARINO, G. P. (2013). "CO_2 Emission Reduction Through a Sustainable Local Suppliers Network of Raw Materials. Focus on a Delicatessen Shop" in *Applied Mechanics and Materials*, vol. 378, p. 649-654.

PENATI, A. (2004). "Design come motore di innovazione di sistema" in Bertola, P. y Manzini, E., *Design multiverso. Appunti di fenomenologia del design*. Milan: edizioni polidesign.

TAMBORRINI, P. (2009). *Design sostenibile. Oggetti, sistemi e comportamenti.* Milan: Electa Editore.

VEZZOLI, C. y MANZINI, E. (2007). *Design per la sostenibilità ambientale.* Bologna: Zanichelli.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3311

Designing in the IoT Era: role and perspectives in design practices

Arquilla, Venanzio[a] **& Vitali, Ilaria**[b]

[a] Design Department - Politecnico di Milano, Italy. venanzio.arquilla@polimi.it.

[b] Design Department - Politecnico di Milano, Italy. ilaria.vitali@polimi.it.

Abstract

In the IoT Era technology is ubiquitous (Kuniavski, 2010) and redundant; in 2009 for the first time in history the number of devices connected to the internet surpassed the number of humans on earth initiating Internet's first true evolution (Evans, 2011).

New waves of tech gadgets populate the global markets and the big players are competing with startups and DIY people to commercialize the most innovative and efficient gear.

Thanks to digital fabrication and open source culture smart connected objects can be easily prototyped and sometimes crowdfunded (Jenkins, Bogost, 2014): yielding a Babel of black-boxed, plastic, gadget-like products and services, a first experiment of what is possible and feasible, that in some ways could be defined as an avant-garde trend.

But what about users and their lives? What about the utility and meaning of these objects in real life, with their material qualities and agency of interactions?

This paper, with a bottom-up approach, reflects on a case study in which we started to analyze connected products, reflecting on how technology can "enchant" (Rose, 2014) and augment a smart object while giving value to its tangible part.

The results demonstrates that design can define a balance between tangible and intangible functions of IoT devices, making them desirable, providing new meanings and functions through its physicality, and reinterpreting traditional artifacts.

Some consumers/prosumers are progressively accepting these new connected devices, monitoring health, behaviors and the environment around us, creating big data and modern scenarios for products and services (Acquity Group, 2014).

Physical products pervasively gain a new dimension made of intangible digital avatars (Semmelhack, 2013) able to be freely updated and offer different experiences.

However, technology is often seen as the core of these smart products, resulting in first naive solutions that merely apply electronic components and wireless capabilities to existing objects and in which designers, if present, only manage the aesthetic part. This is an opportunity to apply Design methods and tools to create advanced desirable scenarios for technological objects, bringing users and their interactions back to the core the product development.

Design practices are applied to mediate between users' behaviors and technology, generating devices that leave the gadget-dimension of useless accessories and create more involvement.

This means changing the actual design perspective adding new skills and attitudes useful to design research, design education and for professional practices.

Keywords: *Internet of Things, design, research, human centered design, tangible interaction, metadesign*

1. The big world of IoT: from infrastructures to everyday lives

In 1991 Mark Weiser, coiner of the term Ubiquitous Computing, and his team at Xerox Palo Alto Research Center, were already wondering what it would be like to live in a world where computers are seamlessly embedded in all kinds of everyday objects (Weiser, 1991). With the Internet of Things (IoT), not only this is common, but connectivity is also ubiquitous, and devices become digitally identifiable, sensory and context-aware, connected and able to interact with each other in a *network of networks.* Cisco IBSG affirms that IoT was actually born between 2008 and 2009, *the point in time when more "things and objects" were connected to the Internet than people* (Evans, 2011). This can be considered as the first real evolution of the Internet, a shift from an Internet of People to one of Things. Our techno-culture crossed the *"line of no return"* (Sterling, 2005) and is now entering an *Internet of Everything*, in which People, Things, Data and Processes are connected, combined together to create new capabilities, richer experiences and business opportunities (Evans, 2012): the value of the created network is amplified with each new connection.

With IoT instead of having a small number of powerful devices is possible to have a large number of less powerful devices monitoring different aspects of everyday life (McEwen, Cassimally, 2014), and future forecasts estimates 25 to 50 billion of connected devices in 2025 (Evans, 2011). The potential economic impact is massive, $4 to $11 trillions a year in 2025 (McKinsey Global Institute, 2015) and Big Players are finally entering the Business to Consumer market with smart home solutions, wearable and nearables, competing with start-ups to commercialize new products.

Everything is Big in the IoT world: (i) the forecasted numbers of connected devices and future economic value; (ii) the size of investments impacting all vertical markets, ranging from cities that want to get smarter to enterprises that seek automatization and efficiency; (iii) data become big, fast and unstructured; (iv) the number of players developing new solutions and products, including Big Players, start-ups and DIY people; (v) and lastly the hype around IoT, which is seen as one of the most important future drivers for innovation.

Debates around IoT mostly gravitate towards two topics: technological challenges and market projections. On one hand, it is relevant to identify what will enable an IoT diffusion and how to deploy it, connecting devices together and to the cloud, achieving interoperability and energy efficiency, gathering and processing big data. On the other hand, economic forecasts help to see where enterprises and cities are investing, what the most promising markets are, and to check if people are ready to buy the newest tech solutions (Osservatorio Internet of Things, 2015).

Technologists mostly argue about privacy and security implications of cyber-physical devices, generally highlighting that the potential benefits that technology and connectivity may bring to the final users outmatch the concerns. It's evident the value that adding connectivity, sensing capabilities, "intelligence" and automation can deliver when applied at infrastructure level, in smart cities, smart building and enterprises, for smart metering, asset management, logistics, agriculture and many other applications. A better use of existing assets, saving money, resources and energy, increasing efficiency, enabling remote control and monitoring, running pattern recognition algorithms, visualizing predictive analytics in real time are clear benefits of Machine to Machine interaction.

It's less clear how exactly IoT will add worth on the smaller, domestic scale, through smart homes and cars, fitness trackers, wearables and nearables. The first waves of domestic networked products are just an example of what smart things may be; the results are often experiments in which internet capabilities are added to traditional objects, or smartphone-controlled plastic gizmos with many functions. As new connected devices appear in the global distribution and start to become mainstream, new challenges arise for product designers, who need new competences and knowledge to deal with the complexity of this kind of cyber-physical devices.

For modern designers, the IoT should be considered like a mix of enabling technologies to be applied when they are able to add a visible value, acting as an enabler, mediator or facilitator of new services (Cambridge Service Alliance, 2015). Including electronic components and network capabilities in a traditional product is not enough to make it smart, the whole system needs to be designed to ensure a clear and strong value proposition, address real user's needs and guarantee a natural and seamless interaction, so that *end users should not need to focus on its connectivity or onboard computing: it should just make sense.* (Rowland, et al, 2015)

1.1 IoT as an entropic system

Clive Humby first said in 2006 that "*Data is the new Oil*" (ANA Senior marketer's summit, Kellogg School) of digital economy as objects are connected, can gather real-time signals and accumulate Big Data. Big Data. Big Data is called such because of the large volume of structured and unstructured data that flows and inundates a business on a day-to-day basis. Like oil, it needs to be processed to reveal its true value, transforming raw fragments into useful information. Companies that will gain the most out of IoT are using mathematics (Arthur, 2016) e.g. machine learning algorithms to recognize usage patterns, identify critical situations, predict future development, and enable systems to adapt in real time. Information leads to fast, informed decisions, which can be automated or support users with objective insights. However, currently most IoT data is not used; *For example only 1% of data from an oil rig with 30,000 sensors is examined.* Data is mostly used for anomaly detection and control and not yet applied for optimization and prediction (McKinsey Global Institute, 2015).

For now, data are mostly created by things, for things, not exploited at their full potential in an entropic system in which are accumulated. Most of the value is lost without any findings. The IoT Industry itself is a self-sustained system that doesn't communicate its benefits well to end users. In an ideal process, data should be transformed into information, information into actions and knowledge, knowledge into wisdom and experience. To achieve its full potential, IoT should exit the Machine2Machine-only loop and offer ways to consume data usefully and flexibly, e.g. by delivering the right information at the right time to the right user, shifting from an "If This, Then That" approach to an "If This, Then What?" one (Biron, Follett, 2016).

Smart devices now offer an unthinkable level of Omniscience (Rose, 2014) about the world around us, our bodies and behaviors, and the full potential still needs to be grasped. When we move from an entropic

system to an open -sharing- one, it is possible to envision services in which existing assets and resources can generate new businesses and opportunities. Airbnb and car sharing services are just an example of a virtuous combination of things, people, data and processes.

Instead of Oil, data should become *the new Steel* (Semmelhack, 2013), a resource used to build upon, to make products and service better and updated, *altering the traditional lifecycles to more of an ongoing flow, a kind of living relationship* (Biron, et al, 2016).

2. Designing Smart Connected products

When the word "*design*" is used in an Internet of Things discussion, it would probably be in regards of technical details and solutions. For instance, how to design a whole technological infrastructure, how to connect a great number of sensors in an efficient network or code for interoperability and so forth.

In this paper the term *design* refers to the Industrial Design discipline, as *a "trans-disciplinary profession that harnesses creativity to resolve problems and co-create solutions with the intent of making a product, system, service, experience or a business, better"*. As the International Council of Societies of Industrial Design defines it, *"it links innovation, technology, research, business and customers to provide new value and competitive advantage across economic, social and environmental spheres"* (ICSID, 2015).

Industrial Design applies methods from different disciplines with a strategic approach, to place humans at the center of the design process and to deliver solutions that are meaningful and desirable for users and for the market. Therefore, how does IoT impact the Industrial Design field? How can designers deal with modern smart products?

There are two fundamental elements that impact the traditional product design approach: first, objects become more technological and connected, and second, technologies become more accessible. The most relevant difference between traditional products and connected devices is that the latter are cyber-physical systems with a double identity: there is the tangible product and its digital counterpart, an *avatar* of the object *liberated of its material form* (Semmelhack, 2013). The digital part is often the most significant aspect, used as the main interaction interface to input and visualize data and access all services; tangible interaction is often set aside except for notification purposes. In this scenario the design of products' intangible *avatars* acquires great importance, to shape the User Experience and plan customer's journey through different media, as users must be free to access the product's functionalities through different touch points in the easiest way. At the same time the physical qualities of materials and analogic interactions must not be left behind in the development of a smart solution.

Another important change is that users now expect connected objects to follow the rules of mobile applications: from products to *app-products* (Vitali, 2015), platforms for services. Apps are not static, they are usually upgraded with new functions, so products should improve in time too. In the app stores developers are free to market their own solutions. Likewise products should be open platform so that any developer or start-up could extract data and information to build something new. With these changes the nature of the product-consumer relationship will shift deeply: products will evolve even after their shipping through data analysis and continuous user feedback (Biron, Follett, 2016).

Technological components are frequently economical and easier to use. Thanks to prototyping boards, affordable microcontrollers and microprocessors, a huge number of online resources, shared knowledge and communities, makers and designers are able to prototype and develop their own solutions freely. Even manufacturing technologies are conveniently available and allow an almost effortless shift from bits to atoms.

Given this panorama, what is the role of product designers?

We believe that to grasp this complexity designers need to apply a Metadesign approach to understand technologies, markets and users in order to define products and services that may have a value. Giaccardi and Fisher reflecting on Creativity and Evolution stated that *Metadesign is a unique design approach concerned with opening up solution spaces rather than complete solutions (hence the prefix meta-), and aimed at creating social and technical infrastructures in which new forms of collaborative design can take place* (Giaccardi, 2008). In our vision this is achieved by evaluation of: (i) Technologies: know what can be developed and humanize technology to build seamless and natural experiences. (ii) Markets: to make the product attractive from an economic and productive point of view, with the right price, positioning and a sustainable, defined production model. (iii) Users: to identify new needs and delineate new meanings. This approach could be compared at the human-centered design process (IDEO, 2015) and is a way to ensure that the final solutions remain connected to the people whom are designed for and for this *desirable* at the human level, *viable* at the business level and *feasible* at the technological one. Metadesign is a design research activity fundamental to identify new subtle unspoken dynamics and achieve *meaning-driven innovation* (Norman, Verganti, 2012). The output of a Metadesign phase gives designers a broad context in which to define a project brief that will be used to design and test different solutions.

After that will be added: (iv) Product System Service elements, including service and communication aspects, to gain a clear overview of the system complexity, with its stakeholders, touchpoints and relationships. (v) It is also considerably important to design interfaces and the whole *phygital* interaction (physical and digital) for technological products. (vi) An understanding of manufacturing dynamics and production methods (e.g. DIY, self-production, digital fabrication, mass production).

All above elements frame a wider and complex scope for design. This dimension is also treated on the *Advaced Design* definition where is stated that *Advanced Design is not just highly developed design, but also design which anticipates, which sees before others* (Celi, 2014). It is not expected of a single designer to master all those aspects, in fact interdisciplinary collaboration is fundamental in Design and specially in Design for the IoT. Reflecting on the current dynamics of education and professional practices we applied the Metadesign approach in a case study in which, by mapping IoT products and with exhaustive case studies research, we identified a "new" need, a meaning change, that led to the development of a connected product.

3. Mapping The IoT: research phase and design of InTune - a connected product

The "Mapping the IoT" project was born as a Master's thesis research at Politecnico di Milano. Our approach was to read the existing Business to Consumer market from a designer point of view, analysing products and trying to find correlations to extract elements that can be later used to design new devices. Since existing classifications are usually generic and mostly focus on market and technological segmentations we felt the need to apply a bottom-up approach inspecting existing consumer solutions to gather data from the market, without imposing any solution. Through the analysis of 107 case studies of smart connected products an Analysis Tool was developed.

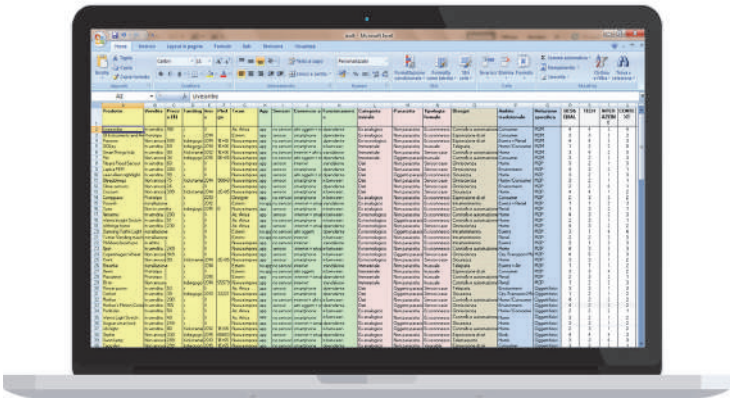


Fig. 1 Mapping the IoT Analysis Tool

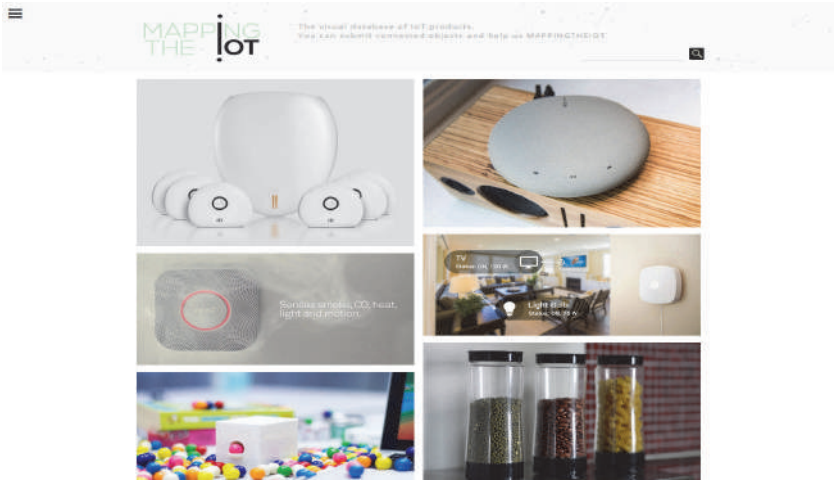


Fig. 2 Mapping the IoT, home

The tool then evolved into an online platform (mappingtheiot.tumblr.com*),*that can be used as an open research tool, since it simplifies the mapping process through the use of selectable tags and anybody can submit new cases to be reviewed.

summarized as follows: (i) Technological point of view: features and specifications (e.g. sensors, apps, what the product is connected to, relationship and dependence between the product and its apps/the need of connectivity), degree of innovation, area of application. (ii) Financial point of view: e.g. price and perceived value, exploited funding method. (iii) User point of view: what fundamental needs does the product try to fulfil, e.g. omniscience, safety (Rose, 2014), intended user and context (e.g. degree of definition, value of the solution), frequency and quality of interaction. (iv) Design-thinking point of view: conceptual qualities (e.g. is it a new artefact? What is its aim? Can be traced to an archetypical shape/typology of artefacts?)

Of an initial sample of 400 cases, 107 were selected and analysed using the tool. An analysis card was made to map each case study, and data were recorded.

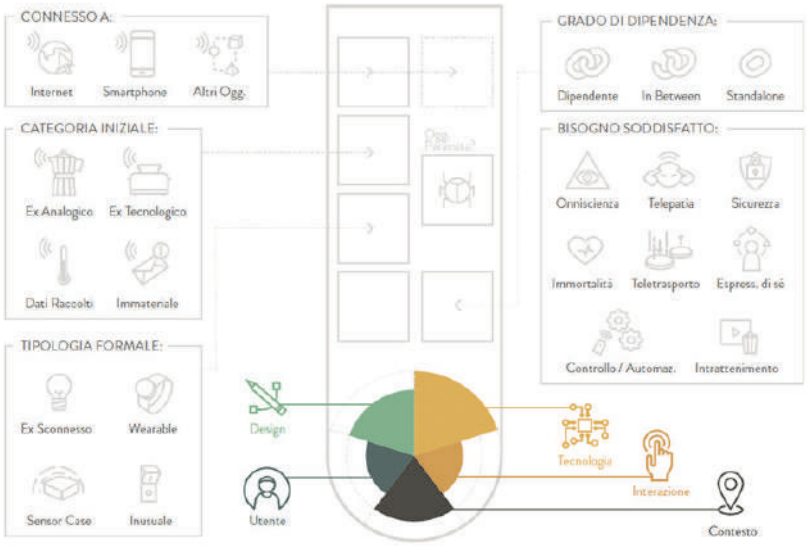


Fig. 3 Legend used to map each case study. Icons and graphs highlight the main characteristics

The gathered data were processed using Raw (raw.densitydesign.org) a versatile online tool that enables data visualization and clustering. The results were summarized in a final report and a set of infographics.



Fig. 4 Mapping the IoT Infographics

From that it was possible to identify features and common characteristics (e.g. the need of omniscience, telepathy, control and automation those products fulfil, the idea to materialize intangible content) that were used as a starting point for the brief definition of InTune, the developed product.

InTune reflects around the topic of time in our digital modern society. Modern time is managed through shared digital calendars, smart alarms, notifications, personalized objectives and deadlines. In this technological era clocks are not enough to express this complexity and seconds are not the most relevant means of measure. Depending on what users consider important *progress* may be used as measurement unit; how many calories were burnt today? How many followers are left to reach 1000? How many to-dos remain in the Trello list at the end of the day? How much until your product gets funded on Kickstarter? How long until summer? Personal time is multi-channelled and punctuated by activities, events, tasks, future plans and self-set objectives that may be physical or digital, offline or online. Following the MappingTheIot analysis framework we understood the fundamental needs the product would have had to fulfil: the need of Omniscience (know everything), Telepathy (see only what is important) and Entertainment (keep users motivated, challenging themselves).

The concept of modern time was linked with progress bars and seek bars, two common elements in the digital UI panorama, with visual properties and intuitive use. Thus the idea was to make the bar tangible, connected and reprogrammable, able to interact with online services and existing applications, showing intangible data with a physical medium.

InTune has three different functions: (i) It is a tangible and connected progress bar, compatible with different services and applications (e.g. digital calendars, fitness tracker apps, IFTTT). It uses its own app to add personal objectives and challenge other people, and it can be used as an alarm clock. In this case the smartphone is used as a data input interface. (ii) It is a timer. No app nor smartphone are needed for this function. (iii) It is a Bluetooth enabled speaker: the motorized progress bar moves in sync with the music and it is possible to physically interact with the played song, going backwards or forwards.



Fig. 5 InTune mockup: display the description of an ongoing progress

All these functions were defined considering the degree of dependence between the product and its app. Connected products often lose functionalities when the smartphone is out of battery: by augmenting a traditional object (speaker) InTune offers more features. The smartphone is used only to create, save, and send new tasks to InTune. To change mode, visualize the progress of all ongoing objectives, the interaction is completely physical and designed to put the smartphone away.

InTune was one of the winners of "Next Design Innovation", an open call promoted by Regione Lombardia and Polifactory, the makerspace of the Politecnico di Milano (www.polifactory.polimi.it/), and was prototyped and exhibited at Milan Design Week 2016. The product was partially functioning: due to time, components availability, and knowledge limitations only the speaker function was implemented. In order to assemble a working prototype many compromises had to be reached and, although the final result was well manufactured, the object was changed and detuned.

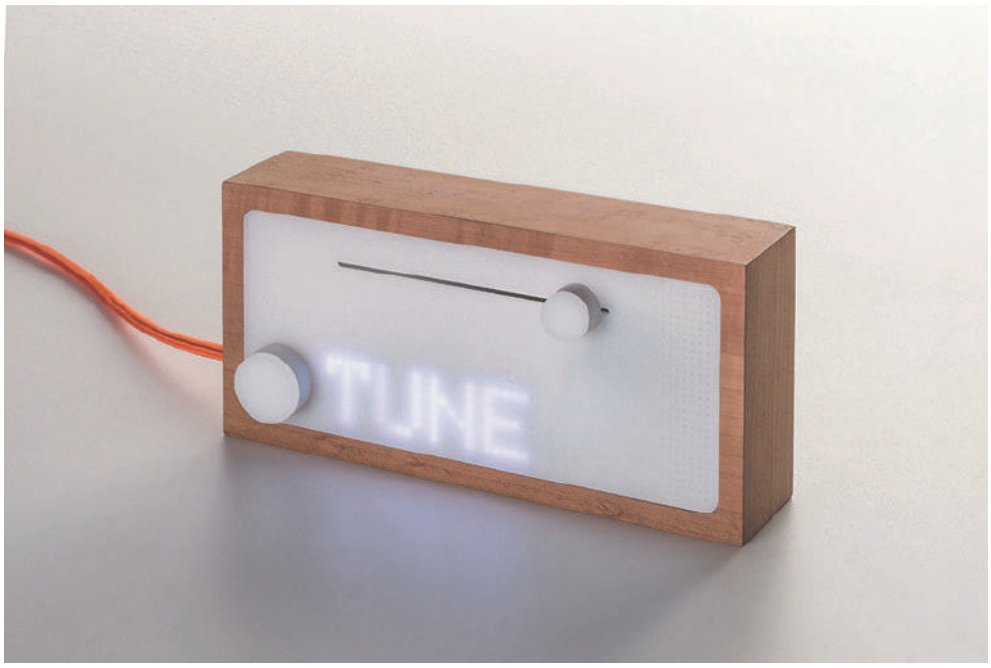


Fig. 6 Next Design Innovation: InTune was prototyped by Polifactory - Politecnico di Milano in collaboration with Regione Lombardia - photo by F. Villa

From this experience we reflected on the topic of prototyping. Designers are given tools to prototype even advanced technological solutions and autonomously materialize their own ideas in new places (Fablab, Makerspace ecc.) where they can also become really *Designer=Enterprise* (Bianchini, et al, 2014 - Arquilla, et al, 2011). We observed that while talking about the Internet of Things it may be an opportunity but also a substantial limitation because designers may be aware of a given conventional technology but unable to put it into practice. Hence the "functioning prototype" self-production threatens to impoverish the concept and qualities of the design scenario, approaching oversimplified solutions but with an acceptable technological complexity. We believe that a line needs to be traced between knowledge and execution, and designers need to focus on the phases in which they can add more value. Technological awareness eventually enables designers to act as "headhunters" and understand what are the needed competences and skills to form a multidisciplinary team to implement any solution, while completing execution

3. Role and perspectives in design practices

With the IoT, network technologies are accessible and applicable, the delicate move is to use them consciously, when are really able to add value and innovate. Knowledge is the first step towards consciousness: being aware of what exists and what is feasible empowers designers to conceive new

scenarios, finding new applications for consolidated technological solutions and generating meaning-driven innovation. The design discipline contributes to give signification to products and services, humanizing technologies, placing people at the centre of the process and exploring their needs to allow a meaningful cultural interpretation and to build compatible captivating services and business models. Hence the IoT could turn into a new important resource in the designers' set of skills.

From our experience we experimented that following a Metadesign approach before starting the design phase may prove an effective way to tackle the design complexity of connected products since both technology, market and user needs are strongly bound together. After our research we constructed a list of guidelines that can be followed while designing for smart connected products, and that frame future perspective in design practices.

(i) Connected products are augmented products: adding network capabilities and sensors, several functions and big data is not enough to make them smart. Meaning needs to be added. From our research it strongly emerged that in the proliferation of technological performance-driven products (Morozov, 2013) there is substantial space to build sense and acceptance, defining innovative dynamics where objects enable services and new interactive interactions.

(ii) Therefore having an app linked to a product is not enough. Applications, network capabilities and sensors are just tools to be wisely exploited: inevitably adding them to any object means to potentially offer a new service. In "Designing for connected products" the authors (Rowland, et al, 2015) state that there may be *service-enabled devices* and *device-enabled services*. In the first case *the device is seen as the most salient part of the service,* central to the overall User Experience (e.g. Nest thermostat); in the second case users just want to benefit from specific functionalities and services (e.g. an alarm service). In both situations there will be tangible objects with both physical and digital aspects. The intangible, digital part may improve flexibly over time, extending the purpose of the tangible product and engaging the final users and it developers in a relationship. It is again crucial to underline that adding connectivity must augment a given object. A notable example of a smart IoT device is Amazon's Kindle, since it augments a traditional artifact (the book) amplifying its strengths and decreasing its weaknesses (one "smart-book" has multiple texts, fast translations, smart notes …), and connectivity enables a new service: instant book purchase and delivery. Therefore with IoT, objects may not be just bought but have different business models, inspired by digital business models (e.g. freemium and premium model) or service ones (e.g. sharing). It is evident that connected devices are strongly linked with the *servitization* phenomenon, which is *the process of creating value by adding services to products* (Cambridge Service Alliance, 2015).

(iii) The value proposition of complex product has to be clear: users need to perceive how connectivity can unlock new services and meanings. Performances may be simpler or limited but designers need to create beneficial and appealing use scenarios that clearly communicate the worth of a proposed solution. It is then interesting to point out that early adopters of IoT solutions are enjoying their wearable devices more than the apps they use in conjunction with (Breitenfeld, 2016) because there is a gap between what objects pledge and what they really deliver. Therefore creating a scenario is not enough, designers must supervise and ensure that there is consistency between the value proposition and the effective execution. This also means trying to design how users can truly make use of the data that many smart devices produce.

(iv) Connected products are *phygital*, but that does not mean that screens and smartphones should be the only way to interact with them. Depending on the project one aspect may be more relevant than the other, still we advise to design for balance between tangible and intangible features. Since functions often become intangible it is indeed important not to overlook material and sensorial qualities and physical

interaction with artefacts and devices. The physicality of products has to be managed with quality and regain its centrality.

Going back to Weiser again, he stated that "*the most profound technologies are those that disappear. They weave themselves into the fabric of everyday life until they are indistinguishable from it"* (Weiser, 1991). Thus the role of design is supporting this seamless combination, using design-related tools and practices, specially the Metadesign one, to envision and materialize novel products and processes giving them quality and meaning.

4. References

AA. VV., (2016). *Next Design Innovation*, Libraccio Editore, Milano

ACQUITY GROUP. (2014). *The Internet of Things: The Future of Consumer Adoption*. Acquity Group's 2014 Internet of Things Study. <http://quantifiedself.com/docs/acquitygroup-2014.pdf> [See: February26, 2016]

ARDUINO. (2016). *Arduino Iot Manifesto*. <https://create.arduino.cc/iot/manifesto/> [See: April 27, 2016]

ARQUILLA V., MAFFEI S., BIANCHINI M. (2011), Designer = Enterprise. A new policy for the growth of the next Italian design.. pp.177-184. In Design Management. Toward a new era of innovation. - ISBN:9789881598417

ARTHUR, R. (2016). *Data Is the New Oil' and More from SXSW*. Business Of Fashion, March 16 <http://www.businessoffashion.com/articles/fashion-tech/data-is-the-new-oil-and-more-from-sxsw> [See: May 5, 2016]

BIANCHINI, M., BOLZAN, P., MAFFEI, S. (2014). *(re)Designing Design Labs. Processes and places for a new generation of Designers=Enterpris*es. Nord Design 2014, Conference Prodeedings, August 27 – 29, 2014 Espoo, Finland <https://www.academia.edu/8629200/_re_Designing_Design_Labs._Processes_and_places_for_a_new_generation_of_Designers_Enterprises> [See: May 5, 2016]

BIRON, J., FOLLETT, J. (2016). *Foundational Elements Of An Iot Solution*. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc. <http://www.thingworx.com/White-Papers/IoT-OReilly-Foundational-Elements-for-IoT-eBook-1?utm_campaign=IoT%20ThingWorx%20Newsletter%20April%20Email%203B&utm_medium=email&utm_source=Eloqua&src=TSbutton1&elqTrackId=4a6cac2cb8754d0fa85da6c90d02e661&elq=28d896a154364b72a62e5a0043b5d412&elqaid=16429&elqat=1&elqCampaignId=2771> [See: April 27, 2016]

BREITENFELD, M. (2016). *Examining the Wearables Ecosystem Roadblocks in Personal Data Interpretation. Argus Insights*. <http://www.argusinsights.com/wearable-apps-2016//> [See April 26, 2016]

CAMBRIDGE SERVICE ALLIANCE. (2015). *The Future of Servitization: Technologies That Will Make A Difference*. Cambridge: University of Cambridge. <http://cambridgeservicealliance.eng.cam.ac.uk/resources/Downloads/Monthly%20Papers/150623FutureTechnologiesinServitization.pdf/view> [See April 27, 2016]

CELI, M., (2014) *Advanced Design Cultures: Long-Term Perspective and Continuous Innovation.* Springer International Publishing.

EVANS, D. (2011). *The Internet of Things : How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). <http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf> [See: February 25, 2016]

EVANS, D. (2012). *The Internet of Everything: How More Relevant and Valuable Connections Will Change the World*. Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG). <http://www.cisco.com/web/about/ac79/innov/IoE.html> [See: February 25, 2016]

GIACCARDI, E., FISCHER, G., (2008), *Creativity and Evolution: A Metadesign Perspective*, Digital Creativity, 19(1), pp. 19-32. <http://l3d.cs.colorado.edu/~gerhard/papers/digital-creativity-2008.pdf> [See April 26, 2016]

ICSID, *ICSID Definition of Design*. <http://www.icsid.org/about/about/articles31.htm> [See: May 1, 2016]

IDEO, (2015), *Design Kit, What is Human-Centered Design?* <http://www.designkit.org/human-centered-design> [See: May 10, 2016]

JENKINS, T. BOGOST, I., (2014). *Designing for the Internet of Things : Prototyping Material Interactions*. Toronto, ON, Canada: CHI 2014, One of a CHInd. [two authors]

KUNIAVSKY, M. (2010). *Smart Things : Ubiquitous Computing User Experience Design*. Amsterdam: Morgan Kaufmann. [an author]

MAPPINGTHEIOT, *Mapping The Iot: the visual database of IoT products*. <http://mappingtheiot.tumblr.com> [See: Apr. 20, 2016]

MCEWEN, A., CASSIMALLY, H. (2014). *Designing The Internet Of Things*. Chichester: Wiley [two authors]

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. (2015). T*he Internet of Things: mapping the value beyond the hype*. McKinsey Global Institute (MGI). <http://www.mckinsey.com/business-functions/business-technology/our-insights/the-internet-of-things-the-value-of-digitizing-the-physical-world> [See: February 27, 2016]

MOROZOV, E. (2013). *To save everything, click here: technology, solutionism, and the urge to fix problems that don't exist*. London: Allen Lane. [an author]

NORMAN, D., VERGANTI, (2012). *Incremental and radical innovation: design research versus technology and meaning change*. Design Issues <http://jnd.org/dn.mss/Norman%20%26%20Verganti.%20Design%20Research%20%26%20Innovation-18%20Mar%202012.pdf> [See: May 10, 2016]

OSSERVATORIO INTERNET OF THINGS. (2015). *Internet Of Things: il futuro è già presente! Report 2015*. Milano: Politecnico di Milano: School of Management: Osservatorio Internet of Things

O'Reilly. (2015) *Designing For The Internet Of Things: A Curated Collection Of Chapters From The O'Reilly Design Library.* O'Reilly Media. <http://www.oreilly.com/design/free/designing-for-the-internet-of-things.csp> [See: May 7, 2016]

RAW. *Raw, The missing link between spreadsheets and vector graphics.* < Raw.densitydesign.org> [See: May 1, 2016]

ROSE, D. (2014). *Enchanted Objects: Design, Human Desire, and the Internet of Things*. New York: Scribner. [an author]

ROWLAND, C., GOODMAN, E., CHARLIER, M., LIGHT, A., LUI, A. (2015). *Designing Connected Products*. O'Reilly Media [five authors]

SEMMELHACK, P. (2013). *Social Machines: How to Develop Connected Products That Change Customers'Lives*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons Inc. [an author]

STERLING, B. (2005). *Shaping Things*. Cambridge, Mass.: MIT Press. [an author]

VITALI, I. (2015). *Mapping the Iot: un percorso di ricerca, analisi e sperimentazione in ambito Internet of Things*. Master's thesis. Milan: Politecnico di Milano.

WEISER, M. (1991). *The Computer For The 21St Century*. Scientific American, Inc. 1991, Reprinted with permission in IEEE Pervasive Computing. 2002, January-March issue, p. 18-25 <www.cs.cmu.edu/~jasonh/courses/ubicomp-sp2007/papers/02-weiser-computer-21st-century.pdf> [See: May 7, 2016]

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3309

Systemic Design for a sustainable local economic development: Lea-Artibai case study

Battistoni, Chiara[a]; Pallaro, Agnese[b] & Arrizabalaga-Arambarri, Leire[c]

[a] Department of Architecture and Design, Politecnico di Torino. Italy. chiara.battistoni@polito.it
[b] Department of Architecture and Design, Politecnico di Torino. Italy. agnese.pallaro@polito.it
[c] Azaro fundazioa, Italy. larrizabalaga@azarofundazioa.com

Abstract

The Systemic Design approach provides a methodology to define complex territorial network of companies with reduced environmental impact. This method defines a way of analysis to understand and map the complexity of current issues addressing them at different levels, in order to design appropriate and long lasting solutions mainly based on the increase of relations between the involved actors. The creation of a network of connections permits to obtain several positive outcomes that involve both the territory and the society that lives in it and it also makes the system more resilient. An holistic diagnosis is the starting point for the identification of different areas to develop a systemic project.

This methodology was applied to Lea-Artibai, a department of the Basque Country. Its economy is historically based on forestry and fishing that are currently facing a long-lasting crisis and it is difficult to intervene in these sectors for the complexity of the regulatory system.

The holistic diagnosis highlighted other territorial potentialities of the area, mainly the agri-food sector (with traditional products and dishes) and the deeply rooted culture of cooperation. As a kick-off for the creation of the net between the different actors of the department was chosen the creation of a 'Systemic Buying Group (SBG)'. It enables to start the cooperation between the partners for the success of the pilot project: a large cooperative with its employees as potential clients, a cooperative of local producers and transformers, a little shop working as the bridge of communication between them. At their side operate AZARO Fundazioa (a private non–profit centre for entrepreneurship and innovation that promotes the creation of new businesses and the competitive improvement of the business network) as the coordinator of the project and the Systemic Design Group of Politecnico di Torino in the role of project leader.

The project underlines the role of design as a deeply interdisciplinary field of work that is able to talk and cooperate with different disciplines to reach a collective goal: the environmental, social and economic sustainability.

The SBG becomes the driver of change for the enhancement of the territory and the implementation of systemic design in the area, for an economy based on the quality instead of the quantity. A concrete action that acts on a small scale permits to manage the transition from the design of intangible to tangible.

Keywords: *systemic design, local development, buying group, cooperative, business*

1. Introduction

The purpose of this paper is to present the project developed by the Systemic Design Group of Politecnico di Torino in collaboration with Azaro Fondazioa, focused on the application of the Systemic Design (SD) to the territory of Lea-Artibai in the Basque Country. The collaboration was born with the goal to find together long lasting solutions for a Sustainable Local Economic Development (SuLED) of the area.

The topic of SuLED in the last year has emerged starting from the concept of Economic Development (ED) and gaining progressively more characteristics like sustainable (Su) and local (L).

The concept of Sustainable Development (SuD) has appeared in the 1970s from the report of the Club of Rome *The Limits to Growth* (Meadows et al., 1972), as J. Pezzey suggested in 1989 (Miltin, 1992), where the methodology of the System Dynamics Group was applied to demonstrate the consequences of pursuing an infinite growth within a finite World.

The 1980s saw a dramatic debate around the combination of the concepts of ED and SuD. The question being asked was no longer "Do development and environmental concerns contradict each other?", but "How can sustainable development be achieved?" (Lélé, 1991). The debate culminated in the prediction by Lélé in 1991 that "the ecodevelopment was poised to become the developmental paradigm of the 1990s".

The definition of SuD involves two components: the meaning of development and the conditions necessary for sustainability (Mitlin, 1992). In the report of the World commission on Environment and Development of 1987, *Our common future*, SuD is defined as "....to ensure that it (development) meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs" (Mitlin, 1992).

The 2000s have showed how SuD starts to become a base for a new developmental paradigm (The World Bank, 2004) (The World Bank,2007) (The World Bank,2009). This change in the paradigm was also supported by various scientific reports indicating that the climate changes are real and the human activity is one of the responsible

The 2010s are demonstrating how the development, based on the sum of sustainable and economic concepts, has become effectively the developmental paradigm. Two main things prove it: the United Nations Sustainable Development Summit in New York in September 2015 and Horizon 2020, an EU Research and Innovation Programme that aims to be a financial instrument to drive smart, sustainable and inclusive growth and jobs.

Recently another adjective was added to the concept of ED: local. "The purpose of local economic development (LED) is to build up the economic capacity of a local area to improve its economic future and the quality of life for all [..] It offers local government, private and not-for-profit sectors, and local communities the opportunity to work together to improve the local economy. [..] It focuses on enhancing competitiveness, increasing sustainable growth and ensuring that growth is inclusive" (THE WORLD BANK). LED therefore includes the concepts of ED, SuD, but also the one of territory that becomes another protagonist in the debate around the concept of 'development'; this led to focus the attention on it and on the valorization of its resources.

The same focus is shared by Systemic Design (SD) that, through the creation of systems generated from the valorization of outputs of a process as inputs for another one, aims to develop a new productive, economic and consumption model deeply rooted in the territory where it is located, enhancing its potentialities and tending to zero waste (Bistagnino, 2011).

In SD discipline, design shifts its attention from products to production processes, services and the entire system that is linked to them. The designer assumes the role of "designer mediator: […] his/her aim is to build or consolidate the team and the mediated integration between different types of knowledge and different specialism" (Celaschi et al., 2013). Designers are changing their focus and are approaching different disciplines for the contribution they can offer to the construction of a more sustainable future development. A Systemic Designer aims to facilitate the relations between society, production/economic model, and environment/context that influence the quality of our life (Bistagnino, 2011).

Lea-Artibai offered a suitable context for the application of SD. The territory, rich of natural and cultural resources, has been historically linked to forestry and fishing that are currently experiencing a period of crisis. The success obtained by various projects already developed was limited by their being confined to one single aspect/sector/activity of the area. The need for a systemic approach to the area clearly emerged and was taken by Azaro Fundazioa, a private non –profit centre for entrepreneurship and innovation that promotes the creation of new businesses and the competitiveness improvement of the business network. It has recently created a Blue Lab, an initiative based on the principles of SD and Blue Economy (Pauli, 2010) aiming to create projects for sustainable local economic development.

The project discussed in this paper was developed in line with this vision and underlines the role of design, and especially of SD, as a deeply interdisciplinary field of work that is able to talk and cooperate with different disciplines to reach a collective goal.

2. Methodology

The term Systems Thinking refers to a wide range of approaches that differ in the methodology but share the same purpose: to address problems in their wholeness and complexity as systems, focusing on the interactions of their components, in opposition to the reductionist scientific paradigm (Sposito and Faggian, 2013). The methodology developed by the Department of Architecture and Design of Politecnico di Torino was born from the same premises and has been applied in the context of design with a particular focus on production processes. The *Systemic Design* developed by professor Bistagnino is built around the principle that the material and energy output of a production process can become input for other ones generating new products, a new economy, wealth for the society and for the environment, aiming at generating zero emissions and waste (Bistagnino, 2011).

The methodology of SD is divided into six main steps: holistic diagnosis, definition of problems and leverages for change, design of a system, theoretical study of the outcomes of implementation, implementation, analysis of results and feedbacks. The Holistic Diagnosis (HD) aims to investigate the research topic according to four axes (anthropic, natural, social and economic contexts) through desk research, field research and research synthesis (Barbero, in press).

The HD permits to reach a holistic vision of the specific field of study. The next step consists in the individuation of the main problems of the context taken into consideration. They are considered as leverages for the change and enable the individuation of potentialities that represent the elements for further studies. Starting from them and from the information gathered in the HD, a new system that answers to identified problems is designed. The theoretical outcomes and benefits generated are studied; the system is then progressively implemented and results are monitored (Barbero, in press).

2.1 The Holistic Diagnosis

The HD of Lea-Artibai started with the desk research performed from remote. The territory was investigated analysing the use of the soil, the production activities, the dynamics of population, the main

urban centres, the agro-food heritage, the culture and the traditions. The continuous dialogue with Azaro Fundazioa was crucial for obtaining and checking information. Various actors were involved in the process, depending on their roles in the project. In the first phases of HD, Azaro Fundazioa and Department of Architecture and Design of Politecnico di Torino, carried on the desk research. The field research involved mainly local actors working in the primary, secondary and tertiary sector. Mayors and politicians were consulted during the advanced phases of HD and after the development of the project proposal to discuss the possible ways of implementation.

2.1.1. Desk Research

As a result of this phase, a first picture of the territory emerged.

*Geography***.** Lea-Artibai is a *comarca* (administrative division of Spain) located in the northern part of the Basque Country and derives its name from the two rivers it hosts, Lea and Artibai. It overlooks the Gulf of Biscay; its culture and economy are closely connected to the sea, especially for the towns of Lekeitio and Ondarroa.

The territory of about 20.600 ha is mainly covered by planted woods of non local species, such as pinus radiata and eucalyptus, whereas natural woods, thicket, pasture land and meadows are a minor part of it. With 3.500 ha, the Utilized Agricultural Area (UAA) is extremely small and covers only about 17% of the territory. This is due to the geo-morphological configuration of the area, dominated by hills and narrow valleys, and to the historic predominance of forestry over agriculture (EUSTAT[1]).



Fig. 1 Localization of Lea-Artibai.

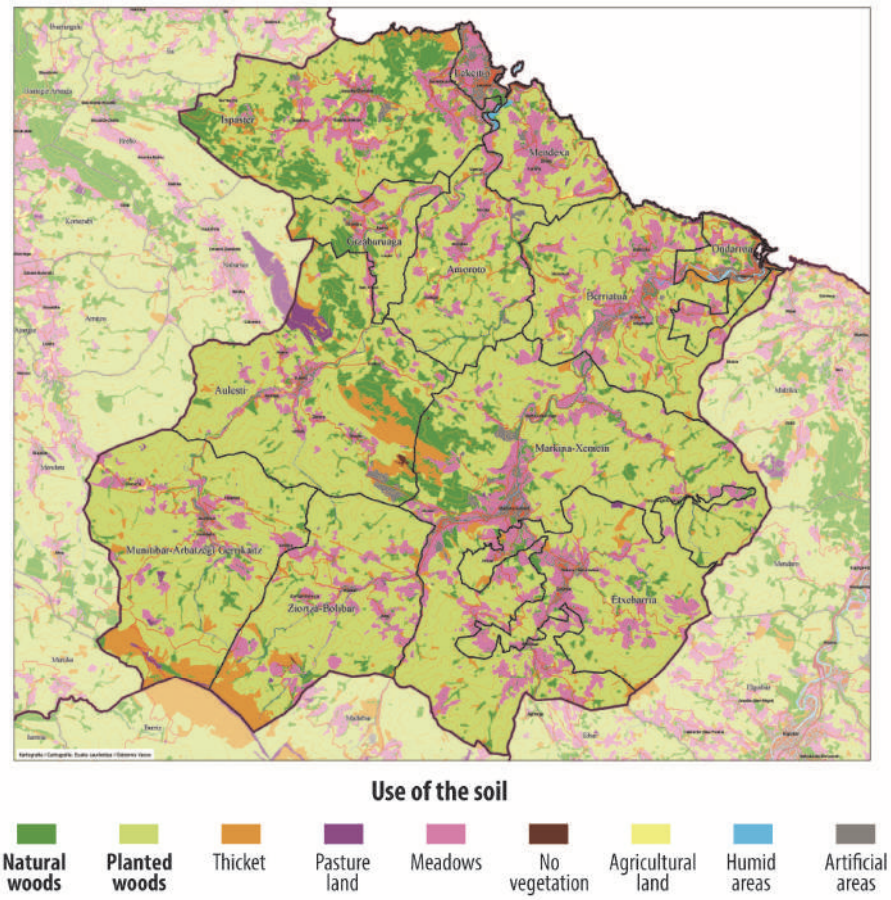


Fig. 2 Use of the soil in Lea-Artibai

*Population***.** The 26.000 inhabitants of Lea-Artibai are concentrated mostly in the three major urban centers, Markina-Xemein, Leikeitio and Ondarroa, and diffused in the many small villages in the countryside. The aging and declining population is composed mainly by people coming from Biscay and from Spain, with a small percentage of foreigners (9%) (EUSTAT[2]). The rate of unemployment is approximately 15% and unemployed people are mainly aged 25-45 (EUSTAT[3]).

*Towns***.** Each urban center has its own characteristic feature and history. Lekeitio is the most touristic town in Lea-Artibai; its economy, traditionally based on fishing and wood industry today in crisis, relies nowadays mostly on tourism and on the preservation of its cultural heritage. Ondarroa, thanked to its strategic location on a small bay at the mouth of Artibai river, based its development and economy around fishing and canning activities. Markina-Xemein is the political center of the comarca. It is famous for the quarries located next to it from which the precious black marble is extracted and for the Camino de Santiago crossing the town. Along the three urban centers, the town community of Lea Ibarra was created in 1980s: it involves 5 small villages that decided to share their resources and services to overcome economic crisis, emigration and decadence of their towns (Lea Ibarra).

*Economy***.** The production sector of Lea-Artibai is characterized by micro (<10 employees) and small enterprises (<50 employees) organized in cooperatives, a typical feature of the Basque Country, related to the history of Mondragon Cooperative (Fernandez, 2014).

The primary sector is mainly related to breeding rather than to agriculture. Poultry breeding is the predominant one; whereas sheep, cattle and goat breeding are a minority but are important for the production of traditional cheese. The analysis of the use of the UAA highlighted the disproportion between arable land and grazing (310 ha over 3.200 ha), the presence of fallowed land as an indicator of respect of natural rhythms, the lack of variety of cereals cultivated and the rich heritage from natural woods (i.e. berries, nuts, game) which is currently not available (EUSTAT[1]). The area is distinguished by the high-quality of its food resources, products and dishes diversified between the coastal and the inner mountainous areas.

The fishing sector is mainly related to Lekeitio for the artisanal and coastal fishing and to Ondarroa for offshore fishing and canneries. After the great development of the Basque fleet in 1960s-1970s that enabled the flourishing of canning industries (Uranga, 2002), the sector is now undergoing a long lasting crisis related to the running out of local fishing resources, the competition from abroad and the lack of modern structures in ports (Mar tín, 2010).

The industrial sector is characterized by rubber, metal and equipment industries that import raw materials and export finished products, with no relation to the territory. Food processing industries, mainly related to fishing activities, are also diffused, especially around Ondarroa.

The tourism is an important resource for the territory that has many different types of experiences to offer: touristic routes, cultural and natural heritages, food excellences, religious sites and the route of Camino de Santiago.

*Culture***.** The analysis of cultural aspects highlighted a vivid and strong connection of the people to the territory. Besides the language spoken, this attachment to the territory is also visible from the numerous traditional festivals related to religion, animals, food, music and carnival taking place all along the year.

The first step of desk research was concluded by a review phase. Lea-Artibai appeared as a territory characterized by *many strengths*: the abundance of natural resources and heritage; the high quality of local food products; the know-how related to their production; the strong feeling of belonging to the territory; the high potentialities for tourism; and the attitude to work in cooperatives. However, some *criticalities* were outlined: the predominance of non local woods that impoverish the soil; the small land left for agriculture; the industrial production not related to the territory; and the crisis of the wood and fishing sector on which the economy of the area had been traditionally based. The framework outlined so far was discussed together with Azaro Fundazioa to check information and identify possible gaps in the research to bridge with a further analysis.

2.1.2. Field Research

The field visit to the area aimed to verify and complement information gathered through desk research. The goal was mainly to collect qualitative data and to get a more real perception of the area, difficult to obtain from remote. Various visits to production processes and interviews to people working in the primary, secondary and tertiary sectors were performed. Visits to market places, ports, local traditional festivals, museums, religious centers and sport grounds were crucial to deeply understand the everyday cultural aspects of the people, their attitudes and habits.

The information gathered through the field visit complemented and widened the research. Five topics emerged as more characteristic of the area and were further investigated through desk research: agriculture and breeding, fishing, forestry, production activities and tourism.

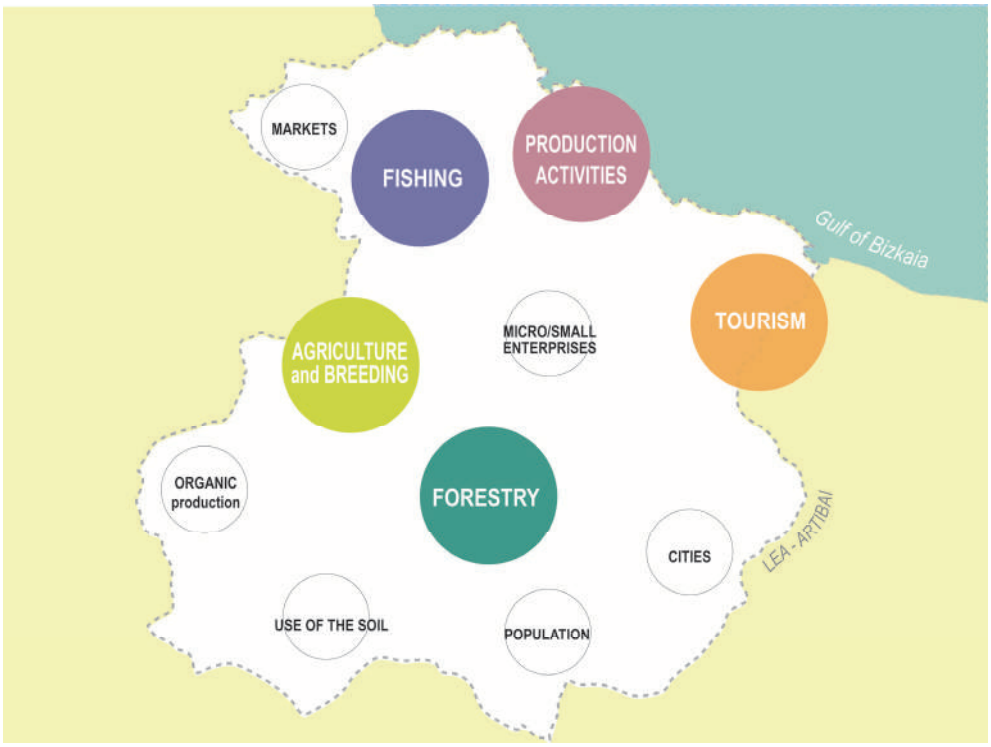


Fig. 3 The five main fields of research.

2.1.3 Desk Research Integration

The analysis of *agriculture and breeding* sector was focused on the combined study of diet and use of the soil in the area, to understand how this use should change to answer to balanced dietary needs of the population. The problems at the basis of the current small land destined to agriculture are not only related to the predominance of sloping grounds, they are also influenced by the diffusion of supermarkets, competitors of local producers, and by the abandoning of agriculture in favor of forestry which in the past was a more profitable activity. However, promising trends are emerging, such as the diffusion of biological production (ENEEK), the recovery of abandoned land and the conversion of land from forest to agriculture. Local marketplaces represent the main channel of distribution for the little local food production. There are three major marketplaces in the main urban centers: even though they present various problems (related to the opening hours that coincide with working hours, to the small quantities of products sold, and to the lack of advanced services, i.e. home delivery, credit card payment) their importance lies in their being places of socialization.

The analysis of the *fishing sector* underlined the complexity of the topic and the difficulties to investigate it for the presence of many competing actors. Nowadays the majority of the catching is fished offshore, discharged in Lea-Artibai and quickly leaves the comarca to be sold in Spain or abroad. The whole system of catching and payment is based on quantity rather than on the quality of the fish: this causes the use of unsustainable fishing techniques that damage animals and the environment (Calaon, in press).

The analysis of *forestry* highlighted the differences between planted and natural woods. While the former, characterized by non local trees that are more productive for the wood sector, but alter the local ecosystem and impoverish the soil, caused a loss of biodiversity, of know-how related to the management of woods, and led to the abandon of the countryside and the creation of a weak ecosystem, in the natural

woods the preservation of biodiversity creates a strong ecosystem and ensures the possibility to perform different activities related to woods (i.e. honey and wax production, grass, herbs, mushrooms, berries and snail picking, pasture) providing also various sources of income.

From a further focus on *tourism*, trends and fluxes of tourists emerged. The area, especially the town of Lekeitio, experiences a boom of touristic presences during the summer season with a peak in the use of services. Other occasions for tourists to visit the area for a shorter period are cultural and sportive events or excursions (Garapen Agentzia, 2013). The presence of the town of Lekeitio, of the Camino de Santiago route and of a rich cultural and natural heritage represents a collection of valuable potentialities for Lea-Artibai. However, the concentration of services only in Lekeitio and the lack in the other cities together with the under-valued heritage related to maritime culture, *pelota basca* (traditional local sport) and touristic potential of various areas represent the major criticalities of the territory.

Production activities are extremely differentiated but share some common features: the micro-small dimension, the tendency to be internally organized as cooperatives, the use of non local inputs, the under-valued outputs and the lack of relation between them and with the territory. For most of them, the only output left in the territory is waste and pollution, whereas products and profits leave the area.

2.2. Individuation of area of work

Besides the potentialities and criticalities related to each single topic, the HD revealed the presence of an underlying problem: the lack of relations between the activities and between them and the territory. This lack prevents potentialities of each sector to be developed and reduces the effectiveness of any possible solution.

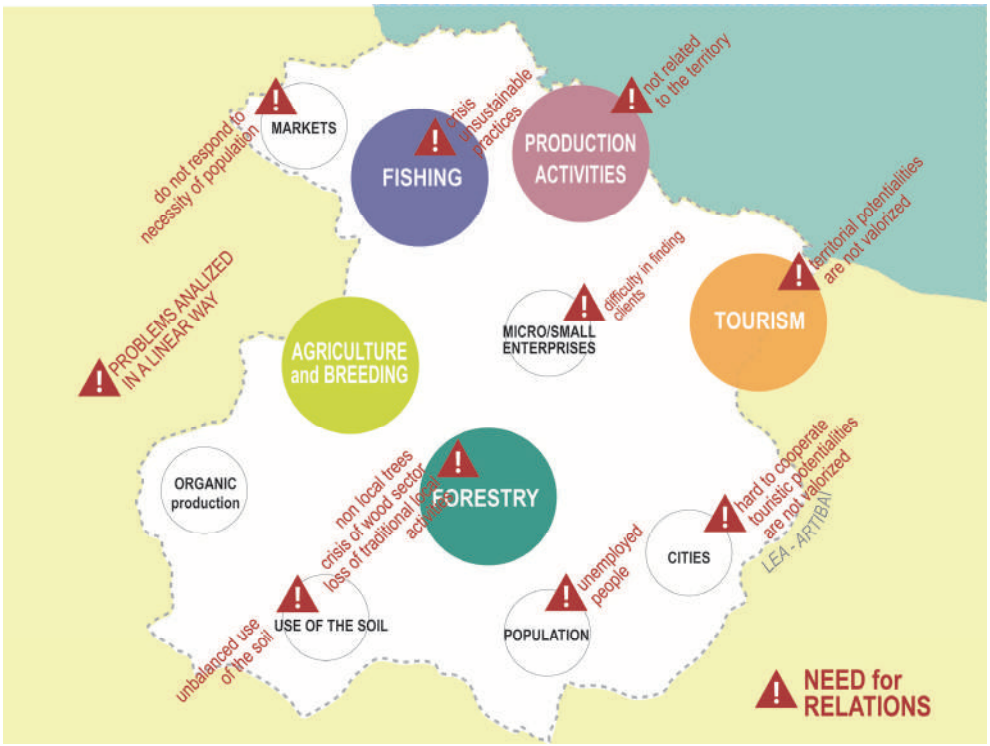


Fig. 4 Main fields of research and criticalities.

The most important outcome of the HD was the identification of different territorial potentialities other than forestry and fishing, in particular the rich agro-food heritage and the deeply rooted culture to work in cooperative. The result of the HD, together with the list of criticalities and potentialities, were presented to various stakeholders involved at different levels, including people interviewed during the field research and local politicians. The discussion led to the identification of the necessity to design a project to promote the development of local agriculture and to better link production activities and citizens to the territory. The project would then generate the activation of other related connections as a consequence.

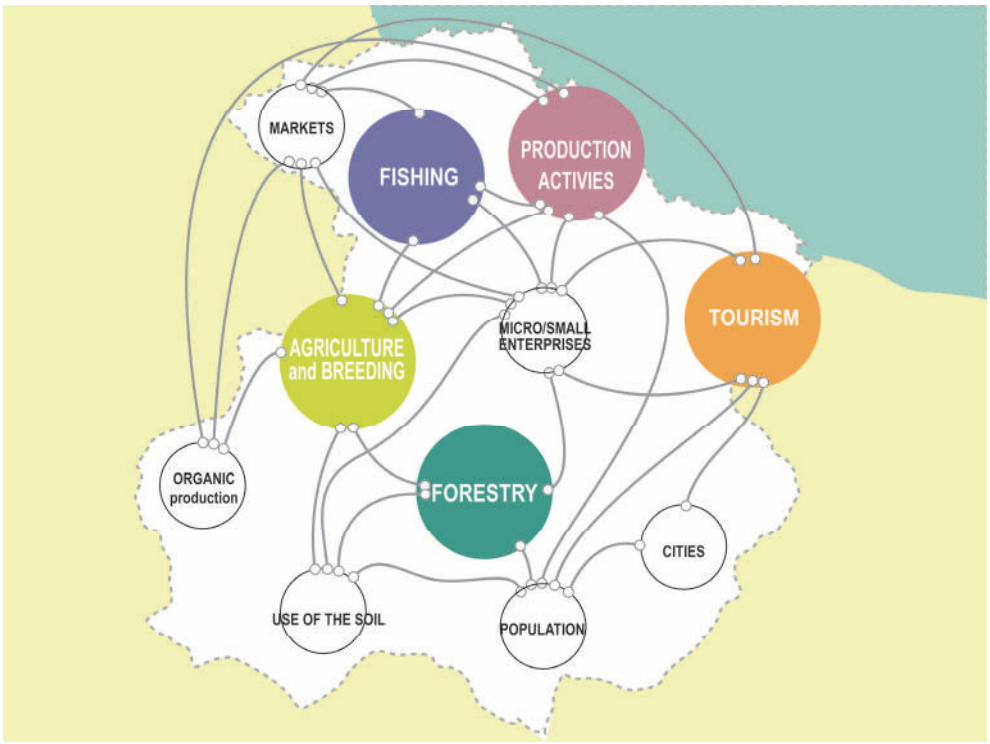


Fig. 5 Potential connections between topics.

Some fields of action were considered less feasible in the short term because of the difficulty to overcome regulatory barriers (i.e. in the fishing sector) or for the long time to establish a project (i.e. for forestry, the plantation of natural woods). Others were considered a consequence of changes established in the territory, as for example tourism. The starting point of the project was then identified in the combination of the potentials offered by cooperatives (human potential of their employees) and by local food producers (production potential of their high quality goods) to overcome the problems experienced by both actors.

The 11 cooperatives located in Lea-Artibai, currently employ about 1.400 workers. Eika Koop, a cooperative producing electric components for kitchen, is the second largest one in the area, with almost 500 employees. If we consider their families, approximately 1.500 people are directly and indirectly involved. Eika is located in an industrial area, but neither has relations with neighboring enterprises, nor with the surrounding territory. Its employees are considered only as workforce and not as a potential for other activities. Their working hours often coincide with opening hours of local shops and marketplaces; thus, to satisfy their necessity to buy food employees usually go to supermarkets, lowering the quality of

their diet, consuming products coming from all over the world and giving money mainly to platforms of logistics that manage their fluxes. On the other hand, micro and small local food producers are able to offer high quality of products, but experience many difficulties in finding customers and sustain high production costs. The shop Produkt On, born to sustain the promotion of local products, is a first step to overcome these problems. It currently sells fresh and preserved food coming from local producers of Lea-Artibai and Durangaldea (the neighboring comarca), members of a cooperative named Oiz Egin. However, its opening hours coincide with working hours, a condition that limits the effectiveness of its service.

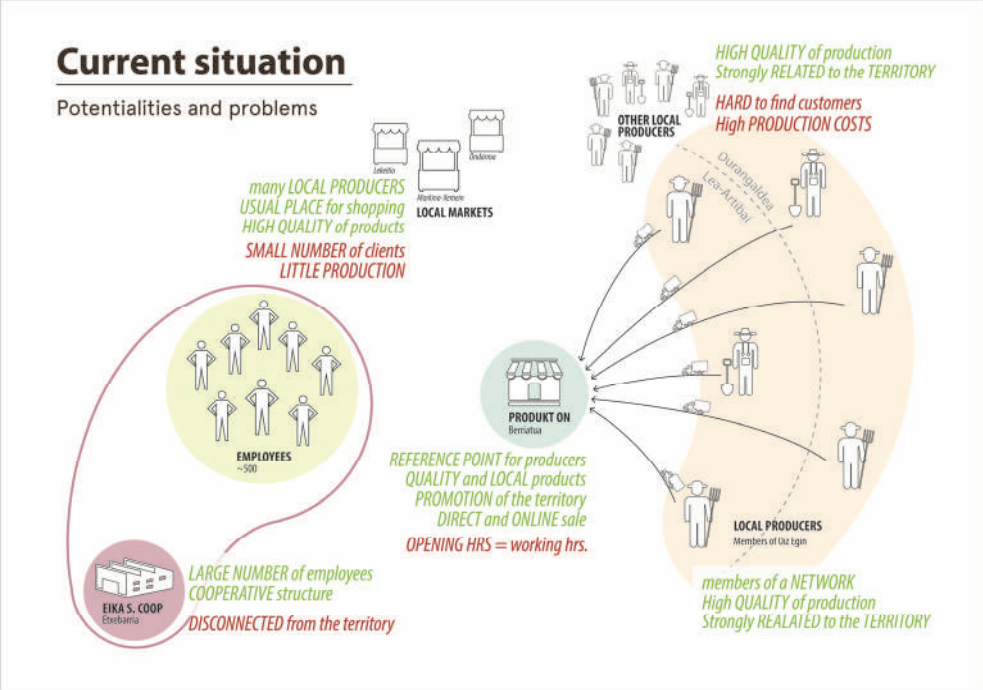


Fig. 6 Potentialities and criticalities of involved actors.

3. Results

The project focus on the creation of a *Systemic Buying Group* (SBG), identified as the appropriate model to satisfy the needs of the involved actors. The analysis of several case studies of buying groups was performed to understand the feature of each of them in relation to their context; as a result, an underlying functioning schema emerged.

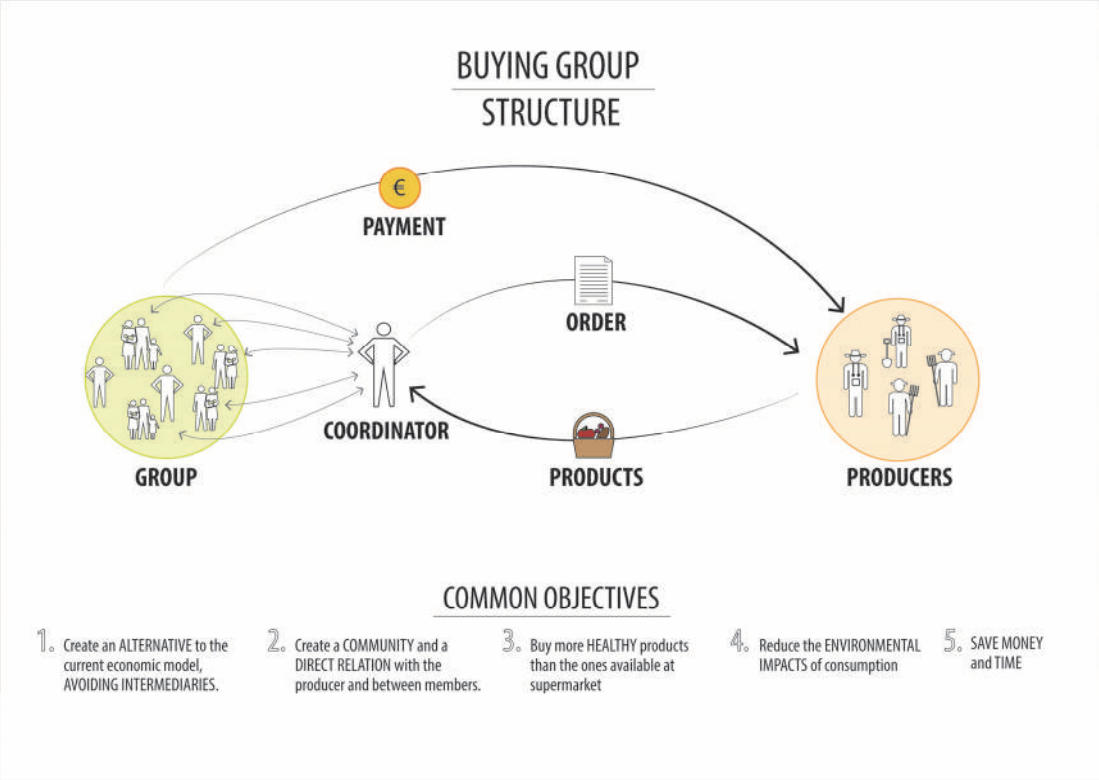


Fig. 7 Structure of a buying group.

The actors involved are: *a group of people* (buyers) interested in improving the quality of their food, reduce their environmental impacts, find an alternative to current economic model, save money and time; *a coordinator* that manages the relation between the group and the producers; *the local producers* that use environmentally friendly production techniques (they can be certified as organic or GMOs-free, but it is not compulsory).

Through the coordinator, the group periodically sends an order to producers that prepare and deliver the requested products to a defined place, where they are then divided among members of the group. The payment method changes according to the country, but goods are usually paid in advance to support the costs of the production.

This structure was adapted to the context of Lea-Artibai. The members of the Systemic Buying Group will be chosen among the employees of Eika according to their interest in the project. A pilot group of 50 employees will be formed and an internal coordinator elected. Produkt On will be the coordinator and will manage the order, organizing requests among its producers - the partners of the cooperative Oiz Egin, already linked to the shop - and assembling the baskets of products. These, will be then delivered to the cooperative where employees could easily collect them. After use, the packaging of baskets will then be returned to Produkt On and producers.

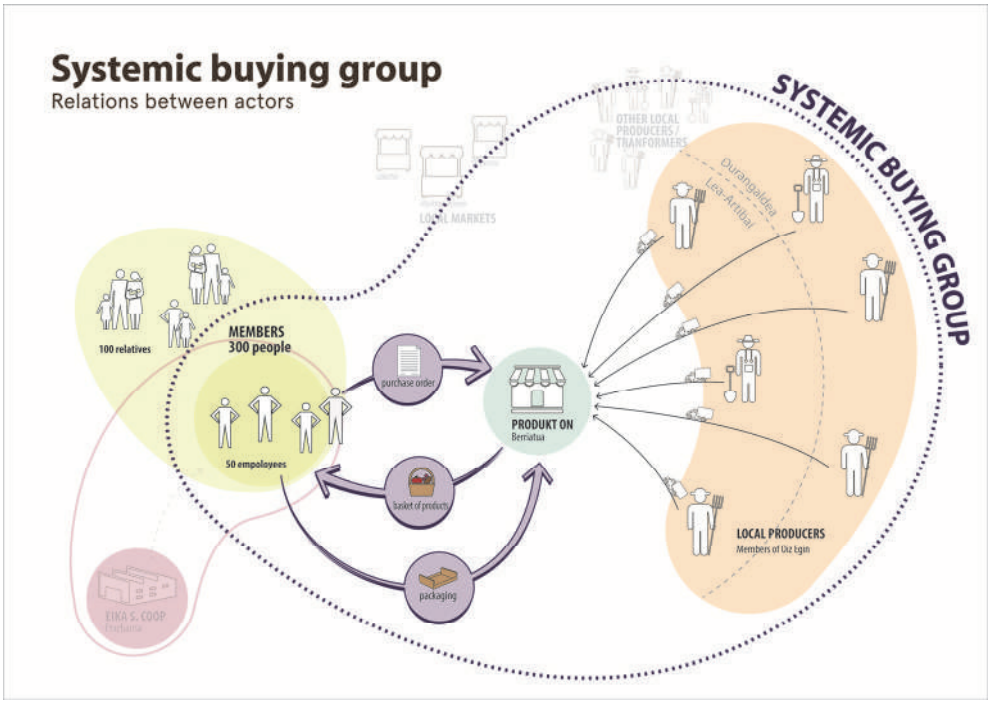


Fig. 8 Relations within the SBG.

The SBG generates positive impacts that interest all actors. Besides saving time and money, employees will improve their diet thanks to the high quality of local products; this will be reflected in a better health and reduced number of absences from work that will be a benefit for Eika. Through the project, Produkt On will gain visibility and will increase the number of producers cooperating with it. Local producers will more easily find customers and will increase their income. Globally, the project will lead to a redistribution of the wealth among the local actors of the territory, giving support to the local economy.

The SBG differs from traditional buying groups in several aspects not related to the structure, but rather to its purposes and to the benefits generated.

The relations established between the actors involved go beyond the definition of the price to create a relation of mutual faith in the production techniques and in the quality of the products offered by the producer. Without necessarily impose the farmers to convert their production to organic, SBG promotes the development of a more sustainable agriculture through the valorization of the currently unvalued outputs following the principles of SD. Lastly, the implementation of the SBG and the derived consequences promote not only a different economy but boosts the change in various cultural and production aspects of the territory.

A crucial element of the project is the system of redistribution of earnings that, opposite to the current situation, valorizes producers over intermediaries through a social pact signed by both parties. About 80% of what is paid by customers will indeed be redistributed among producers proportionally to their involvement in the production, whereas about 20% will be assigned to Produkt On to sustain the costs of the service. The presence of Produkt On as an link between producers and consumers represents a difference compared to the usual structure of buying groups that does not imply any intermediary. Its role however is not similar to the one of current intermediaries in the food sector; it is rather a facilitator of the practical operations of management of the group and its role is similar to the one of the coordinator in

current buying groups. Moreover, its percentage of earnings will be defined and agreed by all the partners of the social pact and it will not be imposed. Compared to a common buying group, the role of Produkt On is also important in relation to the specific features of Lea-Artibai: the reduced number of infrastructures and the long distances between producers and consumers would make difficult for the latter to reach the former ones.

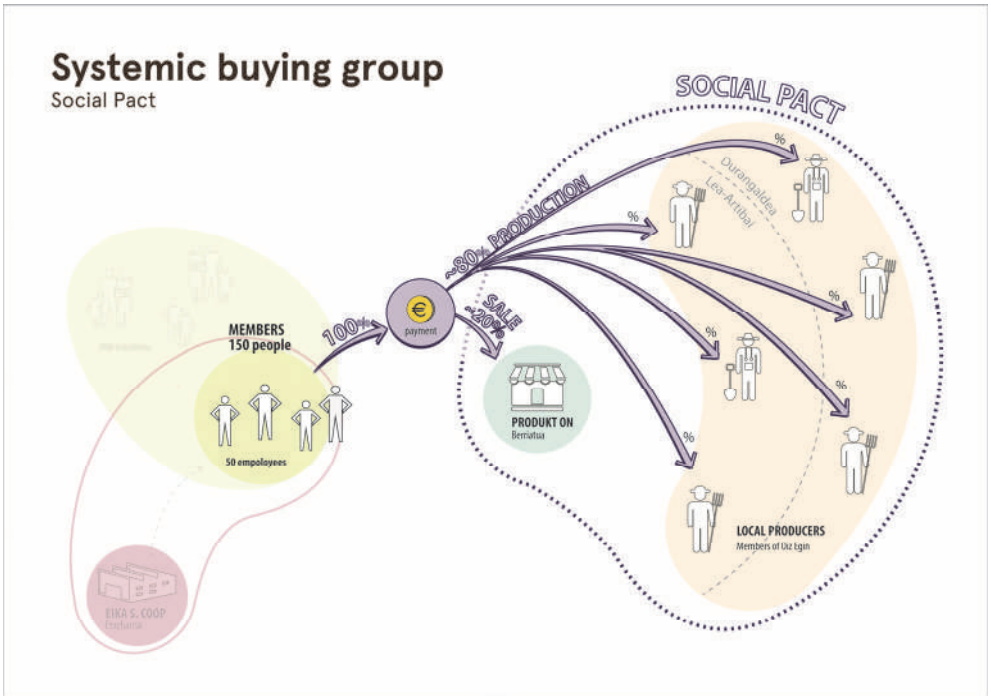


Fig. 9 Relations within the social pact.

The project proposal has been presented to numerous stakeholders: local producers, development agency, politicians, cooperatives and Produkt On. The positive answer of all the involved actors gave propulsion to the development of the project, whose practical implementation is currently under study.

A further extension of the project involves marketplaces where a stand of the SBG that offers the same services could be opened to the general audience and not only to the employees of cooperatives. Another possibility is to establish a similar kind of relations between producers, Produkt On and local school / company canteens. Parallel to the increase in the demand, other local producers could join the SBG. These hypotheses represent future developments of the project, whose strengths and weaknesses are currently being evaluated.

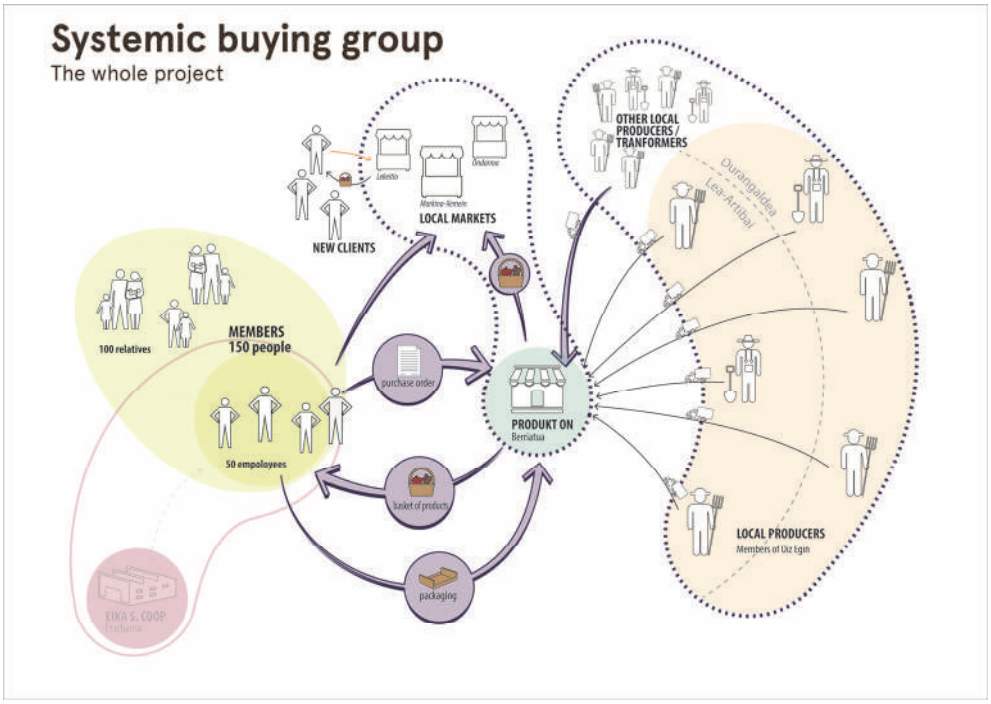


Fig. 10 Future extensions of the SBG.

3.2. Roles of actors

The implementation of the project will be made possible only by the cooperation between the involved actors. Azaro Fundazioa will be the coordinator of the project: it is the revitalising agent of the territory, it fosters cooperation between the public and private stakeholders and performs an educational role towards other partners. The Department of Architecture and Design of Politecnico di Torino will lead the project and follow the development of further steps. Eika Koop is the practical activator of the project that informs and support the SBG. It will also provide appropriate areas for the collection and withdrawal activity of the SBG baskets. Produkt On acts as a bridge to link producers and consumers. Besides the concrete assets represented by the shop and the possibility to store fresh and preserved food, the resource of Produkt On most relevant for the project is the network of farmers, breeders, chefs and restaurants related to it through Oiz Egin. Lastly, producers and consumers are the main actors of the project: they commit to the social pact and adapt production and consumption methods to requirements.

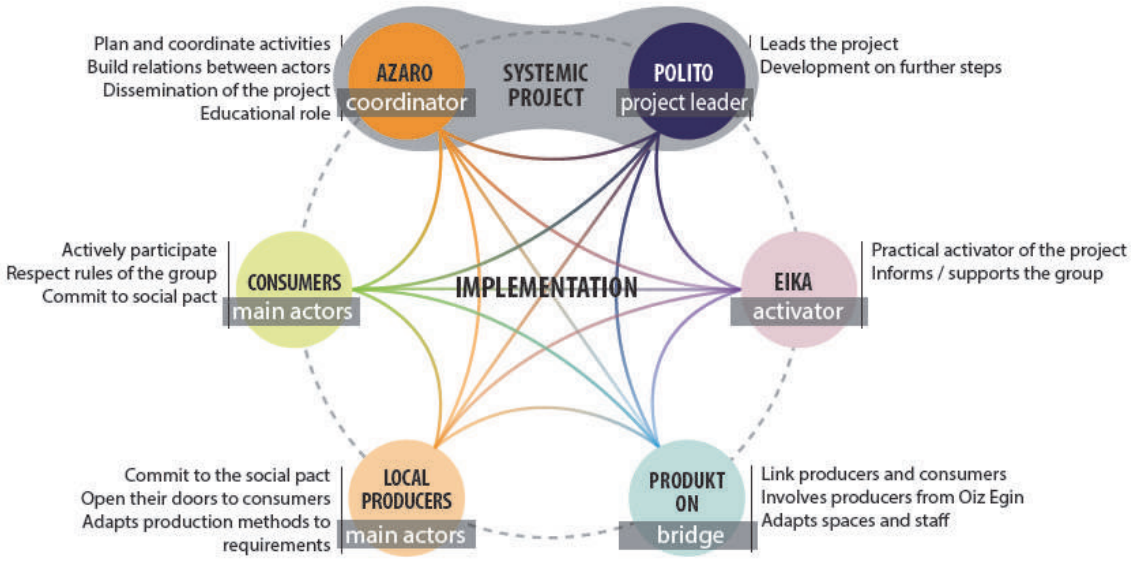


Fig. 11 Roles of involved actors.

4. Conclusions

The system created with the SBG generates economic benefit at different levels. Through the connection created, producers strongly enlarge the number of their clients, increasing their earnings. A raise in their income enables them to invest in their activities and to sustain the costs of implementing a systemic design approach to their own production processes: through the optimization and valorization of the outputs of matter and energy, savings can be achieved and new sources of income can be generated through the selling of a range of new products made from matter that was previously considered waste (Bistagnino, 2011). On the other side, consumers will reduce their expenses for food thanks to the savings they will obtain by buying together large quantities of products. Lastly, by supporting the micro-small enterprises of the area, SBG reinforces the economic tissue of Lea-Artibai (Bistagnino, 2014).

The Systemic Buying Group does not aim to be confined within itself, but to act as a seed in the territory to promote relations between different actors and changes also in the other related fields of actions defined in the HD.

The increased demand of local food will boost the change in the use of the soil that will need to be redesigned especially in the proportion between land for agriculture and forestry. The direct dialogue between producers and consumers will increase the demand for products cultivated through environmentally sustainable techniques and for organic productions. The following steps of the project that will consist in the application of SD to production processes of activities can create a local development based on:

- environmental sustainability, with the tend to zero emissions;
- economic sustainability, for the creation of a new economic model;
- social sustainability, for the new equal relations established between actors and for the benefits interesting employees.

The valorization of the local agro-food heritage and the changes in the territory promoted by the project will also provide a new resource and a new type of tourism: the inner part of the comarca will become an additional point of attraction, i.e. for trekking in the nature or for a tour to discover the different farms and the know-how related to the production of local food products.

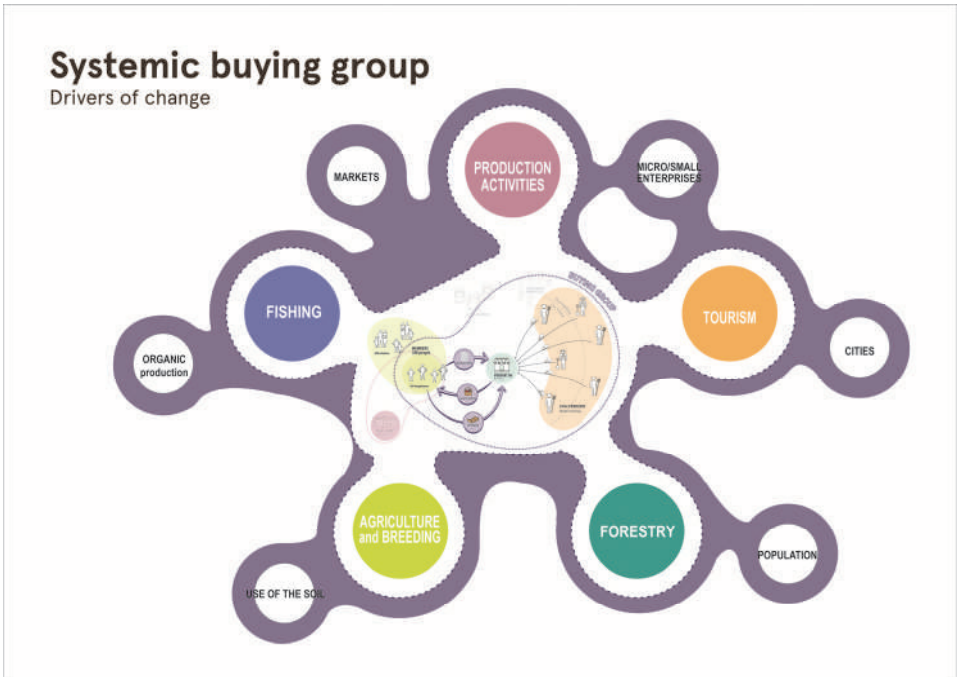


Fig. 12 The SBG as the driver of change.

The focus on local production does not aim to reach oligarchy in the territory. The purpose is to focus first on the resources that the environment locally offers to the area and to use them, instead of importing them from elsewhere, increasing the environmental impacts generated by products and damaging local economy. As the geo-morphology of Lea-Artibai is particularly adverse to agriculture (even though not to breeding), the area will never be able to completely satisfy the nutritional requirements of its inhabitants. The relation with neighboring areas thus becomes crucial for the exchange of food resources and for the mutual enrichment of territories.

The project proposal developed for Lea-Artibai aims to become a driver for the change of a territory where the crisis of the wood and fishing sectors has highlighted the necessity to rethink the basis of the LED in the long term starting from the enhancement of the territorial potentialities.

The Systemic Design methodology applied to the project enabled the transformation of the intangible aspects analyzed through the Holistic Diagnosis into the tangible result of the project, the Systemic Buying Group. The goal of the SBG is however not only to offer a service, but rather to activate changes in the social, cultural, economic and productive dimensions of the territory, in a process that move from tangible to intangible.

5. References

BARBERO, S. (in press). Opportunities and challenges in teaching Systemic Design. The evoluation of the Open Systems master courses at Politecnico di Torino in *IFDP`16 - Systems & Design:Beyond Processes and Thinking* Valencia, Universitat Politècnica de València, 2016, Valencia. DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.****

BISTAGNINO, L. (2011). *Systemic Design, designing the productive and environmental sustainability (2° ed).* Bra, Italy: Slow Food ed.

BISTAGNINO, L. (2014). *MicroMACRO, micro relazioni come rete vitale del sistema economico e produttivo (english version in progress).* Milano, Italy: Ed. Ambiente

CALAON, E. (in press). *Potenzialità del territorio della regione Lea-Artibai*. (Unpublished master thesis), Politecnico di Torino, Italy.

CELASCHI, F., FORMIA, E., LUPO, E. (2013). "From trans-disciplinary to undisciplined design learning: educating through/to disruption" *in Strategic Design Research Journal*, Unisinos, vol. 6. No. 1

ENEEK. Registro operadores. < http://www.eneek.org/cas/d_o_resultadosm.asp?c=Markina-Ondarroa> [Accessed: 04/06/2015]

EUSTAT[1] . *Distribution of land use in the Basque Country by territorial scope.*

http://www.eustat.eus/elementos/ele0000400/ti_distribucion-de-los-usos-del-suelo-de-la-ca-de-euskadi-por-ambitos-territoriales/tbl0000450_c.html [Accessed: 02/03/2015].

EUSTAT [2]. *Population by districts and censual sections of Bizkaia, according to sex, age groups and nationality. 2015.* < http://en.eustat.eus/elementos/ele0011400/ti_population-by-districts-and-censual-sections-of-bizkaia-according-to-sex-age-groups-and-nationality/tbl0011435_i.html> [Accessed: 02/03/2015]

EUSTAT [3]. Population with relation to activity (PRA)

< http://en.eustat.eus/estadisticas/tema_37/opt_0/temas.html > [Accessed : 02/03/2015]

FERNANDEZ, J. R. (2014). *Mondragon 1956-2014.* Seminole : Mcgraphics http://www.mondragon-corporation.com/wp-content/themes/mondragon/docs/History-MONDRAGON-1956-2014.pdf [Accessed: 04/06/2015]

FIG 1. *Comarca de Lea-Artibai*. N.d. author

< http://www.asturnatura.com/turismo/tipos.php?id=25&pg=6> [Accessed: 14/05/2016]

FIG. 2. *Usos del suole en lea-Artibai*. Hazi, September 2014.

GARAPEN AGENTZIA (2013). *Creación de producto en Lea-Artibai: Lea-Artibai bioberdea.* Lea-Artibai:Author.

GERMAK, C.(2008). *Man at the centre of the project: Design for a new humanism.* Torino, Italy: Allemandi & C.

LEA IBARRA. *The town community of Lea Ibarra.*

< http://www.leaibarra.com/index-eng.php> [Accessed: 10/03/2015]

LÉLÉ, S. M. (1991). "Sustainable Development: a critical review" *in World Development*, Pergamon Press, vol. 19, No 6, pp. 607-621

MARTIN, J. I. (2010). *La pesca nei Paesi Baschi.* Bruxelles: Parlamento Europeo.

<http://www.europarl.europa.eu/studies> [Accessed: 16/03/2015]

MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J. and BEHRENS, W.W. (1972). *The Limits to growth: A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind.* New York: Universe Books.

MITLIN, D. (1992). "Sustainable Development: a Guide to the Literature" *in Environment and Urbanization,* SAGE, vol. 4, No. 1, pp. 111-124

PAULI, G. (2010). *The Blue Economy: 10 Years, 100 Innovations, 100 Million Jobs.* Taos, New Mexico, USA: Paradigm Pubns

PERUCCIO, P. P. (2014). "The contribution of future studies and computer modelling behind the debate on sustainable design: the role of the report on The Limits to Growth". In: *Diversity: Design/Humanities*. *Proceedings of the Fourth International Forum for Design as a Process*. Belo Horizonte, Brazil: EduEMG. pp. 206-213

SPOSITO, A. and FAGGIAN, R. (2013). *Systemic Regional Development – A Systems Thinking Approach.* Informationen zur Raumentwicklung. Heft 1.2013

THE WORLD BANK (2004). *World development Report 2005. A better investment climate for eveyone*. Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank

THE WORLD BANK (2007). *World development Report 2008. Agriculture for development*. Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank

THE WORLD BANK (2009). *World development Report 2010. Development and climate change*. Washington DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank

THE WORLD BANK. *What is Local Economic Development (LED)?*. <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/EXTURBANDEVELOPMENT/EXTLED/0,,contentMDK:20185186~menuPK:399161~pagePK:148956~piPK:216618~theSitePK:341139,00.html> [last consultation: 10/05/2016]

URANGA, m. g. (2002). Basque Economy. From Industralization to Globalization. Nevada: Center for Basque Studies.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3281

Emotive Qualities of Parametrically Designed and 3D Printed Surfaces

Ok, Jeongbin[a] & Scudder, Daniel[b]

[a]School of Design, Victoria University of Wellington, New Zealand. jeongbin.ok@vuw.ac.nz

[b]School of Design, Victoria University of Wellington, New Zealand. dan.scudder@gmail.com

Abstract

Surfaces play a crucial role in design. Constituting a physical and visual interface of an object, a surface not only reveals important information about the identity of the entity it encloses but also determines impressions, evaluation, and expectations we have about the object. Despite their significance, surfaces have long been considered to be a subordinate part of form rather than an independent design element, especially under the reign of mass production. This paper challenges the conventional hierarchy and demonstrates a systematic and customisable process of creating purpose-specific, context-oriented surfaces which provide their own set of form and function.

Various digital technologies, including parametric modelling, geometric alteration, and 3D printing, were employed as main tools and thoroughly utilised across creation, modification and fabrication of surfaces. Through experimentation with software and mechanical configurations, a series of high-resolution surfaces with different parameters were produced. Furthermore, the potential for direct digital manufacturing (DDM) and its practical penetration was investigated by producing all surfaces directly from a 3D printer without the use of post-production processes, which provided an understanding of the restrictions and opportunities of the technology.

User testing was carried out over participants who observed and interacted through touch with each surface. With each interaction the user was asked to populate a questionnaire form that asks them to identify their interpretation of the surface on a spectrum. The questions were devised to explore three distinct areas of inquiry geometry, physical properties and emotive responses. The results were then analysed using the method of design of experiments (DOE) in order to identify parameters that are responsible for arousing specific visual, tactile, and emotional qualities and explore how these surfaces can be interpreted emotively, physiologically and aesthetically by the user.

Keywords: *Surface, Parametric, Digital, Design, 3D printing*

1. Introduction

The surface of a designed object is our first point of contact that forms our first impressions of the object. In particular the interaction with the tactile qualities of the surface create the initial sense-data that we use to attribute value and desirability to reassure what we see (Jansson-Boyd, 2011). From childhood touching and holding an object is an important part of acquiring and structuring haptic knowledge that forms later experiences and expectations (Piaget, 1952). Beyond being a sense that we use to experience objects, touch is also a sense that is instinctive. When we touch a warm, moist and smooth surface we often have the response of disgust as an instinctive response to detect and avoid pathogens that could be passed onto us. (Oum et. al., 2011). Such an instinctive response is indicative of a catalogue of hard-wired responses that designers can use to communicate with the user through surfaces. Yet due to materials and surfaces often being a consequence to the manufacturing process rather than a deliberate decision there has been little research conducted within the field of design on pinpointing these responses.

Mass manufacturing has created a hierarchy within the design process when it comes to material selection. Due to this hierarchy the surface of the material is subordinate to the processes used to form that material. For example, when machining aluminium the mill can only access the surface of the metal and onto this apply surface roughness. The finer the surface roughness the more time it takes and therefore more associated cost. It is possible to machine small details onto the surface but this will inflate the cost as the tooling will need to be replaced more frequently. This balance of detail and cost the process has over the past decade been circumvented with the introduction of 3D printers that are able to print the finished product directly. Direct digital manufacturing (DDM) is a natural progression of additive manufacturing (AM) that allows designers and engineers to create complex forms through CAD and have them printed ready for use directly from the machine. DDM works in stark contrast to the economies of scale that drives mass manufacturing in that it allows detailed and complex forms to be produced without the tradeoff between detail and cost (Wohler, 2009). Already we see within the grassroots maker movement inventors' 3D printing complex components and on-selling these as finished products. As the resolution for consumer 3D printers increases and are able to be printed directly the surfaces of these objects is no longer over shadowed by the hierarchy imposed by mass manufacturing.

Alongside the ability to directly digitally manufacture products is the ability to form the surfaces of the objects parametrically. Parametric design is the ability to drive the form or surface of a product with an algorithm or set of instructions that respond to a set of values that define the parameters of the design. Parametric design is used within architecture, a style called parametricism, to create the designs for buildings that are responsive and dynamic as opposed to the traditional regular format that is often attributed to architecture. A style exemplified by architects such as Zaha Hadid, Frank Gehry and Greg Lynn. The combination of parametric design and DDM represent the ability to create objects that are responsive, sometimes purpose built to a specific user at no extra cost. The potential for parametric design with 3D printed surfaces is that a designed object will be able to have different surfaces that respond to user depending where they interact with the object. The design potential for being able to illicit certain responses for example temperature, direction or pleasure would represent a shift in what the designer would be able communicate to the user and how. As well as this the attention to the surface of the object will give a much needed sense of value between 3D printed objects, between a quickly printed part and a much considered and highly designed object.

3D printers are diverse in their range and applications though can be divided into three main groups, selective laser sintering (SLS), stereolithography (SLA) and filament fused fabrication (FFF) each with their own strengths and weaknesses. SLS printing is achieved by pushing a fine layer of powder across and using a laser to melt and merge the powder particles together. While this process affords the greatest

versatility in materials in that it can fuse both plastics and metals it is also the most prohibitive as it requires specific material compositions and equipment to extract the parts from the powder. SLS is used as a DDM process and used for aeronautical and automotive applications. SLA a process that is able to reach the greatest resolution as it prints by using a photosensitive resin that hardens when light bonds the molecules together in a process called photopolymerisation. The drawback of SLA is that it must use specific resins to produce the models and this relegates this process to prototyping and rarely are the finished parts functional. Some SLA processes require time consuming cleaning of the parts after completion. FFF is the most accessible of the 3D printing processes as it is the simplest. A small nozzle heats up a filament of what is typically a plastic and extrudes the melted plastic layer by layer to create a form. FFF in terms of materials is the most versatile of the methods and is able to print in rubber, wood, plastics and most materials that are able to be heated and extruded. This also makes it the cheapest and is themes commonly seen consumer model 3D printer. FFF lacks in resolution compared to the other processes though with advancements in the resolution of the motors that drive the extruder head greater resolution is able to be achieved. Another restriction of the FFF printer is that it is the only methods that must compete with gravity. Support structures are often constructed as part of the printing process but are generally undesirable. Each of these methods are becoming widely available and are already becoming common place within universities and industry alike.

As 3D printers decrease in price they will become more viable for more producers. Eventually we will see 3D printed products more frequently within our daily lives but our current approach to 3D printing by focusing solely on form creates the potential for homogeny of surfaces. Surfaces of 3D printed objects are currently defined by the process used. For example, with SLS creating a granular surface and FFF creating easily identifiable ridges from the layering. These default surfaces for these processes, while currently novel, will eventually become homogenous. Like the association created between smooth surfaces of injection moulded plastics and plastic toys (Karana et. al. 2008) so too will associations be constructed with 3D printing. This presents a problem for designers looking to make use of the versatility of the process but unable to create designs that have surfaces that can be differentiated from every other 3D printed object. Yet consumer 3D printers now feature motors that are able to create a layer resolution of 50 microns meaning that there is an opportunity to create previously unobtainable fine geometries to create intentional surfaces.

While the area of 3D printed parametric design is relatively new there is much interest in the potential of its applications. Notably architect Neri Oxman of MIT is undertaking research into the potential of growing materials and structures through 3D printing that respond to load as opposed to rigid preformed materials used for construction (Oxman; Rosenburg, 2007). Her *Carpal Skin* (2010) design is a prospective design to explore the use of 3D printing in the creation of biomimicry surfaces that can be utilised to treat patients who suffer from carpal tunnel syndrome. Oxman's work to date is a good example of how surfaces can be driven through algorithms and the visual outcomes and complexity that is possible.

This paper explores the relationship between computer generated parametric surfaces and the interpreted emotive responses from the participants. This is a short but necessary explorative study that will give direction for future research that will delve deeper into the surfaces that elicited consistent results. This initial systematic research will create a frame work for what surfaces are possible to print, at what scale and start to give meaning to the digital surfaces that are being created. The future application of these considered surfaces onto products has the intention of adding emotive value to objects that are created using a method that treats each print alike. Furthermore, this research looks to bring more focus on a new realm of design opportunity and the possibilities that are presented when designers are not restricted by mass manufacturing methods to apply surfaces to their design.

2. Methods

2.1. Software

Many different geometries and printing methods were explored to discover what surfaces were possible to print. Through the explorations it was found that printing the details of a surface was accompanied by a different set of difficulties than that experienced when focusing solely on form. From this initial foray into the design of parametric surfaces we found that most the common 3D modelling software such as Solidworks and Rhino were ill-equipped to process the small details applied onto a surface. Instead an open source 3D modelling program OpenSCAD was found the most successful in creating digitally created surfaces as it is driven by code as opposed to a graphical user interface (GUI).

2.2. Hardware

For this research three FFF printers were tested for suitability, the Micro 3D (M3D), 3D Printing Systems Up Box and Up Mini. The UP Box featured fast operation, temperature controlled cabinet for optimal layer adhesion during the print and heated platform for the model adhesion to the platform. While larger prints were of the best quality once the scale of the surfaces decreased we experienced issues with clogging of the nozzle making surface features below 2mm unobtainable. The UP Mini is a smaller version of the UP Box and featured heated platform but experienced the same issues as the UP Box with smaller details. Both the UP Box and UP Mini have a layer resolution of 100 microns and both required use of their proprietary software which didn't allow for the uploading of custom G-Code (the set of instructions used to control the 3D printer to create the 3D print). For the exploration of printing parametric geometries, we used a consumer M3D printer that was able to move along the Z-axis and lay each layer 50 microns apart, currently the higher end of resolution available for FFF printers. The M3D was an inexpensive printer that while allowing for greater detail also lacked the features such as heated platform, enclosed cabinet for temperature control and fast operation that would have allowed for consistent results. The M3D however was preferable as it allowed for importing of custom G-Code from slicer software Cura, which is a program that will read 3D models and slice it into layers and create the G-Code to run the 3D printer. This greater control allowed us to adjust finer setting to create prints that were otherwise unachievable on the UP Box or UP Mini and of surprising detail. Through testing we were able to decrease the layer resolution to 25 microns which substantially increased the print time but did not produce discernible results.

2.3. 3D Printing

We considered each of the three main processes for 3D printing SLS, FFF and SLA when engaging with the exploration process. When selecting the process to focus on we had a set of four criteria. 1) Ability to produce parts that were ready for use straight from the printer meaning no post-processes were necessary. 2) Wide range of readily available materials for wider range of experimentation. 3) The ability to upload our own custom G-Code in order to pursue different paths of enquiry. 4) The ability to produce fine detailed surfaces that have structural integrity that allow them to be handled after printing. Of the three methods we settled on FFF as these printers are readily available and not cost prohibitive. They have a wide range of filaments to choose from of different materials and some are able to produce strong fine details with no need for post processing from the printer. As these machines are able to be purchased we have been able to acquire a 3D printer that allows the uploading of custom G-Code. FFF machines however must work against gravity and in our experiments we had to create geometries that allowed us to print without the use of support material that would have made the surface details redundant. SLS printers are large and expensive machines that are frequently used as a service and due to their cost they would not have allowed for the uploading of custom G-Code. Also the process which allows for standard sized

3D models to be printed with relative ease is also brittle when the details go below 1mm. In addition to this the SLS method requires specially formed powders for sintering though they SLS method does allow for metals to be printed. Finally, the SLA method which is affordable and is able to produce parts in the finest detail requires a special photo sensitive resin restricting materiality. Some SLA printers also require time consuming removal of support material which with very fine and delicate surface features made the process unfeasible.

2.4. Parameters

The parameters used to generate the specimens used for this study were the result of an exploratory study into which geometries are able to be produced at high resolution of 50 microns along the Z-axis on a FFF 3D printer. Three sets of successful geometries were used from our initial explorations. 1) Inverted spheroids were used as they provided the greatest detail in our explorations and were able retain the sharpest form. The inverted spheroids were used to test the tactile qualities of pointed structures and were merged along the hemisphere so that when they were scaled along either axis they would produce a pillar between each iteration. The spheroids were able to be deformed along either axis and also the proximity between each feature could be adjusted. The inverted spheroids were used to test harsh pointed surfaces. 2) Spheroids were used to compliment the inverted spheroids and operated under the same set of parameters. They created rounded features that that sought to elicit less harsh tactile qualities. They were also merged along the hemisphere for consistency through scale transformation. 3) Iterative boxes were the final geometry to be tested due to the lines they produced when set alongside each other. Of the parameters were two sets *riy* and *rux* that would slightly rotate each iteration with the angle compounding. Additionally, the parameter *mi* was used to control the frequency of the iterations. If the value was lowered the iterations would occur more frequently. This allowed for strong linear forms to be produced to test whether strong direction within the surface had an effect on participants.

2.5. Survey

The survey that was undertaken was to gather initial data to give direction for future 3D printing experiments to create more targeted surfaces. Our initial undertaking was primarily based upon the work of Elvin Karana who has developed a method for gathering data that attributes meaning to materials. The survey Karana et. al. had developed asked the participants to find high quality materials and then ill out a survey with a set of questions that related to a range of sensorial properties such as elasticity, roughness and weight but required no direct contact with specific materials (Karana et. al., 2009). A similar study that is based upon the same work of Karana did require participants to directly touch samples and fill out a survey form that contained texture lexicons (Hope et. al., 2013). Our survey blended the sensorial and lexicon aspect of both aforementioned surveys. Our survey spanned three main categories of responses, physiological such as temperature, geometric such as perceived complexity of the surface and emotive based response such as attractive or traditional. Participant were asked to touch each sample and then fill out the form depending on the response they felt. Each form contained questions and also allowed the participant to describe the surface in their own way and to rate how much they personally liked the surface, this was repeated over all 16 samples (Table 1). At the end of the survey the participants were asked to fill out a final sheet which asked them to choose their favourite and least favourite sample and explain why. (Fig. 1)



Fig. 1 A typical survey setting

Table 1. Emotional qualities on a 8-point scale

1.	**[Smooth]**	**1 2 3 4 5 6 7 8**	**[Rough]**	**(SR)**
2.	[Sharp]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Blunt]	(SB)
3.	[Hard]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Soft]	(HS)
4.	[Warm]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Cool]	(WC)
5.	[Fragile]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Sturdy]	(FS)
6.	[Simple]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Complex]	(SC)
7.	[Valuable]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Cheap]	(VC)
8.	[Natural]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Synthetic]	(NS)
9.	[Casual]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Formal]	(CF)
10.	[Pleasant]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Unpleasant]	(PU)
11.	[Modern]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Traditional]	(MT)
12.	[Attractive]	1 2 3 4 5 6 7 8	[Unattractive]	(AU)

3. Results and Discussion

Fig 2 shows names and definitions of parameters used in this research. *r* refers to the radius of spheroid features, and *sx* and *sy* indicate scale transformation of spheroid along the X- and Y- axis, respectively. For set 3, *fx*, *fy*, and *fz* represent dimensions of box features, and *px* and *py* are used to show distance between two adjacent box features along the X- and Y- axis, respectively. Rotation of a box feature along the X- and Y-axis, respectively, in degrees is expressed using *riy* and *rux*, and *mi* is an indicator that shows how many iteration steps are in a unit length: 0.5 means 2 times as many features exist, respectively.

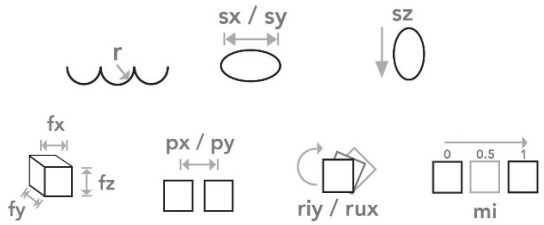


Fig 2. Geometircal definitions of parameters

Tables 2, 3, and 4 detail surface profiles belong to the three sets and combinations of parameters responsible for each of the profiles. Fig 3, 4, and 5 depict visualisations of the surface profiles.

Table 2. Parameters and their combinations used for set 1

Surface	*r*	*sy*	*sz*
1-2	5.00	4.00	2.00
1-3	2.75	2.50	1.25
1-4	5.00	1.00	0.50

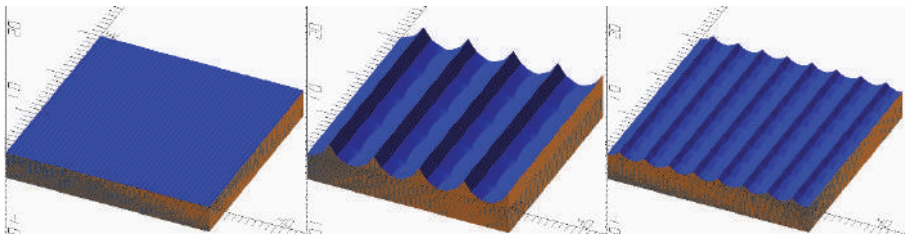


Fig 3. Visualisations of surfaces belong to set 1

Table 3. Parameters their combinations used for set 2

Surface	*r*	*sy*	*sz*
2-1	2.75	2.50	1.25
2-2	0.50	4.00	0.50
2-3	5.00	4.00	2.00
2-4	5.00	1.00	0.50
2-5	0.50	1.00	2.00

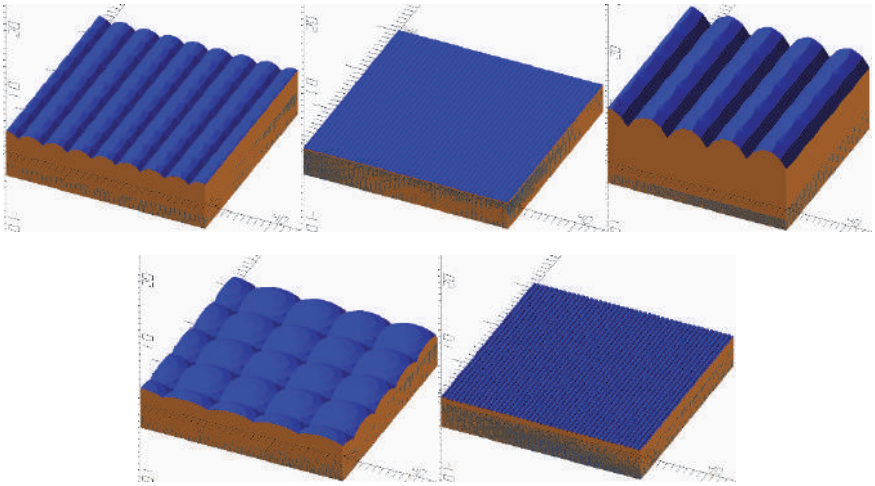


Fig. 4 Visualisations of surfaces belong to set 2

Table 4. Parameters their combinations used for set 3

Surface	*fy*	*fz*	*py*	*riy*	*rux*	*mi*
3-1	0.50	4.00	1.00	0.00	45.00	0.20
3-2	2.00	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00
3-3	2.00	4.00	4.00	20.00	45.00	1.00
3-4	2.00	0.50	4.00	0.00	45.00	0.20
3-5	1.25	2.25	2.50	10.00	22.50	0.60
3-6	2.00	4.00	1.00	20.00	0.00	0.20
3-7	0.50	0.50	4.00	20.00	0.00	0.20
3-8	0.50	4.00	4.00	0.00	0.00	1.00
3-9	0.50	0.50	1.00	20.00	45.00	1.00

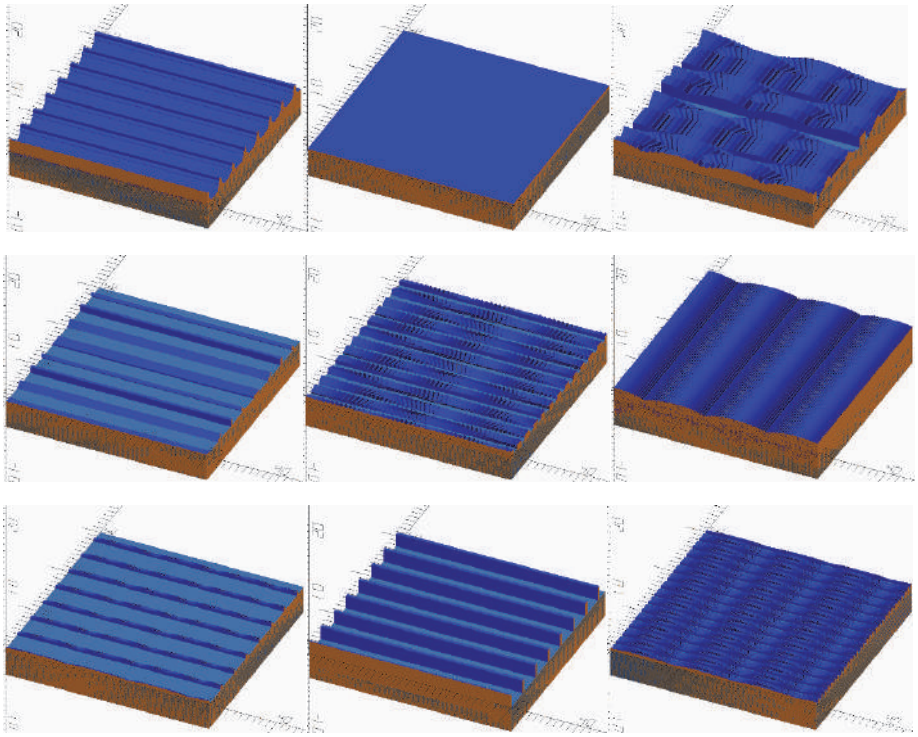


Fig 5. Visualisations of surfaces belong to set 3

The collected questionnaires were coded by assigning a number between 1 and 8 to each of the corresponding answers on the scale and the numerical values were rearranged by emotional quality. This conversion enabled statistical examination to determine whether each of the parameters has significant effect on the responses at 95% confidence level (p=0.05) by using two-way factorial analysis that processes the parameters as factors. Tables 5, 6, and 7 detail parameters across the three sets which have statistically significant effects. Interactions between two or among three parameters were observed in sets 2 and 3.

Table 5. Parameters that have significant effects (set 1)

Emotional quality scale	A	B	C
SR	V	V	-
SB	V	-	-
HS	-	-	-
WC	-	-	-
FS	-	-	-
SC	-	V	-
VC	-	-	-
NS	-	-	-
CF	-	-	-
PU	V	-	-
MT	-	-	-
AU	-	-	-

(A=*r*, B=*sy*, C=*sz*)

Table 6. Parameters that have significant effects (set 2)

Emotional quality scale	A	B	C	I
SR	V	-	V	V
SB	V	-	-	-
HS	-	-	-	-
WC	V	-	-	-
FS	V	-	-	-
SC	V	-	-	-
VC	-	-	-	-
NS	-	-	V	-
CF	V	V	-	V
PU	-	-	V	-
MT	-	-	-	V
AU	-	-	V	-

(A=*r*, B=*sy*, C=*sz*, I=intereactions)

Table 7. Parameters that have significant effects (set 3)

Emotional quality scale	Interactions
SR	C E A AF
SB	C E A AF B
HS	C AF E F D
WC	C E AF D
FS	A D C
SC	E C D AF
VC	D
NS	C A
CF	C A
PU	C D E A F
MT	E
AU	C D

(A=*fy*, B=*fz*, C= *py*, D=*riy*, E=*rux*, F=*mi*)

The subsequent analysis focused on the parameters identified as statistically significant. Fig 6 shows effects of the three parameters of set 1 on the SR scale, and the relationship depicted on the left suggests that the larger radius of spheroid (*r*) on the surface is, the rougher the surface feels, which is intuitively

understandable. The graph on the right in the meawhile represents that a surface consists of elongated geometries (high *sy*), such as ovoids, compared to perfect circles, is more likely to be felt smoother. Such geometries are also responsible for making surfaces feel complex on the SC scale, which aligns well with everyday observations (Fig 7).



Fig 6. Effects plot for SR (set 1)

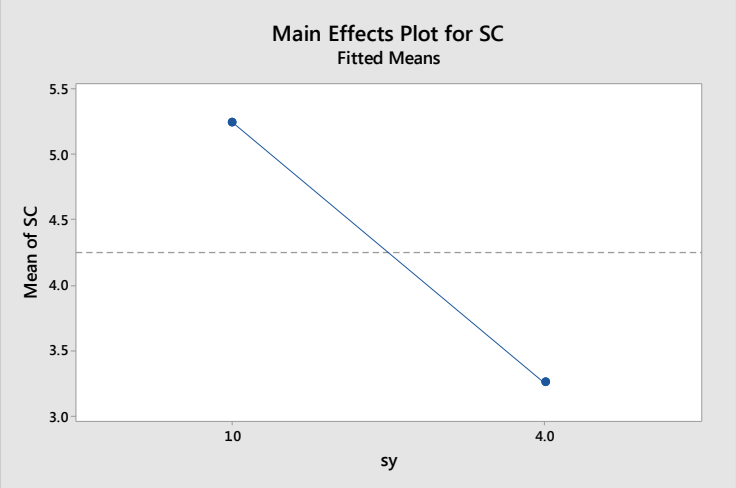


Fig 7. Effects plot for SC (set 1)

On the SB scale, as depicted on Fig 8, *r* is the only significant parameter. Low *r* values, which dictate densely packed small patterns in a unit area, are linked to surfaces that feel sharper. However, such surfaces can be seen quite unattractive at the same time (Fig 9).

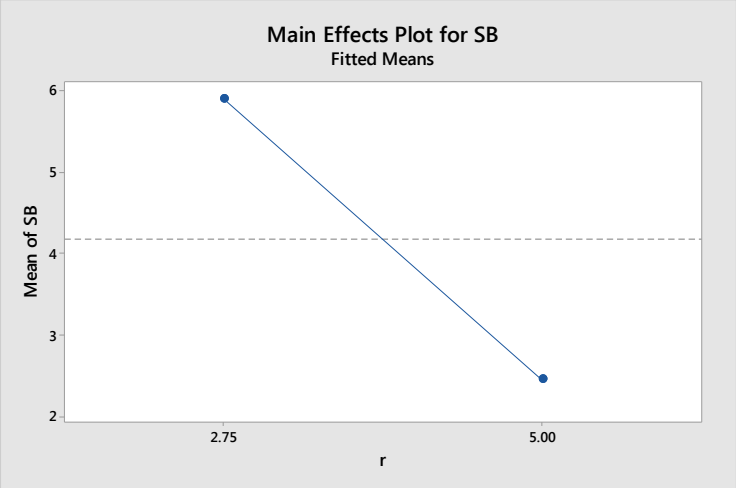


Fig 8. Effects plot for SB (set 1)

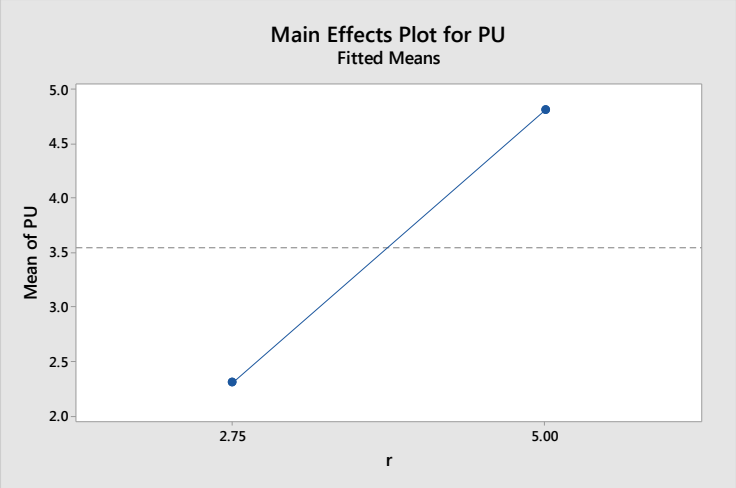


Fig 9. Effects plot for PU (set 1)

Set 2 includes surfaces that are basically inverse of the ones belong to set 1. Fig 10 clearly demonstrates why two parameters *r* and *sz*, with the exception of *sy* which has marginal effect, are flagged as having significant effects on the SR scale. While increased radius *r* makes the surface smoother (left), oblong patterns produced as a result of high *sz* values contribute to surfaces that feel rough (right). This phenomenon which responses are influenced by two or more parameters at the same time, either synergistically or attenuatively, is called interaction, and in this case it suggests an important possibility of creating highly smooth or rough-feeling surfaces by combining more than one parameters.

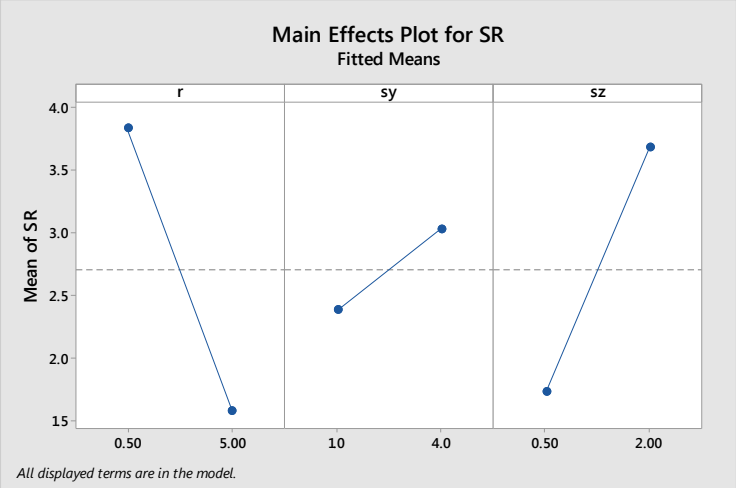


Fig 10. Effects plot for SR (set 2)

Another emotional surface quality that shows interactions is CF (Fig 11). Increased *r* and *sy* can both make surfaces feel formal, and the effect could be amplified in a synergistic manner if the two parameters are used together.

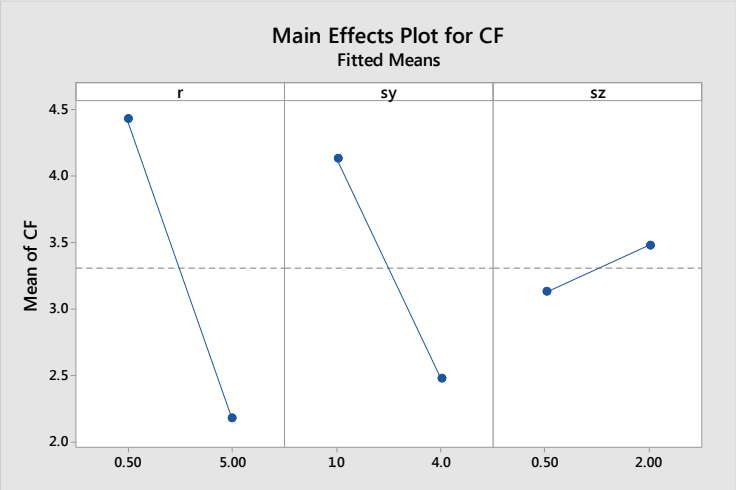


Fig 11. Effects plot for CF (set 2)

Interactions can take place in a different way. In case of MT (Fig 12), although none of the parameters were identified as significant ones, the interactions form a significant effect (p=0.037) and this suggests that surfaces that evoke either modern or traditional feel, even to a certain extent only, could be designed by carefully combining those parameters.

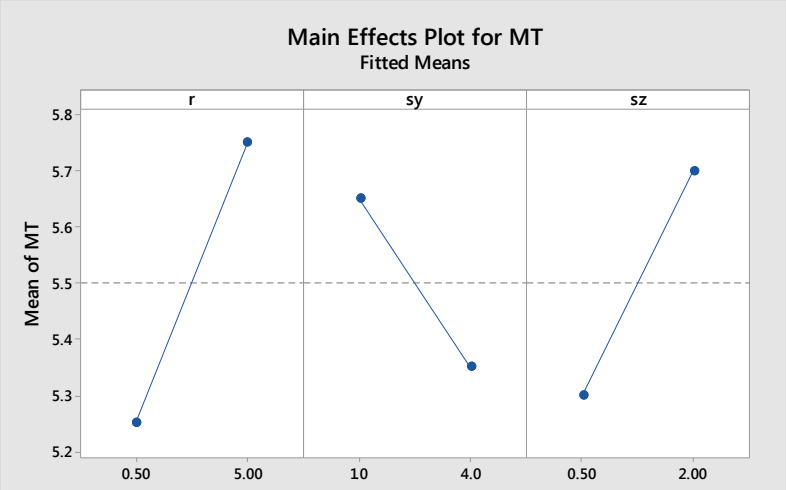


Fig 12. Effects plot for MT (set 2)

Figs 13 through 16 depict emotional qualities that *r* is the sole parameter that has significant effect. Increased diameters are responsible for surfaces that feel warm (WC), simple (SB), sturdy (FS, against fragile), and blunt (SB), in order of significance, which is consistent with common experiences.

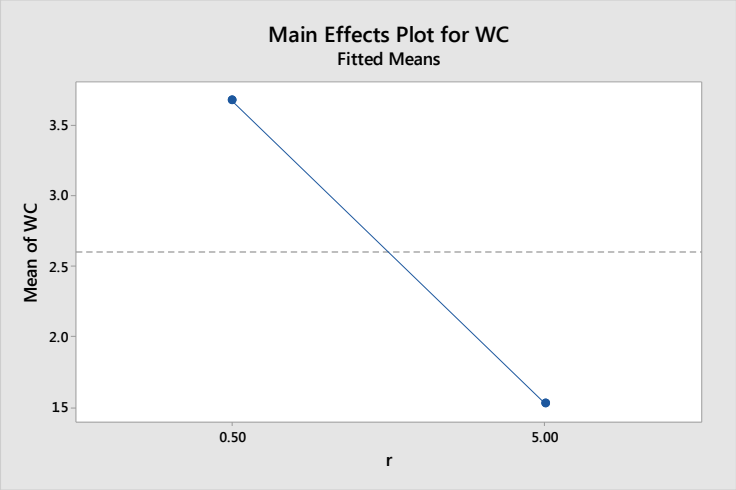


Fig 13. Effects plot for WC (set 2)



Fig 14. Effects plot for SB (set 2)

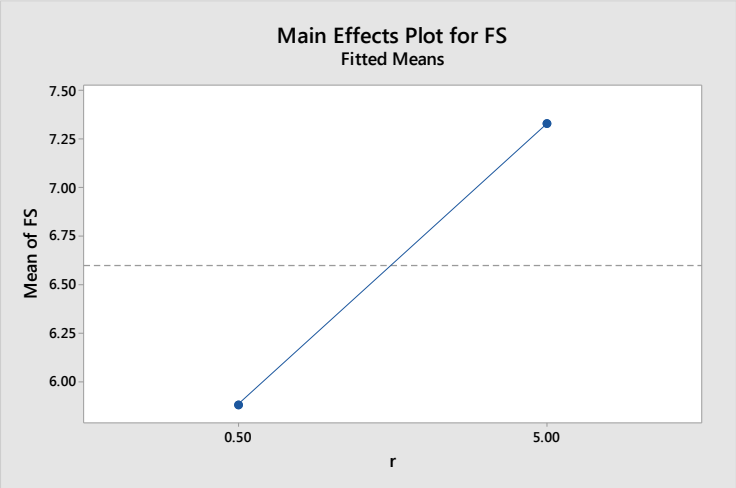


Fig 15. Effects plot for FS (set 2)

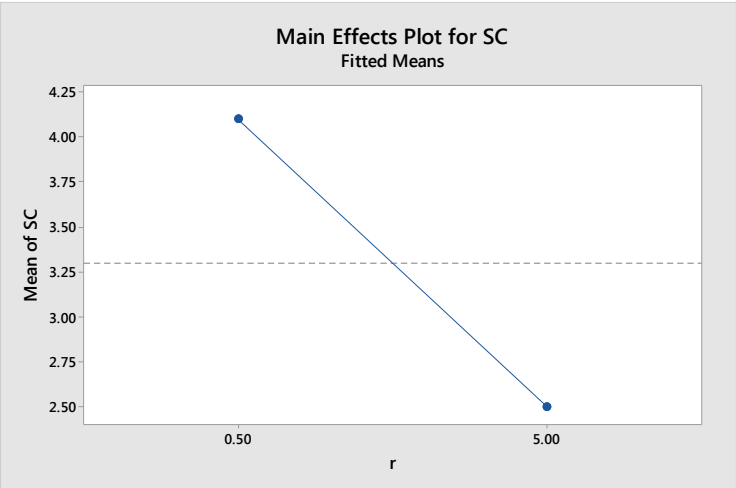


Fig 16. Effects plot for SC (set 2)

Features with high aspect ratios along the Z-axis (*sz*) have significant effects on making the surfaces unattractive (AU), synthetic (NS), and unpleasant (PU, in order of significance), and the results in unison imply that the parameter may cause somewhat negative influence on design (Fig 17-19) unless used carefully.

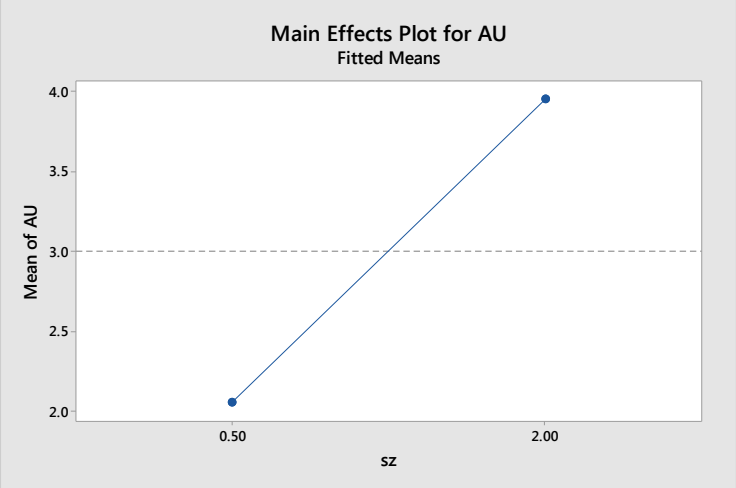


Fig 17. Effects plot for AU (set 2)

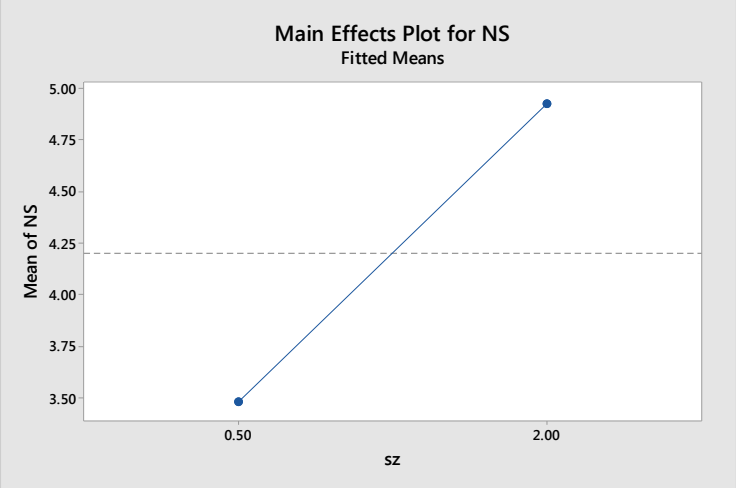


Fig 18. Effects plot for NS (set 2)

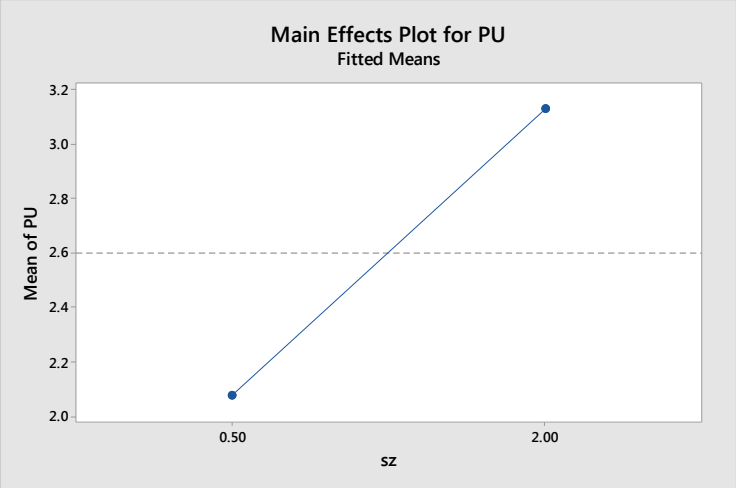


Fig 19. Effects plot for PU (set 2)

In set 3, various interactions among the parameters were observed. Figs 20 show one of the most complicated relationships in this research, which all parameters except for one (*riy*) have significant effects on the SB scale, individually or in combination with another. While higher proximity to the adjacent feature along Y-axis (*py*) plays the most significant role in making the surfaces feel sharp, probably by clearly revealing each sparsely distributed feature, degree of rotation of the features towards the X-axis (*rux*) has also significant effects, followed by length of a box along the Y-axis (*fy*), but in an inverse proportion to the former two. One remarkable factor is a combination of *fy* and *mi* as depicted in Fig 21. While *mi*, which refers to iteration steps within a unit distance, does not constitute any significant effect itself, it amplifies its impact when used in combination with *fy*, which means long box features placed at an increased interval may look blunt.

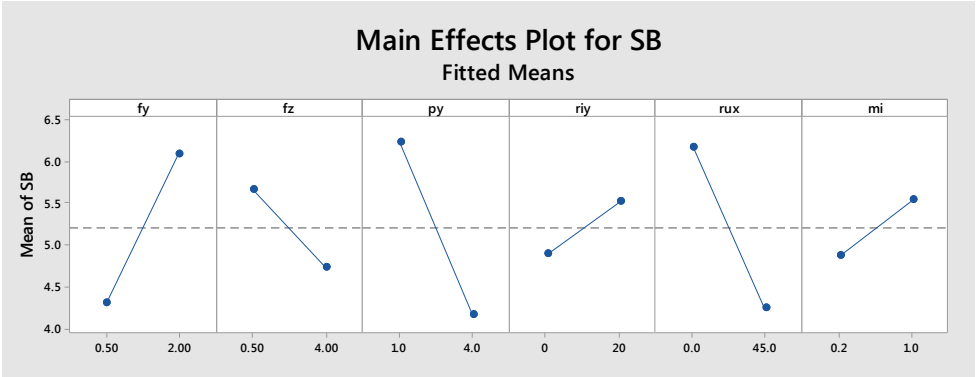


Fig 20. Effects plot for SB (set 3)

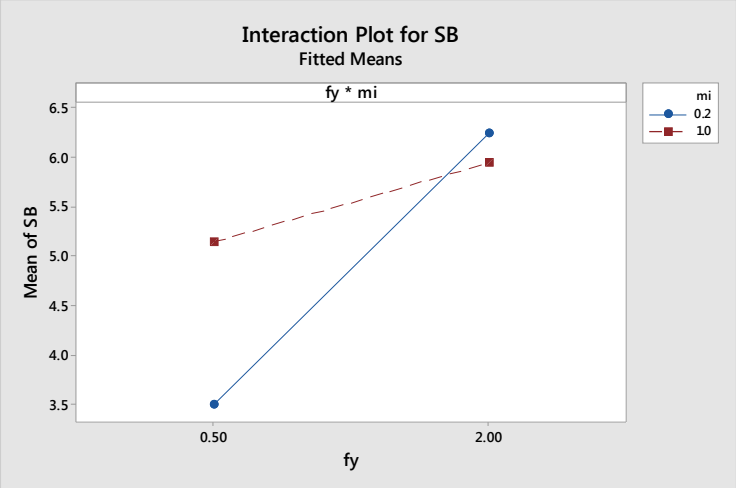


Fig 21. Interaction plot for SB (set 3)

The combination has also significant effects on other emotional qualities including SR (Fig. 22), SC (Fig. 23), and WC (Fig. 24), and the latter two show a different type of interaction, one of which has a negative slope while the other has a positive one, even though the effect of *mi* is considerably smaller than that of *fy*.

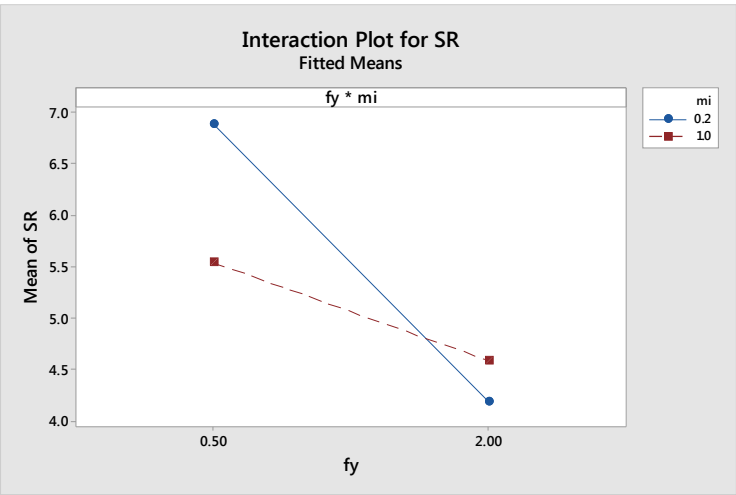


Fig 22. Interaction plot for SR (set 3)

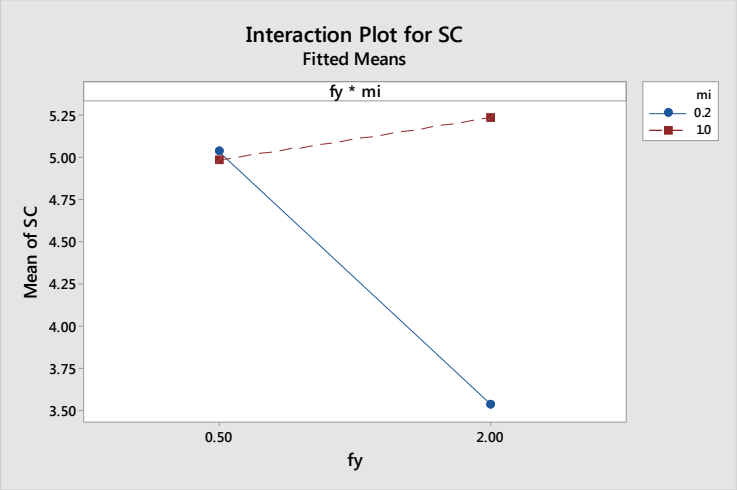


Fig 23. Interaction plot for SC (set 3)

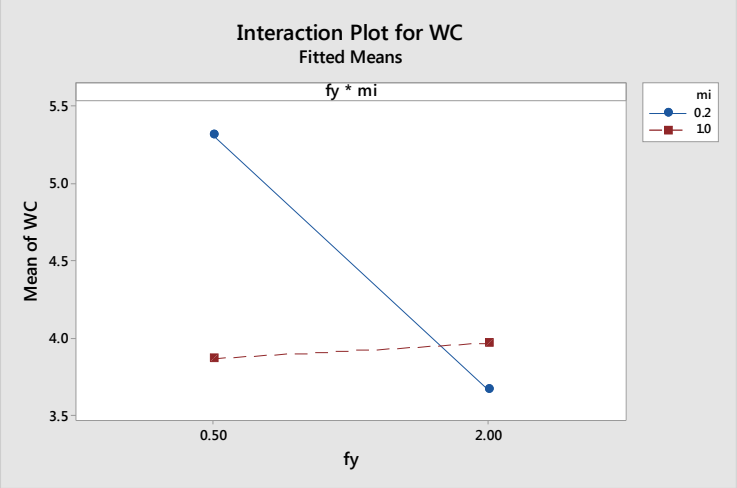


Fig 24. Interaction plot for WC (set 3)

Another interesting observation is that *riy* was identified as the sole parameter that has significant effect on VC scale (Fig 25), which hints that highly rotated boxes along the Y-axis contribute to making the surfaces feel valuable. It is considered that the rotation reveals more facets of the boxes, possibly resulting an association with typical appearance of precious items such as diamond.

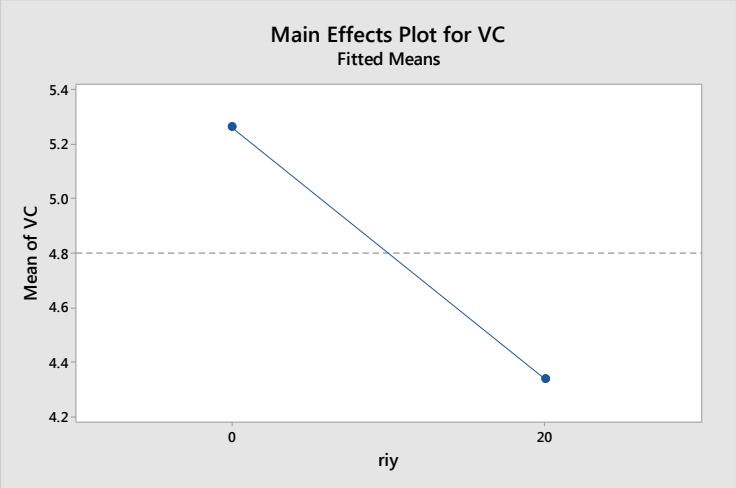


Fig 25. Interaction plot for VC (set 3)

Across the nine surfaces in set 3, length of box features along the Z-axis (*fz*) turned out to be the least influential parameter. It is quite different from the significant effects of *sz*, which dictates elongation of spheroid along the Z-axis observed in sets 1 and 2. The different geometries of the individual features can be considered part of the reason, which needs further examination.

4. Conclusion

A wholly digital design process that includes planning of experiments, systematic arrangement of design parameters, preparation and production of objects, and analysis of user testing was attempted in order to investigate whether parameters could be explored and deliberately employed as a core element of emotive surfaces which evoke desired impressions and feelings through visual and tactile stimulation. A series of surface parameters as well as their effects on various emotional qualities in different levels were identified and quantitatively analysed. The experiments were conducted in three sets, each of which constitutes a development stage. It was confirmed in the first stage that the surfaces designed by combining discrete parameters instigated clearly recognisable emotional responses from participants. The second stage then proved that parameters can be used for multiple purposes across a range of emotional qualities, and the final stage demonstrated more complex utilisation of parameters especially interactions towards analytical synthesis of emotive surfaces which would otherwise not be possible. The process showed potential for purpose-specific, context-oriented, and user-focused creation of aesthetic yet functional surfaces.

5. Acknowledgements

This research was co-funded by Viclink (from Kiwinet) and New Zealand Product Accelerator.

6. References

DAGMAN, J.; KARLSSON, M.; WIKSTROM, L. (2010). "Investigating the haptic aspects of verbalised product experiences". *International Journal of Design*, Vol. 4 (3), pp.15-27.

HOPE, D., JONES, M., and ZUO, H. (2013). “Sensory perception in materials selection for industrial/product design” in *The International Journal of Designed Objects,* Vol. 6, No. 3, p. 17-31.

JANSSON-BOYD, C. (2011). “Touch matters: exploring the relationship between consumption and tactile interaction” in *Social Semiotics*, Vol. 21, No. 4, p. 531-546.

KARANA, E., HEKKERT, P., and KANDACHAR, P. (2008). “Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes” in *Materials and Design*, Vol. 30, p. 2778-2784.

KARANA, E., HEKKERT, P., and KANDACHAR, P. (2009). “A tool for meaning driven materials selection” in *Materials and Design*, Vol. 31, p. 2932-2941.

OUM, R. E., LIEBERMAN, D., and AYLWARD, A. (2011). “A feel for disgust: Tactile cues to pathogen presence” in *Cognition and Emotion*, Vol. 25, No.4, p. 717-725.

OXMAN, N. and ROSENBERG, J. L. (2007). “Material-based Design Computation: An Inquiry into Digital Simulation of Physical Material Properties as Design Generators” in *International Journal of Architectural Computing (IJAC)*, Vol. 5, No. 1, p. 26-44.

PETKOVA, V. I.; ZETTERBERG, H.; EHRSSON, H. H. (2012). "Rubber Hands Feel Touch, but Not in Blind Individuals". *PLoS ONE*, Vol. 7 (4), e35912. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0035912>[Accessed 25 Feb 2016]

PIAGET, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International University Press.

TAKAHASHI, C.; DIEDRICHSEN, J.; WATT, S. J. (2009). "Integration of vision and haptics during tool use". *Vision*, Vol. 9 (6), pp.1-13.

WOHLERS, T, T. (2009). “Direct Digital Manufacturing” in *Manufacturing Engineering*, Vol. 142, No. 1, p.73

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3297

Design and Digital Manufacturing: an ergonomic approach for Industry 4.0

Laudante Elena[a] & Caputo Francesco[b]

[a]Phd Student - Department of Civil Engineering, Design, Building and Environment, Second University of Naples, Italy. elena.laudante@unina2.it

[b]Associate Professor - Department of Industrial and Information Engineering, Second University of Naples, Italy. francesco.caputo@unina2.it

Abstract

The aim of the present paper is to propose innovative methods for ergonomic design of tools, equipment and manual tasks on workplaces of an automotive assembly line, in order to increase worker's welfare and system's performance by improving general safety conditions.

The manufacturing industry is heading to the ever more pushed use of digital technologies in order to achieve very dynamic production environments and to be able to develop continuous process and product innovations to fit into the so called Fourth Industrial Revolution, also identified as Industry 4.0. The main goal of Industry 4.0 is to "re-think" factories through the use of digital, to reconsider the design approach and to monitor the production process in real time.

The research addresses the evolution of industry 4.0 in relation to the discipline of "design", where the management of knowledge in the production process has led to the strengthening and improvement of tangible goods.

Starting by current ergonomic analysis models and innovative approaches to the process design of industrial production line, the manufacturing processes in the virtual environment were defined and optimized with the use of innovative 3D visualization technologies.

The constant interaction among the different disciplines of design, engineering and occupational medicine, enables the creation of advanced systems for simulating production processes based on virtual reality and augmented reality, mainly focused on the needs and requirements of the workers on a production line with the main objective of bringing out the interaction between real and virtual factory (Cyber-Physical System - CBS).

The objective is to define new models of analysis, of development and of testing for the ergonomic configuration of processes, that improve and facilitate the human-machine interaction in a holistic view, in order to protect and enhance human capital, transferring the experiences and knowledge in the factory system, as key factors for the company and for the sustainability of workers welfare levels.

Keywords:

1. Introduction

This paper provides innovative methods for improving the design of equipment and manual work stations in industrial environments, with particular focus on the global safety of the worker on the production/assembly line.

Developed activities are subtasks of the research project “DEWO – Design Environment for WorkPlace Optimization”, financed by Italian Government at the Second University of Naples. The aim of this project is to identify new methods for optimization of assembly tasks in a virtual environment in terms of overall integration among materials management, working tasks organization and layout, starting from the principles of "WorkPlace Organization" and of the modern theories of "Lean Production".

The research objective concerns the articulation of operational guidelines for the design of manual workstations and tools, for simulation in a virtual environment, for verification of the ergonomic parameters and of the quality of the solutions. This objective will be pursued through the innovative use of virtual reality identified as a "tool" for innovation in automotive manufacturing context.

2. The Evolution of Automotive: from the Handicraft to the Digital Manufacturing

As a matter of fact, the manufacturing industry is heading to the ever more pushed use of digital technologies in order to achieve very dynamic production environments and to be able to develop continuous process and product innovations to fit into the so called Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0 (Figure 1). The main goal of Industry 4.0 is to “rethink” factories through the use of digital, to reconsider the design approach and to monitor the production process in real time.

The main application field of this contribution is represented by the manufacturing industry, the major source of wealth and value for a country and for the promotion of economic development. The increase in manufacturing is equivalent to the economic growth of a country, for generating productivity gains, which then go to develop and to spread to other contexts, by creating jobs and, above all, it is the privileged place for research and innovation. For the increasing of this sector, it is essential to guess two aspects, the importance of competitiveness and the constant evolution through innovation.

As part of the manufacturing, the automotive industry plays a leading role. It’s one of the main productive, representing a driving force in the economic development. The technical complexity of a car pushes the research in the direction of new productive and efficient product life and process management techniques.

Automotive field was the privileged place of experimentation, technological innovation and implementation of new forms of work organization; in the last decades it has been the field of application of new methodologies to improve the whole process, also from an ergonomic point of view, considering of primary importance the relationship between worker and machine; the human centered approach is one of the main pillar of Industry 4.0, as well as the virtual and digital factory.

In particular, during the assembly of a vehicle, the application of Digital Manufacturing leads to a series of steps forward, especially for the ergonomic aspect in relation to the work areas and equipment used by a worker.

The final assembly area is composed of a variety of sub-assemblies’ cells in addition to a main line. The main line has a variety of stations that install and mount suppliers’ parts and components into the vehicle shell. The final assembly area is considered a labor-driven process due to the high labor value-added work compared with other stations in the body assembly plant. […] The greater contribution of the labor

input requires further considerations with regard to human-machine interaction in terms of safety, ergonomics, and work standards and time studies (Omar, 2011).

The ergonomic approach highlights all aspects of the human-machine interaction process, identifies and classifies stages and individually work operations that lead to the assembly of the final product, analyzes postures and movements of the operator in order to check in as much detail as possible his psychophysical wellbeing.

The ergonomics of the assembly processes help the workers to conduct their tasks with ease and within the task time. The main ergonomics concerns in the assembly area are: installing heavy components, the frequent installation di medium to light-weight components, the installation posture, and the human hand utilization. All these aspects should be analyzed while considering that production workers are all different, they have physical and mental limitations, and humans have certain predefined reaction to certain scenarios (Omar, 2011).

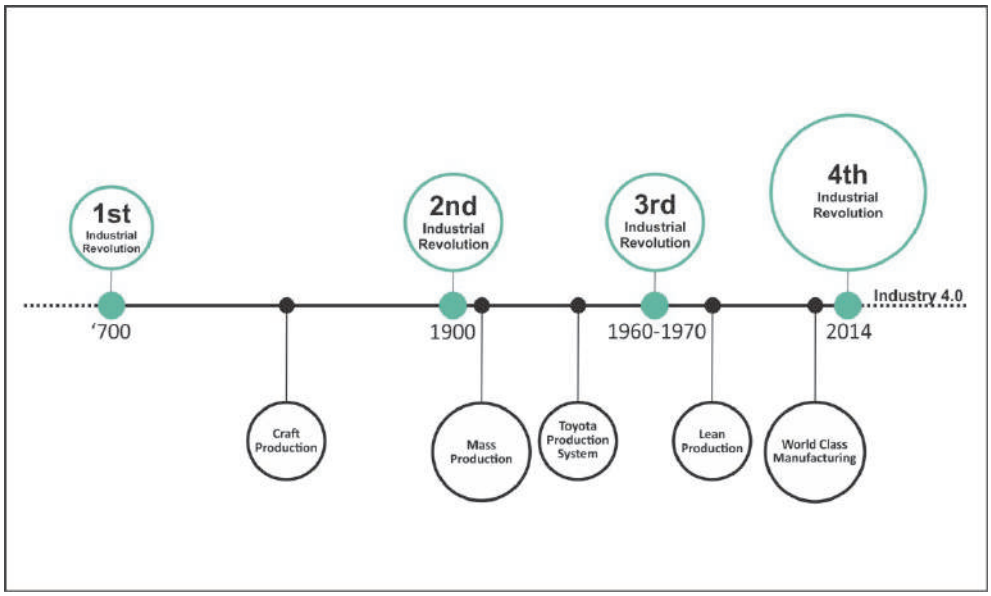


Fig. 1 Process evolution of Automotive in industrial context.

2.1 An ergonomic approach in production chain

This paper is focused on the application of a new ergonomic design approaches of manual workstations on the assembly line, of equipment and tools used by the worker during the development of the different assembly tasks.

Starting by current ergonomic analysis models and by innovative approaches to the assembly line design, the processes in the virtual environment were defined and optimized with the use of innovative 3D fruition technologies (Figure 2).

Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance (IEA-International Ergonomics Association).

The ergonomic objectives are to improve the quality of the environmental conditions, the working tools and operator performance, to prevent occupational diseases and promote the psychophysical wellbeing of worker. The science of the human factor has as its central subject the human activities in relation to environmental, instrumental and organizational conditions, in which it takes place, in order to adapt these conditions to their needs, protecting life and increasing efficiency and reliability of man-machine systems. In detail, the ergonomics of the work stations has had a strong development thanks to the thrust of the new European regulations and the progress of companies in terms of methodologies and techniques focused on improving of the safety of manufacturing plants.

Un ambiente, un posto di lavoro non debbono essere valutati solo in termini di salvaguardia da condizioni nocive, ma debbono essere giudicati validi nella misura in cui permettono il massimo grado di benessere e le migliori condizioni per l'esplicazione della personalità del lavoratore (Bandini Buti, 2008).

[An environment, a workplace don't be evaluated only in terms of protection from harmful conditions, but be deemed valuable to allow the greatest degree of well-being and the best conditions for the explication of the worker's personality].

For designing a manual workstation, it needs to consider all the possible interference of the physical and not physical aspects for the execution of work tasks, on ergonomic performance of the activity carried out by the operator.

L'ergonomia ha dimostrato di saper sviluppare teorie, sperimentare criteri e metodi finalizzati alla soddisfazione degli utenti al livello di bisogni e di desideri (consci o inconsapevoli) […] Tutti gli approcci per affrontare un problema portano ad orientarsi verso il cliente, che viene in tal modo considerato un'assoluta forza guida (Lupacchini, 2008).

[Ergonomics has demonstrated the ability to develop theories, test criteria and methods for its users satisfaction for their needs and desires (conscious or unconscious) [...] All approaches to address a problem lead to orientate towards the customer, which is thus regarded as an absolute driving force].

For the current competitiveness in industrial realities, the necessary condition is the ability to combine productivity, ergonomics, and operating models that are participative. It is essential to make a distinction of ergonomics not only from the point of view of objectives, but also as regards the different phases of "application". In this regard, we talk about preventive or conception ergonomics in the early stages of a product- process development, which reduces production costs and improves the results in terms of safety and work's quality. Corrective ergonomics, applied in the production phase, consists of an action taken for eliminating the existing not-conformities causes, defects or other undesired situations, in order to prevent its recurrence (Figure 3).

Particularly, *L'intervento ergonomico di concezione è caratterizzato dal fatto che avviene su oggetti, sistemi, ambienti e macchine ancora in fase di definizione o su attrezzature e macchine che devono essere ancora scelte. […] Non esiste alcun ostacolo concettuale affinché il progetto possa essere sviluppato tenendo conto delle prestazioni ergonomiche che si possono ragionevolmente prendere come obiettivo* (Bandini Buti, 2008).

[The conception ergonomic action is characterized by taking place on objects, systems, environments and machines during the definition phase or on equipment and machines that haven't yet been chosen. [...] There isn't a conceptual obstacle so that the project can be developed taking into account the ergonomic benefits that can be reasonably considered a gol].

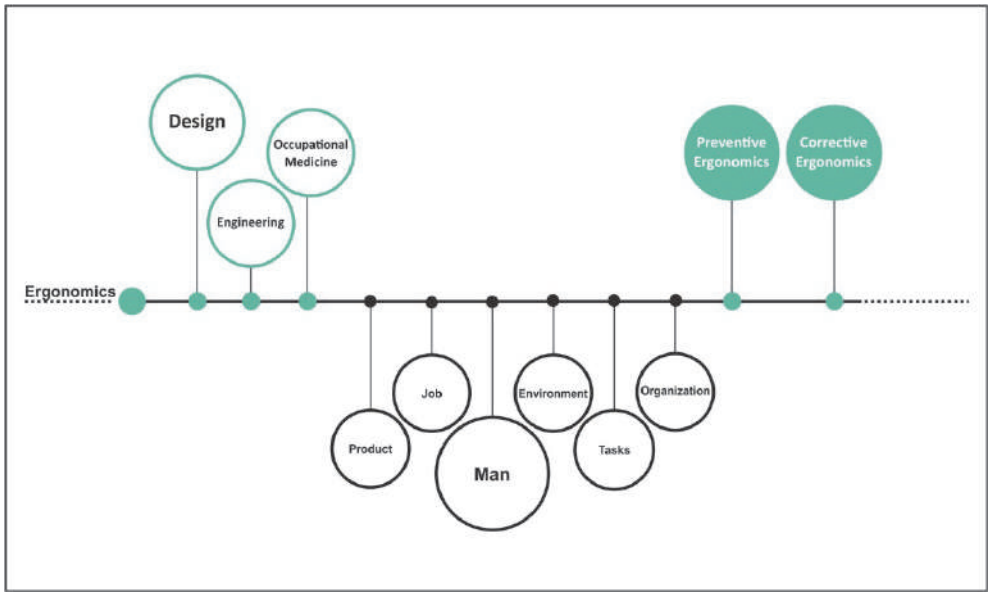


Fig. 2 Ergonomics in product-process development.

3. Industry 4.0 between real and virtual

In un contesto in cui i paradigmi del mercato mutano così radicalmente in tempi molto stretti, le iniziative delle imprese private e pubbliche devono tradursi nella rapida adozione di catene del valore digitali, come elemento strategico di ripresa, crescita e accelerazione. La trasformazione digitale non può rappresentare solo una opzione o un canale accessorio, ma un elemento centrale sui cui puntare, attraverso diffusione delle competenze, investimento nella ricerca e interventi sulle infrastrutture di connettività, data center e accesso alla Rete, evoluzione dei modelli operativi, coerente cultura manageriale e humus imprenditoriale - dalla sperimentazione alle start-up (Poggiani, Tedeschi, 2014).

[In a context where the market paradigms change so radically in a very short time, the efforts of private and public enterprices should be set in the rapid adoption of the digital value chains as a strategic element of recovery, growth and acceleration. The digital transformation can not be just an option or a second way, but a central element on which to focus, through dissemination of skills, investment in research and measures concerning the connectivity infrastructure, data center and Internet access, changing operating models, consistent managerial and entrepreneurial culture humus - from testing to start-ups].

As a matter of fact, Industry 4.0 changes the way to think factory, the relationships between suppliers, manufacturers and customers and puts in the foreground the human-machine interaction in a production system.

Oggi è in corso la quarta rivoluzione industriale: dall'inizio del 21˚secolo, stiamo vivendo una trasformazione digitale - cambiamenti associati con l'innovazione nel campo della tecnologia digitale in tutti gli aspetti della società e dell'economia (Potti, 2015).

[Today the Fourth Industrial Revolution is in progress: since the beginning of 21˚Century, we are experiencing a digital transformation - changes associated with innovation in the field of digital technology in all aspects of society and economy].

Industry 4.0 is the consequent evolution of the three already experienced industrial revolutions: the first revolution with the introduction of water power, the use of steam power and the development of

machines; the second revolution characterized by electricity and the advent of mass production; the third revolution, more recently, based on the use of electronics and information and the application of automated production.

Lo sviluppo tecnologico e la crescente maturità culturale verso l'utilizzo di dispositivi informatici sta alimentando la trasformazione "digitale" di abitudini e pratiche consolidate sia in ambito privato che aziendale. Anche nel settore manifatturiero l'onda di tale trasformazione sta modificando significativamente il modo di pensare, progettare, realizzare i processi produttivi e di supporto alla produzione. La rilevanza dell'impatto presente e atteso di tali innovazioni in questo ambito ha generato l'opinione sempre più diffusa di trovarsi nel mezzo di una vera e propria nuova rivoluzione industriale (Poli, Martini, Petronio, 2014).

[Technological development and the growing cultural maturity towards the use of computing devices is supplying the digital "transformation" of established habits and practices in both private and business field. Even in manufacturing the wave of this transformation is changing significantly the way we think, design, implement the production process and production support. The significance of the present and expected impact of such innovation in this area has generated the widespread opinion of being in the middle of a real new industrial revolution] (Figure 3).

Industry 4.0 is a social and economic challenge that rethinks the factories through the digital, how to design objects, to create prototypes, monitoring the assembly line in real time. It has the main objective to boost the economy, offering innumerable opportunities to the manufacturing system and a new life and identity to the factories through the connection between the real and the virtual world.

At the center of the great digital revolution there is the "Man" with his needs and requirements. Man and machine work together but the user centrality is the main guideline for digital transformation, demonstrating the superiority of man work on the machine.

Quando si riflette sull'impatto della tecnologia sull'impiego, e sulla perdita di posti di lavoro, è importante cercare una complementarietà fra persone e macchinari, affinché gli individui possano svolgere mansioni che aggiungano valore agli ambienti di lavoro sempre più automatizzati. Molti compiti "non trasformabili in routine", cioè che richiedono creatività, comunicazione sociale, empatia e il trattamento di informazioni nuove e non formalizzate, difficilmente saranno automatizzati nel prossimo futuro (European Schoolnet, Digitaleurope, 2014).

[When we reflect on the technology impact on employment, and the loss of jobs, it is important to seek a complementary relationship between people and machines, so that individuals can perform tasks with add value to the automated workplace. Many tasks "not convertible into routine", that require creativity, social communication, empathy and the treatment of new and not formalized information, are unlikely to be automated in the near future].

Sensors, machines, real operators and IT systems will be connected to each other along the same value chain, giving rise to countless technical and economic benefits. The new "factory" system is characterized by the presence of technologies linked to each other and generate a change of the production paradigm, dictated by the actual technological advances.

Among the different technologies developed in an Industry 4.0, simulation and virtual reality are the main areas in which the contribution fits. To play a production process in a virtual environment is a strong potential for innovation, and even more the opportunity to immerse themselves and experience the virtual world in the most realistic possible way. To live a productive process means reducing time and costs for inspections related to the product itself or the manufacturing process (Figure 4).

The digital revolution is identified as a pure and real innovation that will change the nature of same manufacturing, turning every link in the production chain, taking into account all the stages: from the supply chain to manufacturing operations, from marketing to services. Thanks to new digital technologies, enterprices will be able to put together the physical aspects with "virtual" aspects (Cyber-Physical Systems).

L'impatto delle tecnologie emergenti (informatica, telecomunicazione, bioingegnerie, robotica e tecnologia dei materiali avanzati) porterebbe a un progressivo assottigliarsi della materialita del mondo, ad una dematerializzazione della nostra realtà nel suo complesso. In altre parole, si sarebbe ormai avviata una contrazione dell'universo degli oggetti materiali, oggetti che verrebbero sostituiti da processi e da servizi sempre più immateriali (Maldonado, 1992).

[The impact of emerging technologies (IT, telecommunications, bioengineers, robotics and advanced materials technology) would lead to a progressive narrowing of the world materiality, a dematerialisation of our reality overall. In other words, it would now start an universe contraction of material objects, objects that would be replaced by processes and increasingly intangible services].

Industry 4.0 considers the virtual reality as an innovative tool to manage and optimize a production process, taking into account every aspect. The enjoyment of a virtual environment has the purpose to increase the productivity of a production plant.

Da un punto di vista puramente tecnologico la VR è costituita da una serie di strumenti in grado di acquisire informazioni (strumenti di input) attraverso i quali l'utente diviene in grado di fornire al computer molteplici dati in ingresso, che verranno integrati e modificati in tempo reale dal calcolatore in modo da fornire una immagine 3D in movimento. Queste saranno restituite all'utente attraverso più o meno sofisticati strumenti di fruizione dell'informazione (strumenti di output) (Morganti, Riva, 2006).

[Since a purely technological point of view, the VR consists of a set of tools able to acquire information (input devices) through which the user becomes able to provide the multiple incoming data computer, which will be integrated and modified in real-time by the computer so as to provide a 3D moving image. These will be returned to the user through more or less sophisticated information access tools (output devices)].

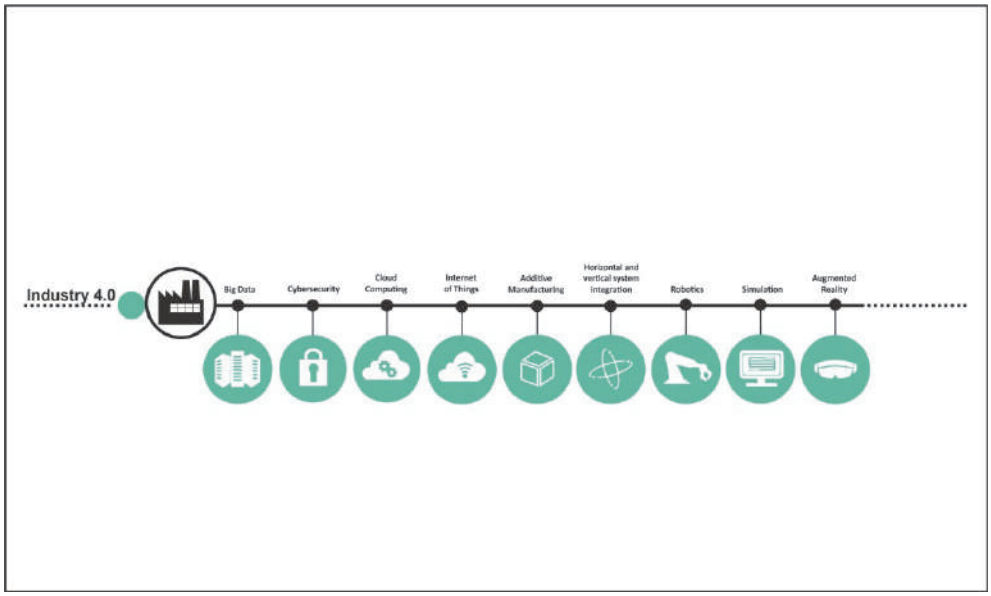


Fig. 3 Digital technologies in Industry 4.

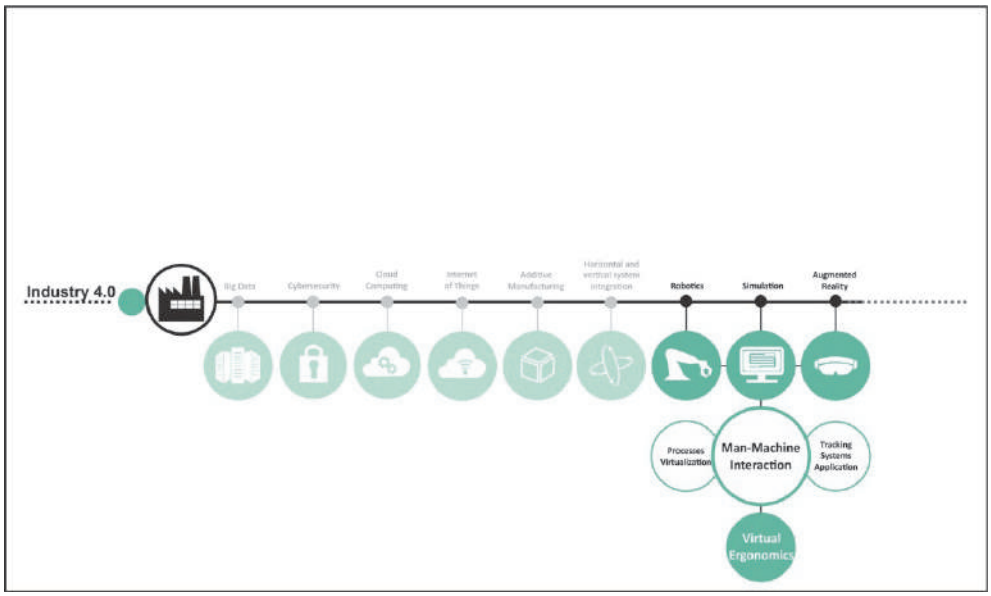


Fig. 4 Simulation and virtual reality in Industry 4.0.

3.1 Immersive Reality for Design

The constant interaction among the different disciplines of design, engineering and occupational medicine, enables the creation of advanced systems for simulating production processes based on virtual reality and augmented reality, mainly focused on the needs and requirements of the workers on a production line where it is possible to bring out the interaction between real and virtual factory (Cyber-Physical System).

The manufacturing landscape will evolve and create huge value through constant interconnection between the different expertises from various professional fields in a expressly collaborative vision.

Interdisciplinary use of advanced digital models is indispensable competences to approach the innovation of the product / process design.

I modelli di simulazione possono essere ricavati velocemente , altrettanto rapidamente, essere osservati da ogni angolo e all'occorrenza modificati. È significativa, perciò, la positiva incidenza sul miglioramento di un prodotto, tant'è che, grazie alla biomeccanica, designer, ingegneri e altri specialisti sono in grado di condurre uno studio particolarmente approfondito di ogni singolo aspetto del progetto nelle sue capacità e potenzialità. La biomeccanica dunque è una delle componenti dell'ergonomia ed è intimamente connessa al fattore umano del design; mentre il comun denominatore delle tre discipline può essere rinvenuto nella tecnologia (Lupacchini, 2006).

[Simulation models can be quickly obtained - be viewed from every angle, and modified if necessary. It is significant, therefore, the positive impact on the product improvement and thanks to the biomechanics theories, the designers, the engineers and other specialists are able to develop a deep study of every aspect of the project in his abilities and potentiality. Biomechanics theory is one of the components of ergonomics and is intimately related to the human factor design; the common denominator of the three disciplines can be found inadvanced technologies].

The research addresses the evolution of innovation within Industry 4.0 in relation to the discipline of design, where the management of knowledge in the production process has led to the strengthening and improvement of tangible products. The discipline of design takes on a fundamental role in the definition and design of tools and manual workstations through a highly ergonomic and innovative approach.

Design è un'attività creativa il cui scopo è di definire le molteplici qualità degli oggetti, dei processi, dei servizi e dei loro sistemi nell'intero ciclo di vita. Il design è quindi il fattore centrale per l'uma-nizzazione innovativa delle tecnologie e il fattore cruciale per gli scambi culturali ed economici (Verganti, 2008).

[Design is a creative activity whose aim is to define the multiple qualities of objects, processes, services and systems during the entire life cycle. Design is therefore the main factor for innovative human-harmonization of technologies and the crucial factor for the cultural and economic exchanges].

Therefore, as part of the research, new models of analysis, of development and testing were classified for configuration of ergonomic processes, that improve and facilitate the human-machine interaction in a holistic view, in order to protect and enhance human capital, transferring the experiences and knowledge in the factory system, key factors for the company and for the sustainability of workers welfare levels.

In order to identify these models, during the initial phase of the research, it was carried out a "virtual scenario" of a work place with the presence of 3D models related to equipment and a virtual anthropomorphic dummy that interacts with the environment (Figure 6). The virtual dummy can be manipulated according to the required needs, customized and changed for the posture to be taken in certain work activities, generating as much as possible realistic behaviors. The virtualization process determines preventively the possible discomfort associated with selected positions and eventually proceed to improve them in terms of re-design of a particular work tasks or of tools and equipment.

The main benefits gained from the simulation of the manual tasks during a work activity are the reduction of accidents risks, the improved communication of the problems identified in the process, an increase of the quality of a process and the reduction of times for assembly processes planning and validation (Figure 5).

I modelli informatici possono offrire alla ricerca scientifica e alla progettazione in tutti i campi possibilità mai avute nel passato. Al posto del tradizionale modo di affrontare i problemi percorrendo un lungo e defatigante itinerario di prove ed errori, subentra ora un metodo nel quale prove ed errori richiedono un investimento di tempo e risorse sostanzialmente ridotto (Maldonado, 1992).

[The IT models can provide the scientific research and design in all possible fields. Instead of the traditional way of dealing with problems along an exhausting itinerary of trial and error, now a method takes over in which trial and error require an investment of substantially reduced time and resources].

Afterwards the virtual context was explored from the "immersive" point of view through the use of tracking systems with digital dedicated software which allows to relate the virtual and physical world (Figure 6). A tracking device enables to capture in real-time the user movements that moves in front of system, turning them into gestures and actions into virtual environments (Figure 7). The realism of the captured movements by a tracking device produces an immersive experience of user, originated from the use of innovative technologies of Industry 4.0.

Il fatto che, per esempio, mettendoci una cuffia oculare (eye-phon), infilandoci un guanto intelligente(data-glove) e indossando una tuta intelligente (data-suit), siamo in grado di entrare in una realtà illusoria e viverla come se fosse reale (o quasi), è un passo evidente in questo senso. Ora siamo in condizione di perlustrare dall'interno una realtà che è la controfigura della nostra. Il che sarebbe, in pratica, come proiettarsi dentro un videogame. E ciò senza rischio alcuno per noi stessi, in quanto la nostra azione in tale spazio si combinerebbe solo con la vicaria complicità di un nostro sosia, di un alter ego digitale (Maldonado, 1992).

[The fact that, for example, putting an ocular element (eye-phon), inserting a smart glove (data-glove) and wearing a smart suit (data-suit), we are able to get in an illusory reality and live it as if was real (or almost), is an obvious step in this direction. We are now able to reconnoiter from inside a reality that is the stunt of our reality. Which would, in practice, as projected in a videogame. And this without any risk to ourselves, because our action in this area will only combine with the vicarious complicity of our double, a digital alter ego].

Through immersive reality, the real user is synchronized with the virtual dummy. The user can move in real space and his movements are recorded by the tracking device and transferred to the virtual dummy that moves, creates paths and navigates into the virtual scene. In addition to a primarily visual aspect, the ability to look at a 3D scene, the interaction has the main purpose to identify methods and procedures to perform ergonomic analysis in an innovative way and in less time.

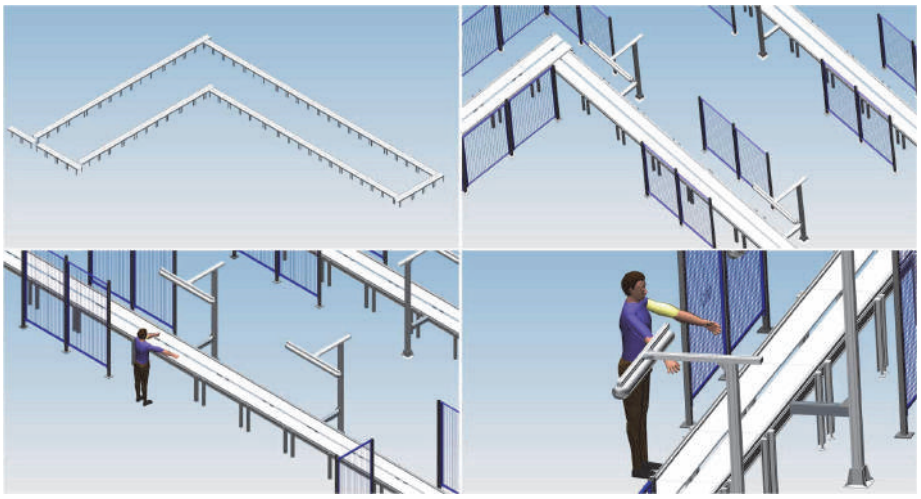


Fig. 5 Virtual Environment creation with Digital Software

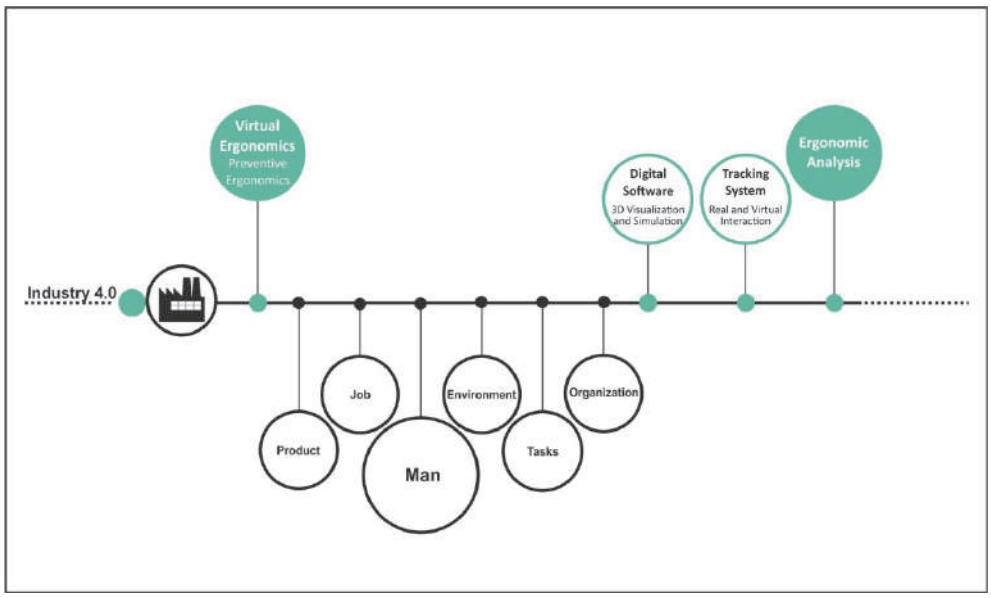


Fig. 6 Virtual Ergonomics in Industry 4.0

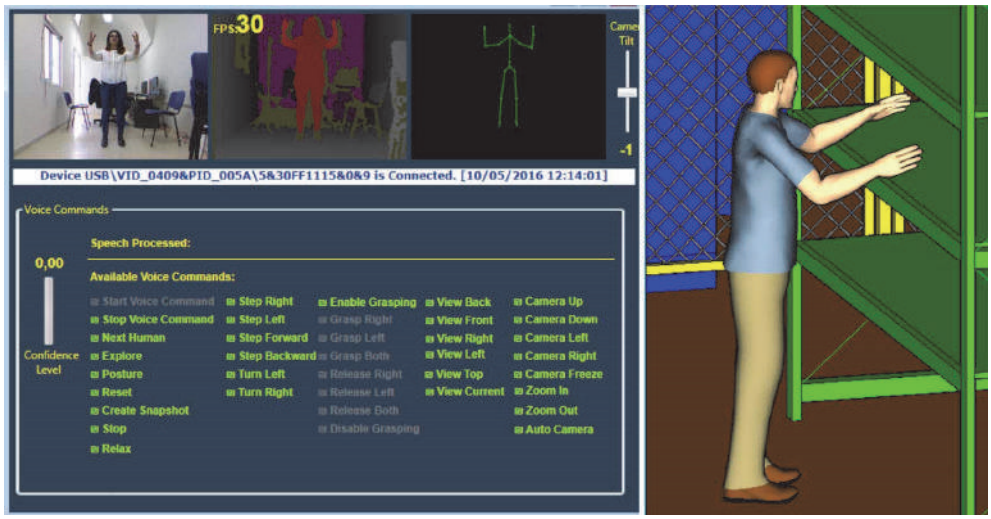


Fig.7 Interaction interface between Real and Virtual World

4. Conclusions

Within manufacturing applications, the use of virtual reality is an innovative and intuitive tool that facilitates the global design process. This new approach is validated through the continuous interaction between real and virtual. Its main ability is the easy and fast detection of ergonomic indexes and their management in order to solve expected and unexpected criticities on the production line.

Through the use of tracking systems, it was possible to bring out a number of advanced features and to improve current ergonomic standards. With the aid of such devices, the real user allows virtual dummy the quick and flexible navigation of the virtual scene; time reduction for placement in a particular work area and a more realistic setting of postures in order to perform a particular task is also allowed. At the

end, the reachability of a working point or of a tool, dynamically acquiring ergonomic measures in relation to different movements of the dummy is possible (Figure 8).

The quickness of the ergonomic analysis allows the identification of innovative methods and procedures to design general equipments which a production operator uses. The procedure for ergonomic checks will bring an increase and a radical innovation in the production process of Automotive. Through technology transfer, this procedure can be applied to different production sectors to implement the general manufacturing environment.

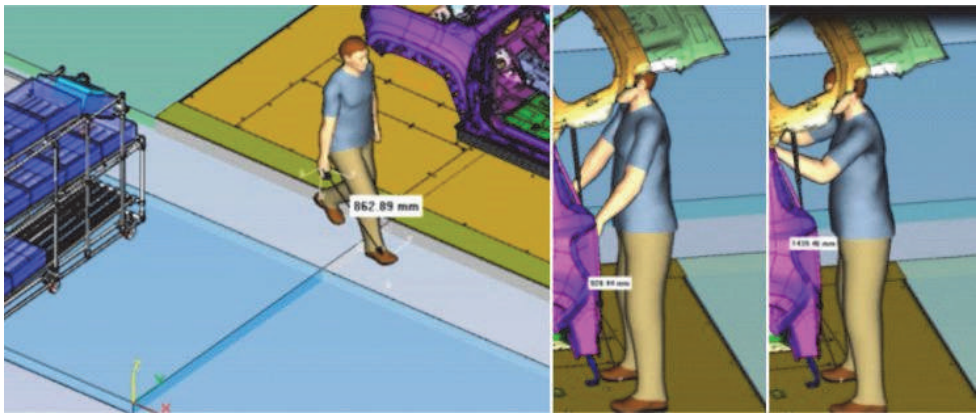


Fig. 8 Virtual dummy navigation and dynamic measurements detection with Tracking Systems

5. References

ATTAIANESE ERMINIA, DUCA GABRIELLA, (2008). *Manuale di raccomandazioni ergonomiche per le postazioni di lavoro metalmeccaniche*, Napoli: Fridericiana Editrice Universitaria.

BANDINI BUTI LUIGI, (2008). Ergonomia olistica, Milano: Franco Angeli Editore, p. 66 [loosely translated by the authors].

BARACCO ALESSANDRO, DESTEFANIS GIANCARLO, (2005). *Manuale di ergonomia industriale*, CSAO.

BARLOTTI CARMINE, *Industrial Engineering e Lean Manufacturing*, (2013). Società editrice Esculapio.

CAPUTO FRANCESCO, DI GIRONIMO GIUSEPPE, (2007). *La realtà virtuale nella progettazione industriale*, Aracne Editore.

CECCARELLI NICOLÒ, (2002). *Progettare nell'era digitale. Il nuovo rapporto tra design e modello*, Venezia: Marsilio.

COIMBRA EUCLIDES A., (2012). *Total Flow Management*, Edizione Italiana a cura di Kaizen Institute Italia.

DE FELICE FABIO, FALCONE DOMENICO, PETRILLO ANTONELLA, (2014). *World class manufacturing: origine sviluppo e strumenti*, McGraw-Hill.

EUROPEAN SCHOOLNET, DIGITALEUROPE, (2014). *Il manifesto delle competenze informatiche*, European Schoolnet Editore.

FIORINI ROBERTO, (2012). *Kaizen Office*, Edizione LWS Lean Workspace.

FUBINI ENRICA, (2012). *Ergonomia antropologica, la variabile umana nelle interazioni uomo-sistemi tecnologici*, Milano: Edizione FrancoAngeli.

GALLINA PAOLO, (2015). *L'anima delle macchine. Tecnodestino, dipendenza tecnologica e uomo virtuale,* Bari: Dedalo Editore.

LUPACCHINI ANDREA, (2008). Ergonomia e Design, Roma: Carocci Editore, p. 131 [loosely translated by the authors].

MAGONE ANNALISA, MAZALI TATIANA, (2016). *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, Guerini Associati.

MALDONADO TOMAS, (1992). Reale e Virtuale, Milano: Fertrinelli, pp.10, 69 [loosely translated by the authors].

MANTOVANI GIUSEPPE, (2002). *Ergonomia. Lavoro, sicurezza e nuove tecnologie*, Editore Il Mulino.

MORGANTI FRANCESCA, RIVA GIUSEPPE, (2006). *Conoscenza, Comunicazione e Tecnologia*, Edizioni Universitarie di Lettere Economia Diritto, p. 22 [loosely translated by the authors].

OMAR MOHAMMED A., (2011). *The Automotive Body Manufacturing Systems and Processes*, Wiley. pp. 227, 231-232 [loosely translated by the authors].

PENATI ANTONELLA, SEASSARO, (1998). ALBERTO, Progetto Processo Prodotto. Variabili di innovazione, Milano: Guerini Studio.

POGGIANI ALESSANDRA, TEDESCHI GIONATA, (2014). *La trasformazione digitale come matrice di crescita*, Technical Report, Accenture Strategy.

POLI GIANCARLO, MARTINI MARCO, PETRONIO LORENZO, (2014). *Smart Factory: La nuova Rivoluzione nel modo di produrre*, Technical Report, Accenture Strategy.

POTTI GIANNI, (2015). *Fabbrica 4.0, La rivoluzione della manifattura digitale*, Confindustria Servizi Innovativi e Tecnologico, Il sole 24 ore.

RUBMANN MICHEAL, LORENZ MARKUS, GERBERT PHILIPP, WALDNER MANUELA, JUSTUS JAN, ENGEL PASCAL, HARNISH MICHEAL, (2015). *Industry 4.0, The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*, BCG-Boston Consulting Group.

TOSI FRANCESCA, (2005). *Ergonomia progetto prodotto*, Milano: Franco Angeli.

VDMA EUROPEAN OFFICE, (2016). *Industrie 4.0: Mastering the Transition, 10 Key Recommendations for a European Framework for the Successful Digital Transition in Industry*.

VERGANTI ROBERTO, (2008). *Innovazione, design e management*. Strategie e politiche per il sistema-Piemonte, Harvard Business School.

WOMACK JAMES P., JONES DANIEL T., ROOS DANIEL, (1993). *La macchina che ha cambiato il mondo*, Milano: Biblioteca Universale Rizzoli.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3153

Design para saúde e qualidade de vida: desenvolvimento e avaliação de requisitos de projeto para fone de ouvido inclusivo

Cunha, Julia M.[a];. D. Merino, Giselle S.[b] & D. Merino, Eugenio A. [c]

[a] Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil. juliamarinac@gmail.com

[b] Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil. gisellemerino@gmail.com

[c] Universidade Federal de Santa Catarina, Brazil. eugenio.merino@ufsc.br

Resumo

Os casos de Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) entre crianças e adolescents aumentaram 30% nos últimos 30 anos, segundo Shargorodsky (2010). Algumas pesquisas (ZHAO et al, 2012. HODGETTS; RIEGER; SZARKO, 2007) indicam que esse aumento pode estar relacionado ao uso de dispositivos pessoais de áudio (Music Induced Hearing Loss (MIHL), como fones de ouvido, que associado a outros fatores, como o tempo de exposição e a intensidade sonora, elevam o risco de perda auditiva. Associado a este problema identifica-se a exclusão vivenciada por usuários de aparelho auditivo que tem dificuldades de utilizar fones de ouvido, devido à inadaptabilidade dos produtos à utilização simultânea.

Objetiva-se com esta pesquisa definir os requisitos de projeto que possibilitem a criação de um produto (fone de ouvido) que atenda também os usuários de aparelho auditivo. Para esta finalidade foram consideradas as áreas de ergonomia, usabilidade, design inclusivo para um projeto centrado no usuário que vise proteção da saúde e melhoria da qualidade de vida dos mesmos. Como forma de verificar a viabilidade dos requisitos foi desenvolvido um protótipo funcional, submetido a testes de ruído para aferir sua performance.

A pesquisa foi dividida em duas etapas, uma de cunho teórico que buscou levantar e analisar na literatura os temas relacionados e uma segunda etapa, de cunho prático, onde foram definidos os requisitos e realizado o teste com o protótipo funcional. Em relação a etapa prática, foi utilizado como referência o GODP (Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos).

A partir da definição dos requisitos foi desenvolvido um fone de ouvido que, potencialmente, limita a intensidade sonora do som reproduzido e possibilita também a utilização por usuários de aparelho auditivo. Por meio de um protótipo funcional realizou-se uma avaliação de nível de pressão sonora do fone de ouvido projetado, onde obteve-se o máximo de 73dB nas frequências entre 1300 e 1400Hz, na reprodução de ruído branco. Considerando os tons puros, o nível de pressão sonora atingiu seu maior valor na frequência 1000Hz, sendo 96,92 dBa. Estes resultados demostram que os requisitos, bem como o produto desenvolvido apresenta um desempenho adequado atendendo as exigências dos usuários.

A pesquisa possibilitou demonstrar o potencial do design quando aplicado para melhoria da saúde, bem-estar e qualidade de vida das pessoas. Salientando a importância de projetos centrados no usuário, que consideram as pessoas com suas diversas habilidades e capacidades para a geração de produtos que satisfaçam as reais necessidades dos usuários.

Palavras-chave: *Fone de ouvido, Perda auditiva, Saúde, Design, Ergonomia.*

Abstract

The number of cases of Noise Induced Hearing Loss (NIHL) among children and teenagers increased by 30% over the past 30 years, according to Shargorodsky (2010). Some researches (ZHAO et al, 2012. Hodgetts; RIEGER; SZARKO, 2007) indicate that this increase may be related to the use of personal audio devices (Music Induced Hearing Loss -MIHL), such as headphones, which together with other factors such as exposure time and sound levels, increase the risk of hearing loss. Associated with this issue, is identified the exclusion experienced by hearing aid users who have trouble using headphones due to the products inadaptability for simultaneous use.

The purpose is to achieve with this research the definition of project requirements that enable the creation of a product (headphone) that also meets the users of hearing aids. For this purpose we have considered, ergonomics, usability and inclusive design for a user-centered product aimed at hearing healthcare and improving the users quality of life. In order to check the requirements feasibility, it was developed a prototype, subjected to a sound pressure level evaluation to measure its performance.

The research was divided into two stages, a theoretical one which sought to address and analyze the literature related themes and a second stage of practical nature, where the requirements were defined and the test with the prototype was performed. Regarding the practical stage, it was guided by the GODP (Guidance for Project Development) methodology.

Based on the requirements was developed a headphone that potentially limits the sound level of the reproduced sound and also allows the use for hearing aids users. The prototype was submitted to a sound pressure level evaluation, where the maximum of 73dB at frequencies between 1300 and 1400Hz was obtained, during the reproduction of white noise. Considering the pure tones, the sound pressure level was reached in its highest value with the frequency of 1000 Hz, being 96.92 dBA. These results show that the requirements, and the product had a satisfactory performance, meeting the users demands.

The research allowed to demonstrate the design potential when applied to improve the health, well-being and people's quality of life. Highlighting the importance of user focused projects, who consider people with their diverse skills and capabilities to generate products that meet the users real needs.

Keywords: *Headphones, Hearing loss, Health, Design, Ergonomics.*

1. Introdução

A comunicação entre os seres humanos é o que impulsiona o desenvolvimento da sociedade desde os tempos antigos; a linguagem oral foi o modo mais rápido encontrado pela civilização para a troca de informações, esta envolve dois sentidos, a fala e a audição. A audição é o sentido responsável pela recepção dos sons, é o sentido que possibilita a aquisição da língua oral, fisiologicamente é a consciência da vibração interpretada como som pelo ouvido humano.

O ser humano mesmo antes do nascimento, é exposto à diversos fatores de risco que podem ocasionar a deficiência auditiva. Segundo Shield (2006), as perdas auditivas estão entre as deficiências crônicas mais comuns, atingindo uma em cada 6 pessoas.

Cerca de 15 milhões de brasileiros possui alguma deficiência auditiva. Segundo Palma (1999), a Perda Auditiva Induzida pelo Ruído também conhecida como PAIR é uma das causas mais comuns de perda auditiva sensorioneural encontrada na prática clínica.

A PAIR, segundo o Ministério da Saúde (2006) é definida como a diminuição gradual da acuidade auditiva decorrente da exposição contínua em níveis elevados de pressão sonora.

No Brasil cerca de 1 milhão de crianças e jovens de até 19 anos possuem deficiência auditiva parcial (SBO, 2014; IBGE, 2010). Segundo pesquisas, o aumento do número de casos de PAIR entre crianças e adolescentes é relacionada ao uso de fones de ouvido (ZHAO et al, 2012. HODGETTS; RIEGER; SZARKO, 2007. HAINES et al, 2011. LEVEY; LEVEY; FLIGOR, 2011). Referindo-se recentemente à nomenclatura específica, Perda Auditiva Induzida pela Música (*Music Induced Hearing Loss*- MIHL) (MORATA, 2007).

Segundo a OMS, 1,1 bilhão de jovens estão em risco de adquirir perda auditiva devido ao uso indevido de dispositivos de áudio. Esse aumento pode ser atribuído também ao crescimento da indústria de dispositivos pessoais de música (personal listening devices- PLDs) e desenvolvimento de tecnologia na área (SHARGORODSKY, 2010).

A perda auditiva induzida por música em volume elevado, segundo Vogel et al (2008), pode estar se desenvolvendo para um problema social e de saúde pública. Os níveis de som dos fones de ouvido da maioria dos dispositivos comercializados, são altos o bastante para prejudicar a audição com algumas horas de uso (KIM et al, 2009).

Diversos fatores relacionam-se diretamente à MIHL, como a intensidade sonora, o tempo de exposição e o dispositivo utilizado (Liang et al, 2012). Consequentemente, o tipo e a configuração do fone de ouvido utilizado afetam estas variáveis (HODGETTS; RIEGER; SZARKO, 2007; LIANG, 2012).

Os efeitos da exposição à sons em volume elevado são cumulativos e podem ocorrer após anos de exposição contínua, por isso a dificuldade de conscientização dos jovens para a mudança de hábitos, as consequências não são notadas imediatamente (ZHAO, 2012).

A tecnologia assistiva pode ser definida como uma esfera do conhecimento interdisciplinar que envolve produtos, recursos, metodologias, práticas e serviços que possuem como objetivo promover a funcionalidade de pessoas com deficiência ou incapacidade, oferecendo bem estar, autonomia e qualidade de vida (BRASIL, Comitê de ajudas técnicas, 2009). O design, juntamente com a ergonomia, envolve-se no projeto de tecnologias assistivas partindo da relação da pessoa com deficiência e o objeto assistivo, buscando projetar produtos que satisfaçam as necessidades e desejos do ser humano, sendo assim um Projeto Centrado no Usuário. (MAIA; NIEMEYER; FREITAS, 2010).

Inclui-se como tecnologia assistiva, os aparelhos auditivos. Inserido neste aspecto, pontua-se a incompatibilidade do uso de aparelho auditivo concomitantemente com fones de ouvido. Sendo assim, são privados do uso de fones de ouvido, usuários de aparelho auditivo.

Pontuam-se assim as problemáticas em questão:

- O uso de fones de ouvido como fator de risco para a perda auditiva.

- A impossibilidade de uso de fones de ouvido por usuários de aparelho auditivo: a privação de uso de um produto de acordo com as capacidades do usuário vai contra os preceitos de design universal e inclusivo.

Determina-se como objetivo geral da pesquisa, a definição de requisitos para o desenvolvimento de um produto que reduza os riscos à saúde do usuário, prevenindo danos ao sistema auditivo, e permita sua utilização pelo utente de aparelho auditivo. Especificamente:

- identificação das problemáticas relacionadas ao uso do fone de ouvido com a perda auditiva, por meio do levantamento bibliográfico;

- identificação da relação entre usuários de aparelho auditivo e a utilização -ou impossibilidade- de fones de ouvido;

- definição dos requisitos de projeto com foco no usuário, para o desenvolvimento de um produto que evite o dano a audição do utilizador e possa ser inclusivo para usuários de aparelho auditivo;

- realização de teste com protótipo gerado a partir dos requisitos.

2. Procedimentos Metodológicos

Considerando a caracterização geral da pesquisa, quanto a natureza pode ser configurada como teórico-aplicada, em relação ao conteúdo, pode ser classificado como artigo de análise onde os elementos são analisados em relação ao todo (MARCONI, 2003).

Referente aos objetivos, a pesquisa pode ser caracterizada como exploratória, constituindo um aprimoramento de ideias sobre o assunto em questão (GIL, 2002). De acordo com os procedimentos técnicos, caracteriza-se como pesquisa bibliográfica, (GIL, 2002).

Divide-se a pesquisa em duas etapas principais:

Etapa 1: etapa teórica onde apresenta-se a fundamentação, com relação aos métodos pode-se descrever, pesquisas nas bases de dados Science Direct, PubMed, Web of Science,

Google Acadêmico, Periódicos Capes e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações, durante o período entre 2014 e 2015, utilizando as seguintes palavras-chave e as correspondentes em inglês: audição, perda auditiva, ruído, fone de ouvido e combinações das mesmas.

Etapa 2: etapa aplicada onde tem-se o desenvolvimento por meio de análise das informações coletadas. Esta etapa é subdividida em 3 momentos, de acordo com o Guia de Orientação para o Desenvolvimento de Projetos (MERINO, 2014).

O GODP apresenta uma metodologia configurada por oito etapas que se fundamentam na coleta de informações pertinentes ao desenvolvimento da proposta, ao desenvolvimento criativo, a execução projetual, a viabilização e verificação final do produto. Estas etapas estão distribuídas em 3 momentos:

Inspiração: Identificação da oportunidade, análise da problemática e levantamento de dados. Como parte do levantamento de dados, inclui-se o uso de técnicas de observação direta extensiva, neste caso por meio de questionário composto por perguntas abertas e de múltipla escolha (MARCONI, 2003). O mesmo foi disponibilizado online onde os respondentes o fizeram de forma voluntária.

Ideação: Organização e análise dos dados, geração de alternativas de projeto. Neste momento definem-se os requisitos de projeto, estes foram determinados de acordo com os fatores de risco identificados na revisão bibliográfica e desenvolvimento, e divididos em três blocos de informação (produto, usuário e contexto) de acordo com Merino (2014).

Implementação: Especificação e materialização, verificação e testes. Durante este momento realiza-se a avaliação do nível de pressão sonora do protótipo preliminar gerado a partir dos requisitos de projeto definidos. A avaliação foi aplicada no Laboratório de Vibração e Acústica da Universidade Federal de Santa Catarina, o profissional que auxiliou na aplicação foi o doutorando Júlio Alexandre Teixeira. O equipamento utilizado foi o HMS HEAD Measurement System Head Acoustics, instrumento que simula a audição humana. Os softwares que auxiliaram no processo foram: Head Acoustics Recorder, HMS III digital, Head Artemis 10.

3. Fundamentação Teórica

3.1 Audição

A audição é uma das principais capacidades sensoriais do ser humano, é a consciência da vibração interpretada como som. O ouvido humano possui como função converter a vibração física em um impulso nervoso, que é então interpretado pelo cérebro (ALBERTI).

A grande maioria dos jovens é exposto ao risco de perda auditiva utilizando fones de ouvido, sendo que uma porcentagem significante utiliza os dispositivos de maneira inapropriada (FLIGOR, 2010). Estudos atuais comprovam que o uso abusivo de dispositivos pessoais combinado aos fones de ouvido é muito difundido e será a causa de uma epidemia da chamada perda auditiva induzida pela música (MIHL) (VOGEL et al, 2008; FLIGOR, 2010; TORRE III, 2008; FIEDLER; KRAUSE, 2010).

Os níveis de saída do som dos dispositivos portáteis de áudio são suficientemente elevados para prejudicar a audição do utilizador, no entanto dependem ainda de variáveis como tempo de exposição, volume e o próprio fone de ouvido. Segundo estudos de Portnuff, Fligor e Arehart (2011), os hábitos de grande parte dos usuários são suficientes para causar a perda auditiva, e estes não possuem consciência destas consequências, o que dificulta a mudança de hábitos.

Nos Estados Unidos, o NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) define como som prejudicial aquele que excede 85dB em um turno de trabalho de 8 horas. No Brasil a NR 15 (1978), determina limites de tolerância do nível de ruído de acordo com a máxima exposição diária (Figura 2).

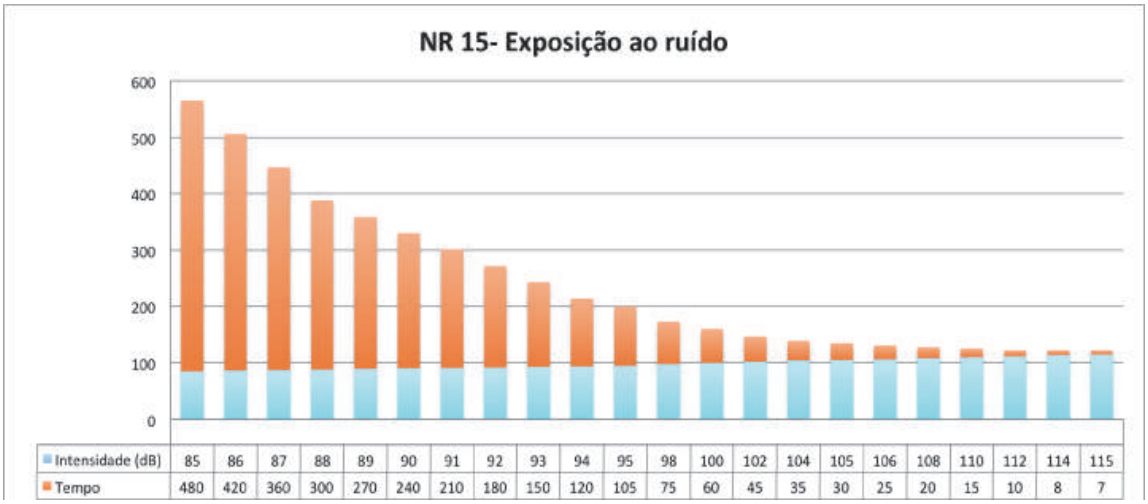


Fig. 35- Recomendações da NR 15 quanto exposição ao ruído

Em uma avaliação dos dispositivos pessoais de áudio mais populares realizada por Keith, Michaud e Chiu (2008), na configuração de volume máximo, o nível sonoro dos dispositivos atingiu uma faixa de 101 à 107 dB. Considerando os hábitos comuns entre os jovens e a NR 15, verifica-se que, neste nível, o tempo de exposição máxima deveria ser de 20 minutos à 1 hora.

O mesmo estudo afirma que o nível sonoro pode chegar a 125 dBA, considerando as variáveis do fone de ouvido e da voltagem do dispositivo. De acordo com Liang et al (2012), tanto as condições do ambiente externo quanto o fone de ouvido podem influenciar o nívelsonoro dos dispositivos.

Uma grande parcela dos usuários jovens afirma ser consciente quanto aos malefícios de seu comportamento para sua audição, e afirmam que a responsabilidade pela proteção da mesma é da indústria (DANIEL, 2007; VOGEL et al, 2008; MCNEILL et al, 2010). Salientando o potencial do design para interferir no segmento, uma vez que este ao ser inserido no projeto, pode considerar os aspectos da interação humana com o produto, compreendendo as necessidades dos usuários e buscando satisfazê-las.

3.2 O uso de fones de ouvido

Os fones de ouvido em geral são dispositivos para reprodução individualizada do som. Este possui diferenciações quanto à forma, segundo a ITU (International Telecommunication Union, 2011), dividindo-se em, circumaural, supra-auricular, auricular e intra-auricular. Conforme ilustrado na figura a seguir (Figura 3).



Fig. 3- Modelos de fones de ouvido.

Segundo Fligor e Cox (2004), a configuração de volume selecionada pelo usuário depende de diversos fatores, entre eles, o ruído do ambiente, as características do fone de ouvido utilizado e preferência do usuário quanto a razão ruído externo-intensidade sonora. Fones de ouvido que atenuam o ruído externo tendem a reduzir a configuração de volume selecionada pelo usuário (FLIGOR; COX, 2004).

Experimentos de Fligor e Ives (2006), demonstram também que o gênero é um fator influenciador, homens tendem à ouvir música em volume mais elevado que as mulheres.

Quanto à variável tempo de exposição, em uma pesquisa realizada em 2009 com 2500 sujeitos, 25% afirmaram ouvir música com fones de ouvido por cerca de 15 horas semanais. Na mesma pesquisa, 75% dos sujeitos afirmaram utilizar earbuds (auriculares ou intra-auriculares), que costumam oferecer maior risco à audição do usuário (QUINTANILLA-DIECK; ARTUNDUAGA; EAVEY, 2009).

Em geral, fones de ouvido do tipo concha (circumaural e supra-auricular) possuem cancelamento de ruído passivo devido à suas propriedades formais. Para referência, estes modelos de fone de ouvido, em sua forma básica podem ser divididos em concha; posicionada sobre a orelha, onde o som é emitido; e arco, suporte que é posicionado na parte superior da cabeça (Figura 4).

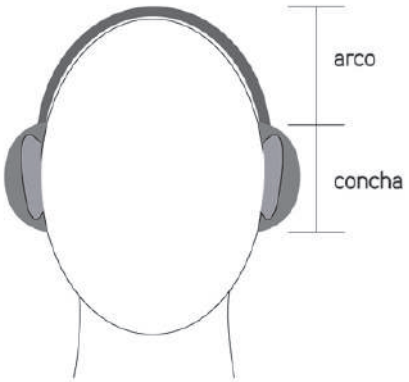


Fig. 4- Forma básica dos fones de ouvido tipo concha.

3.3 Design, ergonomia e tecnologia assistiva

O design por definição é o ato de projetar, independente da nomenclatura específica um projeto é para pessoas (DESIGN COUNCIL). Pessoas possuem diferentes habilidades, capacidades e necessidades.

A ergonomia como disciplina científica trata da interação entre o ser humano e demais elementos em um sistema (IEA, 2000). Esta, inserida na prática projetual, considera as variáveis desta relação; tais como antropometria, alcances, ambiente de interação, entre outras; buscando adequar o produto ao usuário, para que o *output* gerado dessa relação possa ser positivo.

O design, assim como a ergonomia, pode ser inserido no contexto das tecnologias assistivas atuais. A grande maioria dos produtos voltados para pessoas com deficiência no mercado atualmente, são projetados para serem camuflados durante o uso, gerando um princípio de exclusão social e colocando a deficiência como sujeito necessitado de camuflagem (PULLIN, 2009).

Esta característica de produto projetado para ser escondido pode ser exemplificada pela evolução dos aparelhos auditivos que se observa na figura 5. Além do tamanho, que diminuiu significativamente ao longo dos anos, as cores oferecidas tentam aproximar-se do tom de pele.

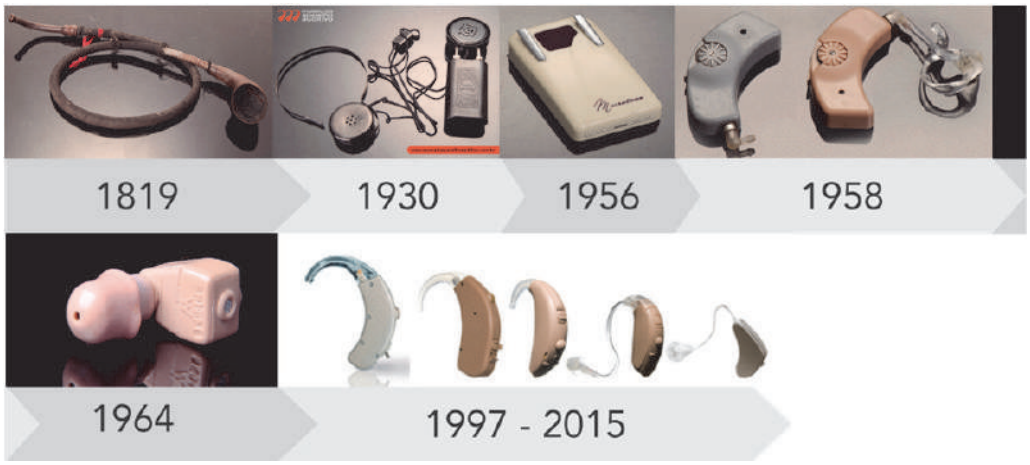


Fig. 5- Evolução dos aparelhos auditivos[72]*. Fonte: <http://museudoaparelhoauditivo.com.br/>*

Entende-se que o design e a ergonomia possuem potencial para o projeto de tecnologias assistivas que considerem, em primeiro lugar, o ser humano para o qual se está projetando, buscando como resultado produtos que promovam melhoria na saúde e bem-estar, consequentemente favorecendo a qualidade de vida dos usuários.

O design inclusivo, segundo Pereira (2009), dentro da prática projetual é o desenvolvimento de algo que possa ser utilizado por todos, a pensar num público específico com deficiências ou mobilidades reduzidas.

Partindo deste princípio, segundo o mesmo autor, o design inclusivo deve ser um imperativo social, uma necessidade de todos os cidadãos e um contributo para a igualdade de direitos. Imrie e Hall (2001) reforçam ainda a ideia de que ao design inclusivo pode também ser atribuída a responsabilidade de

[72] Para fins de exemplificação, os modelos apresentados são aparelhos auditivos retroauriculares

promover o desenvolvimento de sociedades mais tolerantes, cooperantes e equilibradas, respeitadoras do conceito dos direitos humanos.

A privação de qualquer pessoa de um hábito, ou uso de qualquer produto devido à uma deficiência afeta diretamente sua relação com a sociedade. Quando refere-se às crianças a exclusão pode afetar diretamente seu desenvolvimento. Como ressaltam Rui e Steffani, a respeito da relação da musica com o desenvolvimento infantil:

> "A música faz parte do dia a dia de todas as pessoas desde a mais tenra idade. È aliada importante especialmente na educação infantil, pois através da vivência musical procura-se desenvolver habilidades diversas nas crianças e, ao mesmo tempo, promover a sociabilidade no grupo" (RUI; STEFFANI)

A adequação do fone de ouvido dimensionado para possibilitar o uso com o aparelho auditivo, promove a inclusão e reflete diretamente no bem estar dos usuários, independentemente da deficiência.

Importante pontuar que, considera-se o modelo de aparelho auditivo com as maiores dimensões, para que assim, ao adequar o fone de ouvido ao mesmo, os demais modelos sejam atendidos. Sendo este o modelo BTE ou retroauricular.

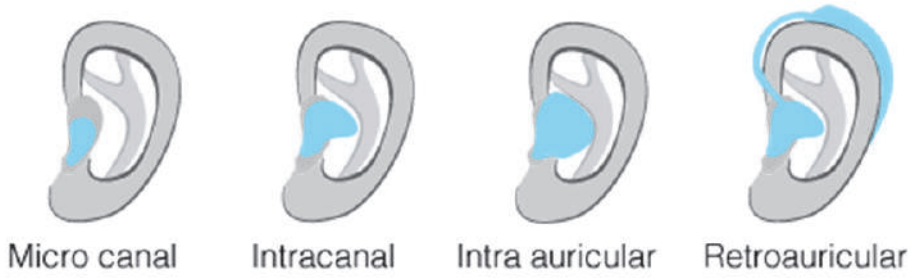
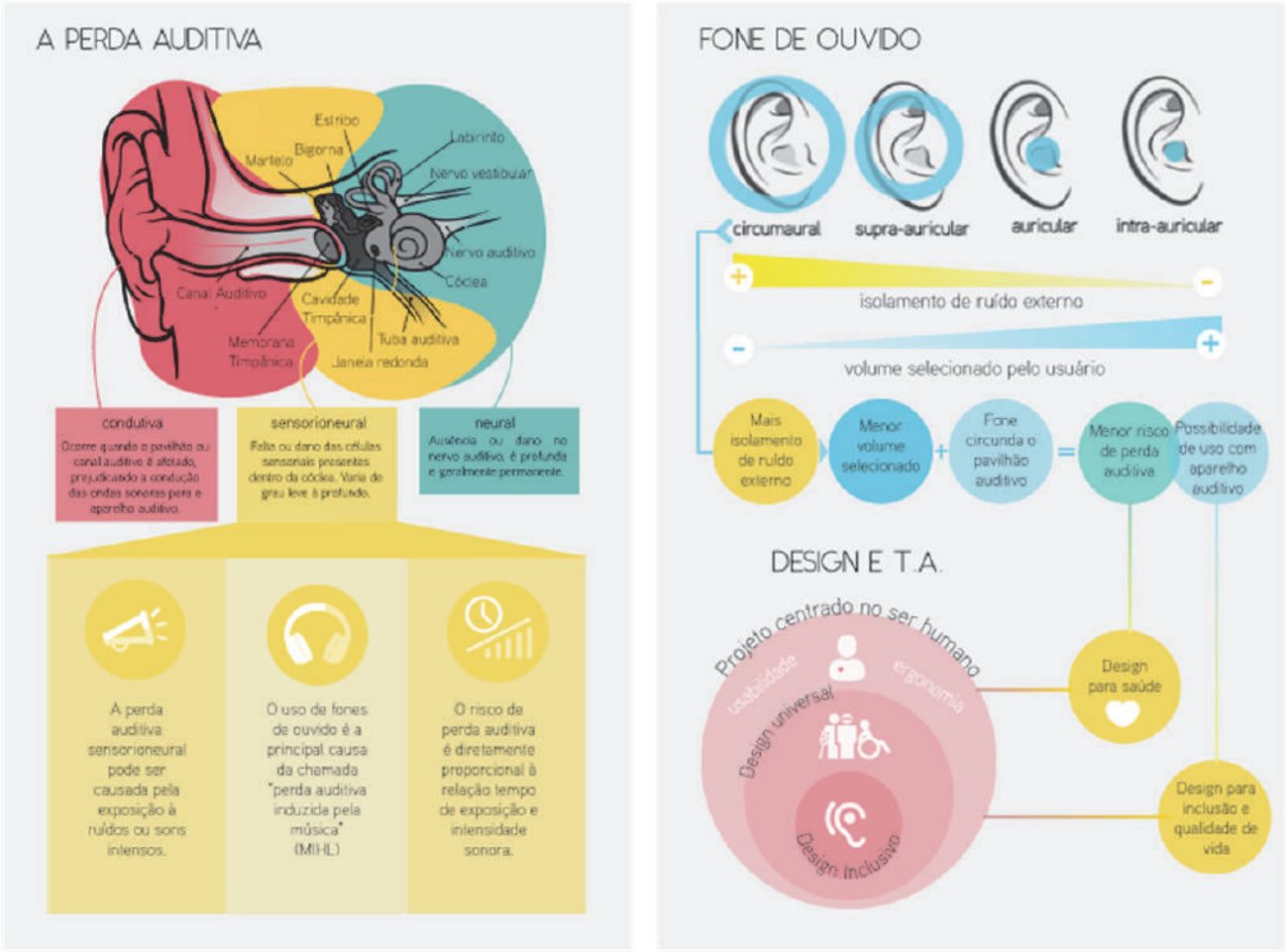


Fig. 6- Ilustração dos quatro principais modelos de aparelho auditivo

3.5 Síntese da Fundamentação Teórica

Apresenta-se na imagem a seguir, em formato de infográfico, a síntese da fundamentação teórica (Figura 7).

Fig. 7- Infográfico de síntese da fundamentação teórica



4. Pesquisa Aplicada

4.1 Inspiração

A oportunidade de projeto surgiu da observação da dificuldade de usuários de aparelho auditivo possuem em usar fones de ouvido. Observou-se que para utilizar fones auriculares ou intra-auriculares é necessário retirar o aparelho auditivo o que pode acabar prejudicando ainda mais a audição do usuário, uma vez que sem o aparelho auditivo a configuração de volume selecionada pelo usuário tende a ser ainda mais elevada, por outro lado, fones circumaurais ou supra-auriculares podem causar desconforto por não possuírem dimensões compatíveis para uso simultâneo com o aparelho.

Concomitantemente, constatou-se que o fone de ouvido pode causar perda auditiva quando combinados alguns fatores de risco, assim como apresentado na fundamentação teórica.

O design atua nos dois argumentos, buscando como resultado um produto voltado para a inclusão dos usuários de aparelho auditivo e a proteção da audição de usuários de fone de ouvido.

Assim durante a etapa de inspiração, buscam-se informações sobre o ser humano para o qual se está projetando, por meio de pesquisa de campo e síntese das informações coletadas.

4.1.1 Pesquisa de Campo

Para identificar os usuários e consequentemente, características do fone de ouvido a serem melhoradas, realizou-se uma observação direta extensiva, por meio de questionário.

Direcionaram-se as perguntas do questionário para os hábitos dos usuários ao ouvir música utilizando fones, sua consciência com relação à perda auditiva, com perguntas abertas e fechadas de múltipla escolha. Também questões que definem o perfil do usuário. Em um primeiro momento o questionário é direcionado a relação entre produto, usuário e contexto, apresentadas sob a forma de gráficos nas imagens a seguir (Figuras 8 e 9).

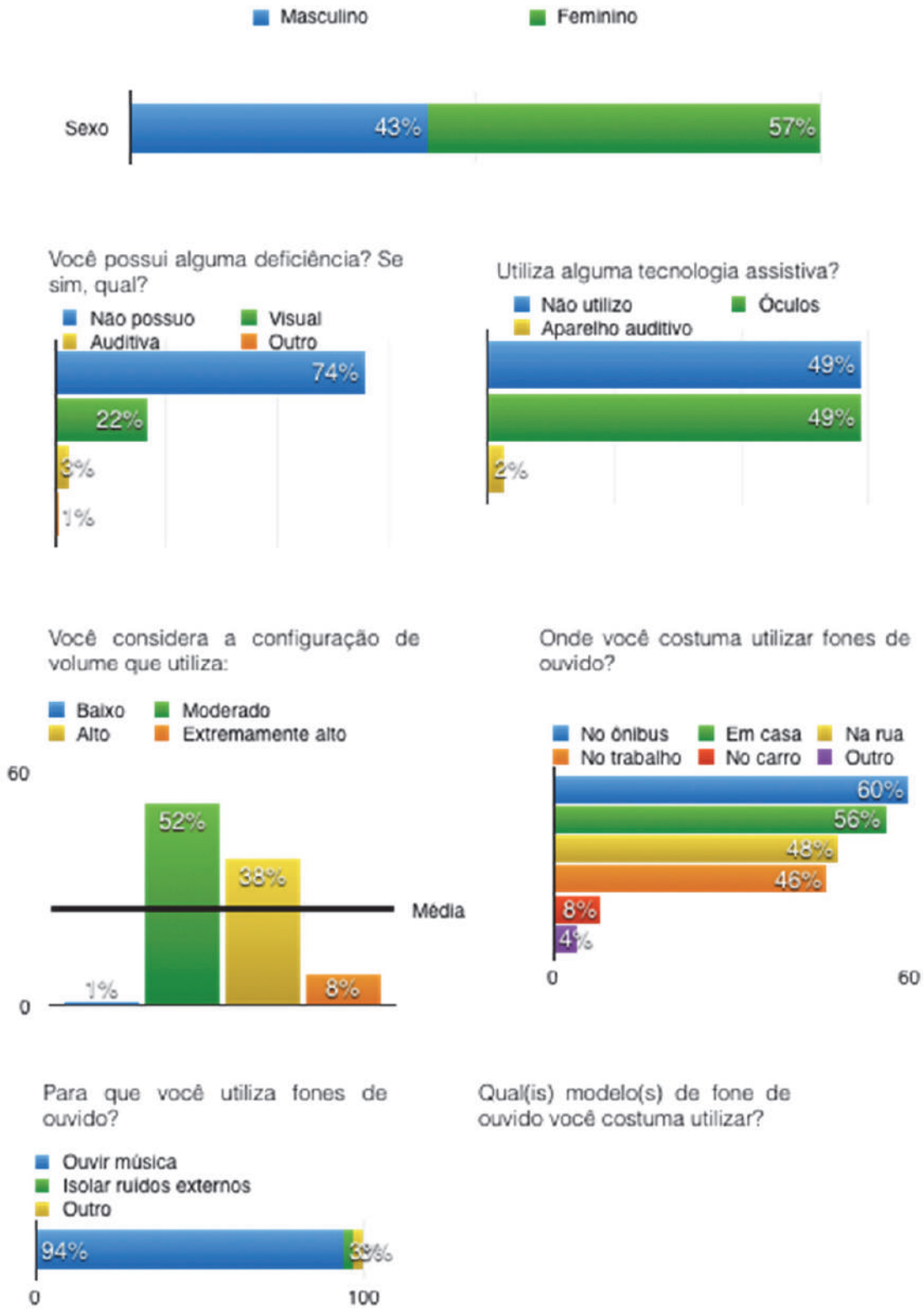


Fig. 8- Gráficos resultantes dos questionários aplicados

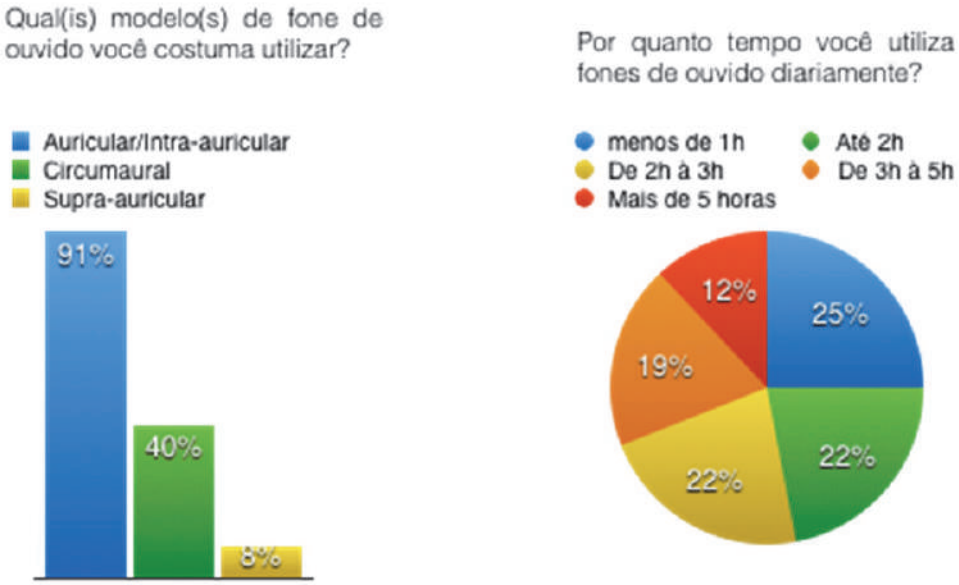


Fig. 9- Gráficos resultantes dos questionários aplicados

Em um segundo momento, as questões abertas são relacionadas aos hábitos dos usuários.

Quando perguntados sobre qualquer conhecimento ou preocupação relacionada ao risco do uso de fones de ouvido para audição, cerca de 80% dos respondentes afirmam possuir consciência quanto ao risco do uso de fone de ouvido para a audição, destes, 21% afirmam que não tem cuidado nenhum e não possuir pretensão de mudar os hábitos ainda que possa ter sua audição prejudicada.

Além das características citadas relacionadas ao som, 37% salientaram o desconforto ou dor devido ao contato do fone com a orelha, e 38% citaram o incômodo quanto ao fato dos fios ficarem “enosados”. Os respondentes citaram também a impossibilidade ou desconforto de uso simultâneo com os óculos, sendo que 49% dos respondentes os utilizavam.

Com base nas informações levantadas na etapa de inspiração foi possível determinar o modelo do fone de ouvido a ser projetado, sendo este o circumaural, que circunda o pavilhão auditivo, em razão das características pontuadas:

-cancelamento de ruído passivo;

-tendência do usuário de selecionar uma configuração de volume menor, se comparado aos demais modelos;

-possibilidade de adaptação ao uso simultâneo com aparelho auditivo

4.2 Ideação

Na etapa de ideação, as informações coletadas foram analisadas para a geração dos requisitos de projeto e consequentemente a geração de alternativas.

Assim, destaca-se a escala de influência das variáveis de risco pontuadas durante o levantamento de dados, na figura a seguir (Figura 10).

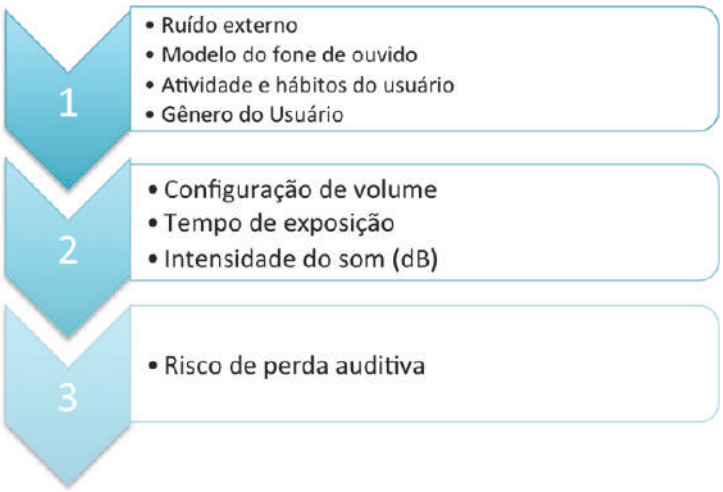


Fig. 10- Influência das variáveis no risco de perda auditiva.

Também com base nas informações apresentadas, analisa-se o perfil do usuário extremo apresentado na Figura 11, este representa o usuário que tem a sua audição exposta à um risco extremamente alto, devido aos seus hábitos e características, considerando também os usuários de aparelho auditivo.

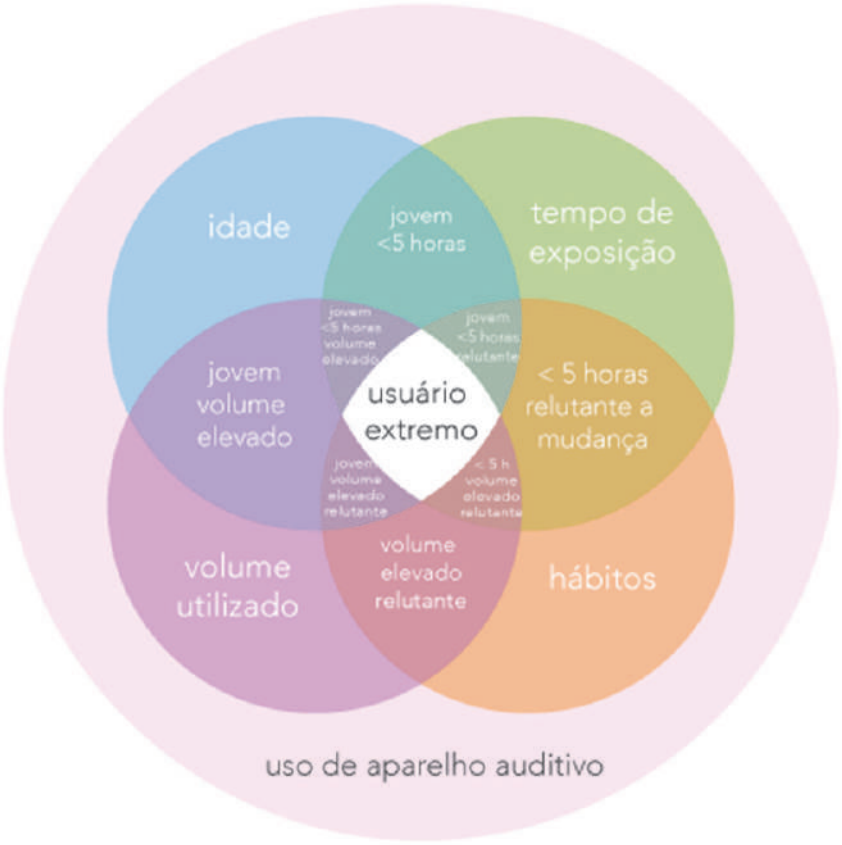


Fig. 11- Representação de intersecção de conjuntos referente às variáveis de risco

Quanto às características e hábitos do usuário extremo justificam-se:

- O tempo elevado de exposição aumenta o risco de perda auditiva;

-O usuário que não tem pretensão de mudar os hábitos depende de influências ou controles externos para proteger sua audição;

-A configuração de volume selecionada afeta diretamente o risco de perda auditiva;

-Jovens tendem a utilizar fones de ouvido com maior frequência;

4.2.1Requisitos

Constata-se que, um produto que previna ou diminua o risco da perda auditiva independente dos hábitos dos usuários, é mais eficaz do que a conscientização dos riscos, uma vez que ainda consciente o usuário demonstra relutância quando a mudança de comportamento. Reforçando o princípio ergonômico de adaptar o produto ao usuário.

Um produto centrado no usuário deve considerar as possíveis condições de uso, relacionadas às capacidades do usuário e sua interação com o produto, assim como o contexto em que está inserido (Tabela 1).

Tabela 1- Requisitos de projeto segmentados nos blocos de informação

PRODUTO	USUÁRIO	CONTEXTO
Limitar a intensidade sonora: <85 dB	Proteger a audição independente das configurações escolhidas.	Cancelamento do ruído externo passivo (baixo custo)
Isolamento acústico: Interno->externo Externo->interno	Arco regulável: (percentil 5 mulher- 95 homem): comprimento do arco 300-371mm	Borracha do arco antiderrapante para atividades com movimento
Formato interior da concha: côncavo	Permitir uso simultâneo com aparelho auditivo: Dimensões internas da concha: 60x70mm Dimensões externas: 70x80mm	Ventilação nas partes de contato devido à transpiração.
Estrutura dobrável, para ocupar menos espaço quando guardado.	Uso simples e intuitivo eliminando estruturas desnecessárias	
Suporte para enrolar os fios, Evitando nós.	Confortável: Arco e concha almofadados nos contatos com o usuário.	
Baixo custo: Estrutura simplificada, Mínima variedade de materiais	Acomodar óculos (permitir uso simultâneo.	

4.2.2 Geração de alternativas

Considerando o objetivo de desenvolvimento de um produto que reduza os riscos à saúde do usuário, prevenindo danos ao sistema auditivo, o produto se sustenta na conversão dos modelos intra-auriculares\ auriculares para o circumaural, permitindo ao usuário utilizar simultaneamente ao aparelho auditivo, devido as dimensões da concha, além de limitar a intensidade sonora do som e consequentemente interferindo diretamente na diminuição do risco de perda auditiva durante a utilização do fone (Figura 12 e 13).

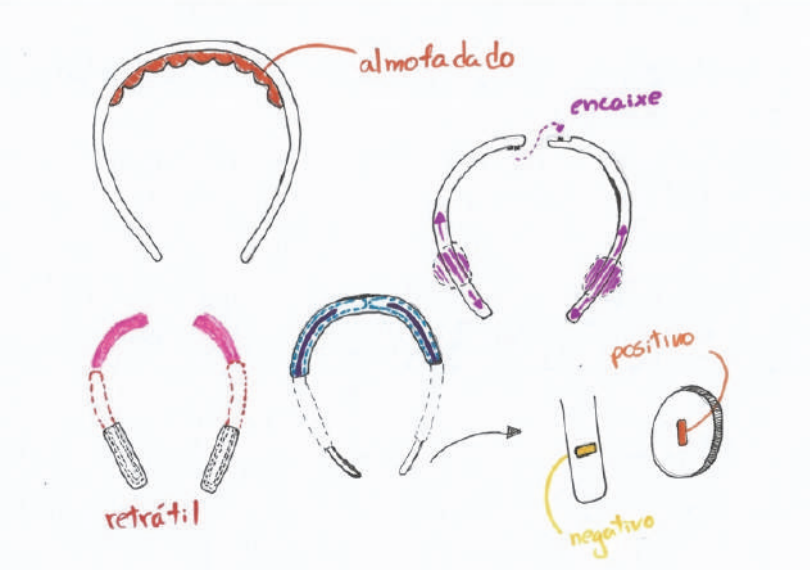
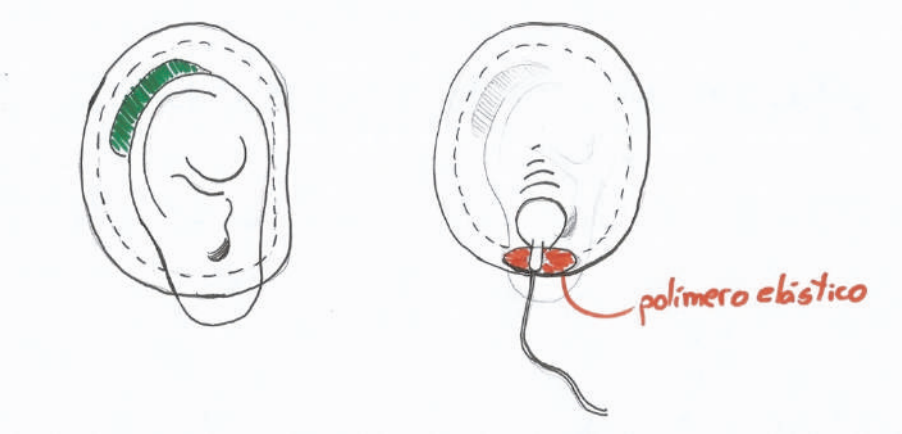


Fig. 12- Esboços de alternativas para o arco e concha



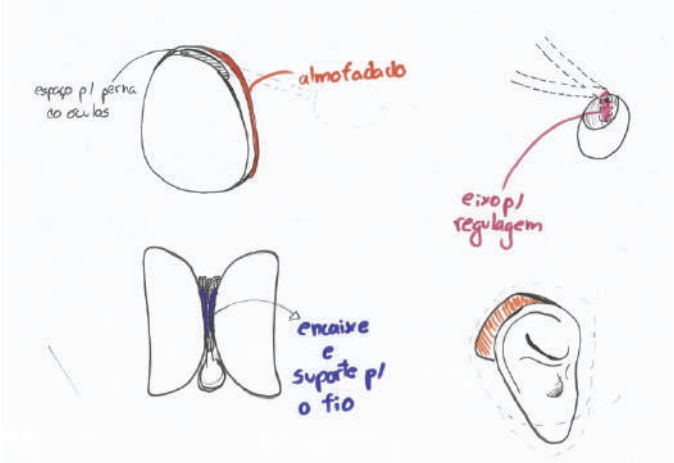


Fig. 13- Desenho esquemático do funcionamento

Assim, apresenta-se na figura seguir o modelo 3D da alternativa final selecionada com base nos requisitos de projeto definidos (Figura 14).



Fig. 14- Modelo 3D da alternativa final

4.3 Implementação

4.3.1 Protótipo

Para a realização da simulação com o fone de ouvido projetado a partir dos requisitos anteriormente apresentados, gerou-se um protótipo preliminar da concha, para o mesmo utilizou-se do dimensionamento definido.



Fig. 15- Protótipo da alternativa final

4.3.2 Avaliação do nível de pressão sonora

Como parte do processo, realizou-se um teste piloto onde foi avaliada a intensidade máxima do som atingida em dB com o fone de ouvido projetado a partir dos requisitos definidos. Esta tem como objetivo certificar a não agressão à saúde auditiva do usuário do dispositivo.

A avaliação foi aplicada no Laboratório de Vibração e Acústica da Universidade Federal de Santa Catarina, o profissional que auxiliou na aplicação foi o doutorando Júlio Alexandre Teixeira.

Os procedimentos do teste foram:

- Fixação do Amplificador para fones intra-auriculares no equipamento HMS HEAD Measurement System Head Acoustics;

- Reprodução de tons puros em 8 frequências distintas (100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10000, 12000Hz);

- Reprodução de ruído branco[73] ;

- Gravação dos sons captados pela Head Acoustics;

- Medição em dB do som captado com o software HMS III digital;

- Avaliação dos resultados com o software Head Artemis 10.

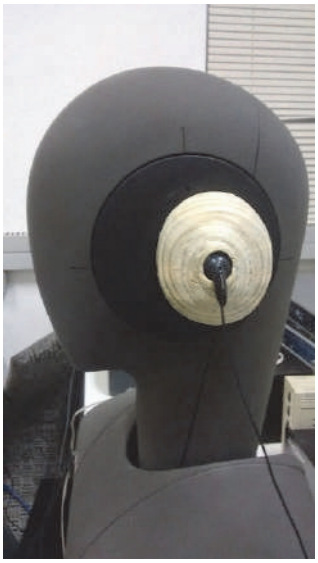


Fig. 16- Avaliação do nível de pressão sonora

Nos tons puros os resultados alcançados apresentam-se na tabela a seguir (Tabela 2).

Tabela 2- Níveis de pressão sonora atingidos

Sinal	dB	dBA
100	79,92	64,55
200	91,27	80,65
500	93,41	90,16
1000	96,92	96,92
2000	86,3	87,54
5000	92,23	93,11
10000	93,88	92,14
12000	92,33	89,1

[73] Combinação simultânea de sons de todas as frequências.

Neste estudo utiliza-se o dB SPL (decibel nível de pressão sonora), e dBa, a intensidade do som filtrada, sendo esta relativa às diferentes frequências. Considera-se nesse estudo o dBa, pois adequa-se melhor ao objetivo proposto. Este definido por Fernandes (2002):

> "É a quantidades em dB medida com o medidor de nível sonoro com a incorporação de um filtro de freqüências. A curva A [dB(A)] é muito próxima da resposta subjetiva, sendo usada em medições de níveis de ruído e perda de audição induzida por ruído. " (FERNANDES, 2002)

Os resultados da reprodução de ruído branco foram convertidos graficamente, considerando o nível de pressão sonora em dB em função da frequência em Hz.

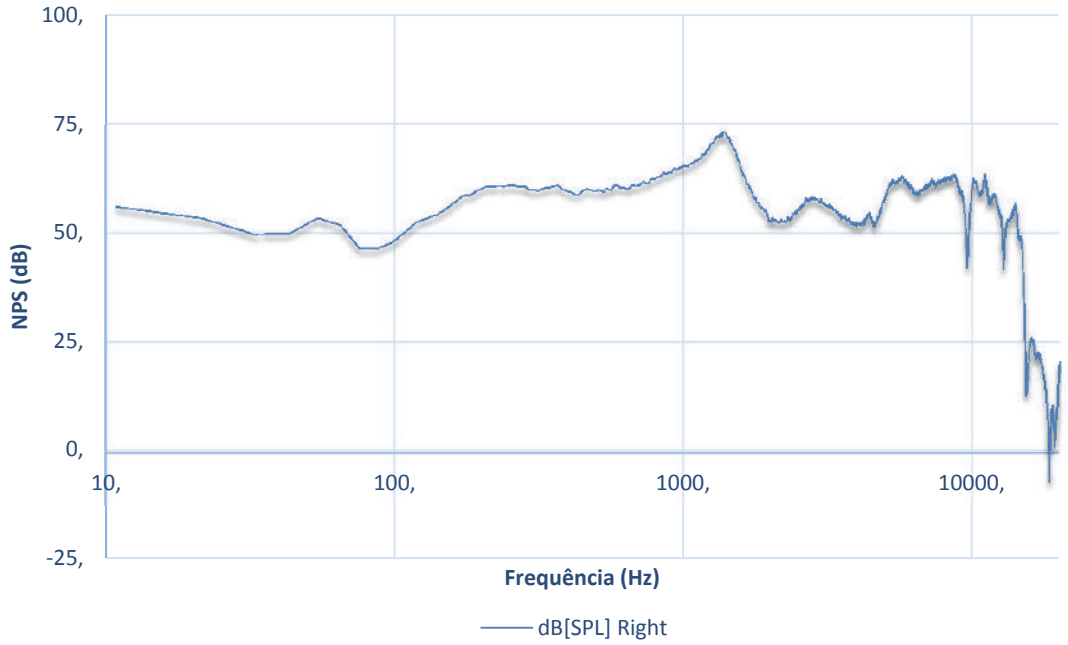


Fig. 17- Gráfico do nível de pressão sonora em dB em função da frequência em Hz.

Observa-se que entre as frequências de 1300Hz-1400Hz ocorre o máximo nível de pressão sonora, 73dB. Considerando que as músicas em geral não ultrapassam os 5000Hz.

Considerando os tons puros, o nível de pressão sonora atingiu seu maior valor na frequência 1000Hz, sendo 96,92 dBa. Nessa intensidade o tempo de exposição recomendado é de 1 hora e 45 minutos.

Considerando o ruído branco, os resultados foram considerados satisfatórios, umas vez que 73dB está abaixo do limite recomendado pela literatura, a proteção auditiva é recomendada apenas acima de 85dB. Ressaltando que seria desejável um valor menor na avaliação com tons puros, no entanto, ainda considerando o valor atingido de 96,92 dBa, este é menor que os fones de ouvido atualmente no mercado.

Assim, sinteticamente apresenta-se na imagem a seguir as principais características estruturais do produto resultante.



Fig. 18- Características estruturais do produto final

5. Conclusões

O resultado da avaliação do nível de pressão sonora permitiu verificar a viabilidade da pesquisa e a emprego dos requisitos gerados por meio da aplicação do design voltado à saúde auditiva. Destaca-se a problemática encontrada a partir do levantamento, sendo os hábitos dos usuários um fator de extrema relevância para a prevenção da perda auditiva causada pelo uso de fones de ouvido. Acrescendo à importância de um produto que independa dos hábitos, características e capacidades dos usuários para o funcionamento eficaz.

A pesquisa apresenta o potencial da interferência do design para a saúde, podendo contribuir com o bem-estar e a qualidade de vida dos indivíduos. Considerando os benefícios da prevenção da perda auditiva, se eficaz pode evitar o uso de tecnologias assistivas, além de reduzir significativamente os custos.

O desenvolvimento de projetos centrados no usuário permite obter como resultados produtos voltados à atender as reais necessidades das pessoas considerando suas individualidades, capacidades e habilidades e permitindo a inclusão, especificamente neste estudo, de deficientes auditivos caracterizando-se como uma oportunidade para aplicação do design com o objetivo de integração dos indivíduos independentemente de suas restrições. O emprego adequado da ergonomia como ferramenta projetual contribui profundamente para a compreensão da maior parcela de potenciais usuários de um produto. O desenvolvimento de pesquisas voltadas a este intento é de extrema importância para o bem-estar dos usuários na relação com os produtos.

Os requisitos gerados podem nortear o desenvolvimento de produtos que tenham como objetivo a prevenção da perda auditiva induzida pela música e possibilitar a utilização de fones de ouvido por

usuários de aparelho auditivo. Considerando todos os aspectos mencionados e destacando a necessidade de posicionar o usuário como centro do projeto.

Como próximas etapas da pesquisa podem ser pontuados:

- Aprimoramento do protótipo com base nos requisitos gerados;

- Nova avaliação de nível de pressão sonora;

- Avaliação da adequação do fone de ouvido aos usuários de aparelho auditivo.

Finalmente, é possível concluir que existem oportunidades para o desenvolvimento e aprimoramento de produtos com base nesta pesquisa e resultados, buscando a proteção da audição dos usuários de fone de ouvido.

6. Referências

ALBERTI, P. W. (2015) "The anatomy and physiology of the ear and hearing". In: GOELZER, Berenice; HANSEN, Colin H.; SEHRNDT, Gustav A. (Ed.). *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control*. World Health Organization, ano desconhecido. Cap. 2. p. 53-62.

BRASIL. SUBSECRETARIA NACIONAL DE PROMOÇÃO DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA. (2009) Comitê de Ajudas Técnicas. Tecnologia Assistiva. – Brasília: CORDE.

DESIGN COUNCIL. *What is design*. Disponível em: <http://www.mech.hku.hk/bse/interdisciplinary/what_is_design.pdf> Acesso em 03 de Janeiro de

FERNANDES, J. C. (2002) "Capítulo 6". In: FERNANDES, João Candido. *Bio-engenharia Aplicada aos Distúrbios da Comunicação Humana*: Apostila desenvolvida para a disciplina. Bauru: Curso de Pós-graduação em Fonoaudiologia,. p. 10. UNESP Bauru.

FIEDLER, D. & KRAUSE, R. (2010) "Deafness, Hearing Loss and the Auditory System". *Nova Science Publishers*, Inc.,. 411 pp.

FLIGOR, B. J. &; COX, L. C. (2004). "Output Levels of Commercially Available Portable Compact Disc Players and the Potential Risk to Hearing." *Ear & Hearing*, 25 (6), p. 513-527.

FLIGOR, B. J & IVES, T. E. (2006) "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-induced Hearing Loss? Etymotic Research Inc. In: *NIHL in Children Meeting, Cincinnati,* OH. 2 p.

FLIGOR, B. (2010) "Recreational noise". In: CHASIN, Marshall. *Hearing Loss and Noise*. Arizona: Auricle Ink Publishing,

GIL, A. C. (2002) *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas.

HAINES, N. C. et al. (2011) "Listening levels of teenage iPod users: does measurement approach matter?" *Audilogy Research*, 2 (6), p. 25-29.

HODGETTS, W. E; RIEGER, J. M; SZARKO, R. A. (2007) "The Effects of Listening Environment and Earphone Style on Preferred Listening Levels of Normal Hearing Adults Using an MP3 Player". *Ear & Hearing*, 28 (3), p. 290-297.

IBGE. (2010) *Censo Demográfico*: Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência. Rio de Janeiro: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. 215 p.

IEA- (2000) International Ergonomics Association. "Definição Internacional de Ergonomia." San Diego, USA

IMRIE, R & HALL, P. (2001) "An Exploration of Disability and the Development Process." *Urban Studies*, v. 38, n. 2, p.333-350.

ITU (2011) International Telecommunication Union. “Series P: Terminals and Subjective and Objective Assesment Methods. Objective Measuring Apparatus: Artifical Ears”. Telecommunication Standardization Sector Of Itu.

ISO (2014) International Organization for Standardization. Disponível em: <http://www.iso.org> . Acesso em: 22 out.

KEITH, S. E., MICHAUD, D. S., & CHIU, V. (2008). “Evaluating the maximum playback sound levels from portable digital audio devices,” *J. Acoust. Soc. Am*. 123, 4227–4237.

KIM, Myung Gu et al. (2009) “Hearing Threshold of Korean Adolescents Associated with the Use of Personal Music Players”. *Yonsei Medical Journal*, 50 (6), p. 771-776, Dez.

LEVEY, S.; LEVEY, T. & FLIGOR, B. J. (2011) “Noise Exposure Estimates of Urban MP3 Player Users.” *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 54, p. 263-277, Fev.

LIANG, M et al. (2012) “Characteristics of noise-canceling headphones to reduce the hearing hazard for MP3 users”. *Acoustical Society of America*, 131 (6), p. 4526-4536, Jun..

MAIA, F.; NIEMEYER, L. & FREITAS, S. (2010) “A relação entre indivíduos com deficiência, suas emoções e o design de objetos de Tecnologia Assistiva”. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN*, 9., 2010, São Paulo. Anais. São Paulo: Blücher e Universidade Anhembi Morumbi. p. 1865.

MARCONI, M. de A. & LAKATOS, E. M. (2003) *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo : Atla.

MCNEILL, K. et al. (2010) “MP3 player listening habits of 17 to 23 year old university students”. *Journal Of Acoustics Society Of America*, 128, (2), p.646-653, ago.

MERINO, G. S. A. D. (2014) *Metodologia para a Prática Projetual do Design: com base no Projeto Centrado no Usuário e com ênfase no Design Universal*. 212 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Ministério da Saúde. (2014) *Perda Auditiva Induzida por Ruído (Pair): Saúde doTrabalhador Protocolos de Complexidade Diferenciada.* Brasília, 2006, disponível em <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/protocolo_perda_auditiva.pdf> Acesso em 25 out.

Ministério do Trabalho e do Emprego. (1978) NR 15: Atividades e Operações Insalubres-Anexo 1. São Paulo:.

MORATA, T.C. (2007) Young people: Their noise and music exposures and the risk of hearing loss. *Int J Audiol* : 46: 111–12.”

PALMA, D C. (1999) *Quando o ruído atinge a audição*. Porto Alegre.

PEREIRA, M L Duarte. Design Inclusivo(2009) *Um Estudo de Caso: Tocar para Ver – Brinquedos para Crianças Cega e de Baixa Visão*. 211 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Design e Marketing, Universidade do Minho.

PORTNUFF, C D.f; FLIGOR, B J & AREHART, K H. (2011)“Teenage Use of Portable Listening Devices: A Hazard to Hearing?” *Journal Of The American Academy Of Audiology*, 22, (10), p.663-677.

PULLIN, Graham. *Design meets disability*. MIT Press, 2009.

QUINTANILLA-DIECK, M de L; ARTUNDUAGA, M A & EAVEY, R D. (2009)“Intentional Exposure to Loud Music: The Second MTV.com Survey Reveals an Opportunity to Educate.” *Journal of Pediatrics*, 155 (4), p. 550-555, Out..

RUI, L R. & STEFFANI, M. H.. “Física: Som e audição humana”. *Departamento de Física*- IF-UFRGS e Planetário/PROREXT- UFRGS, Rio Grande do Sul.

SHARGORODSKY, J et al. (2010) “Change in Prevalence of Hearing Loss in US Adolescents.” *JAMA*, 304, (7), p.772-778, ago.

SHIELD, B. (2006) “Evaluation of the Social and Economic Costs of Hearing Impairment”. Hear-it Aisbl..

Sociedade Brasileira de Otologia (2014) SBO. Disponível em: <http://www.sbotologia.com.br/>. Acesso em: 25 ago.

TORRE III, P. (2008) "Young Adults' Use and Output Level Settings of Personal Music Systems". *Ear and Hearing*, 29, p.791-799.

VOGEL, I. et al. (2008) "MP3 Players and Hearing Loss: Adolescents' Perceptions of Loud Music and Hearing Conservation." *The Journal Of Pediatrics*, 152, (3), p.400-404, mar.

ZHAO, F. et al. (2012) "Music exposure and hearing health education: A review of knowledge, attitude, and behaviour in adolescents and young adults." *Health Educational Journal*, 71 (6), p. 709-724.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3767

Aplicación de un modelo sistémico para el diseño conceptual de un asistente abdominointestinal.

Esnal-Angulo, Iñaki[a] & Hernandis-Ortuño, Bernabé[b].

[a] PhD candidate, Universitat Politècnica de València, Spain. iaesan@doctor.upv.es.

[b] PhD Full Professor, Universitat Politècnica de València, Spain. bhernand@upv.es.

Resumen

El artículo describe una investigación mediante la aplicación de un modelo sistémico orientado al diseño conceptual de un producto, que actúa como asistente abdominointestinal, permitiendo reducir el estreñimiento crónico funcional en las personas, debido a la adopción de la postura de cuclillas en su uso, así como a la realización de ejercicios específicos de tonificación. La metodología de la investigación consistió en la construcción de un escenario de simulación estática mediante la implementación de un modelo de formulación por objetivos (Hernandis, 2003) en el que los parámetros y variables del sistema actúan como atributos y/o variables de diseño. El proceso de identificación de dichas variables se llevó a cabo mediante investigación exploratoria y el análisis descriptivo y cualitativo basado en las diversas fuentes documentales. Los trabajos de S. Raad (1994) sobre la variación del ángulo del músculo puborrectal (encargado de la continencia) en diferentes configuraciones posturales del paciente y el ensayo de usabilidad de I. Esnal y C. Serrano (2013) sobre el nivel de satisfacción del usuario en función de la postura adoptada, sirvieron para establecer algunos de los objetivos más relevantes de la investigación. Tras la identificación y definición de las variables, éstas fueron clasificadas en tres subsistemas fundamentales: subsistema funcional, subsistema ergonómico y subsistema formal. Posteriormente, se generaron los volúmenes de uso, las superficies de uso y los límites de contorno de estas variables mediante su geometrización. Con la superposición de estas geometrías se creó un espacio volumétrico de diseño en el que se representa el sistema en estudio, aportando tangibilidad en forma de concepto de producto. Como resultado de la investigación se obtuvo un marco teórico y el espacio geométrico de diseño único donde crear un concepto de producto capaz de satisfacer los objetivos impuestos por el sistema y por lo tanto, cumplir con los requerimientos de diseño.

Palabras clave: *Modelo sistémico, diseño, dispositivo, asistente, estreñimiento.*

Abstract

This paper describes a research by the application of a systemic model oriented to the design of a product. This device works as abdominointestinal assistant allowing reduce chronic functional constipation in people due to the adoption of the squatting posture and specific toning exercises in its use. Research methodology consisted of the construction of a static simulation scenario by implementing a goal-directed model (Hernandis, 2003) in which system parameters and variables act as attributes/design variables. The identification of these variables was carried out by using exploratory research and qualitative analysisbased on of the various documentary sources. The works of S. Raad (1994) on the variation of the angle of puborectal muscle (responsible for continence) in different postural configurations of the patients and the usability test of I. Esnal and C. Serrano (2013) on the level of user satisfaction depending on the posture adopted, served to establish the main aims of the research. After identification and definition, the variables were classified into three main subsystems: functional subsystem, ergonomic subsystem and formal subsystem. Subsequently, volumes of use, surfaces of use and boundaries were established by their geometries. By the superposition of these geometries it was created a space of design in which we can represent the system under study. This provides tangibility to the system in the form of product concept. Another result we found is the theoretical framework of design. It provides an unique three-dimensional geometric space of design in which we can generate product concepts satisfying the aims set by the system and therefore, the design requirements.

Keywords: *Systemic model, product design, constipation, squatting.*

1. Introducción

El estreñimiento (o constipación) es un problema que afecta a millones de personas en todo el mundo especialmente en países occidentales. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2010) el 12% de la población mundial padece esta afección y en España, según la Asociación Española de Gastroenterología (AEG, 2013) el número asciende a más de 6 millones de personas.

Sólo en EEUU, en función de la definición empleada[74] se da entre el 2% y el 27% de la población (Lembo, A. & Camilleri, M., 2003), lo que conlleva más de 2,5 millones de visitas al especialista y 92 mil hospitalizaciones. Los costes totales que esto acarrea se estiman en 6,9 mil millones de dólares anuales, de los cuales 725 millones se destinan a los productos laxantes. Por otro lado, en Reino Unido en 2006 los médicos generales emitieron más de 13 millones de recetas para fármacos destinados a paliar esta afección. (OMGE, 2010).

Pese a todo esto, el estreñimiento habitualmente puede ser manejado a nivel de atención primaria con control costo-efectivo de los síntomas. Si bien esta afección no amenaza la vida ni debilita al individuo y en la mayoría de casos sólo produce molestia, en algunas ocasiones puede acarrear consecuencias de

[74] Criterios Roma III. (Zolezzi, A., 2007)

mayor gravedad derivando en otras patologías o afecciones como: la diverticulosis, la colitis, la apendicitis, el prolapso rectal o el cáncer de colon.

Una variante de éste, el estreñimiento crónico funcional, es un trastorno mecánico que posee dos fisiopatologías diferenciadas: los *trastornos del tránsito* que pueden ser causado por una disminución del movimiento intestinal (de tránsito lento) o por una disfunción del suelo pélvico (Van Endelenburg, 2013); o por *trastornos de la evacuación*, causado por la pérdida de la sensibilidad de los músculos rectales y/o del esfínter (Amir, A., 2013).

2. Estado del arte

Para llevar a cabo la investigación se han contemplado dos campos diferentes, por un lado, el relacionado con la afección mediante la profundización en el estudio, en particular, del estreñimiento funcional inducido fundamentalmente por la atrofia del suelo pélvico por ser ésta una de las causas directas de mayor influencia en este tipo de trastorno disfuncional del colon. Y por otro lado se ha considerado el estudio de los modelos sistémicos, más concretamente los orientados al diseño, en especial, al diseño de producto; como herramienta y método para la consecución del desarrollo de una propuesta conceptual de solución o paliativo de la problemática propuesta.

2.1. Estreñimiento funcional y la postura de cuclillas

Existen autores que proponen paliar esta afección de la manera más natural posible como es la adopción de la postura de cuclillas. Su visión es que la vida sedentaria y pasiva, en general, y la irrupción del inodoro de postura sedente en la sociedad moderna como arraigo cultural en particular, está afectando a muchas personas empeorando los síntomas o desarrollándolos.

B. Wallace en 2002, describe una serie de comportamientos que suceden a nivel interno a consecuencia de la adopción de la postura de cuclillas y por los cuales el autor considera que dicha postura favorece la evacuación: “El peso del torso presiona los muslos y de forma natural comprime la parte superior del intestino […], cierra la válvula ileocecal y presuriza el colon facilitando con ello el desplazamiento de la materia fecal a través del mismo […]. El músculo puborrectal, normalmente encargado de preservar la continencia, se relaja y permite la elevación del colon sigmoide aumentando el ángulo del pliegue y ensanchando la entrada del recto”. La magnitud de este reflejo fue cuantificado por S. Rad (2002) quien publicó un estudio en el cual, mediante la radiografía, midió los ángulos de los músculos de los pacientes durante la defecación. En dicho ensayo se les pidió a los pacientes que usaran ambos tipos de inodoro, el occidental (postura sedente) y el tradicional-oriental (postura de cuclillas) y poder así medir la diferencia existente entre los ángulos de los músculos que intervienen y si esto afectaba o no a la eficiencia en la evacuación. El ensayo le permitió concluir que el músculo puborrectal se relaja y aumenta el ángulo en un 40º de media entre un caso y otro.

Por otro lado, I. Esnal y C. Serrano en 2013 publican un estudio biomecánico comparativo (Esnal, I. & Serrano, C. 2013) entre ambas posturas durante la evacuación. El estudio fue llevado a cabo mediante un ensayo de usabilidad con el uso de un prototipo estático diseñado para simular ambas opciones posturales. A pesar de no poseer un número de población muestral significantemente elevado (45 usuarios, 21 hombres y 24 mujeres), concluyeron que existía cierta tendencia a la mejoría con la postura de cuclillas en determinadas alturas, asumiendo así la existencia de cierta relación entre la postura adoptaba y la eficiencia (volumen) y el grado de satisfacción (sensación de vacío) por parte del usuario. De este estudio, se extrajeron las condiciones iniciales relacionadas con la postura de cuclillas, como la posición (ángulos

y longitudes) de los segmentos corporales de los miembros inferiores del usuario, implícitas en mayor medida en variables como la proporción y la usabilidad.

2.2. Pensamiento sistémico orientado al diseño de productos.

La gestión del conocimiento bajo el enfoque más amplio de la sistémica induce a considerar nuevas formas de interrelación de la información, resultando de ello nuevas posibilidades de configuración entre los elementos y, contribuyendo así, al aumento del grado de innovación en los resultados obtenidos. Este aumento de la información gestionada aporta un nuevo marco teórico de mayor complejidad, pero a su vez y con las herramientas adecuadas, de mayor grado de control, lo cual permite poseer mayor precisión en el proceso de modelización de los sistemas.

B. Hernandis (2000) publica un modelo sistémico orientado al diseño de productos industriales basado en los esquemas de control por objetivos jerarquizados de Ashby-Melèse y el trabajo de L. Ferrer, Presidente de Honor Permanente de la Sociedad Española de Sistemas Generales (SESGE). Dicho modelo propone la simbiosis entre el estudio de los sistemas y el diseño industrial, de modo en el que el producto es considerado un sistema en sí mismo. La estructuración interna que rige este modelo se representa mediante tres subsistemas fundamentales equivalentes en jerarquía o isosistemas, en el que cada uno contempla un tipo de información dependiendo de la naturaleza de ésta. El subsistema funcional recoge toda la información referida a los aspectos tecnológicos y estructurales del producto, como: la resistencia, los materiales, los procesos de fabricación, etc.. El subsistema ergonómico contempla todos los aspectos derivados de la relación entre el objeto y el usuario: la adaptabilidad, usabilidad, confort, psicología, etc… Y el subsistema formal encargado de considerar los aspectos relacionados con la visualización: proporción, morfología, color, textura, estética, estilo, etc…

El uso de esta perspectiva para el estudio de sistemas orientados al diseño, y más concretamente al de producto, se encuentra cada vez en más ámbitos de esta disciplina. Prueba de ello, encontramos autores centrados en los aspectos metodológicos como son J. Briede & Hernandis (2011) quienes estudiaron mediante la sistémica las primeras fases del proceso creativo y conceptual, orientado al diseño de producto y a la enseñanza (Briede & Hernandis, 2009). A A. Medina et al. (2012) en la extracción de los aspectos diferenciales del producto, fundamentalmente centrado en el producto joya o M. Cabello (2009), con el estudio de los factores diferenciales del diseño gráfico en el etiquetado en el sector vinícola. Estos estudios, si bien no están orientados a los productos sanitarios, sirvieron como referencia para establecer tanto los aspectos fundamentales a considerar como el grado de detalle durante el proceso de modelización. B. Hernandis y J. Bonmati (2005) mediante el uso del análisis estructural de un estudio de opinión, cuantificaron la importancia de estos aspectos fundamentales en la definición del producto. Establecieron el grado de motricidad y de dependencia de las variables como indicadores para conocer las relaciones entre ellas y su grado de participación. De este estudio se extrajo un listado de diferentes autores sobre los factores determinantes a la hora de establecer los requerimientos de diseño y que ha servido de referencia en esta investigación (Tabla 1).

Tabla1. Factores determinantes para establecer los requerimientos de diseño

G. Bonsiepe / G. Rodríguez	Gómez-Senent y Capuz	B. Munari	S. Pugh
De uso: Practicidad, Conveniencia, Seguridad, Mantenimiento, Reparación, Manipulación, Antropometría, Ergonomía, Percepción y Transportación. **De función:** Mecanismos, Confiabilidad, Versatilidad, Resistencia y Acabado. **Estructurales:** Número de componentes, Carcasa, Unión, Centro de gravedad y Estructurabilidad. **Técnicos-productivos:** Bienes de capital, Mano de obra, Modo de producción, Normalización, Prefabricación, Lay-out, Línea de producción, Materias primas, Tolerancia, Control de calidad, Proceso productivo, Embalaje y Coste de Producción. **Económicos o de mercado:** Demanda, Oferta, Precio, Ganancia, Medios de distribución, Canales de distribución, Centros de distribución, Empaque, Propaganda, Preferencia, Ciclo de vida y Competencia. **Formales:** Estilo, Unidad, Interés, Equilibrio y Superficie. **Identificación:** Impresión y Ubicación. **Legales:** Patentes y Norma	**Fundamentales:** Tecnológico, Materiales, Económico, Seguridad, Ergonómico, Estético, Mantenimiento **De entorno:** Seguridad Normas Medio Ambiente Cliente Competitividad Equipamiento e Instalaciones Volumen de producción Rendimiento de la planta Proceso de producción Patentes Riesgo del proyecto Envasado Expedición Capacidad de los proveedores Materiales Coste del producto Peso y tamaño Documentación Mantenibilidad Valor y utilidad Estética Calidad Ergonomía	Nombre del objeto Autor Productor Dimensiones Materia Peso Técnicas Coste Embalaje Utilidad declarada Funcionalidad Ruido Mantenimiento Ergonomía Acabados Manejabilidad Duración Toxicidad Estética Moda (Styling) Valor social Esencialidad Precedentes Aceptación por parte del público.	Performance Environment Life in service (performances) Maintenance Target product cost Competition Shipping Packing Quantity Manufacturing facility Size Weight Aesthetics, appearance and finish Materials Product life span Standards and specifications Ergonomics Customer Quality and reliability Shelf life (storage) Processes Time-scales Testing Safety Company constraints Market constraints Patents, literature and product data Political and social implications Legal Installation Documentation Disposal

Fuente: Hernandis, B. & Bonmatí, J. (2005)

S. Paixao et al, (2012) dirige su enfoque al estudio de los materiales, más concretamente a la piedra, proponiendo nuevos usos de los materiales naturales. Junto con E. Merino en 2009 también estudiaron la aplicación de la sistémica en el diseño concurrente, especialmente con la ergonomía como parte integrante del sistema.

J. Rivera, J. R. González & B. Hernandis. (2013) publican un estudio del contexto y las variables conceptuales para la sostenibilidad del producto dentro del modelo sistémico. Cardozo et al. (2013) por otra parte, se centra en la personalización, la variabilidad y la diferenciación de los sistemas de producto. Los mismos autores en 2015 propusieron la categorización de los sistemas de productos según el uso y la experiencia del consumidor.

Mediante el uso del Análisis de Componentes Principales realizado sobre un estudio cuantitativo de opinión a usuarios y de valoración de expertos, B. Agudo et al., (2016), confirman una vez más, la existencia de tres componentes principales en los que se pueden reagrupar los atributos de diseño: Función, Ergonomía y Forma. Además, ofrece una herramienta de garantía para el estudio de la trazabilidad en los sistemas de producto.

Teniendo en cuenta los diferentes enfoques desde los que se puede abordar el estudio de los sistemas orientados al diseño y todos los aspectos considerados por las fuentes estudiadas, especialmente las centradas en el producto, se propuso el uso de los modelos sistémicos como una metodología propicia para la consecución del cumplimiento de los requerimientos de diseño necesitados para abarcar una problemática tan compleja.

3. Metodología

La investigación realizada consistió en la construcción de un escenario de simulación estática mediante la implementación de un modelo sistémico de formulación por objetivos orientado a productos (Hernandis, 2003) (Fig. 1) en el que los parámetros y variables del sistema son interpretados como atributos y/o variables de diseño; y en donde los subsistemas no están jerarquizados, sino que son isosistemas de igual importancia.

Este escenario contempla el conjunto "Universo de posibles" (U) integrado por dos sistemas fundamentales o suprasistemas: el Sistema Exterior (SE), que actúa como *entorno*; y el Sistema en estudio (SES), referido al sistema de referencia, en este caso un producto de asistencia abdominointestinal.

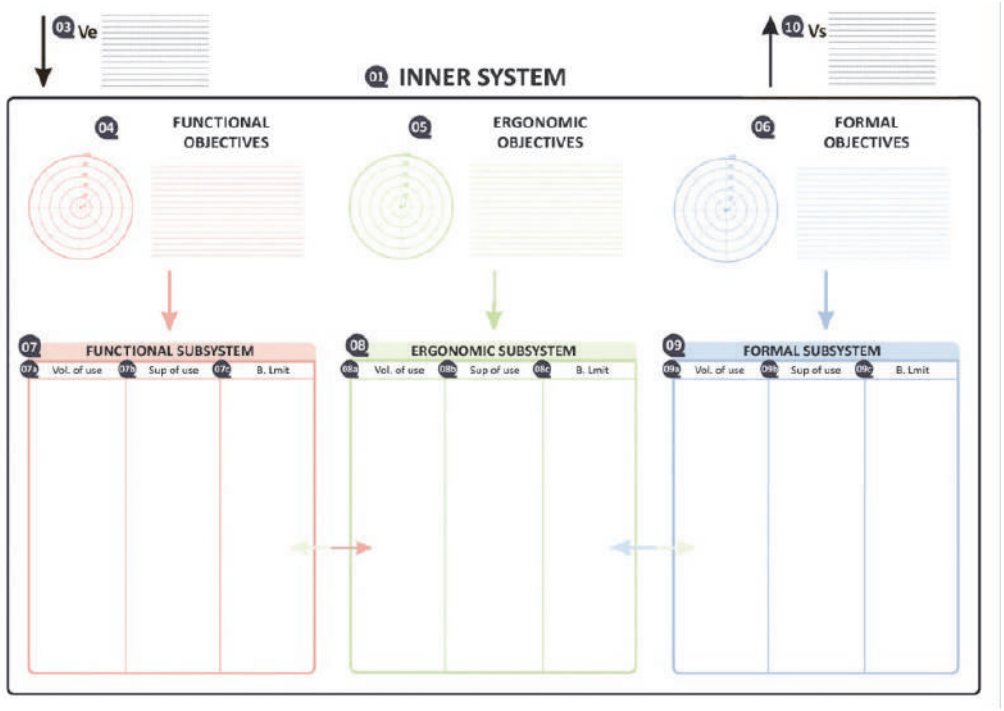


Fig. 1 Modelo sistémico de producto por objetivos. Adaptado de Hernandis (2003)

Mediante investigación exploratoria por literatura de las diversas fuentes documentales, se identificaron las variables exógenas que conforman el conjunto Sistema Exterior o entorno. Para ello se hizo especial hincapié en aquellos aspectos que poseen una mayor participación y, por lo tanto mayor grado de influencia, en el diseño y desarrollo de productos según las fuentes consultadas.

El análisis descriptivo y cualitativo de dicha información permitió la extracción, síntesis y clasificación de la misma, representando con ello la información que viaja desde el Sistema Exterior al interior del Sistema en Estudio y constituyendo así las variables de entrada necesarias para modelar dicho Sistema en Estudio. En la figura 2 se muestra la estructura interna del modelo, las trayectorias y el flujo de la información desde el Sistema Exterior o entorno al Sistema en Estudio y su comportamiento dentro de éste.

Para la identificación y constitución de las variables nos ayudamos, como se menciona en el apartado anterior, de diversas fuentes, como por ejemplo para la definición de la variable de entrada correspondiente a la proporción, derivada en parte, de la configuración postural que ha de adoptar el usuario (postura de cuclillas), fue extraída de los resultados aportados por el ensayo de usabilidad realizado por I. Esnal & C. Serrano (2013) donde estimaron una altura apropiada de elevación de los pies del usuario en función de los ángulos adoptados por los diferentes segmentos corporales inferiores. Esta estimación se reduce a un rango de entre 10 – 22 cms de los pies con el suelo en postura sedente. Para ello, se tuvo en consideración la variación del ángulo del pliegue del músculo puborrectal (encargado de la continencia), interpretado de los estudios observacionales del radiólogo S. Raad (1994) quien determinó una apertura media de 35-40 grados y en casos excepcionales de 80 grados al adoptar la postura de cuclillas. Tras definir las variables de entrada, se establecieron, clasificaron y listaron los objetivos del sistema en los tres subsistemas fundamentales: *Objetivos Funcionales*, *Objetivos Ergonómicos* y *Objetivos Formales*.

Posteriormente, se realizó la geometrización de las variables que constituyen el sistema mediante la asignación de los volúmenes de uso, superficies de uso y límites de contorno en cada uno de los subsistemas fundamentales, definiendo de este modo el rango de acción y con ello construyendo los espacios de intervención en el sistema geométrico. Se ha de mencionar, la interpretación de los volúmenes como el primer paso hacia la materialización del sistema, pero cabe destacar que de igual importancia son los espacios negativos que restringen al mismo y poseen una naturaleza de índole inmaterial. Mediante la suma de estas geometrías creamos un espacio geométrico de diseño en el que poder representar el conjunto global de variables del Sistema en Estudio y en el cual concebir un concepto de producto aportando mayor tangibilidad al sistema.

4. Resultados

Los primeros resultados de la investigación fueron los listados de las variables externas extraídas de la síntesis de la información constituyente del Sistema Exterior y, posteriormente tras su procesamiento, las variables de entrada (Tabla1).

Tabla 1 Listado de variables.

V externas	V entrada
Vex1. Usuarios	Ve1. Segmento de usuarios
Vex2. Antropometría	Ve2. Características físicas usuario
Vex3. Estreñimiento	Ve3. Estreñimiento
Vex4. Patologías asociadas	Ve4. Patologías del usuario
Vex5. Mecanismos	Ve5. Mecanismos
Vex6. Materiales	Ve6. Materiales
Vex7. Sostenibilidad	Ve7. Reciclabilidad
Vex8. Procesos de fabricación	Ve8. Procesos de fabricación
Vex9. Usabilidad	Ve9. Facilidad de uso
Vex10. Mercado	Ve10. Mercado
Vex11. Legislación	Ve11. Psicología
	Ve 12. Normativa

Como uno de los resultados principales se obtuvo el modelo sistémico de producto único para un asistente abdominoinstestinal de ayuda a reducir el estreñimiento funcional mediante la adopción de la postura de cuclillas. En él se comprenden las variables de entrada y salida, los atributos / objetivos de los subsistemas y los propios subsistemas fundamentales (Fig. 3).

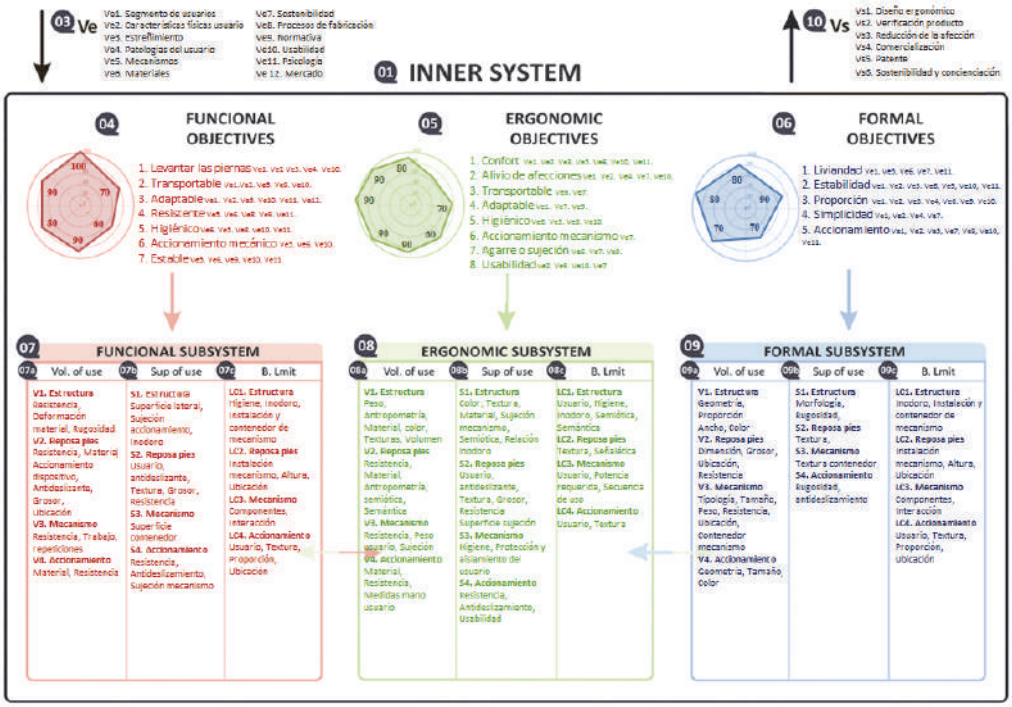


Fig. 3 Modelo sistémico para el diseño de un asistente abdominointestinal.

Para una mejor visualización de los resultados, éstos se han dividido en diferentes tablas.

La tabla 2 corresponde al listado de los atributos obtenido tras la recolección y valoración de los datos que sirvieron como referencia a la hora de establecer los objetivos principales del Sistema en Estudio.

Tabla 2 Listado de Atributos:

Atributos Funcionales	Atributos Ergonómicos	Atributos Formales
1. Elevar las piernas	1. Confort	1. Liviandad visual
2. Resistente	2. Alivio de afecciones	2. Estabilidad visual
3. Adaptable	3. Transportable	3. Proporción
4. Estable	4. Adaptable	4. Simplicidad
5. Transportable	5. Higiénico	5. Accionamiento mecánico
6. Higiénico	6. Accionamiento manual	6. Estética mimética
7. Accionamiento manual	7. Agarre o sujeción	
8. Sostenible	8. Usabilidad	
9. Seguro	9. Seguridad	
10. Desmontable	10. Fácil manipulación	
11. Fácil manipulación		

Mediante la asignación de volúmenes, superficies y límites de contorno, se obtuvo un listado (Tabla 3) en el que se muestran cada uno de estos elementos para cada uno de los subsistemas fundamentales. Así mismo se muestran también las variables involucradas directa o indirectamente con los espacios que las representan.

Tabla 3. Volúmenes de uso, Superficies de uso y Límites de contorno

Subsistema Funcional			Subsistema Ergonómicos			Subsistema Formales		
Vol. de uso	**Sup. de uso**	**LC**	**Vol. de uso**	**Sup. de uso**	**LC**	**Vol. de uso**	**Sup. de uso**	**LC**
V1. Estructura Resistencia Deformación Material Proporciones	**S1. Estructura** Sup. Lateral Sujeción Acción Inodoro	**LC1. Estructura** Higiene, Inodoro, Instalación y contenedor de mecanismo	**V1. Estructura** Peso Antropometría Material Color Texturas, Volumen,	**S1. Estructura** Color Textura Material Sujeción mecanismo Semiótica Relación inodoro	**LC1. Estructura** Usuario Higiene Inodoro Semiótica Semántica	**V1. Estructura** Geometría, Proporción Ancho, Color	**S1. Estructura** Morfología, Rugosidad	**LC1. Estructura** Inodoro Instalación y contenedor de mecanismo
V2. Reposa pies Resistencia Material Acción Antideslizante Grosor, Ubicación	**S2. Reposa pies** Usuario Antideslizante Textura Grosor Resistencia	**LC2. Reposa pies** Instalación mecanismo Altura Ubicación	**S2. Reposa pies** Usuario Antideslizante Textura Grosor Resistencia Sujeción	**S2. Reposa pies** Usuario Antideslizante Textura Grosor Resistencia Superficie sujeción	**LC2. Reposa pies** Textura Señalética	**V2. Reposa pies** Dimensión, Grosor, Ubicación, Resistencia	**S2. Reposa pies** Textura, S3. Mecanismo Textura contenedor	**LC2. Reposa pies** Instalación mecanismo Altura Ubicación
V3. Mecanismo Resistencia Trabajo Repeticiones	**S3. Mecanismo** Sup. Contenedor	**LC3. Mecanismo** Componentes, Interacción	**S3. Mecanismo** Higiene Protección Aislamiento del usuario	**S3. Mecanismo** Higiene Protección Antideslizante	**LC3. Mecanismo** Usuario Potencia requerida Secuencia de uso	**V3. Mecanismo** Tipología, Tamaño, Peso, Resistencia, Ubicación, Contenedor mecanismo	**S3. Mecanismo** Textura contenedor	**LC3. Mecanismo** Componentes Interacción
V4. Acción Material Resistencia	**S4. Acción** Resistencia Antideslizante Sujeción mecanismo	**LC4. Acción** Usuario Textura Proporción Ubicación	**S4. Acción** Resistencia, Antideslizamiento Usabilidad	**S4. Acción** Resistencia, Antideslizante Usabilidad	**LC4. Acción** Usuario Textura	**V4. Acción** Geometría Tamaño Color	**S4. Acción** Rugosidad Antideslizante	**LC4. Acción** Usuario Textura Proporción Ubicación

De la representación geométrica, y su ensamblaje por componentes, de cada elemento resultado del listado anterior, se obtuvieron los modelos conceptuales geométricos para cada subsistema fundamental (Fig. 4). Se pueden identificar los volúmenes prismáticos generados para cada uno de ellos según los diferentes aspectos. Considerando dichos aspectos las características varían, como se puede observar en la figura, de un modelo funcional puramente recto (Fig 4, a), a un modelo más suavizado, consecuencia de una mayor adecuación o adaptación ergonómica, hasta el modelo formal, el cual muestra formas más orgánicas y de mayor expresión estética.

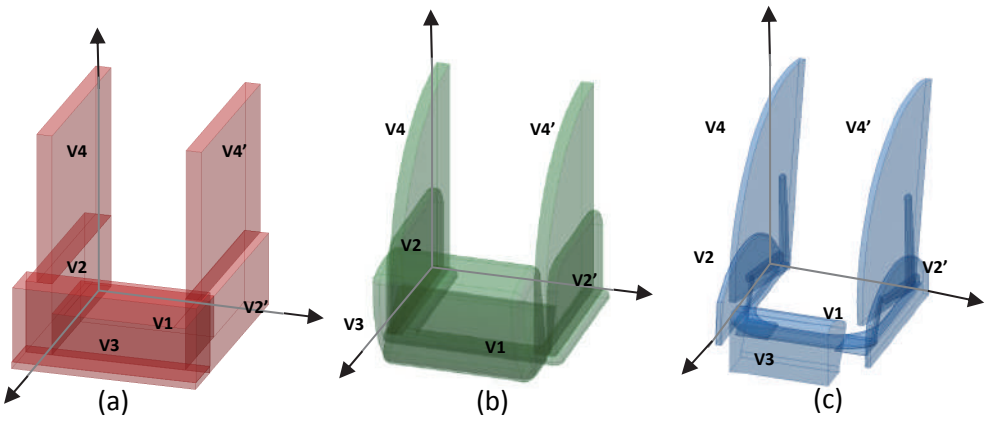


Fig. 4 Modelos conceptuales geométricos de los Subsistemas: (a) Funcional, (b) Ergonómico y (c) Formal.

La superposición de estos modelos conceptuales geométricos da como resultado un espacio de diseño conceptual (Fig. 5) que alberga toda la información de los modelos individuales anteriormente citados y de lo que se interpreta que está sometido a las mismas consideraciones y restricciones iniciales establecidas. Por lo que se puede decir que este espacio posee las características necesarias para generar en él una propuesta de diseño que cumpla con los objetivos.

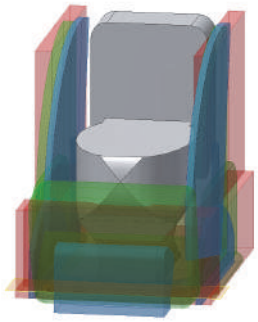


Fig. 5 Espacio de diseño para un asistente abdominointestinal.

En el espacio de diseño obtenido se generaron diferentes propuestas de diseño conceptual de las cuales se muestra una de ellas como muestra representativa (Fig. 6) para ejemplificar una de las posibles "materializaciones" del sistema.



Figs. 6 Propuesta de diseño conceptual.

Para finalizar el ciclo, el Sistema en Estudio debe devolver la información adquirida de nuevo al entorno (principio homeostático), pero ésta volverá al medio procesada por el modelo como función de transformación resultando el concepto de un producto de asistencia abdominointestinal, el espacio de diseño, el marco teórico que lo alberga y las variables que lo constituyen. Esta información de salida se representa mediante las variables de salida y son el resultado de aplicar la solución de diseño al problema planteado (Hernandis, B. 2000).

Tabla 4. Listado de las variables de salida

V salida
Vs1. Diseño ergonómico.
Vs2. Verificación del sistema producto.
Vs3. Validación del modelo
- Vs4. Reducción de la afección.
- Vs5. Patente
- Vs6. Sostenibilidad y concienciación

Estas variables, enumeradas en la tabla 4, forman parte de la información referida anteriormente que sale al entorno y como sistema que es, lo modifica; éste se reconfigura y vuelve a iniciarse el ciclo de nuevo propiciando el reajuste de la información de las variables de entrada y con ello del sistema en estudio. Estos bucles son aprovechados como retroalimentación que aporta al método la flexibilidad necesaria para que el modelo se reconfigure y adapte al medio en cada ciclo. El bucle de retroalimentación finaliza cuando se alcanza el grado de cumplimiento de los objetivos establecido por el agente decisor y se considera así que el producto posee las cualidades y atributos requeridos.

5. Conclusiones

La visión sistémica adoptada para el estudio de la problemática como un sistema complejo permitió un abordaje de mayor amplitud y profundidad de la misma. Esto conllevó, por un lado, un incremento de la información que el diseñador como agente decisor debe gestionar y además, deberá hacerlo de la manera más eficientemente posible con el fin de cumplir con los objetivos establecidos del sistema y, por lo tanto, satisfacer los requerimientos de diseño. El propio modelo dirige la información y, con ella, se establece el flujo de trabajo que ha de seguir el modelador "obligándole" a extraer, sintetizar y entender el comportamiento de dicha información. Dota, por lo tanto, de una estructuración lógica y ordenada al proceso de diseño, especialmente en etapas donde se requiere de mucha reflexión por parte del diseñador para manejar todos los condicionantes del entorno y el cual puede, pese al incremento de la información, poseer mayor rigor en las tomas de decisión. Por otro lado, el uso de esta metodología confiere al proceso de diseño y, por consiguiente, al producto, de nuevos aspectos emergentes de las interrelaciones de la información. Lo que se traduce en cualidades innovadoras y un mayor número de soluciones.

También decir, que una de las características que posee la sistémica es que permite simular la realidad con diferentes grados de precisión y generar modelos tan detallados y complejos como se desee. El inconveniente que posee este planteamiento es que el tiempo necesario de procesamiento de la información de dicho modelo podría llegar a ser tal que el propio modelo dejara de ser de utilidad (Martínez, & Requena, 1986) . Es por esto que, en aras de favorecer el proceso de toma de decisiones, debemos plantear el problema con el grado de precisión adecuada. Debemos considerar un equilibrio entre el nivel de detalle/complejidad y mayor número de soluciones, con el tiempo de modelización o de simulación. Cabe destacar en este sentido que el caso estudiado contempla un nivel de detalle propio de

las fases conceptuales y es por ello que se han descartado aspectos como: materiales, procesos de fabricación, normativa, costes, canales de distribución o marketing.

Es de destacar también la analogía existente con los sistemas vivos como es el principio homeostático que caracteriza a este tipo de sistemas que dicta que para mantener el estado de equilibrio, el sistema debe permanecer en constante intercambio de energía e información con el entorno en el que existe, de tal modo se sirva de los cambios en éste para retroalimentarse y reorganizarse internamente en favor de una mejor adaptación. Esto quiere decir que el propio modelo es susceptible de cualquier variación en las condiciones del entorno y por lo tanto se puede interpretar que lo mismo sucede con el producto. Este se adapta a las nuevas condiciones como lo hacen los organismos vivos en su medio.

6. Futuras líneas de investigación

Se pretende profundizar en el estudio del sistema "asistente abdominoinstestinal" con el fin de aumentar el nivel de detalle de las variables y parámetros de diseño. En primer lugar la investigación se centrará en las áreas correspondientes a la usabilidad del producto y su validación ergonómica. Para ello nos valdremos de un prototipo del modelo técnicamente de mayor definición para su estudio con usuarios, el cual se encuentra actualmente en proceso de desarrollo.

Se realizará un estudio cuantitativo de la opinión de los posibles usuarios mediante cuestionarios y entrevistas a expertos en diseño de producto para precisar en mayor medida las cualidades y atributos más importantes y mejor valorados.

Se pretende la implementación de sistemas neuronales como medio de control en la gestión y validación de las variables; y la aplicación de herramientas de búsqueda heurística de sistemas evolutivos para la generación y optimización de las soluciones.

7. Referencias

AMIR, A. (2011). "Etiological factors of constipation in the elderly, with emphasis on functional causes. *Eastern Mediterranean Health Journal.* Vol. 17 No. 8

LEMBO, A. & CAMILLERI, M. (2003)."Chronic Constipation". *The New England journal of medicine.* Massachusetts Medical Society. 349, pp 11360-8.

BRIEDE, J.C & HERNANDIS, B. (2009). "An educational application for a product design and engineering system using integrated conceptual models ". *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería, 17 (3), 432-442*.

BRIEDE, J.C & HERNANDIS, B. (2011). "New methods in design education: The systemic methodology and the use of sketch in the conceptual design stage". *US-China Education Review, 8 (1), 118-128*.

CABELLO, M. (2009). "*Estudio de los factores de diseño gráfico de la etiqueta de vino tinto de calidad que influyen en su elección y compra: estudio cuantitativo en valencia*". Tesis doctoral, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

CARDOZO, J., HERNANDIS, B. & RAMIREZ, N. (2013). "Caracterización de los sistemas de productos en el marco de la personalización, la variabilidad y la personalización. Un estudio con expertos". *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 22 Nº 2, 2014, pp. 278-291

CARDOZO, J., HERNANDIS, B. & RAMIREZ, N. (2015). "Aproximación a una categorización de los sistemas de productos: el uso y la experiencia del consumidor como configuradores". *Innovar*, 25(58), pp125-142. Doi 10.15446/innovar.v25n58.52438.

ESNAL, I. & SERRANO, C. (2013). *"Diseño y desarrollo de un prototipo para contribuir a la disminución del estreñimiento y patologías asociadas"*. Tesina Final de Máster. < http://hdl.handle.net/10251/61752>. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

HERNANDIS, B. (2003). "*Desarrollo de una metodología sistémica para el diseño de productos industriales*. Tesis doctoral no publicada, Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

HERNANDIS, B. & BONMATI, J. (2005) "El diseño coherente. La correcta definición del producto". Primer Encuentro Interinstitucional de Diseño Industrial ULA, Mérida Venezuela. ISBN: 980-11-0859-2 Vol. 2

HERNANDIS, B. & BRIEDE, J. (2009).An Educational Application for a Product design and Engineering systems using integrated conceptual models.(pp.432-442)Arica. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería.*

HERNANDIS, B. & IRIBARREN, E. (2000). *Diseño de nuevos productos. Una perspectiva sistémica.* Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

OMGE (2010) "Estreñimiento: una perspectiva mundial*. Guías Mundiales de la Organización Mundial de Gastroenterología*. Organización Mundial de Gastroenterología.

MARTÍNEZ, S. & REQUENA, A. (1986) *Dinámica de sistemas. T.2. Modelos.* Madrid:Alianza Editorial.

PAIXAO, S., HERNANDIS, B. & MERINO, E. (2009). The role of innovation in concurrent design model (cdm) and its consequences on the aspects of competitiveness, differentiation and sustainability. iDEMi 09- Internacional Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation Publicación:. Universidade Federal do Paraná, Brasil. ISSN 2175-3768.

PAIXAO, S.; HERNANDIS, B. & MERINO, E. (2009). "Metodologia Sistêmica aplicada ao Design Concorrente – A ergonomia como parte integrante". ERGODESIGN - Congresso Internacional de Ergonomia e usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produto, Informaçoes, Ambiente Construído e Transporte. Universidade Federal do Paraná, Brasil. ISSN 2175-3768.

PAIXAO, S., et al, (2012) "Design in the natural Stone transformation sector: evaluating a new concept". Ingenieria Investigación, Vol. 32, Nº 3, pp 82 – 88.

RAD, S. (2002). "Impact of ethnic habits on Defecographic measurements". Archiv. Iranian Med. Vol. 5, Nº. 2, pp 115 – 117.

RIVERA, J. C., GONZÁLEZ, J. R., & HERNANDIS, B. (2013). Analysis of contexts and conceptual variables for a sustainable approach into systemic model. *Relating Systems Thinking & Design 2013 - Emerging Contexts for Systemic Design.* Oslo.

VAN ENGELENBURG, M., BOLS, E., BENNINGA, M., et al. (2013). *The effect of pelvic physiotherapy on reduction of functional constipation in children: design of a multicentre randomised controlled trial*. BMC Pediatrics. Doi: 10.1186/1471-2431-13-112

ZOLEZZI, A. (2007). *Las Enfermedades Funcionales Gastrointestinales y Roma III.* Rev. gastroenterol. Perú v.27 n.2. ISSN 1022-5129.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3709

Evaluación y estudio comparativo mediante modelos sistémicos de la implantación del sistema APPCC aplicado al sector agroalimentario.

Hernandis-De Haro, Cristina[a] & Esnal-Angulo, Iñaki[b]

[a] PhD candidate. Universitat Politècnica de València, Spain. crissthernha@gmail.com.

[b] PhD candidate. Universitat Politècnica de València, Spain. iaesan@doctor.upv.es

Resumen

El Reglamento comunitario (CE) nº 852/2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios, establece que las empresas alimentarias deben cumplir con los requisitos obligatorios de desarrollar, aplicar y mantener un procedimiento permanente basado en los principios del sistema APPCC (Analisis de los Puntos Críticos de Control).

Actualmente, se encuentran implantados los sistemas basados en APPCC en la mayoría de empresas del sector agroalimentario. No obstante, en muchos casos la implantación del sistema no se realiza correctamente, siendo inefectiva y no garantizando la seguridad alimentaria. El objetivo de este trabajo se centra en demostrar que la introducción de los modelos sistémicos aplicados en la optimización de sistemas jerarquizados, puede mejorar la implantación y efectividad de los sistemas APPCC en el sector agroalimentario, así como detectar los posibles fallos en dicho sistema, y por tanto, garantizar adecuadamente la producción de alimentos seguros. Para ello, se ha llevado a cabo un estudio retrospectivo de índole cualitativo, en cuatro industrias pertenecientes al sector agroalimentario, obteniendo datos relativos a documentos y registros generados por el propio sistema de autocontrol, actas de inspección derivadas del control oficial, analíticas microbiológicas y verificaciones internas. Se ha determinado, en los casos estudiados, que se producen fallos en cuanto aplicación de procedimientos, toma de registros, interpretación de medidas correctoras a llevar a cabo y falta de vigilancia de PCC identificados, en cuyo caso perjudica los intereses productivos de la empresa alimentaria y no garantiza una correcta protección de la salud de los consumidores. Finalmente, la evaluación mediante modelos sistémicos del APPCC permite detectar los fallos de implantación en las industrias implicadas y ofrecer una herramienta, tanto para los operadores de empresas alimentarias, como para los servicios de control oficial, que permite garantizar una correcta aplicación del sistema de autocontrol.

Palabras clave: *APPCC, modelos sistémicos, seguridad alimentaria, sector agroalimentario.*

Abstract

Community Regulation (CE) No 852/2004 on the hygiene of foodstuffs provides that food businesses must comply with the mandatory requirements to develop, implement and maintain a permanent procedure based on the principles of HACCP (Hazrd Analysis Critical Control Point) system points.

Currently, are implemented HACCP-based systems in most food businesses. However, in many cases the implementation of the system is not successful, being ineffective and not ensuring food security.

The aim of this work is focused on demonstrating that the introduction of systemic models applied in optimizing hierarchical systems can improve the implementation and effectiveness of HACCP systems in the food sector and detect possible failures in the system, and therefore adequately ensure safe food production.

To this end, has conducted a retrospective study of qualitative nature, in four industries belonging to the food sector, obtaining data on documents and records generated by the self-monitoring system itself, inspection reports derived from official control, microbiological analysis and internal verification.

It has been determined in the case studied, which faults occur as application procedures, making records, interpretation of correctives to carry out measures and lack of monitoring of HACCPs identified, in which case it damages the productive interests of the food business and does not guarantee proper protection of the health of consumers.

Finally, the evaluation of HACCP by systemic models detects failures of implementation in the industries concerned and provide a tool for both food business operators and for services official control, which helps to ensure a successful implementation of self-monitoring system .

Keywords*: HACCP, systemic models, food security, food sector.*

1. Introducción

En primer lugar analizaremos aquellas cuestiones relativas a los APPCC (Análisis de los Puntos Críticos), cuyo conocimiento será primordial para el desarrollo de esta investigación en el Sector Alimentario en la Comunidad Valenciana.

1.1 Situación actual de la seguridad alimentaria o marco de referencia

En marzo de 1996 surge una nueva variante de la enfermedad de Creutzfeldt-Jacob asociada a la Encefalopatía Espongiforme Bovina, lo que provoca una de las mayores crisis alimentarias de los últimos tiempos. Éste fue uno de los factores que obligó a plantearse a la Unión Europea y a sus Estados Miembros la política a seguir con respecto a la seguridad alimentaria.

La Comisión Europea adoptó, en enero de 2002, el Libro Blanco sobre la seguridad alimentaria, con la finalidad de desarrollar un marco legislativo garante de un alto nivel de seguridad alimentaria y una elevada protección de la salud de los consumidores. En enero de 2002 se publica una importante normativa, de directa aplicación, denominado: Reglamento 178/2002, del Parlamento y del Consejo, de 28 de enero, por el que se establecen principios y requisitos generales de la legislación alimentaria,

también se crea la Autoridad Alimentaria Europea y se fijan los procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

El Consejo y el Parlamento europeo adoptaron un conjunto de Reglamentos y Directivas que reestructuraron y actualizaron las normas de higiene de todos los productos alimenticios, incluidos los productos de origen animal. Este conjunto normativo es conocido por el "paquete de higiene" y es aplicable desde el 1 de enero de 2006.

En dichos reglamentos se obliga a la industria alimentaria a implantar un Sistema de Autocontrol (Reglamento (CE) nº 852/2004).

1.2 Sistemas de Autocontrol

Los sistemas de autocontrol son herramientas imprescindibles que deben aplicar los operadores alimentarios para asegurar la inocuidad de sus productos alimenticios (Suárez Iglesias, J.L. y col., 2012). Están constituidos por los requisitos previos de higiene y trazabilidad (RPHT) y el plan de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC).

Consisten en *"un enfoque sistemático para identificar peligros que pueden afectar la inocuidad de un alimento, a fin de establecer las medidas para controlarlos"* (Martí, L.E. y col. 2012). Pueden llegar a ser más o menos complejos, desde las Guías de las Correctas Prácticas de Higiene (GCPH) hasta los manuales de APPCC.

Estos sistemas de autocontrol han de ser coherentes y adaptarse a las características particulares de cada establecimiento (Mejías Carpena, C. y col., 2009).

Evaluación del nivel de implantación de los sistemas de autocontrol

La evaluación de los sistemas HACCP son un elemento clave para asegurar la gestión eficaz de la inocuidad de los alimentos, sin embargo, según Wallace, Powell y Holyoak (2005), no existe ningún enfoque aceptado o metodología común disponible para ser utilizados por industriales, auditores u organismos reguladores (Gutiérrez, N. y col., 2011). En investigaciones realizadas por SUÁREZ IGLESIAS, J.L. y col. 2012, Suasnavas, N. y col. (2007) usaron listas de verificación/ revisión para evaluar el cumplimiento de los prerrequisitos relacionados con higiene, inocuidad y, en general, gestión de la calidad en la industria alimentaria

La legislación comunitaria en materia de higiene de los alimentos establece que la autoridad competente efectuará controles oficiales para comprobar que se cumplen los requisitos especificados, que estos controles deberán realizarse de una forma eficaz, y que uno de los métodos o técnicas a utilizar es la auditoría, concretamente "Auditoría de sistemas de autocontrol basados en los principios del APPCC" (Reglamento 882/2004 y 854/2004) (Carravilla, S. y col., 2009). Por este motivo muchos estudios para la evaluación de los sistemas de autocontrol se basan en los resultados reflejados en los formularios de inspección que utilizan los agentes de control oficial.

Toda esta legislación marca las directrices a considerar desde una nueva estrategia a considerar en la seguridad alimentaria.

2. Objetivos

En este estudio de carácter exploratorio se pretende:

- Conocer el grado de implantación de los sistemas de autocontrol de obligada exigencia dentro de las empresas alimentarias industriales

- Detectar los principales fallos en la aplicación de los sistemas de autocontrol

- Introducir los modelos sistémicos y evaluar su aplicación en la optimización de sistemas jerarquizados, para mejorar la implantación y efectividad de los sistemas APPCC.

3. Material y Método

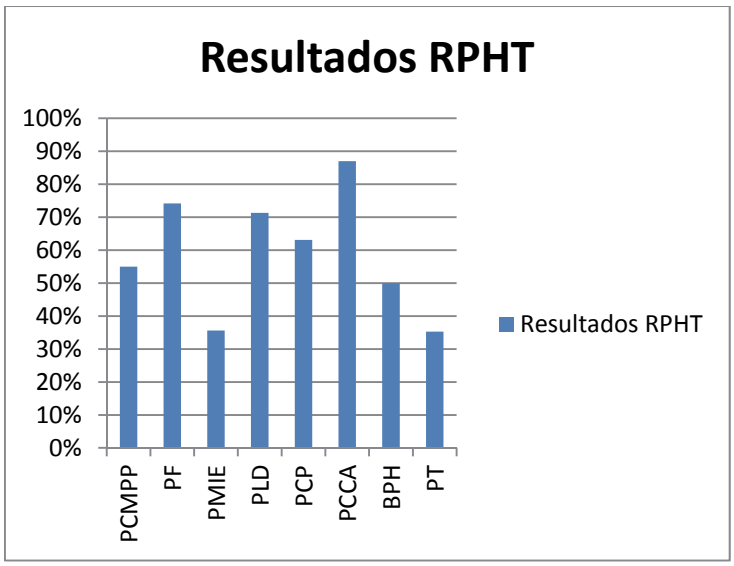
Se han revisado diversos estudios, que muestran los resultados de la implantación del sistema APPCC, siendo su interés primordial detectar las variables más significativas para realizar una correcta evaluación del sistema de autocontrol, así como para la representación del modelo sistémico.

Se analiza en un primer estudio, la valoración de la implantación de los requisitos previos de higiene y trazabilidad (RPHT) en 179 comercios minoristas (Arjona, C. y col., 2009).

Se analiza en un segundo estudio la evaluación del grado de implantación de los sistemas de autocontrol en 91 industrias de harinas y derivados (Baro Duarte, J. y col., 2009)

Un tercer estudio aporta la valoración de la implantación del APPCC en diferentes sectores alimentarios de Murcia, (González Fernández, M. y col., 2007).

En otro de los estudios se analiza la evolución de la implementación de los sistemas de autocontrol en 36 comedores colectivos, (Serrano Galán, E., 2009). Un estudio sobre 15 auditorías en actividades de restauración sin registro sanitario de alimentos en un distrito de Madrid, muestran el diferente nivel de implantación de un sistema completo de APPCC (Figuras 1 y 2)



PCMPP: Plan de Control Materias Primas y Proveedores

PF: Plan de Formación

PMIE: Plan de Mantenimiento de Instalaciones y Equipos

PLD: Plan de Limpieza y Desinfección

PCP: Plan de Control de Plagas

PCCA: Plan de Control de la Calidad del Agua

BPH: Buenas prácticas de higiene

PT: Plan de Trazabilidad

Figura 1. Resultados RPHT estudio Villar Gaspar M.R. (2009).

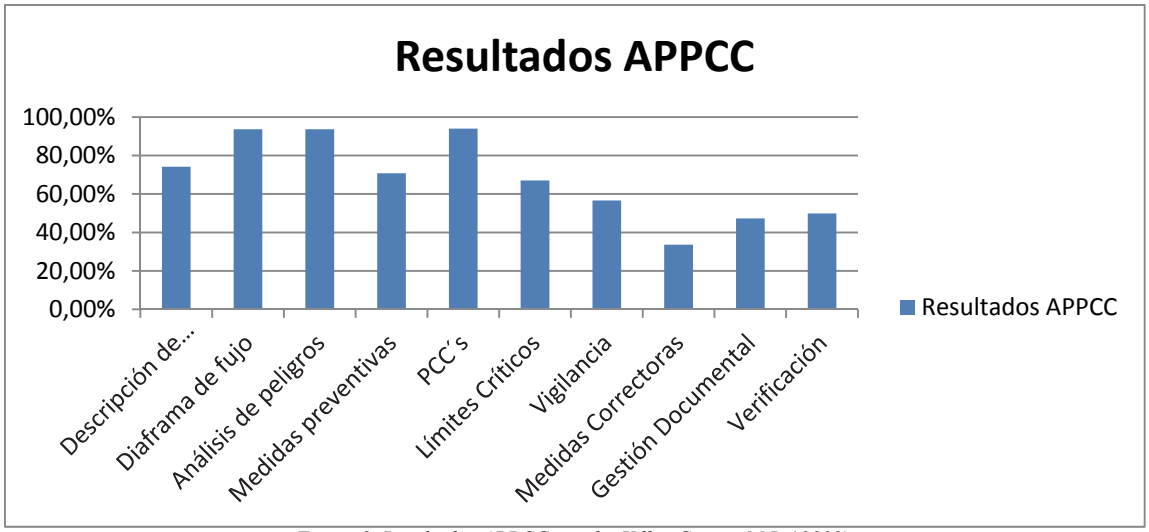


Figura 2. Resultados APPCC estudio Villar Gaspar M.R.(2009)

Utilizaremos los modelos sistémicos (Hernandis, B., 2003) en particular el Modelo de Formulación por Objetivos para analizar el cumplimiento de los planteamientos estratégicos, tácticos y operativos para la implantación de un sistema APPCC con objeto de analizar las posibles mejoras para el seguimiento y control en los planes de inspección alimentaria.

Procederemos a la revisión de los modelos organizacionales, describiendo sus características y elementos a determinar. Para ello se utilizará el siguiente gráfico desarrollado en la Escuela de Investigación Operativa y Sistemas de la Universidad de Valencia (2003)



Figura 36. *Modelo de Formulación por objetivos, Hernandis B. (2003)*

Para la aplicación de estos modelos el primer paso consiste en definir los límites del sistema y analizar tanto los elementos integrados en éste, como los elementos que influyen sobre el sistema en estudio y que no pueden ser controlados por éste.

El sistema en estudio se subdivide para su análisis en varios sistemas o niveles, los cuales serán a su vez subsistemas del anterior. La aplicación de los modelos sistémicos, permite un seguimiento y control de los sistemas en general independientemente de la disciplina objeto de estudio. Esto es lo que nos ha inducido a pensar en ellos, como es un modelo adecuado que permita la implementación del APPCC y su seguimiento y control posterior. El uso de estos modelos ha permitido en el campo del diseño la implementación y modelado en múltiples casos (citar algunos modelos) comprobando por tanto que desde la investigación cualitativa esta nos permite por analogía evidenciar su utilidad en esta investigación.

5. Resultados y discusión

En el primer estudio sobre la valoración de la implantación de los requisitos previos de higiene y trazabilidad (RPHT) en 179 comercios minoristas, se observa:

Que el 46% de los establecimientos estudiados no poseen documentación RPHT, un 39% poseen documentación pero esta no se encuentra implantada, y tan solo un 10% tiene documentación desarrollada e implantada. De ello cabe deducir que con el fin de adaptarse a estos pequeños comercios el sistema de autocontrol enfocado y adaptado a ellos ha de ser simplificado para su correcta implementación (Arjona, C. y col., 2009).

Del estudio realizado sobre la evaluación del grado de implantación de los sistemas de autocontrol en 91 industrias de harinas y derivados (Baro Duarte, J. y col., 2009), se obtienen los resultados representados en la tabla 1:

Tabla 1. Resultados estudio Baro Duarte, J. y col. 2009.

	Implantados	No implantados
Plan de Control de la Calidad del Agua	71	20
Plan de Limpieza y Desinfección	67	24
Plan de Control de Plagas	58	33
Plan de Mantenimiento de Instalaciones y Equipos	68	23
Plan de Trazabilidad	**30**	61
Plan de Formación	**37**	54

Fuente: Baro Duarte, J. y col.(2009)

Como se puede observar en la tabla, se muestra que existe una mayor dificultad en la implantación del Plan de trazabilidad y el Plan de formación, siendo mayor el número de establecimientos en los que no están implantados de los que sí. Esto se debe a que el plan de trazabilidad entraña mayor grado de complejidad, y las empresas en las que se pretende implantar constan de pocos recursos. En cuanto al

Plan de formación, su falta de implantación radica en el hecho que los operarios entienden este plan con la mera obtención del Certificado de Formación en Higiene Alimentaria. El Plan de Control de Plagas también encuentra inconvenientes en su implementación, debido al concepto erróneo de vigilancia de plagas. Los restantes planes presentan un grado de implantación muy similar debido a su fácil ejecución y vigilancia (Baro Duarte, J. y col., 2009).

Un tercer estudio sobre la valoración de la implantación del APPCC en diferentes sectores alimentarios de Murcia, muestra los siguientes resultados: deficiencias detectadas en planes de trazabilidad de un 29% y documentación o registros no idóneos en un 44%.

Los problemas de trazabilidad se atribuyen a la diversidad de la cadena alimentaria distribuidora, y la inadecuación del APPCC, es debida, entre otros, a la carencia de documentación idónea, revela dificultades para gestionar las auditorías externas (González Fernández, M. y col., 2007).

En otro de los estudios sobre la evolución de la implementación de los sistemas de autocontrol en 36 comedores colectivos, se puede observar que en el 2003 sólo 12 centros disponían de RPHT, y en 2007 la totalidad disponían de los requisitos previos, siendo el 28% de estos completo (APPCC y prerrequisitos) y el 72% sólo disponía de prerrequisitos. Dentro los requisitos previos, el Plan de Trazabilidad y el Plan de Mantenimiento de la Cadena de Frío no eran verificados. Por lo tanto, se concluye que en la actualidad los comedores colectivos disponen de Documentos de Autocontrol, no obstante, existe una gran variabilidad en el grado de implantación (Serrano Galán, E., 2009).

En general, tanto los resultados obtenidos a nivel de los planes generales de higiene y a nivel del APPCC fueron favorables. No obstante se observa que hay planes generales mejorables como: el plan de mantenimiento y la trazabilidad; y en el sistema APPCC: la gestión documental y la verificación (Villar Gaspar M.R., 2009).

Se ilustra un estudio en un matadero de ganado bovino (terneros) y porcino. En cualquier caso, son mayoritarios los fallos relacionados con la “Limpieza y desinfección” (de 14 fallos a 3) y “Mantenimiento de instalaciones y equipos” (de 13 a 2), refiriéndose en general al mal estado de conservación de las paredes interiores del matadero con defectos en el esmaltado, equipos con mantenimiento deficiente, con pérdida de galvanizado y óxido, superación de valores microbiológicos permitidos en tripería, esterilizador de cuchillos y paredes de la zona de sangrado así como en el mobiliario y en las canales (Suárez Iglesias, J.L. y col., 2012).

6. Conclusión

A modo de conclusión final, cabría resaltar que en el caso de los comercios minoristas son escasos aquellos que poseen sistemas de autocontrol, por lo que sería conveniente establecer criterios de flexibilidad en estos casos concretos. Por otra parte, en la mayoría de los casos estudiados (Baro Duarte, J. y col., 2009; González Fernández, M. y col., 2007; Serrano Galán, E., 2009; Villar Gaspar M.R., 2009), se evidencia que el plan de trazabilidad es el que presenta más complejidad a la hora de su desarrollo e implantación, debido a la limitación de recursos que presentan algunas empresas. En cuanto a la aplicación del propio sistema APPCC, es deficiente el punto de verificación y adopción de medidas correctoras ante desviaciones de PCC´s. Por lo que sería recomendable un análisis profundo y el establecimiento de modelos que mejoren las garantías actuales. La aplicación de los modelos sistémicos podría ser una respuesta a las carencias detectadas. Los estudios emprendidos actualmente desde esta perspectiva deberán validar la propuesta sistémica y corroborar mediante resultados esta posibilidad.De forma global, los sistemas de autocontrol se encuentran, por tanto, dentro de los estándares de

conformidad necesarios para cubrir la exigencia legal impuesta por los Reglamentos Comunitarios en su aplicación.

Con todo esto, se pone en antecedentes la situación sobre la implantación de los sistemas de autocontrol en establecimientos agroalimentarios, y se procede a la recopilación de datos en algunos establecimientos que deberán mediante casos de estudio evaluar la implementación y resultados comparativos mediante el uso de modelos sistémicos.

7. Referencias

AESAN-MARM. Plan Nacional de Control Oficial de la Cadena Alimentaria 2010-2015.

ARJONA, C. y col. "Valoración de la implantación de planes generales de higiene (PGH) en minoristas del Aljarafe (Sevilla) Previa a la publicación de la guía de requisitos simplificados de higiene (RSH). Justificación de los RSH. López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág. 6).

AVIÑÓ, JENARO y col.(2001).Plan de Seguridad Alimentaria de la Comunidad Valenciana. Ed. Generalitat Valenciana. Valencia

BARO DUARTE, J. y col. "Evaluación del grado de implantación de los sistemas de autocontrol en las industrias de harinas y derivados del área sanitaria norte de Córdoba". López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág.22).

CARRAVILLA, S. y col. "Instrucción para la auditoría oficial de los establecimientos alimentarios en la comunidad de Madrid" López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág.33).

CELAYA CARRILLO, C. (2004). Evaluación de la Implantación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos (APPCC) en pequeñas industrias alimentarias de la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. Madrid. COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA.Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2002 por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria.

COMUNIDAD EUROPEA.Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 relativo a la higiene de los productos alimenticios.

COMUNIDAD EUROPEA.Reglamento (CE) nº 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal.

COMUNIDAD EUROPEA.Reglamento (CE) nº 854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 por el que se establecen normas específicas para la organización de controles oficiales de los productos de origen animal destinados al consumo humano.

COMUNIDAD EUROPEA. Reglamento (CE) nº 882/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 (controles oficiales y auditorías) sobre los controles oficiales efectuados para garantizar la verificación del cumplimiento de la legislación en materia de piensos y alimentos y la normativa sobre salud animal y bienestar de los animales.

COMUNIDAD EUROPEA.Reglamento (CE) nº 2160/2003, de 17 de noviembre, sobre control de Salmonella y otros agentes zoonóticos transmitidos por los alimentos.

COMUNIDAD EUROPEA Reglamento (CE) nº 1069/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano y por el que se deroga el Reglamento (CE) nº 1774/2002.

DE CARLOS, Mª PILAR VILLENAS.(2007). Estudio integral del análisis de la calidad y seguridad alimentaria con el fin de definir acciones estratégicas por parte de la industria agroalimentaria. Tesis Doctoral. Madrid

EUROPEAN COMISSION. (2011) Audit in order to evaluate the implementation of measures concerning officials controls on feed legislation. Final Report. Spain

ESPAÑA. Dirección General de Salud Pública. Consejería de Sanidad y Consumo de la Región de Murcia. (2010). Programa de Autocontrol Sanitario en Mataderos. Ed. Monografías sanitarias nº 27. Murcia

ESPAÑA.Real Decreto 1940/2004, de 27 de septiembre, sobre la vigilancia de las zoonosis y los agentes zoonóticos.

ESPAÑA. Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad

ESPAÑA. Ley 8/2003, de 24 de abril, de Sanidad Animal

FRANCO PÉREZ, M.S. y col. "Autocontrol en la industria alimentaria: análisis de su situación en el departamento 14 de la Comunidad Valenciana". López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág. 59).

GOMBAU, JUAN Y PALOMARES, SILVIA. (2011). Guías de Prácticas Correctas de Higiene del Sector de Mataderos y Ungulados Domésticos y Ratites. Ed. FEDACOVA. Valencia

GÓMEZ, E. "Programa piloto para la implantación de la guía APPCC en establecimientos de restauración Benidorm-Costa Blanca". López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág.31).

GONZÁLEZ FERNÁNDEZ, M. y col. (2007) "Valoración de la implantación del APPCC en sectores alimentarios en CCAA de Murcia". López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág. 27).

GUTIÉRREZ, N. y col (2011) Evaluación de prerrequisitos en el sistema HACCP en empresas del sector agroalimentario. [Consulta 10/07/2016]

HERNANDIS, B. (2003). Tesis Doctoral: Desarrollo de una metodología sistémica para el diseño de productos industriales. . Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.

MARTÍ, L.E. y col. (2012) "Food Safety. La seguridad alimentaria como política pública" Organización Panamericana de Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).

MEJÍAS CARPENA, C. y col. "Implantación del sistema de autocontrol en la pequeña industria ubicada en el ámbito rural**"** López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág.33).

SERRANO GALÁN, E. "Evolución de la implementación de los sistemas de autocontrol en comedores colectivos". López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág. 36).

SUÁREZ IGLESIAS, J.L. y col. (2012) "Estudio de la eficacia de los sistemas APPCC para detectar deficiencias: caso de un matadero de bovino y porcino". Eurocarne Nº 203. Enero-Febrero 2012. Laboratorio de Higiene, Inspección y Control de Alimentos. Facultad de Veterinaria, USC. 27002, Lugo.

SUASNAVAS, N. y col. (2007) Requerimientos técnicos para la implementación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) en un matadero porcino. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080807/080706.pdf> [Consulta 08/07/2016]

STUART A. SLORACH. (2002). Enfoques integrados para la gestión de la inocuidad de los alimentos a lo largo de toda la cadena alimentaria. Foro Mundial FAO/OMS de las Autoridades de Reglamentación sobre Inocuidad de los Alimentos. Suecia.

VILLAR GASPAR M.R. “Auditorías en actividades de restauración sin registro sanitario de alimentos en un distrito de Madrid”. López, A. (director) En: 3º Congreso Internacional de Autocontrol y Seguridad Alimentaria (23-25 de abril 2008. Córdoba). Alimentaria Congresos año 2009 nº2 (pág. 79).

CELAYA CARRILLO, C. (2004). Evaluación de la Implantación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos (APPCC) en pequeñas industrias alimentarias de la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. Madrid.

MARTÍ, L.E. y col. (2012) “Food Safety. La seguridad alimentaria como política pública” Organización Panamericana de Salud/ Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS).

SUÁREZ IGLESIAS, J.L. y col. (2012) “Estudio de la eficacia de los sistemas APPCC para detectar deficiencias: caso de un matadero de bovino y porcino”. Eurocarne Nº 203. Enero-Febrero 2012. Laboratorio de Higiene, Inspección y Control de Alimentos. Facultad de Veterinaria, USC. 27002, Lugo.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3368

Ecodesign assessment information an important tool for the design of new elements for building construction

González-Madariaga, Francisco J.[a]; Rosa-Sierra, Luis A.[b] & Gómez Gómez, Jaime F.[c]

[a]PhD Full Professor. CUAAD. Universidad de Guadalajara, México. francisco.madariaga@cuaad.udg.mx

[b]PhD Full Professor. CUAAD. Universidad de Guadalajara, México. alberto.rossa@cuaad.udg.mx

[c]PhD Full Professor. CUAAD. Universidad de Guadalajara, México. jaime.gomez@cuaad.udg.mx

Resumen

En el proyecto que se entrega, se busca demostrar la Hipótesis que señala que es posible la fabricación de elementos constructivos, partiendo de residuos de partículas de plásticos expandidos y fibra de agave como agregados, todos conglomerados en una pasta de yeso. Se ha llevado a cabo un proceso investigación de materiales, de diseño y desarrollo de producto, que propone la aplicación de los resultados de este proyecto de investigación, en un sistema constructivo para particiones interiores y techos falsos. Una de las metas principales para este proyecto es la de ofrecer un elemento constructivo con menor impacto medioambiental. Aquí se muestran algunos avances sobre la valoración de impacto ambiental del nuevo sistema constructivo y que permiten observar una mejoría, comparado con algunos sistemas ya disponibles.

Palabras clave*: Ecodiseño, Reciclaje del plástico, Elementos de construcción*

Abstract

A new wallboard panel has been developed. The flat panel is manufacturated mainly with a nucleus of gypsum plaster and enriched with agave dry fiber and expanded plastic particles, both agave and plastic are recovered materials and they cooperate to produce a light and resistant flat building construction product. Wallboards samples were produced according several formulas and under different conditions, then they were tested in materials labs. Today most of project stages are close to be finished and the research team works on a whole new building construction system design. One of the main objectives for this project is to reach a better ecological impact than other similar systems, in order to verify those benefits an Ecodesign assessment has been carried on. In this paper some important information and data about the assessment are shown.

Keywords: *Ecodesign, Plastics recycling, Building construction elements*

I. Desarrollo

1.1 Diseño del Proyecto de Investigación

El proyecto de investigación que se muestra: Diseño de elementos para un sistema constructivo basado en innovadoras placas fabricadas con yeso, fibra de agave y partículas de plástico expandido; incluye 6 fases:

(1) Antecedentes, (2) Trabajos previos, (3) Etapa experimental I, (4) Etapa experimental II, (5) Diseño y desarrollo de producto y, (6) Evaluación de ecodiseño.

2. Hacia la disminución del impacto de los productos al medioambiente. El ecodiseño.

El Ecodiseño analiza las relaciones que mantienen el medioambiente y un producto a lo largo del ciclo de vida de este último, al tiempo busca que las funciones propias del producto sean las más eficientes. La mayoría de los objetivos del ecodiseño sólo se pueden lograr si son incorporados durante la fase de diseño. Una herramienta valiosa para mejorar el desempeño ambiental de productos es la Evaluación de ecodiseño (Rieradevall, 1999).

3. Trabajos previos de investigación

Los trabajos previos del proyecto (fases 1 y 2) permitieron analizar información de dos de los componentes usados para la fabricación de placas; yeso y partículas de plástico expandido. Durante las fases se obtuvieron datos del amasado de pastas y de la integración de los residuos de plástico en esas pastas. Se determinaron proporciones de los componentes, viscosidad de las pastas, tiempos de fraguado, endurecimiento, y densidades aparentes obtenidas.

4. Etapa experimental 1

4.1 Selección de mezclas

La etapa experimental 1 dio inicio con el diseño de un árbol de combinaciones de los diferentes materiales organizados en grupos de trabajo, en total 68 mezclas, y de todas ellas se produjeron muestras. Además, se fabricaron dos grupos de muestras que no incluyen partículas de plástico, y que funcionaron como materiales de comparación. Todas las muestras (12.5 x 300 x 400 mm) se recubrieron con papel grueso en sus 2 caras y fueron sometidas a los siguientes ensayos: absorción de agua por inmersión total, determinación de densidad laminar, ensayo de flexión, ensayo de reacción al ataque directo de flama y resistencia al impacto. Las normas empleadas, los procedimientos detallados y los resultados de los ensayos se encuentran disponibles en otras publicaciones (González, Madariaga: 2006)

5. Etapa Experimental 2

5.1. Fabricación de nuevas probetas

En la Etapa Experimental 2, se seleccionó y fabricó un nuevo grupo de muestras que posteriormente fueron sometidas a ensayos para su caracterización. Para mejorar su desempeño a esfuerzos de flexión, las mezclas incluyen ahora un nuevo componente: fibras cortas de agave.

Las normas empleadas, los procedimientos y resultados detallados de los ensayos se encuentran disponibles en otras publicaciones (González Madariaga: 2012a) .

5.2 Caracterización. Aplicación de usos similares a la placa de yeso estándar

Los ensayos para caracterización de placas son los mismos en las dos etapas experimentales (punto 4.1), esto permite establecer una comparación entre ambos trabajos de laboratorio. Los resultados de los ensayos se resumen así:

5.2.1 Resultados de los ensayos

5.2.1.1 Ensayo de absorción al agua por inmersión total de las placas

De los datos se puede extraer que se obtuvieron resultados favorables en donde las muestras registraron un menor porcentaje en absorción de agua, lo que nos indica que la inclusión del plástico EPS como segundo material, ayuda a disminuir los niveles de absorción. Sin embargo esta característica disminuye con la presencia de fibra de agave donde se da una mayor absorción de agua.

5.2.1.2 Ensayo de Densidad Laminar.

La densidad laminar es la cantidad de masa de una placa en función de su espesor (kg/m^2). La serie de muestras que incluyen partículas de plástico presentó una densidad laminar menor que aquellas muestras sin partículas. Por su parte las muestras que tienen agregados de fibra en su composición reportaron masas competitivas comparadas con productos similares disponibles en el mercado, de aquí se puede concluir que la composición que se necesita para obtener los resultados deseables para el proyecto se obtienen de un balance de ambos grupos: si bien la presencia de partículas de EPS disminuye la densidad de los nuevos materiales hasta en un 26%, la fibra de agave en placas produce un aumento de masa. Sin embargo el uso de fibras se justifica ya que ofrece otros beneficios, como el aumento de resistencia a la flexotracción.

5.2.1.3 Ensayo de Flexión de las placas

Estos ensayos se llevaron a cabo bajo la dirección del Dr. Francisco Javier Talavera investigador del Instituto de Celulosa y Papel del Centro Universitario de Ciencias exactas e Ingeniería (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara, México. Los resultados del ensayo aún se analizan, pero se dispone ya de algunas conclusiones: el grupo de placas que presentó menor resistencia a la flexión fue el grupo de placas fabricadas con pastas de yeso, residuos de EPS y agua. El grupo de placas con agregados de fibra de agave presentó una resistencia mayor a la flexotracción, esto parece confirmar que los agregados de fibra de agave favorecen la resistencia de las placas a estos esfuerzos.

5.4.1.4 Ensayo de Reacción al Fuego.

De los ensayos sobre placas se obtiene que las muestras obtenidas de placas comerciales presentaron una afectación por ataque de fuego directo muy similar a las placas de la investigación. El grupo de placas con Yeso, Agua, Fibra y EPS que presentó un comportamiento desfavorable en los bordes fueron las de la serie YEP con un promedio de 10 cm^2 de área afectada, mientras que las que resultaron más favorables para éste ensayo fueron las placas YEP/E que su área afectada es 50% menor que las mencionadas anteriormente. Esto nos habla no sólo de la importancia de la cantidad de fibras de agave en las placas, sino también de la forma como se originaron las fibras empleadas. Es conveniente recordar que las fibras de agave integradas en las placas, son residuos del proceso de obtención de la bebida alcohólica denominada tequila. En la industria del tequila hay dos procesos de prensado para la obtención de mieles

para la destilación; prensado del agave en crudo y otro prensado después de ser sometido a cocción. En esta investigación se emplean fibras obtenidas por ambos procesos.

5.2.1.5 Ensayo de Resistencia al impacto de las placas

En los resultados preliminares (los datos más precisos aún se encuentran en proceso de publicación) se observa que sólo un grupo de placas superó los límites marcados por la Norma. En la mayoría de los casos, las placas que contienen fibra de agave muestran resultados favorables para el proyecto, de aquí se puede expresar que la presencia del agregado de agave en las placas investigadas, mejora las propiedades de resistencia al impacto en las muestras donde participa

5.3. Conclusiones de la Etapa Experimental 2

Una ventaja principal de los nuevos materiales de placa está en su ligereza, donde una placa de 12,5 mm de uno de los nuevos materiales tiene un peso de hasta 5,55 kg/m^2 mientras una placa comercial tiene su peso entre 9,8 y 10 kg/m^2. La ventaja disminuye con la inclusión de fibras de agave, sin embargo se puede decir que esta característica facilita su manejo en producción y que puede traducirse en un beneficio medioambiental. También se añade como beneficio medioambiental la aplicación de productos revalorados (como las partículas de plástico y la fibra de agave) en las nuevas placas de materiales reciclados.

Los ensayos han confirmado las buenas características de reacción al fuego de los materiales propuestos. En varias de las comparaciones entre las resistencias mecánicas de las placas estándar y las placas fabricadas con residuos de espuma y fibra se observa un mejor desempeño de los materiales comerciales, la pérdida de resistencia en los nuevos materiales se puede explicar por la rica proporción de agua empleada en la preparación de las mezclas y a la utilización de residuos de EPS lo que resulta en una estructura ligera, pero de alta porosidad y por ello más débil.

Del grupo de ensayos aplicados a probetas de placas, se confirma que los nuevos materiales son utilizables en aplicaciones similares a las de placas estándar de yeso laminado. Sin embargo es menor la resistencia de las placas investigadas.

Se ha mostrado que las aplicaciones propuestas son una alternativa para la revaloración de residuos de espumas de EPS y fibras de agave. Se ha logrado así una propuesta de productos alternativos para la construcción, que además pueden fabricarse con procesos accesibles para una pequeña o mediana empresa.

6. Evaluación comparativa de Ecodiseño

La evaluación de Ecodiseño (en adelante ECC) es un proceso que aplica diversas herramientas de recolección de información y análisis, los resultados son especialmente útiles en la toma de decisiones durante el proceso de diseño. En este escrito, se enfatiza en la disminución de los requerimientos de energía y materiales, así como el manejo de residuos durante todas las etapas del ciclo de vida de un producto específico (González M. 2012b).

6.1. Etapas del proceso de Ecodiseño

Las etapas generales de Evaluación de Ecodiseño incluyen :

A. Creación del equipo y planificación , B. Evaluación de ecodiseño , C. Implantación de las mejoras determinadas en la evaluación, D. Seguimiento de las mejoras, E. Valoración del proyecto. La etapa B, incluye las siguientes acciones:

6.1.1 Descripción del producto

Identificación y organización de todos los elementos del producto a evaluar.

6.1.2. Descripción de materiales

Identificación de los materiales con los que está fabricado el producto por evaluar

6.1.3. Descripción del sistema producto

Esta etapa relaciona las cinco etapas del ciclo de vida de un producto con los materiales y procesos involucrados.

6.1.4. Determinación de la unidad funcional

De acuerdo a los intereses del proyecto se establece una cantidad de producto a evaluar. Es conveniente enfatizar que no se debe de confundir un lote con una unidad funcional, ya que ésta última se relaciona no sólo con la cantidad de materiales y energía requeridos.

6.1.5. Aplicación de la matriz MET

La matriz MET es una herramienta semicuantitativa de análisis de impacto medioambiental de producto, que permite organizar de manera sistemática la información ambiental relevante relacionada con la evaluación, lo que facilita al equipo de ecodiseño la posibilidad identificar amenazas y oportunidades de mejora. La matriz MET permite capturar y organizar en una tabla, información acerca de los **materiales (M)** utilizados, la **energía (E)** consumida y las **emisiones tóxicas (T)** generadas durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto. La matriz MET favorece el análisis grupal.

6.1.6. Análisis de la matriz MET

De la elaboración, discusión y análisis de la matriz MET obtenida, el equipo de ecodiseño propone acciones generales de mejora.

6.1.7. Ecoperfil de producto

Con la información generada el equipo de ecodiseño evalúa el desempeño del producto. La gráfica esta compuesta por seis vectores: a. *satisfacción de las funciones* que debe cumplir el producto, b. *eficiencia de la selección de materiales* en los que está fabricado, c. *fabricación del producto*, eficiencia en la selección y aplicación de las técnicas de producción a través de las cuales se obtiene el producto, d. *comercialización y distribución*, descripción y evaluación del proceso que lleva el producto evaluado de su fabricante al usuario del mismo, e. *Uso del producto*, el equipo evalúa como se usa el producto e identifica oportunidades de mejora, f. *eliminación final o disposición*, la forma como el producto finaliza su ciclo de vida es también una fuente de oportunidades de mejora. La evaluación se practica por el equipo mediante la asignación de una calificación numérica relativo a la satisfacción que ofrece el producto en los seis vectores, finalmente los resultados se unen formando una gráfica poligonal.

6.1.8. Aplicación de ecoindicadores

Los materiales necesarios para la producción de la unidad funcional se relacionan aritméticamente con ecoindicadores. Los ecoindicadores son valores sin dimensión que cuantifican el impacto ambiental de un material y/o proceso de producción específicos.

6.1.9. Tablas de Ecoindicadores, producción , uso y disposición

En una tabla se relacionan las cantidades obtenidas para cumplir con la unidad funcional con el ecoindicador correspondiente (IHOBE:1999), esto resulta en un indicador de desempeño ambiental

expresado en Mp (milipuntos); el resultado, es un elemento de comparación útil para valorar una estrategia o acción de diseño con su desempeño medioambiental.

6.1.10. Propuestas de mejora

Con base a los resultados de evaluación obtenidos, el equipo de diseño propondrá estrategias de mejora al producto relacionándolas con cada etapa de su ciclo de vida.

6.1.11. Viabilidad de las mejoras

El equipo de ecodiseño califica las propuestas del punto anterior, atendiendo criterios como: sencillez técnica, factibilidad económica y otros de importancia particular de la estrategia.

6.1.12 Propuesta de alternativas de mejora

Se comparan entre sí las alternativas propuestas y sus resultados hipotéticos.

6.1.13. Ecoperfil comparativo de resultados de ecodiseño

Retomado la gráfica poligonal (ver 6.1.7), se evalúan y comparan los resultados obtenidos de la aplicación de las alternativas de mejora al producto, con relación al estado inicial del proyecto.

6.1.14. Conclusiones de la evaluación

7. Desarrollo de la evaluación

Una vez determinadas y caracterizadas las fórmulas de las nuevas placas, se practicó una evaluación ECC; dos mezclas de las ensayadas (mezclas claves 121 y 123) contra otra placa similar disponible en el mercado. La evaluación tiene como objetivo principal validar las mejores conductas de los nuevos productos hacia el medioambiente.

Nota importante: Aquí sólo se exponen; la figura 1 y la tabla 1. Quedan para futuras publicaciones la exposición de las restantes obtenidas en el proceso de ECC.

7.1 Descripción del producto a evaluar

En el mercado se encuentran tres tipos de placas de yeso comercial: Uno, el panel laminado de yeso adherido en sus caras a dos cartones delgados. Para mejorar la resistencia a la flexión, el panel de yeso estándar contiene fibra de celulosa en su núcleo. Dos la placa resistente al fuego: contiene un núcleo reforzado con la integración de fibra de vidrio resistente a medios alcalinos, la cual le proporciona características de resistencia al fuego, y; Tres, Placa de yeso para exterior, que está formado por un núcleo de yeso reforzado con agentes impermeables, que lo hacen resistente a la humedad.

7.1.1 Principales fabricantes de placas de yeso en México

USG. (United States Gypsum Company). KNAUF, Con una capacidad superior a 1000 millones de m², KNAUF es la mayor fabricante de placas de yeso del mundo y por último, PLACA COMEX que nace de la fusión de dos industrias en México; la primera COMEX líder mexicano en la fabricación de pinturas y recubrimientos con 50 años en el Mercado y la segunda, LAFARGE, líder mundial en la industria de materiales para la construcción.

7.1.2 Proceso típico de fabricación de placas laminadas de yeso

Un proceso típico para la fabricación de placas de yeso se puede resumir así:

1.Trituración del Yeso, el yeso procedente de la cantera se reduce de tamaño, obteniéndose un producto con un tamaño máximo de 35 mm, que es el adecuado para alimentar la molienda. 2.Molienda, el yeso es sometido a compresión, entre unos rodillos y un plato de molienda reducido su tamaño progresivamente hasta unas 200 micras, que es el adecuado para calcinarlo y posteriormente formar el yeso-escayola para la fabricación de las placas. 3. Calcinación, mediante la calcinación, proceso de calentamiento del yeso a 160°C durante unos 30 min., el yeso adquiere la propiedad hidráulica, es decir amasada con agua la pasta endurece en minutos. 4. Línea de producción de placas**,** al yeso en polvo calcinado se le añade agua y aditivos con lo que se obtiene una pasta que fraguará en pocos minutos. Por medio de la maquinaria de la línea de producción, esta pasta de yeso se introduce de forma automática y en proceso contínuo, entre dos láminas de cartón, que lleva a la obtención de la placa de yeso laminado. Posteriormente esta placa se corta a la medida especificada, se seca en un horno y se embala. 5. Almacén y distribución.

7.1.3 Proceso general de instalación de placas de yeso

Los elementos que intervienen en la instalación de las placas son igualmente importantes pues forman parte del ciclo de vida del producto. En breve, el proceso consiste en colocar y asegurar las placas sobre una estructura metálica, la estructura generalmente está constituida por materiales livianos como postes y canales galvanizados.

7.2 Descripción del sistema – producto

La determinación del sistema-producto para la evaluación se decidió tomando considerando las etapas del Ciclo de Vida Simplificado (CVS) de un producto: Obtención de los materiales, Producción, Comercialización y distribución**,** Uso del producto y Fin de vida. Adelante (fig.1), se muestran los materiales considerados para valoración, relacionándolos con las etapas del CVS al mismo tiempo que se especifican los sub-procesos que han sido tomados en cuenta, en cada etapa del sistema-producto placa de yeso laminado de núcleo regular. De la información del fabricante, se tiene que el lote de producción se transportará de la planta de fabricación al centro de distribución, desde donde se surtirán los puntos de venta distribuidos en toda la República Mexicana.

Según el datos del fabricante la placa tiene una fase de vida útil de 30 años. En su fase de uso se incluye la instalación de la placa con todos los accesorios necesarios, como lo son: perfiles, tornillos, cinta y pasta para juntas.

7.3 determinación de la unidad funcional

Para efectos de este estudio se determinó que la unidad funcional será: una pared con un área de 2.4 m x 3.6 m recubierta con placas de yeso de 12.5 mm de espesor, la evaluación comprende todos los materiales necesarios para su construcción, excepto acabados.

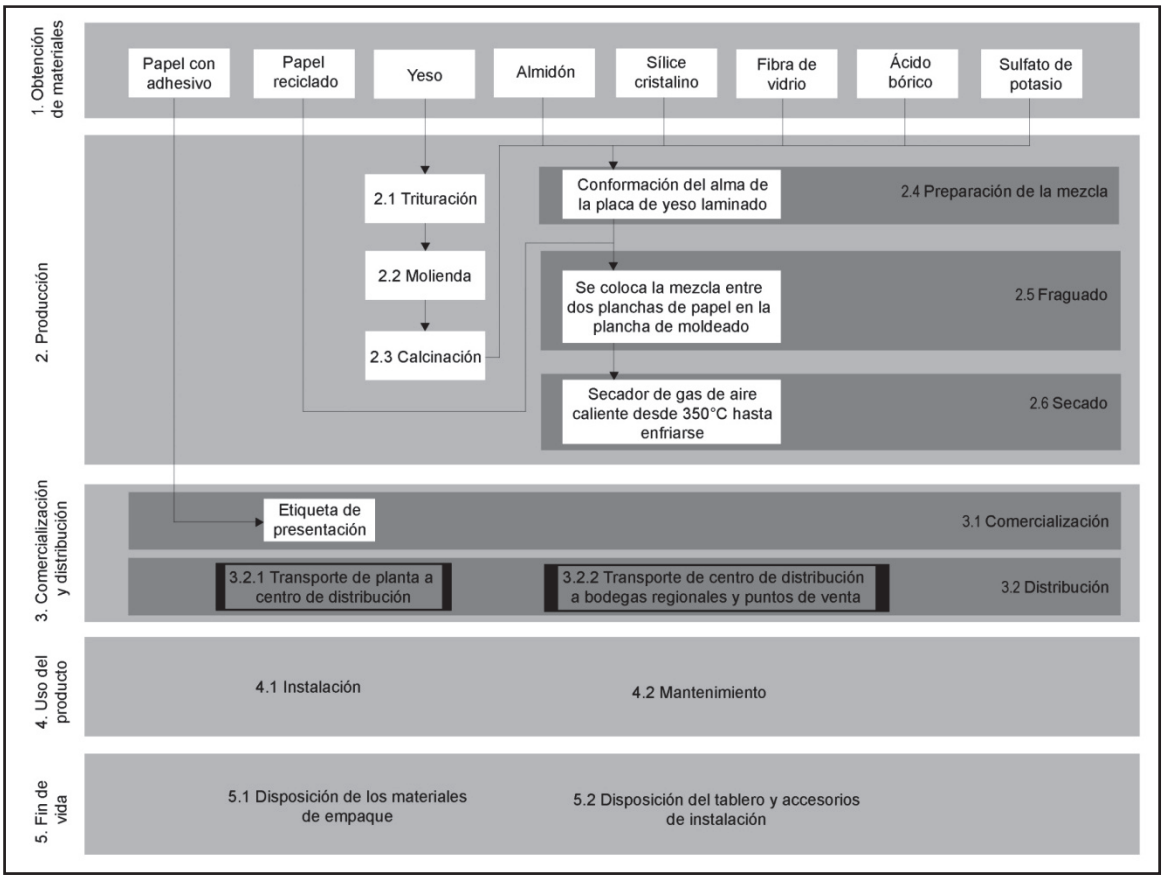


Fig 1. Sistema producto a evaluar . Fuente: Elaboración propia. Elaboración propia. G.Madariaga, Delsordo N. Selene, González Q. A. Patricia (2014)

7.4 Matriz MET

Se examinan los principales impactos detectados en la matriz MET (tabla1). Los impactos están asociados a las cinco fases del ciclo de vida del sistema-producto y se resumen así:

7.4.1. Obtención de materiales

Para la fabricación de las placas de yeso aligeradas, se necesitan 2 tipos de yeso, vulgar y fino, partículas de plástico expandido de entre 3 y 6 mm y fibra de agave seca. Se usa papel o cartón de reciclado para ambas las caras de la placa. Se requieren de distintos elementos accesorios como perfiles metálicos, pasta y cinta para poder su instalación. Todos los materiales se consideran en crudo, no se consideran para efectos de la evaluación los procesos de transformación previos

Tabla 1 Matriz met. Producto comercial

Etapas	Impacto en los recursos materiales (M)				Recursos (E)	Emisiones (T)
1. Obtención de materiales **Se consideran los materiales crudos, pero no se consideran todos los procesos de transformación hasta convertirse en los insumos para la elaboración de la placa de yeso laminado.**	Yeso	Yeso	59.2	kg	La energía asociada a la obtención y transporte.	Emisiones de gases invernadero asociadas a la obtención y transporte.
	Químicos	Sulfato de potasio	3.48	kg		
		Almidón	2.10	kg		
		Sílice cristalino	3.48	kg		
		Fibra de vidrio	0.70	kg		
		Ácido bórico	0.70	kg		
	Celulosa	Papel reciclado	10.4	kg		Emisiones de derivados clorados y azufre.
		Cinta de papel	7.32	m		
2. Producción **Se desglosan materiales y procesos de manera independiente. Sólo se consideran los procesos a partir de que los insumos industriales llegan a planta.**	2.1 Trituración	Yeso natural	59.2	kg	La energía asociada al proceso.	Residuos del material, emisiones por el uso de electricidad.
	2.2 Molienda	Yeso natural	59.2	kg		
	2.3 Calcinación	Yeso natural	59.2	kg		
	2.4 Preparación de la mezcla	Yeso calcinado	59.2	kg		
		Almidón	2.10	kg		
		Sílice cristalino	3.48	kg		
		Fibra de vidrio	0.70	kg		
		Ácido bórico	0.70	kg		
		Sulfato de potasio	3.48	kg		
	2.5 Fraguado	Mezcla	69.6	kg		
		Papel reciclado	10.4	kg		
	2.6 Secado	Placa	69.6	kg		
3. Comercialización y distribución	Celulosa	Papel con adhesivo (etiqueta)	7.32	m	La energía asociada al proceso de empaque y combustibles.	Gases invernadero por el uso de combustibles.
4. Uso del producto	Instalación	Canal metálico calibre 26	2	pza	La energía asociada al proceso de instalación	Residuos de materiales de instalación
		Poste metálico marca USG calibre 26	5	pza		
		Tornillos tipo S, 1”	48	pza		
		Pasta para juntas	2.10	kg		
		Cinta de refuerzo	9.60	m		
5. Fin de vida	5.1 Disposición de los materiales de empaque	Basura doméstica: papel con adhesivo	7.32	m	La energía asociada a los procesos de recolección, transporte y tratamiento de desechos.	Emisiones de gases invernadero asociados a la descomposición.
	5.2 Disposición del tablero núcleo regular	Vertedero: núcleo	3	pza		
		Vertedero: Perfiles metálicos	7	pza		
		Vertedero: Tornillos tipo S 1”	48	pz		

Fuente: Elaboración propia.: G. Madariaga, Delsordo N. Selene, González Q. A. Patricia (2014)

7.4.2 Transformación

Impacto en los recursos materiales: los principales impactos se relacionan con la explotación de dichos recursos renovables y no renovables.

Impacto en los recursos energéticos: dentro de los procesos de obtención de materiales se produce un consumo energético, principalmente el de combustibles no renovables utilizados para la transportación de dichos materiales.

Impacto por emisiones tóxicas: cada categoría de materiales tiene impactos distintos en emisiones o residuos, pero son principalmente los asociados a la contaminación del aire por partículas y emisiones de gases invernadero.

7.4.3. Comercialización y distribución

Incluye los materiales y energía de distribución del producto terminado hacia los lugares físicos del canal de distribución, así como los materiales de protección y marca (etiquetas, empaque y embalaje). No se incluyen los materiales ni energía de traslado de componentes elementales en las diferentes etapas del proceso de extracción y transformación.

Impacto en los recursos materiales: en el caso de las Placas aligeradas, para su presentación al público, son atadas de dos en dos con una cinta de papel (base de celulosa) que se retira fácilmente al momento de ser instalada.

Impacto en los recursos energéticos: este es el rubro con mayor impacto en la etapa de comercialización y distribución, ya que las distancias pueden ser grandes, y por tanto, el consumo de combustibles también. También se incluye la energía requerida para el proceso de empaque individual y embalaje, que suele ser electricidad.

Impacto por emisiones tóxicas: el impacto es principalmente al aire, asociado con la emisión de gases invernadero, y en segundo lugar a los residuos de los materiales.

7.5. Uso del producto

Para esta etapa del ciclo de vida, sólo se consideran las actividades de instalación y mantenimiento del producto.

Impacto en los recursos materiales: los materiales que se agregan en esta etapa del ciclo de vida son los que conforman los accesorios de instalación del producto, como lo son: perfiles metálicos, tornillos, pasta y cinta.

Impacto en los recursos energéticos: se considera la energía asociada al proceso de instalación, la cual suele ser la energía eléctrica utilizada por aparatos como taladro.

Impacto por emisiones tóxicas: las emisiones de esta etapa son principalmente las de residuos de materiales de instalación.

7.6 Fin de vida

Los materiales de empaque y embalaje en su mayoría tienen un final de vida previo al producto, convirtiéndose en basura doméstica e industrial, dispuesta generalmente en vertederos. Cuando el producto en sí llega al final de vida, se convierte en un residuo, que es dispuesto como escombro.

Impacto en los recursos materiales: en esta etapa no se agregan recursos materiales relevantes.

Impacto en los recursos energéticos: se considera el consumo de combustibles para la recolección, transporte y tratamiento de los desechos.

Impacto por emisiones tóxicas: principalmente el impacto consiste en la emisión de gases invernadero por el consumo de combustibles no renovables, y los asociados a la descomposición.

7.6.1. Aplicación de Ecoindicadores

Ahora, se multiplican por un indicador a través del programa Eco –it (Eco-it: 2014) las cantidades necesarias de materiales identificados en la Descripción de materiales En tablas (ejemplo, Tabla 2) se organiza esta información que cuantifica el impacto ambiental de un material o proceso de producción específico, lo cual muestra su utilidad al valorar diferentes estrategias de diseño. Para la aplicación de los indicadores se consideraron, en su mayoría, los materiales iniciales sin transformación. Algunas limitaciones a las evaluación y las tablas correspondientes se describen con detalle en el reporte de la ECC (reporte aún proceso de publicación) las limitaciones se deben principalmente a la disponibilidad de ecoindicadores más precisos.

7.7. Valoración de Estrategias de Ecodiseño

Al momento de escribir esto, las tablas restantes aunque muy avanzadas, aún se encuentran en la etapa de análisis y discusión, por lo cual se reportarán los detalles en documentos de investigación posteriores.

8. Conclusiones

Con la información disponible al momento de escribir esto se ofrecen algunas conclusiones preliminares:

Los resultados de la ECC obtenidos hasta ahora tienden a evidenciar un mejor comportamiento ambiental de las placas formuladas con pastas de yeso, partículas de plástico y fibra de agave, contra las placas comerciales empleadas para su evaluación.

Se puede concluir que los principales impactos al medio se encuentran en la obtención y procesado de los componentes, seguidos por su distribución y uso, mientras que la etapa de fin de vida reporta los menores impactos.

El modelo de ECC empleado, se ha mostrado como una herramienta de gran utilidad para los equipos diseñadores que buscan mejorar el desempeño ambiental de los productos sobre los que trabajan. Sus resultados potencian una mejor toma de decisiones en los equipos de desarrollo de productos.

La ECC es un proceso demandante en recursos humanos, técnicos y económicos esto coopera a que su aplicación sea incipiente en la industria.

La ECC es también una revisión de la calidad de las estrategias y productos evaluados, por lo cuál también puede ser aplicada como una herramienta para mejorar la competitividad de las empresas.

9. Reconocimientos

Nuestro reconocimiento a los jóvenes investigadores:

Zaira Selene Delsordo Núñez. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

Ana Patricia González Quiñonez. Inst. Tecnológico Superior de Cajeme, Sonora. México.

Quiénes como jóvenes investigadores realizando una estancia en la Universidad de Guadalajara participaron activamente y de manera sustantiva en la realización de este trabajo. Mil gracias!

10. Referencias bibliográficas

GONZÁLEZ MADARIAGA, F.J. (2006) *Caracterización de mezclas de residuos de poliestireno expandido conglomerados con yeso o escayola, su uso en la construcción*. Tesis doctoral. UPC, ETSEIB. Barcelona ISBN 978-84-690-6065-0

GONZÁLEZ MADARIAGA F.J & LLOVERAS MACIÀ, J. (2008) EPS recycling bends mixed with plastic or stucco, some applications in building construction. Informes de la construcción.Instituto de Ciencias en la construcción Eduardo Torroja, Madrid. Issn: 0020-0883

GONZÁLEZ MADARIAGA F.J. & ROSA SIERRA L.A. (2013) Caracterización de mezclas de residuos *de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso, su uso en la construcción.* Reporte de investigación 2008 - 2012. CUAAD. Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jalisco, México. En preparación.

GONZÁLEZ MADARIAGA F.J (2012) Ecoeficiencia. Propuesta de diseño para el mejoramiento ambiental. Universidad de Guadalajara, Guadalajara Jalisco, México. ISBN 978 607 450 679 2, México.

IHOBE (1999). ANEXO. Eco-indicator '99. Soc. Pública Gestión Medioambiental. Goedkoop et. al Bilbao

RIERADEVALL, J.& VINYETS, J. (1999) *Ecodisseny i ecoproductes.* Barcelona: Rubes Editorial,S.L. 1a. Edición.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3287

Interaction Design of Public Electronics Equipment: Approach to Categorization Systems and Analysis Model

Barreto Fernandes, Francisco Antonio[a] & Hernandis-Ortuño, Bernabé[b]

[a]Associated Professor. Instituto Politécnico de Leiria, Portugal. francisco.fernandes@gmail.com

[b]Full Professor. Universitat Politècnica de València. Spain. bhernand@upv.es

Resumo

O desenvolvimento tecnológico alterou a forma como os utilizadores se relacionam com os produtos - deixaram de ser recetores passivos de funções para interagirem com sistemas cada vez mais complexos. A presente pesquisa aborda a problemática da interação do consumidor com produtos tecnológicos eletrónicos públicos. São vários os estudos que se debruçam sobre as disciplinas que estudam a interação entre o utilizador e o produto eletrónico (Preece, 2005; Johnson-Laird, 1983; Helander, 1997, Sutcliffe, 1995; Norman, 1990; Moraes, 2001), possibilitando obter conhecimentos sobre o ser humano, a tecnologia e sobre a maneira como atuam. Esta pesquisa pretende-se identificar os domínios do design de interação que envolvem o sistema homem-máquina, designadamente as disciplinas que concorrem para uma boa usabilidade. É proposto seis tipologias que descrevem caraterísticas de interface específicas estudadas segundo o modelo de complexidade definido por Gomes Filho (2003). Realizou-se uma pesquisa exploratória em Portugal a qual identificou vinte e seis sistemas interativos. Para caraterizar os sistemas eletrónicos públicos, o estudo apresenta uma analise estruturada das variáveis atrás referidas, tanto em relação a sua confiabilidade e validade, como também, à sua funcionalidade. Os resultados são comparados com a literatura e são discutidas as suas implicações para o desenho do Modelo de Articulação Utilizador - Sistema.

***Palavras chiave**: Design, Interação, Sistemas, Usabilidade, Modelo de Análise.*

Abstract

Technological development has changed the way users relate to products, they are no longer passive receivers of functions to interact with increasingly complex systems. This research addresses the problem of consumer interaction with public electronic technology products.

There are several studies dealing with the disciplines that study the interaction between the user and the electronic product (Preece, 2005; Johnson-Laird, 1983; Helander, 1997, Sutcliffe, 1995; Norman, 1990; Moraes, 2001), making it possible to obtain knowledge about human beings, technology and the way they operate.

This research aims to identify the areas of interaction design that involve the human-machine system, in particular the disciplines that contribute to good usability.

Six typologies are proposed that describe specific interface characteristics studied according to the model of complexity defined by Gomes Filho (2003).

Exploratory research in Portugal identified twenty-six interactive systems. To characterize the public electronic systems, the study presents a structured analysis of the variables mentioned previously, in relation to both reliability and validity, as well as functionality.

The results are compared with the literature and the implications discussed for the design of the User Interface System Model.

***Keywords**: Interaction Design, Categorization Systems, Usability, Analysis Model, Public Equipment.*

1. Introdução

O presente estudo, pretende contribuir para um melhor entendimento da problemática da interação homem - sistema, e permitir que a usabilidade seja levada em consideração pelos *designers* deste tipo de equipamentos, designadamente, no desenvolvimento de conceitos de interação nos produtos.

Para tal, pretende-se compreender a funcionalidade exigida e as restrições sobre as quais um produto deve operar ou ser desenvolvido, por forma a passar essa informação para as atividades de *design*. Também será pertinente: identificar as caraterísticas dos sistemas interativos públicos e determinar tipologias segundo a funcionalidade e analisar o grau de complexidade; compreender os fatores humanos que intervêm na interação utilizador-sistema; identificar os pressupostos de usabilidade que poderão ser passados para a atividade de *design*; explicar os princípios do *design* de interação; compreender as necessidades dos utilizadores, as suas capacidades e os seus objetivos.

Este estudo baseou-se numa estratégia qualitativa de pesquisa, de caráter exploratório, por meio do levantamento e análise de fontes secundárias (bibliográficas e documental) e pela observação direta dos sistemas no contexto geográfico de Portugal. A metodologia utilizada no estudo considerou ainda um levantamento teórico sobre o processo de interação utilizador - sistema e as suas variáveis e a usabilidade. Para isso, foi utilizada uma abordagem indutiva, onde se tentou unir as proposições particulares observadas e analisadas, por forma, a apresentar um modelo de análise.

2. Design de Equipamentos Públicos Eletrónicos

2.1. Equipamentos Públicos Eletrónicos

No *Design*, um dos principais aspetos ligados ao uso do produto pode ser entendido a partir do estudo na relação que se estabelece entre o Homem – Máquina. Ao *designer* é dada a responsabilidade de conceber a forma como esta ligação é estabelecida.

Desde a Revolução Industrial que a produção em massa permitiu ao homem entrar em contacto com um número crescente de objetos, com diferentes funções, materiais, formas e modos de operar.

Por um lado, a disseminação de novos objetos possibilitou um maior conforto para o utilizador, por outro, aumentou-lhe as dificuldades de se relacionar com eles. Esta dificuldade é sentida com mais intensidade durante as primeiras utilizações, podendo causar nele a sensação de surpresa, confusão, dificuldade, erro e frustração.

Atualmente, os objetos estão mais tecnológicos, complexos e difíceis de utilizar, quer através da adição de novas funções quer pela redução do tamanho.

Segundo Norman (1990), sempre que o número de funções e de operações necessárias é maior que o número de comandos, o *design* converte-se em arbitrário, antinatural e complicado. A mesma tecnologia que simplifica a vida ao adicionar mais funções a cada objeto, também a complica fazendo com que cada artefacto seja mais difícil de aprender e de utilizar.

No espaço público, o utilizador vive rodeado de novos equipamentos eletrónicos urbanos altamente tecnológicos (máquinas ATM, de bilhética, de controle de acessos, validadores de títulos de transporte, de venda de alimentos, controles de elevadores, entre outros). Parte destes equipamentos apresenta um elevado número de funções, reduzida interatividade e lógicas diferentes de operar, obrigando a que o utilizador altere de modelo mental durante as diferentes interações com os diferentes dispositivos com que se confronta.

2.2. Design de Interação

Muitas das questões que se levantam ao Design de Interação estão ainda por revolver. Segundo Preece (2005), o Design de Interação tem como objetivo desenvolver objetos/produtos interativos que apoiem as pessoas no seu dia-a-dia. Por outro lado, usabilidade refere-se à fácil aprendizagem, a uma efetiva utilização, a proporcionar uma agradável experiência e ao envolvimento dos utilizadores no processo de *design*.

O objetivo do Design de Interação é pois, facilitar as interações entre os seres humanos com os produtos. Segundo Saffer (2006), este tipo de *design* deve facilitar a forma como as pessoas interagem entre si através de produtos e serviços. Num certo sentido, é também a forma como os humanos interagem com determinados produtos inteligentes que facilitam a comunicação humana.

Por outro lado, a sua aplicação visa a melhoria da relação homem-máquina (computador) já que o sucesso de um produto no mercado depende muito da experiência interativa que este pode proporcionar.

Alguns dos seus benefícios podem definir-se como:

- Adequar respostas do sistema às entradas do utilizador;
- Equilibrar a relação interação e funcionalidade;
- Prevenir erros do utilizador.

A Interação Homem - Computador é crescente e inevitável, pois grande parte da mudança da sociedade moderna assenta no seu uso. Esta não se limita à interação do utilizador com aplicações informáticas e interfaces gráficas de páginas Web. O computador apresenta-se na maior parte dos equipamentos utilizados mas é impercetível para os utilizadores. Estes não o reconhecem como tal, pois os comandos utilizados não são o *rato* ou teclado, mas comandos visuais, tácteis, vocais, gestuais ou de presença.

A questão sobre a usabilidade de equipamentos eletrónicos urbanos é pouco difundida, fazendo com que seja necessária uma maior abordagem sobre o assunto. Esta questão torna-se ainda mais premente, pois estes equipamentos estão em plena expansão. No entanto esta utilização nem sempre satisfaz o utilizador, causando nele experiências negativas que na maioria das vezes, estão relacionadas com falhas de usabilidade.

2.3. Grau de Complexidade dos Produtos

Segundo Gomes Filho (2003), os produtos podem caracterizar-se de baixa, média e alta complexidade. Produtos de baixa complexidade são aqueles que se configuram numa só peça ou que possuem reduzido número de componentes, os de média complexidade são os que apresentam uma certo carácter sistémico e uma maior quantidade de componentes e os de alta complexidade apresentam um alto grau de sistematização.

Na relação do utilizador com o produto eletrónico, o interface tem caraterísticas de particular complexidade. Por um lado, o manuseamento diz respeito à operacionalidade com o objeto e aos atos físicos que se relacionam com a ação. Por outro, está implicitamente associado ao ato de controlo.

Segundo o mesmo autor, podemos ainda dividir o manuseamento dos produtos em duas categorias: *simples e médio* e *mais complexo*. O primeiro envolve uma quantidade menor de atos operacionais (ex. ligar dispositivo, pressionar um botão, digitar um número). O *mais complexo* necessita de maior número e variedade de ações, com maior frequência, maior velocidade, maior tempo, maior concentração mental ou psicológica.

Assim, os produtos de alta complexidade, por utilizarem um elevado grau de sistematização, apresentam normalmente na sua configuração um grande número de componentes.

Neste tipo de produtos, o sistema homem-máquina-ambiente configura-se de modo completo por meio de relações ergonómicas que se estabelecem mutuamente. O manuseio destes equipamentos necessita de um número de ações precisas, sequenciais, com certa velocidade, exigindo mais tempo e concentração por parte do utilizador. Exemplos deste tipo de produtos são as caixas eletrónicas, sistemas bancários e de bilhética.

Quanto aos produtos de média complexidade são os que apresentam um certo carácter sistémico, possuem uma maior quantidade de componentes e de partes que o configuram e um maior grau de tecnologia envolvida. O seu manuseamento necessita de menor quantidade de atos operacionais.

Designam-se por interfaces de uso simples, aquelas em que as tarefas não exigem dos utilizadores grandes dificuldades de aprendizagem, destreza e experiência, assim como solicita um reduzido esforço físico e mental.

Nestes produtos, o manuseamento necessita de uma quantidade reduzida de ações. No entanto, a linguagem utilizada deve ser simples e clara de forma a proporcionar facilidade, lógica e total compreensão. Exemplos deste tipo de produtos são os videoporteiros, campainhas ou comandos de elevadores.

3. Sistemas Interactivos Públicos

3.1. Sistemas Interactivos Públicos - Tipologías

Do levantamento realizado, na literatura sobre sistemas eletrónicos interativos e ilustrado com imagens recolhidas através da observação direta e pesquisa exploratória *online*, foram identificados um total de

trinta e dois sistemas (32) públicos diferentes, os quais foram agrupados em seis (6) tipologias funcionais diferentes. Através da análise das caraterísticas de cada conjunto foram definidas as seguintes designações: Venda, Informação, Acessos, Bilhética Bancários, Pagamento. Na tabela 1 poderemos ver o resultado do levantamento realizado, isto é, observar quais as áreas, tipologias e produtos associados a cada grupo.

Porém, cada sistema é constituído por um *posto*, onde se realiza a interação e onde se executa uma ou mais tarefas, com um ou mais objetivos. Designa-se por *posto*, o lugar onde alguém é colocado para cumprir uma tarefa ou uma função definida, fazendo parte de um conjunto de ações determinado em si mesmo. O *posto* é, pois, uma posição situada num dispositivo geral (sistema). Corresponde a um papel fixado comportando ordens, isto é, instruções sobre o que é necessário fazer, quando fazê-lo, e como fazê-lo.

Assim, pode-se referir que os postos de trabalho fazem parte do dia-a-dia de praticamente todos os tipos de atividades (profissionais ou outras) do Ser Humano. Segundo Gomes Filho (2003), um posto de trabalho faz parte de um tradicional sistema de produção e, de um modo geral, está inserido nas empresas (indústria, comércio, serviços...).

Dentro deste conceito encontram-se os postos de trabalho eletrónicos, considerados aqui como *sistemas interativos públicos*. Neste tipo de equipamentos, os utilizadores realizam a tarefa instruindo o sistema sobre o que fazer. O utilizador pode dar as ordens de várias maneiras, mas na maioria dos casos é feita através da pressão de determinado botão.

Tabela 1. Sistemas Interactivos Agrupados Segundo Áreas Funcionais

Área / Tipologias / Produtos/Serviços	
1. Sistemas Automáticos de Venda	
Vending Machine	Comidas Bebidas Tabaco Cafetaria Farmacêuticos Selos
2. Sistemas de Informação	
Quiosques Multimédia	Escolas Imobiliário Hotelaria Turismo Rodoviário Culturais Setor Público
3. Sistemas de Controlo Acesso	

Controlo Acessos	Campainhas Elevadores Vídeo Porteiro Obliteradores Torniquetes Biométrico
Sistemas de Bilhética	
Postos de Venda Bilhetes	Transportes Públicos Estacionamento
Bilhética sem Contacto	Cinemas Teatros Exposições Eventos Espetáculos
4. Sistemas Bancários	
Caixa Automáticas	Serviços Bancários Standard
Terminais Eletrónicos	Serviços Bancários Abrangentes
5. Sistemas Pagamento Automático	
Terminal de Pagamento Automático	Lojas/Restaurantes Serviços Diversos
Caixa Automática Self- Checkout	Pequenas e Grandes Superfícies Lojas de média/grande dimensão

Um dos benefícios deste tipo de conceito, que se baseia no fornecimento de uma instrução, é o de sustentar uma ação rápida e eficiente, sendo por isso, adequado principalmente para as ações repetitivas realizadas com objetos múltiplos como é o caso dos sistemas em causa (Preece 2005).

3.2. Sistemas Interativos Públicos - Caracterização

3.2.1. Sistemas de Venda Automática (Vending)

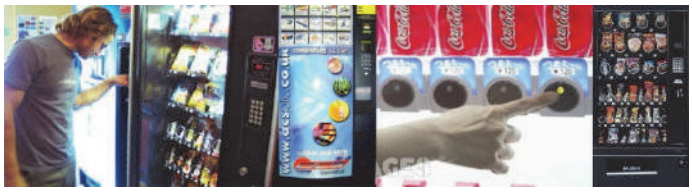


Fig. 1 - Máquinas de Vending.

Os sistemas de venda automática de produtos (*Vending Machine*) são máquinas que utilizam interfaces de baixa ou média complexidade (Fig. 1). Estes equipamentos localizam-se em pontos de alto fluxo e com visibilidade elevada, sendo os canais de venda de produtos de marcas de alta perceção junto ao seu público-alvo.

Os produtos oferecidos apresentam a caraterística de serem de conveniência, com os quais os consumidores não estão dispostos a gastar muito tempo e esforço para comprá-los (Beisel,1993). São produtos que tentam satisfazer necessidades fisiológicas básicas, a fome e a sede, impulsionando o utilizador para o consumo de alimentos e bebidas e tabaco.

A figura 2 mostra as imagens de duas máquinas diferentes, uma de refrigerantes e outra de vários tipos de *snacks*.



Fig. 2 - Sistemas Venda Automática. (a) Máquina de venda de refrigerantes. (b) Máquina de venda de "snacks"

A primeira, máquina foi projetada de acordo com um modelo bastante simples que se baseia numa só instrução. Há poucos tipos de refrigerantes e cada um está representado por um botão que exibe a marca da bebida. O utilizador apenas pressiona determinado botão e recebe a bebida selecionada. A segunda máquina é mais complexa e apresenta maior número de produtos.

Dado o maior número de opções, esta não pode ser instruída através de um simples toque, é necessário um processo mais complexo, que envolve os seguintes cinco (5) passos:

1. Ler o código do produto,
2. Digitar esse código no painel ao lado,
3. Verificar o preço da opção selecionada,
4. Colocar as moedas,
5. Retirar o produto.

3.2.2. Sistemas de Informação



Fig. 3 - Máquinas de Informação.

Os *sistemas de informação* são postos de trabalho que utilizam um modelo conceptual que se baseia em pesquisa e navegação (Fig. 3). Estes modelos possibilitam ao utilizador explorar e pesquisar informações valendo-se da sua experiência adquirida noutras plataformas informáticas.

Estes equipamentos disponibilizam informação institucional das organizações, dos fabricantes, dos catálogos dos produtos, eventos, marketing e promoção, em que o utilizador procura a informação disponibilizada através de pontos de acesso à Internet.

Neste tipo de sistemas, *Quiosques Multimédia,* tem grande importância a forma como se estrutura a informação de modo a fornecer suporte a uma navegação efetiva e permitir ao utilizador pesquisar, procurar e encontrar diferentes tipos de informação.

3.2.3. Sistemas de Acessos



Fig. 4 - Máquinas de Acessos.

O termo *controlo de acessos* refere-se a máquinas que utilizam interfaces de baixa complexidade e estão relacionados com segurança física, sendo uma referência à prática de permitir o acesso a pessoas autorizadas a uma propriedade, prédio, sala, instalações desportivas e de espetáculo (Fig. 4).

O controlo físico de acessos pode ser obtido através de meios mecânicos como fechaduras e chaves; ou através de outros meios tecnológicos, como sistemas baseados em cartões de acesso de leitura de fita magnética, de códigos de barras, de proximidade, da combinação do leitor e teclado, ou através da introdução de dados biométricos que identificam o utilizador

O sistema é composto por processos de autenticação, autorização e auditoria. A autenticação identifica o utilizador, a autorização determina o que um utilizador autenticado pode fazer, e a auditoria diz o que o utilizador fez.

3.2.4. Sistemas de Bilhética



Fig. 5 - Máquinas de Bilhética

Os *sistemas de bilhética* são postos de trabalho eletrónicos que utilizam interfaces de média complexidade tendo como objetivo a venda de bilhetes para os mais variados fins, entre eles, os transportes rodoviários, ferroviários e fluviais, recintos de exposições, de desporto, culturais como salas de espetáculos, cinemas e teatros (Fig. 5).

O sistema de bilhética tem a caraterística de ser um sistema que está exposto ao grande público que compra, manipula e valida os bilhetes antes de passar as barreiras de controlo de acesso. Dado ser um equipamento manipulado pelo utilizador, o fator ergonómico ganha especial importância de forma a facilitar a sua utilização.

Em geral, estes aparelhos de venda de bilhetes exigem que sejam dadas várias instruções em sequência, por uma ordem que pode ser lógica ou arbitrária, o que pode levar o utilizador menos experiente a cometer erros.

Verifica-se ainda, que as ações necessárias nas diferentes máquinas com a mesma função variam muito de marca para marca, evidenciando pouca preocupação de padronização. Portanto, o conhecimento que o utilizador adquire numa máquina durante a interação, poderá não ser muito útil ao executá-la noutra.

3.2.5. Sistemas Bancários



Fig. 6 - Máquinas Bancárias.

Os *sistemas bancários* são constituídos essencialmente por caixas eletrónicas e terminais eletrónicos (Fig. 6). São postos de trabalho informatizados relativamente complexos, inseridos nos processos de automação bancária e funcionam como uma mini agência.

Disponibiliza serviços à base de auto atendimento, tendo como principal caraterística, a prestação de serviços bancários de modo ininterrupto e a utilização pelo cliente é efetuado através de cartão bancário.

O cliente/utilizador tem acesso pronto e automático às diversas modalidades de serviços prestados pelo banco: levantamento de dinheiro, consultas, transferências de valores entre contas, depósitos, realização de aplicações e investimentos, obtenção de estratos impressos, pagamentos de serviços, de e para outros serviços.

O utilizador-cliente necessita de alguma experiência para realizar certas tarefas e evita explorar no interface novas funcionalidades dada a responsabilidade que podem acarretar as ações incorretas.

3.2.6. Sistemas de Pagamento Automático



Fig. 7- Máquinas de Pagamento

Relativamente aos *sistemas de pagamento automático* são produtos que utilizam interfaces de baixa complexidade, como um simples terminal de pagamento automático, que permite realizar pagamentos eletrónicos no ponto de venda mediante a utilização de um cartão bancário (Fig. 7). O utilizador-cliente apenas tem que verificar o valor a pagar e introduzir o código secreto.

Outros produtos de pagamento utilizam interfaces de uso complexo, como as caixas de registo e pagamento *self-checkout*. Nestes sistemas, o cliente regista todos os produtos e no final efetua o pagamento.

É um sistema complexo que obriga a uma grande quantidade de ações em sequência, sendo necessária por vezes a presença de operadores para assistir os clientes, principalmente durante as primeiras utilizações.

Estes sistemas colmatam os problemas de fluxo, principalmente dos consumidores com pequenas unidades de produtos, e privilegia a rapidez, o controlo da operação e a privacidade. Estes equipamentos estão disponíveis em bombas de gasolina, restaurantes *self-service* e em grandes superfícies comerciais.

4. Análise e Discussão dos Resultados

A análise realizada às seis tipologias reconhece que no espaço urbano público o utilizador encontra sistemas eletrónicos muito diversos (Tabela 2). A análise à complexidade dos sistemas foi realizada tendo como base a utilização de cada equipamento numa *ação standard* (A/S) (ou de "uso principal do produto" (Gomes Filho, 2006)).

Tabela 2. Grau de Complexidade dos Sistemas

Tipologias	**Produto**	**Baixa** (Simples de uso) **1-4**	**Média** (Sistémico de uso) **5-10**	**Alta** (Sistémico de uso e muito tecnol.o) **10 (+)**	**Nº Ações**
1.Sistemas de Venda Automáticos A/S: Adquirir um *snack.*	*Vending Machine*	■	■		2-8
2.Sistemas de Informação A/S: Obter informação turística	*Quiosques Multimédia*	■	■		2-8
3.Sistemas Controlo de Acessos A/S: Entrar num banco	*Controlo de Acessos*	■			1-3
4.Sistemas de Bilhética A/S: Comprar um bilhete	*Bilhética s/ contacto*		■		5-8
	Postos E. Venda Bilh.		■		5-8
5.Sistemas Bancários A/S: Levantar dinheiro	*Terminais Eletrónicos*		■		5-8
	Caixa Automático			■	5-15
6.Sistemas Pagamento Automático A/S: Pagamento de um produto/serviço	*Terminal (TPA)*	■			2-4
	Caixa Self-Checkout			■	12-20

Assim, tendo como base para a análise comparativa uma ação *standard* definiu-se para o caso dos sistemas:

- Venda Automático - a ação "Comprar um produto alimentar (ex. snack) ";
- Informação - a ação "Obter informação turística (ex. uma cidade) ";
- Controlo de Acessos - a ação "Entrar num espaço público restrito (ex. Banco)",
- Bilhética - a ação "Comprar um bilhete";
- Bancários - a ação "Levantar dinheiro",
- Pagamento Automático - a ação "Pagamento de um Produto/Serviço".

Conclui-se pela análise realizada, que o grau de complexidade dos sistemas é muito diverso, determinado por um conjunto de ações muito distintas e em diferente número.

Assim, relativamente aos sistemas de *Venda Automáticos* podem apresentar um grau de complexidade baixo a médio porque a inter-relação varia entre um (2) a cinco (8) ações.

Nos sistemas de *Informação,* em que a interação é baseada na dinâmica pesquisa-navegação, as ações variam entre dois (2) a oito (8) ações. Caso o indivíduo necessite de mais informação, as oito ações serão ultrapassadas.

Nos sistemas de *Controlo de Acessos*, verifica-se um baixo grau de complexidade dado que o indivíduo apenas tem que interagir com o dispositivo entre uma (1) a três vezes (3). Ou passar um cartão, ou passar um cartão e digitar um código, ou estas duas e carregar num botão.

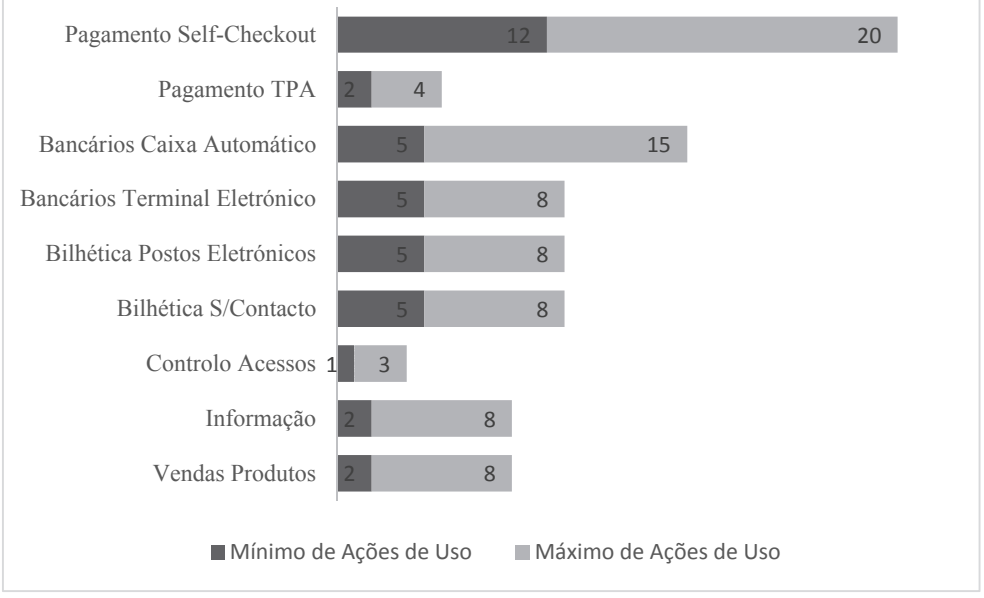
Quanto aos sistemas de Bilhética, o grau de complexidade é médio. Nos dois sistemas de bilhética analisados o número de ações varia entre cinco (5) e oito (8).

Relativamente aos sistemas *Bancários*, verifica-se um grau médio a alto de complexidade dado que o indivíduo nos Terminais Eletrónicos tem que interagir entre cinco (5) a oito (8) vezes com o sistema enquanto na Caixa Automático a variação pode ser maior, entre as cinco (5) e as quinze (15) ações.

Quanto aos sistemas de *Pagamento Automático*, verifica-se um baixo e um alto grau de complexidade dado que o utilizador no *TPA* só tem que realizar entre dois (2) a quatro (4). Por outro lado, nas Caixas Automáticas *Self-Checkout* o utilizador tem que realizar no mínimo doze (12) ações que, para o mesmo produto, pode chegar até vinte (20) ações. Nestas caixas, o utilizador tem que efetuar primeiro o registo do produto antes de efetuar o pagamento.

Tomando como referência a ação *standard* de cada sistema e por análise comparativa chegou-se aos valores muito diferenciados (tabela 3).

Tabela 3. Grau Comparativo Complexidade os Sistemas Públicos



Dos resultados apresentados verifica-se que o sistema de Pagamento *Self-Checkout* é o que apresenta o número de ações mais elevado, entre 12 a 20 ações. Outro dos sistemas que merece a nosso atenção é o

Bancário de Caixa Automático, o qual apresenta igualmente um número de ações que pode chegar às quinze (15). Relativamente ao sistema de controlo de acessos, é o sistema que apresenta os valores mais baixos entre 1 a 3.

Assim, no contexto do acesso aos sistemas eletrónicos urbanos públicos analisados, o sistema de Pagamento *Self-Checkout* constitui um problema especial para o Design. O equipamento é de uso sistémico e altamente tecnológico que sob condições de uso normal, deveria simplificar o sector do retalho no fluxo junto ao *Checkout* e facilitar o trabalho do utilizador aumentando a rapidez e a eficiência durante o ato de registo e pagamento dos produtos.

Por um lado, são vários os fatores psicológicos que interferem nesse delicado equilíbrio de controlo do sistema:

- Curiosidade
- Desafio da dificuldade
- Tolerância à frustração
- Tolerância ao erro

Por outro, quanto maior for o número de controlos, maior é a complexidade da perceção dos sistemas, obrigando o utilizador a aprender mais sobre a tarefa a desempenhar.

Para fazer com que algo pareça fácil de usar, talvez o Design tenha que minimizar o número de controlos por forma a igualar ao número de funções (Norman, 2006).

5. Modelos de Análise

Para explanar a forma como o designer vai ter que intervir, na segunda parte deste estudo debruçámo-nos sobre a noção de Modelo e Análise como forma de definir um esquema orientador da conceção teórica subsequente e a qual deve identificar os aspetos que intervêm no Design de Interação e na relação utilizador-sistema.

Primeiramente refletimos sobre os conceitos associados aos modelos teóricos, e verificámos na literatura a noção de "Modelo Mental e de "Modelo Conceptual" do ponto de vista do utilizador e do *designer*.

Seguidamente, e com base na análise global propusemos um Modelo de Análise onde se determina as relações entre os conceitos, as suas dimensões e indicadores, e onde se organiza de forma lógica e integradora as diversas variáveis e a dinâmica do assunto tratado (Sousa e Baptista, 2011).

5.1. Modelo Mental e Modelo Conceptual

Um modelo mental é uma representação de um objeto ou de um processo, sendo estruturalmente análogo aquilo que ele representa (Johnson-Laird, 1983). Embora seja incompleto e não represente diretamente a realidade, habilita o indivíduo que o possui, de fazer previsões ou de dar explicações (Kleer e Brown, 1981). Um modelo mental pode ser adquirido através da transmissão cultural, de instrução e das interações com outras pessoas e com o mundo (Borges, 1999).

Os modelos mentais são representações dinâmicas e produtivas que podem ser manipuladas mentalmente para proporcionar explicações causais de fenómenos físicos e para realizar previsões sobre o estado de coisas no mundo físico.

Muitos modelos são criados no momento da resolução de um problema específico, devido às solicitações dessa situação. No entanto, é possível que alguns modelos mentais, ou partes deles, mostraram utilidade no passado, sejam armazenados como estruturas separadas e recuperadas da memória de longo prazo quando necessário.

O conceito de *Modelo Mental* tem sido utilizado por diferentes estudos e de diferentes formas Johnson-Laird (1983), tendo tido início na psicologia e do qual a ergonomia faz várias leituras.

Para Helander (1997) é a expectativa que um utilizador tem em relação ao comportamento do computador.

Segundo Sutcliffe (1995), os modelos mentais podem ser divididos em modelos físicos e em modelos conceptuais.

- Os *Modelos Físicos* descrevem o relacionamento de objetos no mundo real em termos de distribuição espacial de eventos num dado período. Podem ser visualizados, especialmente se o problema envolve raciocínio espacial.
- Os *Modelos Conceptuais* são expressões linguísticas superficiais numa linguagem interna que, embora baseada na linguística, representa uma abstração futura. Modelos conceituais são uma espécie de linguagem mental interna que representa valores reais sobre objetos e as suas relações. A forma dos modelos mentais difere de pessoa para pessoa e depende de estilos cognitivos pessoais.

Preece et al (1994), defende que quando se interage com qualquer coisa, que pode ser o ambiente, outra pessoa ou artefato tecnológico, criam-se modelos mentais internos ao utilizador. E quando executados ou repetidos do início ao fim, os modelos "propiciam as bases a partir das quais se podem predizer ou explicar as nossas interações".

Moraes e Mont'Alvão (2000), destacam que o termo algumas vezes refere-se ao modelo que o utilizador tem do sistema, outras ao modelo que o projetista tem do sistema, e outras ainda, ao modelo que o projetista ou o sistema tem do utilizador.

Para Senge (1996), modelos mentais são feitos de premissas profundamente enraizadas, generalizações ou mesmo figuras ou imagens que influenciam como entendemos o mundo e como agimos.

Em comum a todas as definições está a ideia de que possuímos mapas cognitivos, a partir dos quais interpretamos os ambientes complexos e agimos sobre eles.

Assim, os autores atrás referidos preferem usar o termo modelo mental como o modelo que o utilizador tem do sistema. Então, modelo mental do utilizador "compreende o modelo do sistema, formado pelo utilizador, através de experiências e interações com o sistema e a partir da imagem do sistema" (Moraes, 2000).

Para Norman (2002), o modelo mental é o modelo conceptual do utilizador sobre a maneira particular como um objeto funciona, como os eventos acontecem ou como as pessoas se comportam. "Esses modelos são essenciais pois dão ao indivíduo uma visão sobre o mundo, sobre as suas próprias capacidades e sobre as tarefas que lhe são solicitadas realizar. Os modelos mentais possuem um poder de explicação e de previsão para o entendimento dessas relações - ajudam a entender as nossas experiências, prever as reações das nossas ações e manipular ocorrências inesperadas".

Para Booth (1992), esses modelos "são sempre construídos de evidências fragmentadas, com um entendimento pobre do que está a acontecer, e com um tipo de psicologia ingénua que procura causas, mecanismos e relações mesmo quando elas não existem", resultando na tendência que o ser humano tem de dar explicações para as coisas.

Em relação aos modelos mentais, Norman (1983) refere que é necessário considerar quatro elementos diferentes:

- O *sistema alvo*
- O *modelo conceptual* do sistema alvo
- O *modelo mental* do sistema alvo construído pela pessoa
- O *modelo do cientista* deste modelo mental

O sistema que a pessoa está a aprender ou a usar é, por definição, o *sistema alvo*. Um modelo conceptual é inventado por professores, projetistas, cientistas e engenheiros para proporcionar uma representação apropriada do sistema alvo, no sentido de ser preciso, consistente e completo.

Os modelos mentais são modelos em evolução, pois através da interação com o sistema, o utilizador altera o seu modelo mental no sentido de obter um resultado viável. Este modelo em evolução privilegia a funcionalidade em detrimento da precisão técnica.

Os modelos mentais são limitados pelo conhecimento técnico do utilizador, suas anteriores experiências com sistemas similares e pela estrutura do sistema humano de processamento de informações.

Norman (ibidem) concluiu que a compreensão que as pessoas têm sobre os dispositivos com os quais interagem é fraca, imprecisa e inconsistente. Os modelos contêm apenas descrições parciais das operações e uma grande área de incerteza.

Norman (ibidem) chegou à seguinte generalização sobre os modelos mentais:

1. São incompletos.
2. A destreza do utilizador em manipular os modelos é muito limitada.
3. São instáveis: o utilizador esquece detalhes do sistema, especialmente quando esses detalhes não são usados durante um certo tempo.
4. Não possuem limites rígidos: dispositivos e operações similares ocasionam confusão.
5. Não são científicos: o utilizador tem comportamentos supersticiosos mesmo sabendo que estes não resultam.
6. São parcimoniosos: O utilizador está disposto a realizar um esforço físico suplementar em troca de um modelo mental menos complexo.

As ciências cognitivas podem ajudar a entender as estruturas incompletas, indistintas e confusas que o utilizador tem sobre os produtos tecnológicos. Os *designers* têm a obrigação de desenvolver sistemas que ajudem o utilizador a conceber modelos mentais adequados à sua interação com o sistema. Ter em consideração o conhecimento do utilizador em termos de modelos mentais pode ajudar o *designer* a desenvolver interfaces apropriadas.

Norman (2002) afirma que o modelo conceptual permite simular mentalmente a manipulação de um dispositivo. Qualquer artefacto será mais simples de utilizar se tiver um bom modelo conceptual. Uma parte fundamental no desenvolvimento de um modelo consiste em determinar se as ideias criadas a respeito de como o sistema se deve parecer e se comportar, serão entendidas pelos utilizadores da maneira que se pretende.

Com base nos princípios apresentados, o *designer* deve assim construir um modelo conceptual para o artefacto que seja adequado ao uso.

Norman (ibidem) distingue três componentes associados ao artefacto: o Modelo do Designer, o Modelo do Utilizador e a Imagem do Sistema (fig.8). Os modelos do *designer* e do utilizador são modelos mentais. As pessoas formam modelos mentais de si próprias, das coisas e das pessoas com as quais interagem.

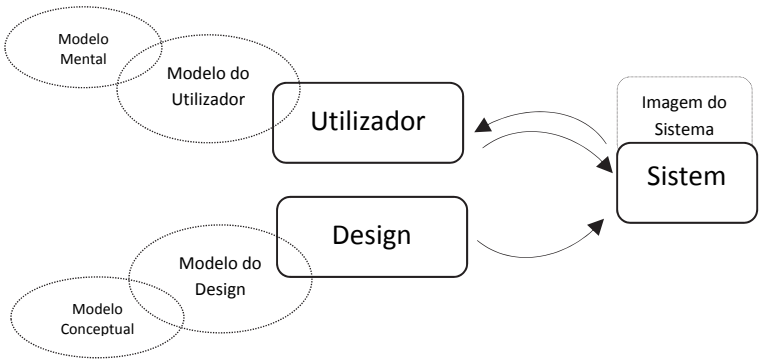


Fig. 8 Adaptado segundo o Modelo Conceptual de Norman (2002)

Esses modelos terão o poder de previsão e explicação, necessários para a condução da interação. Assim,

- O Modelo do Utilizador é o modelo mental que o utilizador desenvolve na interação com o sistema.
- O Modelo do Designer é o conceito que o *designer* tem sobre como o sistema deve trabalhar.
- A Imagem do Sistema resulta da estrutura visível do dispositivo, da sua aparência física, da sua forma de operar, de como responde..

Seria ideal, que o modelo do *designer* e do utilizador, coincidissem. O *designer* espera que o *modelo de design* seja idêntico ao do utilizador. Mas o utilizador não tem acesso direto ao *modelo do design* para compreender o funcionamento do dispositivo, ele tem que formar o seu próprio *modelo mental* através da *imagem do sistema* durante o uso.

Para tal, o designer deve assegurar que a *imagem do sistema* deixe o *modelo de design* claro, consistente, coerente, completo e sem contradições de forma a não haver dificuldades na sua utilização.

5.2. Modelo de Análise

Um modelo de análise é neste caso uma representação esquemática da realidade. O modelo de análise seguinte apresenta o esquema teórico representativo das dinâmicas que se estabelecem no Processo de Design de Interação Utilizador-Sistema e identifica ainda as variáveis e as relações que se estabelecem entre elas (Fig. 9).

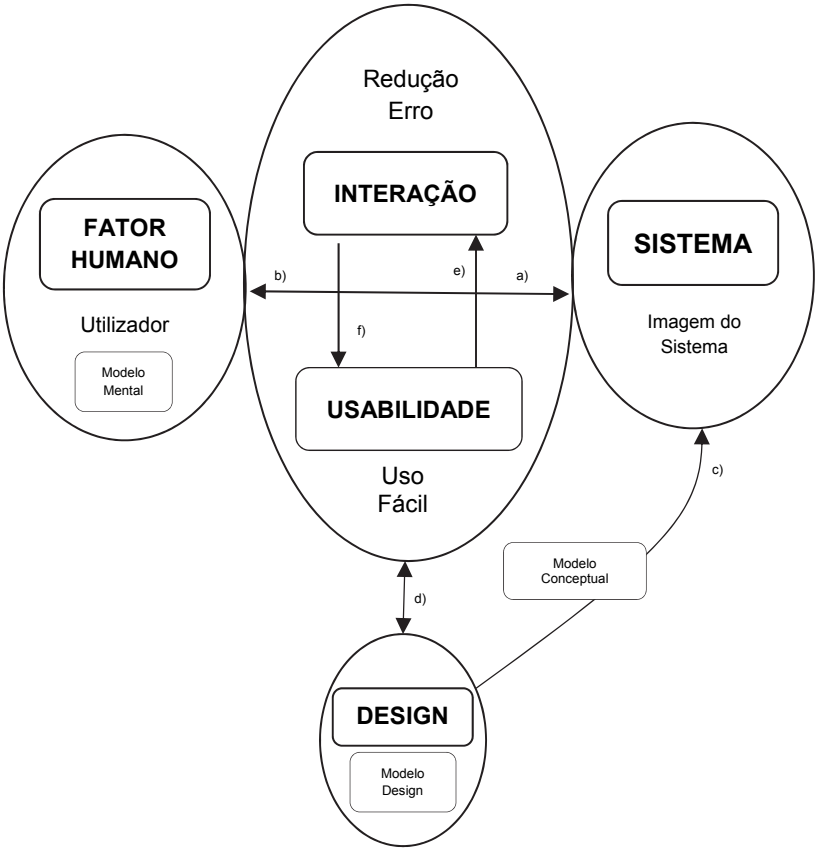


Fig. 9 - Modelo de Análise da Interação Utilizador-Sistema no Processo de Design

A partir da leitura do modelo analítico podemos afirmar que, para se estudar as dinâmicas da interação utilizador-sistema, existem quatro dimensões fundamentais: o Fator Humano, o Sistema, a Interação/Usabilidade e o Design.

Dentro das dimensões principais temos primeiramente a dimensão Fator Humano. Esta dimensão é o conjunto formado pelos utilizadores que vão interagir com o sistema e que vão adquirir experiencia pelo treino e instruções. O modelo mental a ele associado traduz como o utilizador pensa que o sistema funciona. Ele é influenciado pela interação com o sistema, pelas suas experiências anteriores e pela leitura de manuais de funcionamento. O utilizador é uma das variáveis independentes da análise dado ter caraterísticas intrínsecas ao fator humano como: sexo, idade, formação, experiência, social, cultural, hábitos, e linguística.

Na segunda dimensão temos o *Sistema*, o qual é a estrutura do dispositivo construído pela interface com as funções. A esta dimensão temos associado a *Imagem do Sistema*, onde o utilizador irá adquirir informação para formar o seu modelo de utilizador. Isso processasse através da interpretação das ações

percebidas e da estrutura visível do sistema. O *sistema* assume aqui outra das variáveis da análise dado ter caraterísticas diferentes inerentes ao equipamento: dipositivo eletrónico, física da máquina (dimensão, cor, forma, corpo (sustentáculo do sistema), interface, hardware, e software) e funções (número – quantidade, complexidade, variedade).

Noutra dimensão temos a *Interação* e a *Usabilidade*. A *Interação* tem como objetivo reduzir o erro durante a utilização do sistema. Para isso, analisa a relação psíquica do utilizador durante o uso, as suas expectativas, as ações, e os aspetos relacionados com conforto e complexidade. Para além disso, identifica as necessidades e problemas traduzidos pelas variáveis: eficácia, eficiência, segurança / utilidade, facilidade de aprender e de lembrar. Diretamente relacionado com a *Interação* está a *Usabilidade*. A *Usabilidade* diz respeito ao estudo da forma como o sistema é usado. Para isso, analisa e define as caraterísticas das interfaces, os atributos e os requisitos de usabilidade, e determina as linhas guia.

A outra dimensão considerada no modelo de análise global é o *Design*. O *Design* é neste contexto desenvolvido com utilizadores e para os utilizadores. O projeto é centrado no utilizador (grupo piloto) e analisa as experiências, as necessidades e a reação ao interface. Depois é definido o modelo de design que é um modelo conceptual do sistema. Dentro desta dimensão estão incluídos diversos conceitos que são fundamentais para a definição de todo o processo como por exemplo o público-alvo. Esse público pode ser potencial, indireto/ocasional e o público que altera a decisão de compra por ser afetado pela introdução do sistema.

Relativamente às interligações entre as dimensões mencionadas, pressupõe-se que os *utilizadores* que têm um modelo mental de como o sistema funciona, ao interagir com este, vão observar a imagem do sistema, apreender e controlar (*a*).

O *sistema*, por sua vez, apresenta um modelo conceptual de utilização que deve ser compreendido pelos utilizadores (*b*).

Esse modelo conceptual é definido pelo *design* (*c*), determinado pelo modelo mental do *designer*, ou seja, de como ele considera que o utilizador vai interagir com o sistema, e pela pesquisa por ele realizada (*d*). É aplicada ao estudo da usabilidade do sistema com o objetivo de alcançar um bom nível de facilidade no uso e é aplicada no estudo da interação com o objetivo de reduzir o erro e poder fazer melhoramentos contínuos no modelo conceptual.

Por último, a *usabilidade* que define as linhas guia segundo os requisitos de usabilidade tem influência na *interação (e)*. Esta dimensão analisa as ações e a complexidade do sistema e tem como referência um guião para a usabilidade. Por sua vez, ao determinar o grau de interação do sistema determina o seu nível de usabilidade (*f*).

Do ponto de vista do *designer*, o grande contributo para o projeto de investigação do modelo de análise descrito é proporcionar um enfoque teórico no estudo a realizar posteriormente.

6. Conclusões

Este trabalho procurou apresentar a problemática da relação entre o utilizador e os sistemas eletrónicos públicos do ponto de vista do *design* de interação. Partindo de uma abordagem ao conceito de *design* de interação, passando pela análise dos sistemas eletrónicos públicos, identificou-se a existência de seis tipologias, as quais, segundo a análise do seu grau de complexidade, permitiu aferir a diversidade de equipamentos públicos com que o utilizador tem que interagir no dia-a-dia e aqueles que requerem maior aprendizagem.

Este trabalho procurou ainda apresentar os conceitos envolvidos com a análise das variáveis Fator Humano - Sistema, efetuando-se por isso, um modelo de análise que permitiu definir as dimensões, conceitos e variáveis que contribuem para o *design* de sistemas.

Neste contexto, designa-se por Design de Interfaces, a área do *design* que associa o design de produto ao design gráfico, nomeadamente equipamentos que integrem informações textuais, simbólicas, icónicas, mais a identificação de funções operacionais. Por outro lado, designa-se por Design de Interação todos os produtos tridimensionais com os quais o utilizador tem uma experiência de manipulação, e a forma como ele lida com as estruturas de ação que definem os procedimentos de uso.

Os modelos mentais que o utilizador desenvolve na interação com os vários sistemas, têm que ser simples e de rápida aprendizagem.

Por um lado, ao *designer* apresentam-se questões que têm a ver com a ideia que ele tem sobre a forma como o sistema deve funcionar e vai ser percecionado pelo utilizador. Por outro, a perceção efetiva que o utilizador tem durante o uso.

Para isso, o *designer* deve assegurar que a imagem do sistema deixe o modelo de design simples, de acessível compreensão e de fácil aprendizagem para que o utilizador não acabe com um perceção inadequada.

A questão da e interação e usabilidade dos equipamentos urbanos, compostos pela integração de várias equipamentos eletrónicos é pouco divulgada, fazendo com que seja necessária mais estudos sobre o assunto. Esta questão torna-se ainda mais premente, dado que a utilização destes equipamentos está em plena expansão.

Um *design* apropriado pode facilitar a aprendizagem e compreensão como exigir menor controlo e precisão por parte do utilizador. Pode ainda reduzir a incidência e a gravidade de erros ao eliminar as suas causas e melhorar a execução das tarefas diárias.

7. Referencias

ABRAHÃO, J., et al (2013). *Ergonomia e Usabilidade*. 1ª Edição. São Paulo: Blucher.

ALDAWOOD, S. et al. (2015). "*Collaborative Tangible Interface (CoTI) for Complex Decision Support Systems*". MARCUS, A. (Ed.). Em: Design, User Experience, and Usability: Design Discourse. Fourth International Conference, DUXU 2015, Los Angeles, CA., U.S.A. Springer International Publishing, Switzerland. PP. 415-424.

BANCO DE PORTUGAL. (2014). "*Terminais de Pagamento e Caixas Automáticos"*. In: Cadernos do Banco de Portugal, Edição Departamento de Sistemas de Pagamentos, Serviço de Edições e Publicações, Lisboa

<Http://www.bportugal.pt/pt-PT/PublicacoeseIntervencoes/Banco/CadernosdoBanco/Biblioteca%20de%20Tumbnails/Terminais%20de%20Pagamento%20e%20Caixas%20Autom%C3%A1ticos.pdf> [consulta: 29 Março 2016]

BONSIEPE, G. (1992). *Teoria e Prática do Design Industrial – Elementos para um Manual Crítico*. Lisboa : Centro Português de Design.

BOOTH, P. (2014). *An Introduction to Human-Computer Interaction (Psychology Revivals)*. London Taylor and Francis.

BORGES, T. (1999). "*Como Evoluem os Modelos Mentais, Investigações em Ensino*", Artigo. In: Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências. Vol. 1, nº 1, Setembro. UFMG.

<Http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/15/41> [consulta: 25 Março 2016]

BÜRDEK, B. (2006). *História, Teoria e Prática do Design de Produtos*. São Paulo: Editora Edgard Blücher, Terphane Ltda.

DIX, A. et al (2004). *Human-Computer Interaction*. Third edition. Pearson/Prentice-Hall. New York.

FALZON, P. (org) (2007). *Ergonomia*. Edgard Blucher. São Paulo.

FERNANDES, F. et al, (2015). *Do Ensaio à Investigação – Textos Breves Sobre a Investigação*, Bernabé Hernandis, Carmen Lloret e Francisco Sanmartín (Editores), Oficina de Acción Internacional - Universidade Politécnica de Valência Edições ESAD.cr/IPL, Leiria.

GOMES FILHO, J. (2003). *Ergonomia do Objeto - Sistema Técnico de Leitura Ergonómica*. Escrituras Editora. São Paulo.

HELANDER, M., LANDAUER, T., PRABHU, P. (1997). *Handbook of Human – Computer Interaction*. North–Holland: Elsevier.

JOHNSON-LAIRD, P. (1983). *Mental Models: Towards a cognitive science of language, inference and consciousness*. MA: Harvard University Press. Cambridge.

KLEER, J. e BROWN, J. S. (1983). *Pressupostos e ambiguidades em modelos mecanicistas menta**is***. In: *Modelos Mentais*, Gentner, G. e Collins, A.

KRIPPENDORFF, K. (2000). *Design Centrado no Usuário: Uma Necessidade Cultural*. Estudos em Design, Rio de Janeiro, v. 8, n. 3, p.87-88, Set. - Dez.

MORAES, A. MONT'ALVÃO, C. (2000). *Ergonomia, Conceitos e Aplicações*. 2AB. Rio de Janeiro.

MORAES, A., FRISONI, B. (2001). *Ergodesign: Produtos e Processos*. Rio de Janeiro: 2AB.

NORMAN, D. (1993). *Things That Make Us Smart*. Reading. MA: Addison-Welley.

NORMAN, D. (2002). *O Design do Dia a Dia*. Ed. ROCCO Ltd., Rio de Janeiro.

PREECE, J. et al (2005). *Human-Computer Interaction.* Harlow, Addison-Wesley. England.

SENGE, P. (1996). *Closing the Feedback Loop between Matter and Mind. Dialog On Leadership*, Entrevista: Maio 1996. MIT Center For Organizational Learning, Claus Otto Scharmer.
<Http://www.iwp.jku.at/born/mpwfst/02/www.dialogonleadership.org/Sengex1996.html> [consulta: 12 julho 2015]

SOUSA, J., BAPTISTA, C. (2011). *Como Fazer Investigação, Dissertações, Teses e Relatórios - Segundo Bolonha*. Edições Pactor, Grupo LIDEL, Lisboa.

SUTCLIFFE, A. (1995). *Human - Computer Interface Design*. G. Hampshire, Macmillan. Londres.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.2955

Diseño de material didáctico para la enseñanza de anatomía.

Ávila Forero, Juan Sebastián

PhD candidate. Universitat Politècnica de València. Spain. juanseav@gmail.com

Resumen

La dirección de trabajos de grado bajo la temática de diseño y fabricación digital en la Facultad de Diseño, Imagen y Comunicación de la Universidad El Bosque de Bogotá (UEB), tiene como objetivo consolidar las habilidades del oficio del diseñador industrial en formación, con un fuerte componente tecnológico, fortaleciendo sus habilidades de interacción y comunicación con terceros, aportando en su formación cognitiva y ejecución de proyectos de diseño interdisciplinarios con otros campos del conocimiento tradicionalmente no explorados, en este caso específico en la educación en ciencias de la salud, particularmente para los procesos de enseñanza - aprendizaje de anatomía en sus diferentes ámbitos y particularidades. Como temática experimental inicial se seleccionó el desarrollo de material didáctico físico tridimensional para aportar al enfoque educativo de las clases de anatomía y morfología dental de la Facultad de Odontología, que sirvió como escenario de experimentación y que desencadenó la puesta en marcha de diversos proyectos similares con diferentes departamentos en la Universidad, pretendiendo facilitar la experiencia de enseñanza-aprendizaje, garantizando a los estudiantes una formación teórico-práctica a través de herramientas y recursos tridimensionales -simuladores de la realidad-, teniendo como característica una mejor apropiación de la información, a partir de la interacción directa con el conocimiento. El presente artículo busca ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a los estudiantes, y puedan comenzar a permear campos del conocimiento poco tradicionales para el oficio del diseñador industrial, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma, perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinar. Por medio de la planificación de un proyecto de diseño, profundizando el conocimiento en técnicas de modelado orgánico y escultura digital, y aprovechando el boom *de la fabricación digital. Con impresoras de modelado por deposición fundida (FDM) se pueden crear modelos didácticos complejos. Desde la dirección de trabajos de grado, con la temática de diseño y fabricación digital y como estrategia para alimentar los resultados de la Investigación Doctoral en Diseño, Fabricación y Gestión de Proyectos Industriales de la Universität Politécnica de Valencia (UPV), denominada ¨Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia¨, se presentan los resultados del primer año y medio de trabajo teniendo como base algunos resultados de trabajos de fin de carrera de los estudiantes bajo la dirección del profesor Juan Sebastián Ávila, doctorando de la UPV.*

Palabras clave: *diseño, anatomía, enseñanza, impresión 3D, interdisciplinaridad.*

Abstract

The present work is part of the Doctoral Research in Design, Manufacturing and Industrial Projects Management of the Universitat Politécnica de Valencia (UPV) and is incorporated in the PhD project called ¨The implementation of digital design and manufacturing technologies in the teaching of anatomy¨. It is based on the experience as a thesis director in the Design Faculty of the University El Bosque in Bogotá (UEB). The project discussed thereafter aims to strengthen the skills of students in Industrial design. With a strong technological component, the project's method relies on the elaboration of a design project*,ersity El Bosque in Bog in order to deepen the knowledge of organic 3D modeling techniques and do strengthen the skills igital sculpture, taking advantage of the boom in digital manufacturing. Thlogical component, the e project focuses on strengthening the students' communicative and inte*n project*, in order to dractive skills with third parties, it particularly empowers the cognitiques and digital sculptuve abilities needed to work in an interdisciplinary environment. Here thuring. The project focuse study case concentrates on education in health sciences, specifically the tand interactive skillseaching and learning of anatomy in different disciplines. In the initial cognitive abilities nphase of the project, 3-dimensional physical teaching materials were selected to provide the pedagogical approach to Anatomy and Dental Morphology classes of the Faculty of Dentistry.*

Said materials constituted the starting point for further experiences and indeed it triggered the implementation of various similar projects with other departments at the UEB, all aiming to facilitate the experience of teaching - learning, guaranteeing students a theoretical and practical training through three-dimensional resources. The main feature of such training consists in a better comprehension of information, thanks to a direct and concrete interaction. This article seeks to illustrate the use given to digital design and manufacturing technology to expand the range of opportunities that could be transmitted to students in academia and such process could permeate non-traditional fields for future industrial designers, demystifying their profile solely as form-esthetics configurators toward eventually emerging as leading projects coordinators in a multidisciplinary field of work. 3D printers of fused deposition modeling (FDM) can create complex didactic models. The present paper will discuss the results of the first year and a half of work based on the academic results of design students under the direction of Professor Juan Sebastián Ávila, PhD student at the UPV.

Keywords: *design, anatomy, teaching, 3DPrint, interdisciplinary.*

1. Introducción

El presente artículo busca ejemplificar el uso que se le puede dar a las tecnologías de diseño y fabricación digital, para expandir el abanico de oportunidades que desde la academia se pueden transmitir a estudiantes de carreras afines al diseño y la creación, permeando campos del conocimiento poco tradicionales para el oficio del diseñador, desmitificando su perfil como solamente configurador de la forma y perfilándose como un articulador líder de proyectos en un ámbito de trabajo multidisciplinar de base tecnológica. Por medio de la planificación de un proyecto de diseño de forma estratégica, profundizando los conocimientos impartidos en técnicas de modelado orgánico y escultura digital, y aprovechando el *boom* de la fabricación digital, con ayuda de tecnologías como impresoras de modelado por deposición fundida (FDM) se pueden crear modelos didácticos complejos para la enseñanza de anatomía en diferentes ámbitos de aplicación como puede ser medicina, odontología o biología entre otros campos de difícil acceso para un estudiante de pregrado de una carrera como el diseño industrial.

2. Enseñanza de anatomía. Antecedentes



Fig. 1. La lección de anatomía del Dr. Nicolaes Tulp - Rembrandt. El cuadro muestra una lección de anatomía impartida por el doctor Nicolaes Tulp a un grupo de cirujanos. El doctor Nicolaes Tulp está representado explicando la musculatura del brazo a profesionales de la medicina.

Desde la academia los estudiantes de ciencias de la salud (Medicina, Odontología, Enfermería, etc) orientan su aprendizaje hacia la práctica clínica, destacando la información anatómica, útil para comprender funcionamientos, procesos exploratorios, enfermedades y tratamientos.

Existen tres métodos de aproximación hacia la enseñanza de la anatomía, descriptiva, topográfica y funcional: i), la anatomía descriptiva muestra cómo es la forma y la estructura de las partes del organismo; ii), la anatomía topográfica o regional divide el cuerpo en unidades imaginarias y convencionales, con objeto de establecer las relaciones espaciales de las distintas estructuras y iii), anatomía funcional, que busca la correlación existente entre las formas del organismo y las funciones que realizan, en un intento de captar la unidad entre forma y función en la materia viva.

Según las ideas del doctor Emilio Martínez (Martínez, 2012), actualmente existen diferentes modelos de enseñanza de la anatomía. Históricamente uno de los más representativos está basado en el estudio de especímenes en prácticas de laboratorio (secciones de cadáveres conservados), de vital importancia para

los estudiantes, al aproximarlos de una forma más realista a los procesos y tareas que llevarán a cabo en su vida profesional, pero que en términos prácticos son difíciles de gestionar. Esto puesto que necesitan de recursos financieros importantes para su consecución, licencias sanitarias, personal de mantenimiento específico, espacios adecuados para las prácticas, y no siempre se garantiza el buen estado de los especímenes para los procesos de enseñanza - aprendizaje que deben estar disponibles en las universidades. Por otra parte, los especímenes tienen la información real, pero no resaltan las características esenciales a estudiar, dificultando la comprensión de su anatomía.

Existe también una gran cantidad de autores y libros representativos que con gráficas de autor, dibujos o fotografías, ilustran con gran detalle y de forma extensa los sistemas anatómicos completos del cuerpo humano. En los últimos años, los modelos virtuales en tercera dimensión y aplicaciones (*apps*) educativas han incursionado con gran fuerza en todos los escenarios y experiencias de enseñanza - aprendizaje en todos los niveles educativos, lo que ha llevado a la masificación de la información, practicidad en los procesos de enseñanza, exactitud, transferencia y detalle de los elementos a estudiar.

Por otra parte, y como tema principal de estudio de este artículo, existen los modelos anatómicos artificiales tangibles, y modelos que por su origen y naturaleza de simulación son prácticos, útiles en procesos de enseñanza al segmentar con códigos de color, contrastes de material, forma o alfanuméricos, las diferentes estructuras anatómicas a estudiar, haciendo el proceso más sencillo de observar, entender y sentir su tridimensionalidad.



Fig. 2. Modelo en plastilina del Nervio trigémino. Anfiteatro Universidad El Bosque. Septiembre 2014

Aunque la conservación de estos modelos en el tiempo es larga y su mantenimiento es poco, muchas veces sus características morfológicas no corresponden a la realidad, al ser solamente modelos didácticos desarrollados sin una plataforma tecnológica adecuada, sin materiales acordes a las texturas encontradas en la realidad, y según el profesor Diego Aldana, - Odontólogo, docente y director de anatomía humana del anfiteatro de la Universidad -, principalmente, sin el apoyo de especialistas en la anatomía particular del modelo didáctico, que guíen el proceso de diseño y de representación tridimensional. Según sus afirmaciones, algunos modelos didácticos que se tienen en el laboratorio, son más decorativos que útiles, al no representar de forma fiel las estructuras anatómicas que los estudiantes deben aprender.

Bajo estas condiciones, la oportunidad de diseño se da en poder reemplazar esos modelos de aprendizaje por unos que estén fabricados con las condiciones técnicas, de diseño y calidad necesarios para su manipulación a gran escala, y con contenido educativo validado.

2.1. Modelos anatómicos, antecedentes y actualidad.

Los primeros modelos tridimensionales anatómicos se remontan al siglo XVIII, donde se documentan las primeras aproximaciones de representar estructuras a través de modelos de cera de abejas, donde médicos-anatomistas con un estricto rigor artístico y científico, construían esculturas anatómicas totalmente a mano, conocidas inicialmente como *Ceras Anatómica* (RIVA, 2001), estos primeros modelos anatómicos explicaban la evolución y las singularidades de la especie humana para poder transmitirlas a aprendices, siguiendo la tradición del humanismo científico, que consideraba que se podía mejorar la humanidad a través de la transmisión del conocimiento.



Fig. 3. Visita de estudiantes de Diseño de producto y trabajo de grado a una lección de anatomía en el anfiteatro de la Universidad. Marzo 2015.

Los modelos anatómicos, son maquetas artificiales tridimensionales que buscan una aproximación a la morfología de un cuerpo y ayuda a su entendimiento, fabricados con la finalidad pedagógica de estudiar y entender la anatomía de un espécimen. Los diversos cambios y evolución en tecnologías, materiales y métodos de fabricación han influenciado de forma directa el avance y las técnicas de investigación y desarrollo de estos modelos, que actualmente se apalancan en el diseño asistido por computador, captura de información en tres dimensiones y tecnologías de impresión tridimensional para crear modelos de fácil manipulación, resistentes y a costos razonables para las dinámicas actuales de enseñanza, en donde los estudiantes están más involucrados en procesos de interacción directa con información específica.



Fig. 4. Modelo anatómico de cuello y cabeza en polímeros de alto impacto. Anfiteatro Universidad Universidad El Bosque – Bogotá

Adicionalmente existe la plastinación, una técnica de preservación de material biológico desarrollada por el médico Alemán Gunther Von Hagens, utilizada por un centenar de instituciones y laboratorios alrededor del mundo para conservar por medio del reemplazo de tejidos orgánicos con polímeros especímenes anatómicos fieles a los originales. (LÓPEZ, 2012)

Entre los ejemplos específicos del avance en estas técnicas y ramas de estudio, encontramos diferentes referentes de trabajo en el mundo denominados *Bioréplicas*, estructuras que intentan reproducir de forma fidedigna modelos anatómicos para ser implantados en pacientes. (CALVO-GUIRADP, 2011) En un nivel inferior, encontramos los modelos comerciales que reproducen sistemas fisiológicos y morfológicos que con texturas, colores y simulación de su biomecánica no totalmente realista, se utilizan como medio para ilustrar de forma didáctica y de visualización los sistemas que componen la anatomía humana.

Los modelos anatómicos que se encuentran en el mercado, según especialistas consultados en la Universidad El Bosque tienen bastantes limitaciones en su forma de presentación y muchos de ellos no tienen una morfología apta para su estudio, sus técnicas de fabricación no los hacen aptos para un uso a gran escala, al ser manipulados por una gran cantidad de estudiantes de ciencias de la salud año a año. Aunque existe una gran variedad de modelos anatómicos que reproducen con un nivel de precisión bastante elevado los detalles de las estructuras anatómicas y de cada uno de sus segmentos, estos tienen cualidades y puntos débiles ya sea por sus relaciones de costo, oferta, precisión, o distribución, que los hacen no ser los más adecuados para adquirir por instituciones educativas.

En Colombia y particularmente en las universidades, algunos modelos son desarrollados por el propio interés de profesores e investigadores, o por los propios estudiantes interesados en alguna temática en particular, con materiales poco duraderos a través del tiempo como yeso, plastilinas, espumas de poliuretano, entre otras, con una baja o nula capacidad de reproducción serial y con una capacidad deficiente en su manipulación, en muchos casos son más objetos de decoración y ambientación, que verdaderos modelos didácticos de estudio.



Fig. 5. Modelo anatómico de un molar humano, fabricado por estudiantes y docentes de la Facultad de odontología de la Universidad.

Por otra parte, los modelos didácticos y libros de anatomía representan en muchas ocasiones conceptos errados de la verdaderas estructuras anatómicas que se pueden encontrar en un espécimen; sin embargo, estas diferencias son positivas en el sentido que ningún espécimen es igual a otro, lo que ayuda a los estudiantes a identificar elementos anatómicos generales mejorando su riqueza sensitiva; conceptos como que las arterias son rojas, las venas son azules y los órganos de colores son solamente estrategias comunicativas y didácticas que ayudan a ilustrar y reforzar los conceptos desde un punto de vista académico, enseñando que no hay estructuras perfectas ni caminos estandarizados en el conocimiento anatómico.

Aunque es de vital importancia el aprendizaje a través del contacto con órganos reales con técnicas como la disección y la prosección[75], existe una tendencia creciente en la búsqueda y desarrollo de simuladores que ayuden a mejorar las experiencias de enseñanza - aprendizaje, teniendo una alta tendencia hacia la virtualización y el desarrollo de herramientas tecnológicas de aprendizaje basados en la representación *3D* en interfaces *2D* (pantallas táctiles), que aunque tienen la ventaja de la transferencia, exactitud en la representación e interactividad, pierde en materialidad y en la aproximación a las características sensoriales en los procesos de formación teórico - práctica.

3. Diseño y fabricación digital

El auge y desarrollo de los últimos años en temas relacionados con el diseño y la fabricación digital en la academia, ha tomado mucha fuerza dada la popularización y reducción de costos en la adquisición de los dos grandes segmentos que componen esta área de desarrollo, software y hardware. En 2009 con la

[75] Prosección implica la disección de un cadáver por un profesional, para el propósito de demostrar técnicas específicas y las características anatómicas de interés particular

expiración de las patentes de tecnologías *FDM Fused Deposition Modeling* o Modelado por deposición fundida popularmente conocido como impresión *3D*, (HERNÁNDEZ, 2013) ha atraído a grandes empresas y empresas emergentes a tener su propia oferta de impresoras, escáner y software *3D* entre otros dispositivos.

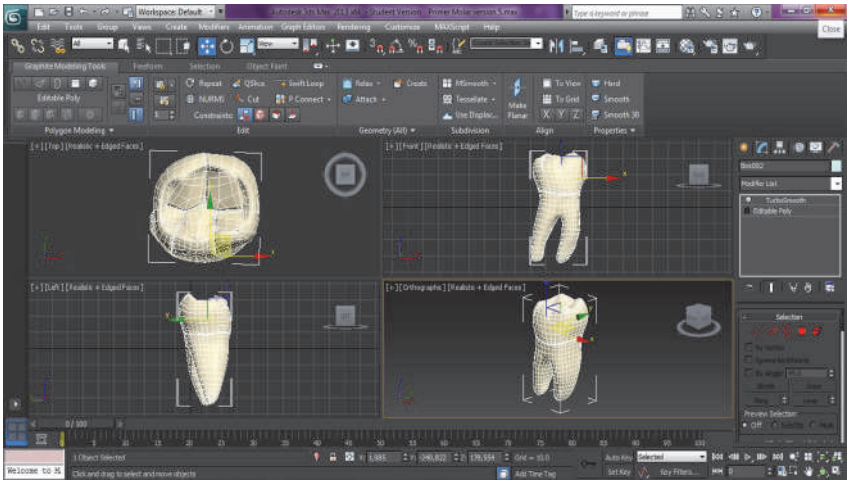


Fig. 6. Proceso parcial de modelado orgánico en 3D Max, estudiante de trabajo de grado Laura Chaparro - UEB.

Cabe aclarar que esto no significa que aún sea para uso popular como una impresora casera dada su complejidad técnica, y conocimientos específicos para poder obtener un modelo impreso, aunque el concepto de impresora *3D* personal todavía está en evolución, ha atraído a diferentes ámbitos del conocimiento a integrar estas tecnologías en sus procesos, generando espacios de trabajo interesantes que aún están en etapa de maduración.

Como resultado de estos procesos la impresión *3D* de bajo costo *FDM*, se está introduciendo en el ámbito académico, resultando en nuevas posibilidades de educación que desde el Diseño, puede ayudar a permear otras profesiones, en este caso las ciencias de la salud. Como experiencia a resaltar en la Universidad El Bosque se ha encontrado una relación directa entre la demanda de modelos didácticos para la enseñanza de Anatomía de facultades como Odontología o Medicina y los procesos de desarrollo en diseño orgánico, escultura y fabricación digital que se llevan a cabo en la facultad de Diseño y su laboratorio de modelos y prototipos donde la teoría se transfiere rápidamente a objetos físicos, que se pueden tocar y validar en un ambiente educativo.

4. Línea de investigación en tecnologías aplicadas al diseño de productos. Facultad Diseño, Imagen y Comunicación UEB.

El desarrollo de modelos, material didáctico y de simulación para áreas de la salud de la Universidad El Bosque, es algo que cada disciplina gestiona de forma independiente con sus propios recursos recurriendo a proveedores externos para adquirir materiales educativos. Actualmente con el proyecto de integración desde la Facultad de Diseño, se ha generado integrando conocimientos y oficios comenzado a desarrollar proyectos de simulación, donde la formulación de proyectos, la fabricación y la gestión inter facultades se articulan para crear interfaces de aprendizaje bajo la mirada y metodologías del diseño industrial, con la ventaja de desplegar el *know-how* en detalle para el desarrollo particular de necesidades propias de cada

asignatura en los procesos de enseñanza-aprendizaje de anatomía en sus diferentes particularidades, dando relevancia a las herramientas digitales y al desarrollo integrado, donde los estudiantes de diseño asumen la importancia de su trabajo en un equipo multidisciplinar desde una etapa temprana de formación y con un escenario amplio de exploración.



Fig. 7. Profesor Andrés Rodríguez de la facultad de Odontología y la estudiante Laura Chaparro de Diseño Industrial en una sesión de retroalimentación con modelos previos de comprobación con modelos impresos en 3D.

4.1. Resultados

Hasta el primer semestre de 2016 se han desarrollado siete proyectos relacionados con la temática planteada en este artículo dentro de la línea de investigación formada a mediados de 2014 por el profesor Juan Sebastián Ávila, y para final de 2016 se presentarán cinco proyectos adicionales con un grado de complejidad más alto, al incluir temáticas de simulación para entrenamiento quirúrgico.

El primer proyecto fue presentado en la novena edición del salón académico de la Universidad El Bosque en el mes de Mayo de 2015 a cargo de la estudiante Laura Chaparro, en un trabajo conjunto entre la Facultad de Diseño y la Facultad de Odontología específicamente para la asignatura de Morfología dental a cargo del Doctor Andrés Rodríguez, docente de la asignatura y que participó activamente en el desarrollo del proyecto piloto. Resultando en el desarrolló un modelo didáctico del Molar Inferior # 36 con técnicas de diseño y fabricación digital para facilitar la experiencia de enseñanza.

4.1.1. Anatomical 3D.

Proyecto para el desarrollo de material didáctico para la enseñanza de morfología dental por medio de herramientas de escultura digital, impresión 3D con enfoque multidisciplinar.



Fig. 8. Modelos impresos finales en PLA, esculpidos digitalmente y pintados a mano, estudiante dirigido Laura Chaparro.

Posteriormente partiendo del interés de diferentes facultades por integrarse al proyecto surgieron seis proyectos más que fueron presentados en el décimo salón académico de diseño en diciembre de 2015. Lo más interesante de este proceso fue la diversidad y particularidades que alimentaron la investigación doctoral titulada *¨Implementación de tecnologías de diseño y fabricación digital aplicadas en la enseñanza de Anatomía. Caso Estudio: Universidad El Bosque de Bogotá - Colombia¨*. A continuación algunos resultados obtenidos durante la exploración.

4.1.2. Ana-Tommy.

Análisis exploratorio de modelado 3D, escultura y pintura digital para la fabricación de productos industriales. Proyecto de diseño de juguetes didácticos para la enseñanza de anatomía a niños, con el cual se busca profundizar en técnicas de fabricación digital contemporáneas con énfasis en escultura digital.



Fig. 9. Modelos impresos con tecnología FDM, esculpidos digitalmente y pintados a mano, estudiante dirigido Felipe Fuentes.

4.1.3. Bio-Fun.

Modelo didáctico de sistemas anatómicos de la Iguana como contribución al material didáctico al Museo de Biología de la Universidad, con este proyecto se busca expandir el espectro de trabajo a la anatomía animal y vegetal, como estrategia para encontrar nuevos focos de trabajo, bajo el mismo esquema de investigación, diseño y fabricación.



Fig. 10. Modelos impresos con tecnología FDM, esculpidos digitalmente, pintados a mano y reproducidos a través de moldes de silicona, estudiante dirigido Santiago Ramírez.

4.1.4. Break - Skull.

Modelo didáctico del cráneo, corte sagital y partes internas. Proyecto con alto grado de complejidad dada las estructuras internas externas e internas en la morfología del cráneo humano. Relación profesor - estudiantes.

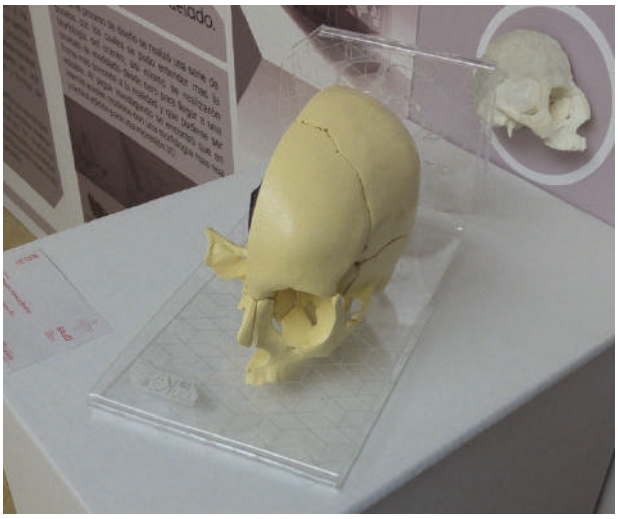


Fig. 11. Modelos impresos con tecnología FDM, de los huesos que componen el cráneo humano, ensamblados con imanes internos para no alterar la morfología real del cráneo, permitiendo ver las relaciones espaciales entre los huesos. Estudiante dirigido Daniel Pedraza.

4.1.5. Organ.

Modelo didáctico de la anatomía interna y externa del corazón humano. Proyecto bandera, con el cual se busca ejemplificar de forma clara el potencial que tiene el proyecto macro de permear diferentes profesiones desde la visión del diseño industrial. Caso estudio relación profesor - estudiantes



Fig. 12. Modelos impresos con tecnología FDM, de la anatomía interna y externa del corazón humano. Estudiante dirigido: Katherine Varela.

4.1.6. Modeumo.

Modelo didáctico de la anatomía del sistema respiratorio humano. Proyecto con alto grado de complejidad desde el punto de vista educativo, dada las estructuras tan finas y poco visibles en los especímenes de estudio reales. Caso estudio relación profesor - estudiantes.



Fig. 13. Modelos impresos con tecnología FDM, estructuras encapsuladas. Estudiante dirigido: Juan Diego Erazo.

4.1.7 Knee 3D

Modelo didáctico del sistema de articulación de la rodilla. Proyecto con el cual se busca profundizar en las técnicas de producción y materiales que simulen las estructuras de una articulación. Se cambia el paradigma en la relación entre profesionales – pacientes



Fig. 14. Modelo impresos con tecnología FDM con filamentos flexibles. Estudiante dirigido: Sebastián Gómez.

5. Reflexiones sobre la experiencia de desarrollo conjunto entre la Facultades de Odontología y Medicina con la Facultad de Diseño.

Los procesos de articulación de profesiones en un proyecto interdisciplinar dentro de una Universidad, es un desafío que tiene diferentes ámbitos de trabajo que deben ser sincronizados de forma tal, que el trabajo fluya y no se pierda en un mar de ideas en el aire que se olvidan con el tiempo. Se deben tener en cuenta factores temporales, de recursos, de sincronización de actividades, de formas y posturas de abordar un proyecto que por la naturaleza misma de diferenciación en los oficios y estructuras mentales de los integrantes de un proyecto pueden causar dificultades o por el contrario, oportunidades interesantes para ser explotadas.

Durante los ejercicios de aproximación con profesores de las diferentes asignaturas de Morfología y Anatomía de la Universidad hay algunas reflexiones que son importantes resaltar y enumerar que permitieron el desarrollo exitoso de los proyectos de grado de los diseñadores industriales orientados.

- Acuerdos de objetivos comunes donde ambas partes tengan un beneficio común.
- Intereses particulares a desarrollar, con los cuales se aporte a objetivos no contemplados, enriqueciendo los proyectos.
- Disposición para trabajar a riesgo, en una actitud relajada en donde no hay mucho que perder si una idea no tiene éxito.
- Claridad en temas de derechos de autor, morales, de explotación y reconocimiento de los aportes de cada parte.

- Respeto por los procesos y estructuras mentales en la forma de abordar un proyecto desde diferentes miradas y oficios.
- División del trabajo según las habilidades propias de cada integrante.
- Interés por aprender de los procesos y particularidades de la otra profesión, sin llegar a tener un conocimiento profundo pero sí global de las actividades.
- Apertura mental para entender que no hay solo una forma de entender y hacer las cosas, y los procesos tradicionales pueden ser enriquecidos por nuevas ideas o aproximaciones para lograr un objetivo común.

El impacto del proyecto de grado denominado *Anatomical 3D*, modelo anatómico para enseñanza de anatomía y morfología dental ya se encuentra en uso y está previsto su uso para profesiones como Instrumentación Quirúrgica y Enfermería en las clases de morfología y anatomía de primer semestre, en Odontología en primer, segundo y tercer semestre en la asignatura de Básicas Odontológicas y Morfología Dinámica, y en Medicina en el curso de Premédico y Anatomía y Morfología de tercer y cuarto semestre. Trascendiendo de los métodos y medios tradicionales con interfaces tridimensionales didácticas que ayuden en la experimentación de métodos de enseñanza dentro de la Universidad. Para mediados del año 2017 se está trabajando en el desarrollo de una plataforma que cobije todos los proyectos en desarrollo con el fin de unificar métodos proyectuales, de diseño, fabricación y validación de los resultados.

Entre las oportunidades a futuro del proyecto doctoral está el estudio y capacitación de casos clínicos específicos que requieren actividades prácticas antes de su implementación real, el estudio y planeación de procedimientos quirúrgicos, la fabricación de modelos anatómicos artificiales de estructuras anatómicas que son delicados, difíciles de disecar y por tanto de estudiar. La instrucción a pacientes de procedimientos a los que serán sometidos y la posibilidad de transferir y masificar el conocimiento con modelos físicos, fabricados de forma local a un costo menor, con la posibilidad de ser replicados, modificados y con un fácil mantenimiento de las piezas.

Permitiendo la manipulación de los modelos anatómicos, sin daño de su estructura, fidelidad aproximada a los colores naturales o por el contrario la posibilidad de codificar con colores los detalles anatómicos de las piezas, atendiendo los desafíos de la educación en el siglo XXI con tecnologías contemporáneas.

6. Referencias

ALESSANDRO RIVA / ATTILOP BAGHINO. Historia de las ceras anatómicas de Cagliari en Cerdeña. Elementos:

Ciencia y cultura, Junio-Agosto, 2001/vol.8. Número 042. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. <http://www.elementos.buap.mx/num42/pdf/Elem42.pdf>

CALVO-GUIRADO, J., MATÉ-SANCJHEZ, J., DELGADO-RUIZ, R., & RAMÍREZ-FERNÁNDEZ, M. (2011). Calculation of bone graft volume using 3D reconstruction system. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal, 16*(2), e260. <http://www.medicinaoral.com/pubmed/medoralv16_i2_p260.pdf>

LÓPEZ, L. A. (19 de 06 de 2012). Exploración de la técnica de plastinación en la preparación de modelos anatómicos como material docente para la enseñanza de la Morfología Humana en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Morfología Humana. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en* http://www.bdigital.unal.edu.co/8938/1/05599078.2012.pdf> [Consulta: Enero de 2016]

HERNÁNDEZ CASTELLANO, P. (2013; 2012;). *Guía práctica de rapid manufacturing*. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Servicio de Publicaciones y Difusión Científica. < http://biblos.uamerica.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=573778> [Consulta: 15 de Enero de 2016]

MARTINEZ MARRERO, E. Cómo estudiar anatomía / Emilio Martínez Marrero -Barranquilla: Editorial Universidad del Norte, (2012). ISBN 978-958-741-172-0 1.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3332

Estrategias colaborativas y open-source para la generación de sistemas productivos entre diseñadores y productores

Gajardo Valdés, Rodrigo Francisco[a]; Gerea Petculescu, Carmen[b]& Mollenhauer Gajardo, Katherine[c]

[a]Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Tecnológica Metropolitana, Chile. rfgajardo@uc.cl

[b]Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. cgerea@uc.cl

[c]Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile. kamollenhauer@uc.cl

Abstract:

In this paper, we explore the trend of return of the crafts, the emergence of new designer brands and local manufacturing derived from different disciplines and a consumer increasingly demanding in terms of product traceability and narrative. However, this movement of makers with local producers has his own problems, as the lack of consistent production systems for local economies. Therefore, the sustainability of these projects and initiatives might be in danger.

The collaboration between artisans or producers and designers has been the subject of work in various government and university initiatives. Consequently, there is a number of projects that have used different models of collaboration between these actors from a centralized perspective, to a closed model, or even an opened and experimental one. Models of interaction between the actors, their roles, results and sustainability of these projects will be established as the main field of study.

The aim of this paper is to analyze the different models of collaboration observes in three case studies of initiatives that have connected designers and artisans or producers. The methodology used for comparative analysis is the study of multiple case. The first two -Laboratory Design Colombia and Rush Weaving of Taiwan- were chosen for being documented and emblematic cases in the literature. The third -SaberHacer of Chile- is a work in progress project of one of the authors of this article.

This article aims to identify those elements in collaborative models that might impact the sustainability of the projects studied and could be set as inputs for the development and systematization of new work models as well as new scenarios that generate new research in this field of study.

Keywords: *Productive systems, design, crafts, collaborative economy, study of cases.*

Resumen

En el siguiente artículo, se explorará en torno a la tendencia del retorno de los oficios, el surgimiento de nuevas marcas de diseño y manufactura local derivadas de distintas disciplinas y un consumidor cada vez más exigente en cuanto a la trazabilidad del producto, constituyéndose esta como una experiencia en sí misma. Sin embargo, la interrelación de este movimiento de creadores con productores locales ha dejado a la vista el problema de la inexistencia de sistemas productivos acordes a las economías locales que lo sustentan y por tanto el peligro de la sustentabilidad de estos mismos emprendimientos e iniciativas.

La colaboración entre artesanos o productores y diseñadores ha sido materia de trabajo en diversas iniciativas gubernamentales y universitarias, encontrándonos con una serie de proyectos que han utilizado distintos modelos de colaboración entre estos actores, desde los centralizados y cerrados hasta los abiertos y experimentales. Los modelos de interacción entre los actores, sus roles, resultados y la sustentabilidad de estos proyectos se constituirá como el principal ámbito de estudio.

El objetivo de este trabajo es analizar los distintos modelos de colaboración presentes en tres casos de iniciativas que han conectado diseñadores y artesanos o productores. La metodología utilizada para el análisis comparativo es el estudio de casos, los dos primeros -Laboratorio de Diseño de Colombia y Rush Weaving de Taiwan- han sido elegidos por ser casos documentados y emblemáticos en la literatura disponible, incluyendo un tercero -SaberHacer de Chile- correspondiente al proyecto de uno de los autores de este artículo.

El aporte de este artículo se basa en identificar aquellos elementos en los modelos de colaboración que han impactado en la sustentabilidad de los proyectos estudiados y que podrían configurarse como insumos para la elaboración y sistematización de nuevos modelos de trabajo así como también de nuevas hipótesis que permitan generar nuevas investigaciones en este ámbito de estudio.

Palabras clave: *Sistemas productivos, diseño, oficios, economía colaborativa, estudio de casos.*

1. Introducción.

Diversas iniciativas para la integración de diseñadores y artesanos o productores de manufactura han sido implementadas y documentadas al menos desde principios de la década de los noventa (Unesco, 2005), articulando trabajos en terreno apoyados por organizaciones internacionales, gobiernos locales, universidades y asociaciones de artesanos/productores, en búsqueda de una reivindicación del trabajo manual pero también de nuevas herramientas -en gran parte comerciales- que permitan a estos sistemas de producción ser sustentables en el tiempo. Sin embargo, el impacto de estas iniciativas parece ser mitigado por aspectos metodológicos internos y externos que no permiten la sostenibilidad, replicabilidad y/o escalabilidad de este tipo de proyectos.

Los motivos para la elaboración de esta investigación están relacionados al interés de aportar con nuevas estrategias de trabajo en este tipo de proyectos, observar cómo los aspectos colaborativos y la cultura open se encuentran o no presentes dentro de las iniciativas analizadas y cómo se relacionan a la metodología de trabajo y sus resultados.

En este artículo presentaremos un marco teórico del retorno de los oficios y una descripción de sus principales actores, analizaremos 3 casos de programas de vinculación entre diseñadores y artesanos/productores locales desde la perspectiva de la incorporación de estrategias colaborativas y open-source, observando sus principales resultados. La pregunta de investigación es: "¿Qué impacto tiene la estructura de actores del modelo colaborativo en la proyección a mediano y largo plazo del proyecto?". Finalmente se pretende identificar aquellos componentes y dinámicas que impactan en un buen resultado a mediano y largo plazo en cuanto a la creación de una comunidad de práctica.

2 El retorno de los oficios y sus principales actores.

Según el arquitecto y escritor Witold Rybczynski *"el deseo de hacer algo bien, ya sea navegar en un velero o construirlo, refleja una necesidad que antes estaba relacionada con el lugar de trabajo"* (1992, p. 202-203) pero en una época cada vez más automatizada y simplificada por la tecnología, el énfasis del desafío y profesionalismo de hacer algo difícil comienza a trasladarse al ocio, donde salir a trotar requiere de la vestimenta y los gadgets adecuados, con sistemas de medición de progreso y cumplimiento de metas. Rybczynski propone que el avance tecnológico ha terminado con la destreza en la mayoría de las profesiones, sea en la línea de montaje -donde hoy se necesita un mínimo de capacitación- y sobre todo en ambientes de prestación de servicios, en los que las habilidades sociales básicas son el requerimiento fundamental.

Es así que el desafío del trabajo análogo de tiempos anteriores encuentra otros nichos donde emerger y las tendencias relativas al retorno de los oficios en la actualidad pueden ser explicadas a través de fenómenos sociales, laborales y económicos, donde la sobre-oferta profesional y la rutina del trabajo automatizado ha propiciado una revalorización del trabajo manual y el retorno de oficios, que permite a algunos profesionales guardar sus títulos en el cajón para dedicarse a ser zapateros, panaderos o carpinteros (Troncoso, 2014). Un punto importante que deja en evidencia esta situación es que en nuestra digitalizada y automatizada vida, muy pocos saben cómo se hacen las cosas que consumimos. Esta predisposición hacia el mundo material y el mercado que lo sustenta, parece ser una grieta en el continuo sentimiento de satisfacción hacia el constante avance tecnológico industrial actual.

2.1 El consumidor.

Un estudio sobre el deseo del consumidor de Sharon Zukin (2004), declaraba que el consumidor actual no tiene el conocimiento de producción que tenían las generaciones anteriores. *"Hacia los años sesenta los norteamericanos ya no sabían ordeñar una vaca, cocinar una rosquilla ni hacer un coche con un envase de jabón o una caja de embalar"* (Zukin, 2004, p. 185) y la evolución de este tipo de cultura del consumo rápido generó transformaciones radicales en cuanto a la forma como nos comportamos ante el consumo. Probablemente muchos de nuestros problemas actuales de sobreconsumo, desecho rápido de productos y su consecuente contaminación ambiental sean el efecto de un usuario que ya no entiende el producto que consume, de qué está hecho, cómo se fabrica, cómo se arregla

y cómo se desecha (o recicla/reutiliza). Este cambio de mentalidad, que observamos en los distintos movimientos localistas, ambientalistas y contraculturales del capitalismo actual, apunta justamente al hecho de re-conocer el entorno industrial global desde la perspectiva de un consumidor mucho más informado de lo que compra, tal como lo plantea el movimiento Knowcosters[1] de España, que busca promover el consumo consciente y las consecuencias de los actos del consumo, saber cuanto cuesta realmente un producto, dónde y cómo se fabrica, cuál es su valor económico, su costo para el planeta y el Estado de Bienestar.

Para el sociólogo Richard Sennett, *"el consumidor moderno necesita pensar como un artesano sin la capacidad para hacer lo que hace el artesano"* (Sennett, 2006, p.123) y esta forma comprar de un modo inteligente, con una experiencia basada en un relato social e histórico contenido en el objeto.

2.2. El creador / diseñador

Por otro lado, las tendencias relacionadas a los emprendimientos de la nueva generación de diseñadores de productos, que configuran su propuesta de valor desde una mirada mucho más consciente de los procesos productivos locales que pueden gatillar, son también un antecedente de esta necesidad de replantear la forma como consumimos y producimos bienes. Este auge del diseño basado en productos locales y de manufactura casi artesanal ha sido consecuencia muchas veces de crisis laborales, económicas o tendencias externas que han calado hondo en el quehacer de estos diseñadores que a veces colindan con la artesanía. Gui Bonsiepe describe al artesanato urbano como un modo de producción alternativo que surgió en crisis como la vivida por Argentina el año 2002, en la que diseñadores desempleados comenzaron a generar oferta de diseño local, para demanda local, con producción local y a precio local, inyectando nuevas dinámicas económicas que impactan en el territorio (Bonsiepe, 2010).

El Movimiento maker y el Slow Design, que describiremos a continuación, son antecedentes relevantes para comprender el auge del diseño basado en productos locales de manufactura casi artesanal.

2.2.1. Movimiento Maker.

El término es acuñado por Dale Dougherty, editor de tecnología que fundó la Make Magazine, revista enfocada al Do It Yourself (Hazlo tu mismo) y creador de las primeras Maker Faires en Estados Unidades. *"De acuerdo al Media Lab del MIT, los makers tratan a los átomos como a los bits -utilizando las poderosas herramientas de la industria del software para revolucionar la forma en que hacemos objetos tangibles"* (Hacedores.com, 2015). Lo relevante del concepto de Maker ha sido la puesta en valor de la fabricación en casa, de la capacidad de arreglar un objeto antes de tirarlo a la basura y comprar otro nuevo, usar las manos y ensuciarse por el solo hecho de mantener el control del conocimiento técnico del objeto que está en sus manos. Por supuesto, esto ha sido soportado principalmente por internet y la disponibilidad casi infinita de información y herramientas para construir un pequeño jardín en el departamento o arreglar la manilla de la puerta además de la masificación de tecnologías de fabricación digital -tales como la impresora 3d y cortadoras láser por nombrar algunas- que han permitido la introducción de un nuevo formato de taller de trabajo y experimentación.

Chris Anderson comparaba el fenómeno de la disponibilidad de tecnología de fabricación digital de escritorio con la aparición de la primera impresora láser de escritorio, lanzada por

[1] http://www.knowcosters.org

Apple en la década de los ochenta, la cual permitió idear un nuevo escenario en que se pudo juntar el escritorio personal y el prototipado de una publicación, hecha en casa y con pocas unidades (Anderson, 2012).

2.2.2. Movimiento Slow-design.

La corriente del slow-design o 'diseño lento' tiene orígenes en el movimiento Slow y el Slow Food de Italia, que ha buscado recuperar una identidad local, de elaboración de alimentos en procesos lentos como contrapartida a la irrupción del fast-food norteamericano.

La aparición de este movimiento ha definido una serie de bajadas en distintos aspectos sociales y productivos que han planteado alternativas viables para 'rehumanizar' nuestro quehacer, volver a nuestras 'medidas' naturales de consumo y acciones locales concretas con las cuales contrarrestar los aspectos negativos de la globalización. El foco del Slow design está en el bienestar y este se encuentra integrado con una concepción del ser humano lento, con metabolismo acorde a un ritmo más lento de producción y consumo, entendiendo lo 'lento' como un valor sociocultural positivo, conectado con nuevos escenarios más sustentables (Grosse-Hering et. al, 2013).

El auge de estos nuevos emprendimientos de marcas de diseño local, derivados de distintas disciplinas, que han comenzado a desarrollar una conexión productiva más integrada con fabricantes y artesanos locales avanza, pero a tropiezos. La desindustrialización de los países occidentales y la interrupción del proceso de industrialización en muchos países de Latinoamérica impactó en la creciente escasez de productores locales así como también de estructuras organizativas y educativas en torno a la manufactura y los oficios, situación que evidencia los problemas en las cadenas de valor de diseñadores que producen localmente y la falta de capital productivo y asociativo de productores locales.

2.3. El artesano/productor

El productor, manufacturero local o artesano son sectores productivos que en mayor o menor medida han sido afectados por la integración de mercados vivida en las últimas décadas. La relocalización de la manufactura, en países con mano de obra barata -ubicados principalmente en el sudeste asiático- generó una serie de cambios en el sistema productivo local, desapareciendo gremios, empresas, talleres y estructuras educativas en oficios, tales como la Escuela de Artes y Oficios en Chile -fundada en 1849- que tenía como fin desarrollar nuevos artesanos y artífices para distintas áreas productivas (Castillo, 2010).

Las consecuencias en el ámbito laboral, del cambio de políticas de desarrollo hacia adentro y de apertura de mercados, se pueden observar en los problemas laborales de los sectores más vulnerables, dada la baja diversificación de actividades económicas productivas y los bajos salarios que obtienen personas con oficios técnicos -artesanos, carpinteros, costureras, zapateros, etc- que ya no son valorados por empresas de servicios, principalmente orientadas a gestionar la comercialización de productos, fabricados globalmente (Riesco, 2012).

Dado este contexto actual, los productores/artesanos participan del mercado en condiciones adversas, con pocos gremios o asociaciones en los que apoyarse, reducidas estructuras educativas en relación a la educación técnicas y oficios de su rubro, bajo acceso a mejor tecnología para el desarrollo de su quehacer y un individualismo crónico que constituye una de las mayores brechas para generar nuevas redes entre productores y nuevos demandantes de producción.

3 Metodología.

Según Yin (1994, p. 13) el estudio de caso es:

> *"una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. (...) Una investigación de estudio de caso trata exitosamente con una situación técnicamente distintiva en la cual hay muchas más variables de interés que datos observacionales; y, como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; y, también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos."*

Las etapas de un estudio de caso son: 1) la definición de las preguntas de investigación , 2) la elección de los casos o las "unidades de análisis", 3) la recolección de data que se desarrolla en paralelo con el análisis y 4) la discusión (Baxter, 2008). Tal proceso investigativo aplicado a las iniciativas colaborativas permite indagar en profundidad acerca de las dinámicas observadas entre los distintos actores involucrados y las prácticas (métodos, herramientas, sistemas) que caracterizan la colaboración.

Para el presente análisis comparativo de casos elegimos proyectos colaborativos entre artesanos o pequeños manufactureros y diseñadores desarrollados en los últimos diez años en tres países. Dos proyectos son casos emblemáticos en la literatura, mientras que el tercero es un proyecto nuevo impulsado por uno de los autores de este artículo. En la recolección de data, ocupamos fuentes secundarias, dando de esta forma prioridad a los casos de estudio documentados en la academia. A continuación presentaremos los tres casos analizados, para finalmente seguir con una discusión y las conclusiones.

4 Casos de estudio.

4.1. Laboratorio de Diseño: Colección Casa Colombiana.



Fig. 1 Actividades y productos del proyecto Laboratorio de Diseño, Artesanías de Colombia.

4.1.1. Descripción del Proyecto.

El proyecto de Laboratorio de Diseño es gestado desde la Artesanías de Colombia, organización público-privada, vinculada al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo del Gobierno Colombiano, que "contribuye al progreso del sector artesanal mediante el mejoramiento tecnológico, la investigación, el desarrollo de productos, y la capacitación del recurso humano, impulsando la comercialización de artesanías colombianas" (Artesanías de Colombia, 2016).

En el año 2001, se decide mejorar la calidad y los procesos productivos a través del diseño, el desarrollo de productos y la transferencia tecnológica, esto con el fin de impulsar los niveles de competitividad del sector, en un enfoque de exportación a mercados internacionales más exigentes (Unesco, 2005). Para la realización de este plan, se llevó a cabo un Proyecto de Asistencia Técnica Internacional que consistió en visitas de observación y diagnóstico a los laboratorios de diseño de Armenia y Pasto, visitas a comunidades y talleres artesanos en el país, evaluación de productos para artesanos interesados en participar en las Ferias Artesanales organizadas por la institución. Para ello se contrató al diseñador Filipino, Percy Jutare Arañador, quien lideró un proceso de capacitación y asistencia técnica a 50 diseñadores industriales, textiles, gráficos y arquitectos relacionados a los Laboratorios de Diseño de Armenia, Bogotá y Pasto. La capacitación también incluyó eventos masivos relacionados a temáticas de tendencias y marketing para el mercado internacional (Unesco, 2005).

4.1.2. Dinámicas de colaboración.

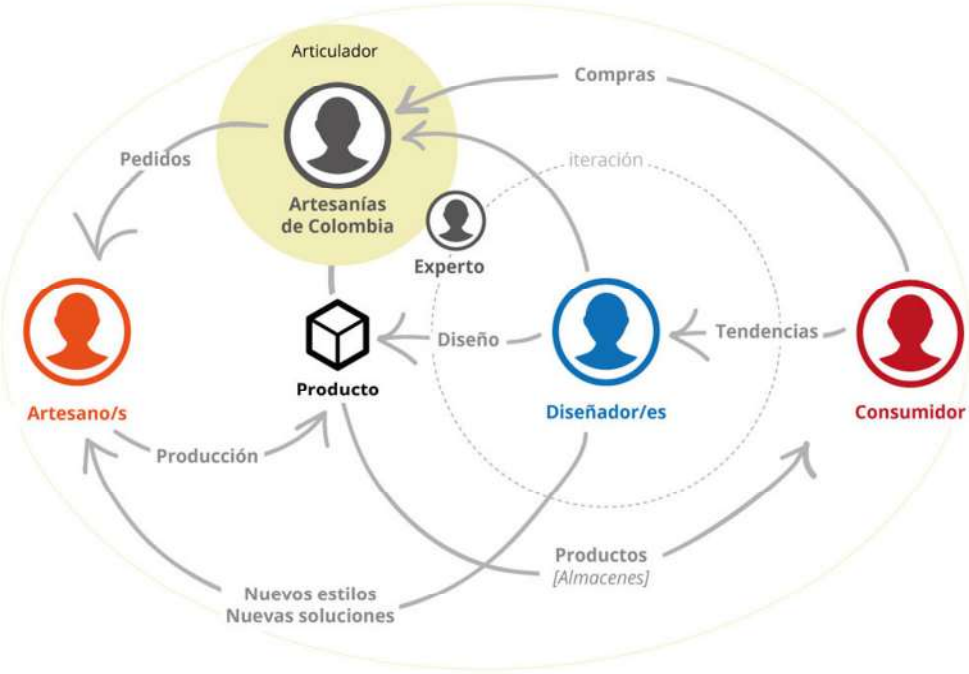


Fig. 2 Representación del modelo de colaboración proyecto "Laboratorio de Diseño"

El modelo de trabajo del proyecto Laboratorio de Diseño estaba basado en Comités de Trabajo con funciones específicas, liderados por un diseñador o coordinador, estos comités eran el Comité Creativo, Comité Técnico, Comité de Producción, Comité Comercial, Comité de Exhibición y Comité de Medios.

El trabajo con las comunidades de productores era definido desde el Laboratorio de Diseño, donde se establecía que perfiles y áreas de especialización de los talleres presentes concordaban con los productos a desarrollar, declarando la interactividad con los artesanos, respetando el saber tradicional de estos, sin embargo, el productor no participa en la generación de los productos.

Las herramientas de colaboración estaban basadas en seminarios de difusión de temas, mentoría por internet desde el experto a los diseñadores y el trabajo en terreno para la producción de productos.

4.1.3. Resultados.

Los resultados de esta experiencia fue en primer lugar, la transferencia de conocimiento entre el experto internacional y diseñadores participantes de las distintas comisiones, quienes llevaron el conocimiento de tendencias hacia el desarrollo de productos que luego fue tangibilizado y encarrilado hacia comunidades de artesanos adhoc.
El segundo resultado fue el desarrollo del Proyecto Casa Colombiana cuyo propósito es *"identificar y poner en valor una imagen con identidad nacional, a través del diseño y desarrollo de líneas de objetos funcionales y decorativos para un estilo de vida contemporáneo"* (Unesco, 2015, p. 76)
El tercer resultado, relacionado con el anterior tiene que ver con las Colecciones desarrolladas durante el 2002 -basada en la utilización de materiales naturales locales-, el 2003 -basada en el café, como símbolo de identidad- y el 2004 -que conservaba el café como identidad, agregando elementos de la naturaleza local. Todas estas colecciones han sido exhibidas y comercializadas en la Casa Colombiana (Unesco, 2005).

4.1.4. Sustentabilidad del Proyecto

La dinámica de encuentro entre diseñadores y artesanos se encuentra inactivo, sin embargo, resultados tales como la Casa Colombiana y las colecciones desarrolladas durante el 2001 al 2004 aún siguen presentes en las estructuras comerciales de Artesanías de Colombia. Es posible que, la centralización de este proyecto en la gestión del articulador principal y las reducidas formas de transferencia de habilidades o capital productivo desde los diseñadores a los artesanos, no permitiera una mayor autonomía para la generación de emprendimientos u otras formas de replicabilidad del proyecto.

4.2. Rush Weaving en Yuan-Li: Colaboraciones entre diseño y artesanía.



Fig. 3 Actividades y productos del proyecto Rush Weaving, Taiwan.

4.2.1. Descripción del Proyecto.

Yuan Li es una localidad de Taiwan con una tradición centenaria de actividad artesanal indígena, principalmente del trabajo en mimbre, con el cual se manufacturan esterillas, sombreros y carteras (Tung, 2012). Este sector ha sufrido una importante baja debido a la industrialización y la diversificación de alternativas en un amplio rango de estilos de diseño, con precios competitivos, convirtiendo la manufactura artesanal de estos productos en algo poco sustentable.

La transferencia de conocimiento de esta actividad ocurre en una enseñanza informal y a pesar de la habilidad de estos artesanos, su limitado manejo de técnicas no les ha permitido avanzar hacia productos más atractivos en el mercado actual.

El departamento de Industrial and Commercial Design del National Taiwan University of Science and Technology, la investigadora Fang-Wu Tung y estudiantes de diseño de la misma universidad llevaron a cabo una experiencia de trabajo en el año 2010 con una comunidad específica de artesanos tejedores de mimbre, esto con el fin de investigar la posibilidad de colaboración entre artesanos y diseñadores (Tung, 2012).

4.2.2. Dinámicas de colaboración.

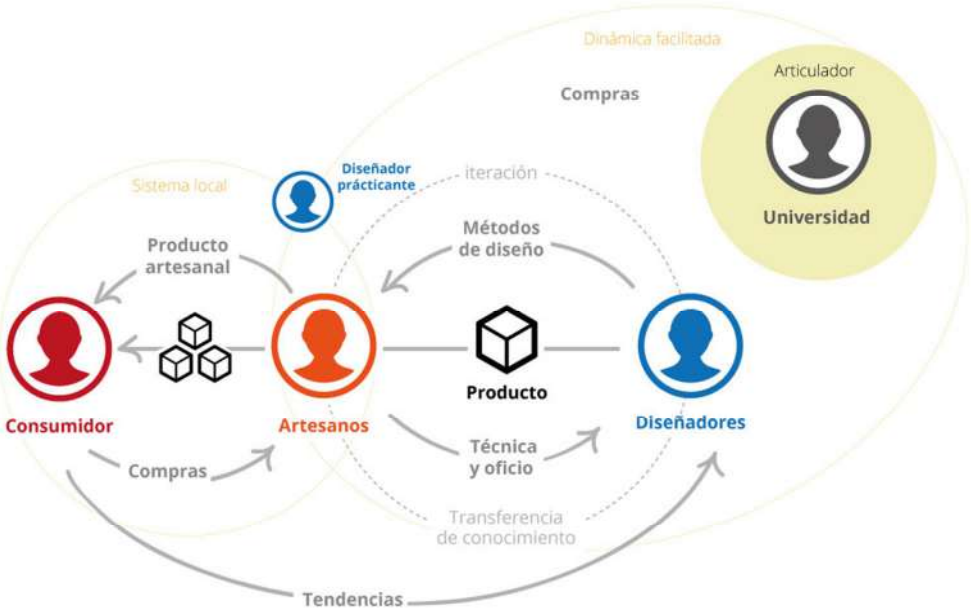


Fig. 4 Representación del modelo de colaboración proyecto "Rush weaving en Yuan-Li"

El modelo de trabajo que declara este proyecto se basa en una aproximación de co-creación, la cual se construye a partir de 3 grandes procesos:

Inicio difuso: Conociendo la localidad, visitando la comunidad artesanal y entrevistando a los actores claves que la movilizan y comercializan.

Diseño y desarrollo: (desarrollo de ideas, concepto, prototipado y productos con un foco colaborativo). El proceso de prototipado co-creativo permite habilitar a los artesanos en los métodos de producción y diseño, y los diseñadores pueden obtener una mejor comprensión del oficio y como fundir este con la modernidad.

Todo este proceso se encuentra entrelazado con discusión grupales, presentaciones e iteraciones que permiten obtener un prototipo ya testeado con los principales stakeholders.

Transferencia del conocimiento y experiencia: El mecanismo de mutuo aprendizaje está basado en un intercambio de conocimiento de ambas partes para incrementar sus capacidades profesionales.

4.2.3. Resultados.

Como resultado del proyecto se desarrollaron dos líneas de productos basadas en Decoración de hogar que incluyeron lámparas, una radio y un taburete y accesorios personales basados en una serie de brazaletes, prototipos finales "que han servido como un vehículos para demostrar las posibilidades del tejido en mimbre para los stakeholders" (Tung, 2012, p. 79). Estos productos fueron exhibidos y lograron ganar varios premios, lo que aportó considerablemente a la visibilidad del proyecto y la comunidad de productores.

Por otro lado, al finalizar la experiencia un miembro del equipo de diseño se integró a la comunidad como practicante para aprender habilidades del oficio.

Esta iniciativa tuvo una trascendencia en la Universidad patrocinante, lo que permitió generar nuevos talleres anuales de diseño y artesanos.

4.2.4. Sustentabilidad del Proyecto.

A pesar de que se menciona la generación de nuevas iniciativas de talleres entre diseñadores y artesanos, en la actualidad no es posible localizar el proyecto. Esto nos lleva a pensar que la articulación de un proyecto de estas características con base 100% académica, requiere de otras componentes para asegurar la proyección del mismo en ámbitos comerciales o productivos.

Sin embargo, el trabajo en mimbre de Yuan-Li si es posible de encontrar en exhibiciones internacionales tales como el London Craft Week 2016 (Native & Co, 2016), con un énfasis en el diseño y la ancestralidad de este oficio manual. Este antecedente puede darnos pistas acerca del aporte del trabajo colaborativo y la transferencia de conocimiento mutuo de este proyecto, lo que permitió una proyección a nivel de emprendimientos no relacionados con la academia

4.3. SaberHacer: Costureras + Diseñadores.



Fig. 5 Actividades del proyecto SaberHacer, Chile.

4.3.1. Descripción del Proyecto.

El proyecto SaberHacer fue iniciado por el diseñador Rodrigo Gajardo, en Santiago de Chile a partir del trabajo con la Municipalidad de Peñalolén y el área de Desarrollo Económico Local de la misma (Centro Yunus). Entre las distintas funciones de esta unidad municipal, se encuentra el apoyo a productores de la comuna en temas laborales, de emprendimiento y capacitación. Si bien, esta comuna de la ciudad de Santiago no presenta registros formales relevantes de actividad industrial, el sector de confección textil se constituía como un ámbito recurrente de atención, ya sea por programas de capacitación o apoyo comercial en emprendimientos de jefas de hogar que -a pesar de manejar diversas técnicas y disponer de tecnología adecuada para proveer al mercado- no logran mejorar sus ingresos y calidad de vida (Gajardo, 2015).

Como un modo de experimentar con nuevas metodologías de trabajo en este sector, se pilotearon una serie de actividades de vinculación entre costureras y diseñadores durante el año 2015, con el apoyo de la municipalidad y su infraestructura.

4.3.2. Dinámicas de colaboración.

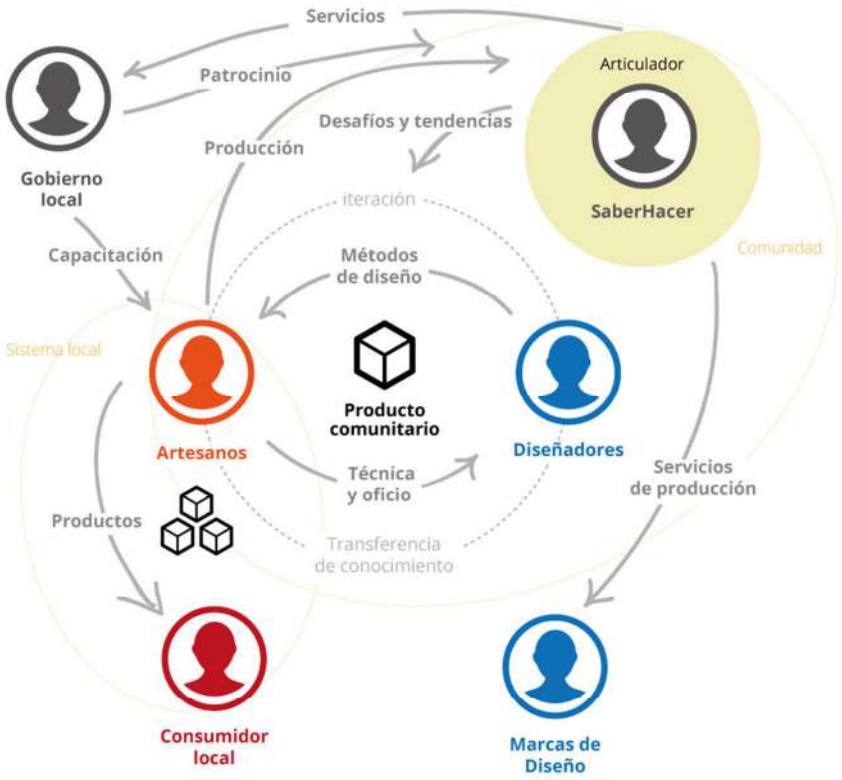


Fig. 6 Representación del modelo de colaboración proyecto "SaberHacer: Costureras + Diseñadores"

Los programas de SaberHacer han estado basados principalmente en el formato de Taller Colaborativo, cuyo foco está en reunir diseñadores y productores en 3 días de trabajo, desde el reconocimiento y conformación de equipos hasta el prototipado y liberación de conceptos de productos.

Día 1/ Trabajo colaborativo: Reconocimiento, conformación de equipos y entrega de desafíos.

Día 2/ Prototipado: Presentación de observaciones, referentes y prototipado #1 de producto. Discusión entre pares.

Día 3/ Producto y liberación: Presentación de mejoras, Prototipado #2 y construcción de modelos de productos a liberar (planos, patrones, etc).

El proceso incluye espacios de transferencia cruzada de conocimiento, donde el diseñador puede aprender nuevas técnicas para trabajar materialidades (ej: cortar una circunferencia en tela, utilizar una máquina de coser, uso de herramientas, etc) y los productores/artesanos aprenden métodos de diseño para la generación de nuevos productos (ej: observación, búsqueda de referentes, manejo formal, procesos de iteración, etc).

Al cierre de estas actividades cada participante es ingresado formalmente a la Comunidad de Productores locales, con la entrega de una credencial con acceso al sitio web y al portafolio de productos comunitarios.

4.3.3. Resultados.

Al término de las actividades desarrolladas durante el año 2015 y luego de trabajar con casi 40 costureras y 25 diseñadores en dos instancias de Talleres colaborativos se obtuvieron una serie de resultados que se han configurado como el Capital productivo de la comunidad.

Un primer resultado fue la generación de 21 prototipos de productos abiertos, resultantes de los distintos talleres aplicados -entre los que encontramos productos para ciclistas, hogar, mascotas, runners, entre otros- los cuales se encuentran disponibles en el sitio web del proyecto donde los miembros de la comunidad pueden 'descargar' los patrones constructivos para su uso, fabricación y comercialización.

El segundo resultado fue la generación de una Comunidad de Productores Locales, que es el resultado de aquellas personas que han participado de las actividades, quienes mantienen una relación de apoyo y generación de servicios (ej: diseñadores que contratan costureras, costureras que se asociación para un trabajo específico).

El tercer resultado del proyecto ha sido la experiencia de una serie de proyectos comerciales gestionados por la organización articuladora, donde se ha vinculado a un grupo de productores con 2 marcas de diseño local que han requerido servicios de corte y confección para sus líneas de productos. En otro caso, el grupo de diseñadores y costureras han desarrollado un proyecto interno, desde la ideación hasta la producción de servilletas y manteles de tela estampados en serigrafía artesanal (SaberHacer, 2016).

4.3.4. Sustentabilidad del Proyecto

Si de alguna forma este proyecto reúne las características colaborativas de transferencia de conocimiento mutuo entre diseñadores y productores del proyecto taiwanes y la centralidad de la gestión del proyecto colombiano, los desafíos para encontrar una sustentabilidad están justamente en la complejidad observadas de las interacciones y gestiones requeridas para movilizar a todos los actores involucrados.

5 Discusión.

En la selección de casos, privilegiamos la diversidad de los modelos de colaboración en cuanto a articulaciones que se dan entre los iniciadores del proyecto y los actores participantes, por sobre la cantidad de casos. Los resultados que nos arroja este análisis comparativo nos da luces acerca de cómo se comportan las distintas iniciativas en el tiempo según el tipo de modelo de colaboración que se aplique y cómo el enfoque abierto o cerrado de la transferencia de conocimientos tiene un impacto en la sustentabilidad o replicabilidad de los mismos.

Si bien no es posible, por el tamaño de la muestra, demostrar una relación de causalidad entre el modelo de colaboración y el impacto generado en la sustentabilidad de los proyectos, si hemos obtenido algunas hipótesis de la correspondencia entre los modelos y la trayectoria de los proyectos en el tiempo.

Algunas de estas hipótesis tienen relación a cómo la centralidad cerrada de estas iniciativas afecta la generación de nuevas iniciativas desde los actores involucrados, cuánto afecta el academicismo puro en la generación de modelos de negocios y relaciones comerciales concretas más allá de la experimentación así como también los desafíos de gestión requeridos cuando ambos mundos -el académico y el comercial/productivo- intentan fundirse en una misma iniciativa.

Estas hipótesis se deberían validar en un trabajo futuro analizando una muestra mayor de casos, a través de un mapeo sistemático o búsqueda sistemática.

6 Conclusiones.

El enfoque estratégico del diseño, que hasta ahora ha sido utilizado para desarrollar de manera sistémica y sistemática las ventajas competitivas de las empresas -articulando sus sistemas-producto-servicio- hoy tiene la oportunidad de operar en nuevas lógicas. Gracias a enfoques tales como el diseño de servicios y la continua sistematización de herramientas para este quehacer, el diseñador estratégico puede incorporarse a los desafíos que sugiere el sistema público y las comunidades, basándose en una mirada holística del contexto, resolviendo problemáticas desde su mirada centrada en las personas y ubicando su trabajo en esa intersección generada entre la tecnología, la técnica, el mercado y las personas, pasando de medir su efectividad no sólo desde la rentabilidad económica o efectividad técnica sino también desde la rentabilidad social. Este foco, en el contexto de la producción local y la generación de economías locales hace sumamente interesante la intervención del diseño, no sólo desde su dimensión estratégica sino que también desde las distintas especialidades que pueden relacionarse con el quehacer de artesanos, manufactureros y productores locales.

El requerimiento de diseñar nuevos sistemas productivos que permitan articular a los distintos actores involucrados en estos nuevos escenarios locales incluye repensar modelos de negocios, estrategias de capacitación y generación de capital productivo en economías colaborativas. La estrategia del uso de talleres colaborativos en la generación de soluciones compartidas entre diseñadores y productores, así como también la incorporación de estrategias open source en el uso libre de este capital por cualquier actor del sistema, podría ayudar en la efectiva generación de nuevos sistemas productivos que atiendan nuevos mercados sustentables.

7. Referencias

ANDERSON, C. (2012). “Makers, The New Industrial Revolution”. New York: Crown Business.

BAXTER, P., Jack, S. (2008). Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. The Qualitative Report, vol.13, número 4, pp. 544-559.

BONSIEPE, G. (2010). El diseño en tiempos de turbulencias, 1º Congreso Internacional de Diseño e Innovación de Cataluña, Escuela Superior de Diseño ESDI. 18 y 19 de Marzo de 2010.

GROSSE-HERING, B., MASON, J., ALIAKSEYEU, D., BAKKER, C., DESMET, P. (2013). "Slow Design for meaningful interactions" en Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Paris. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/262313813_Slow_Design_for_meaningful_interactions> [Consulta: 4 de mayo de 2016]

GAJARDO, R. (2015). "SaberHacer: Plataforma de conocimiento productivo basado en los oficios, la manufactura y el diseño de productos para el desarrollo económico local" (Tesis de magister). Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.

HESS, D. (2009). Localist Movements in a Global Economy. Sustainability, Justice, and Urban Development in the United States. Cambridge: The MIT Press.

NATIVE & CO. Lin: The Art of Taiwanese Rush Weaving. <http://www.nativeandco.com/journal/lin-the-art-of-taiwanese-rush-weaving> [Consulta: 2 de mayo de 2016]

RIESCO, M. (2012) Mal Holandés. <http://economia.manuelriesco.cl> [Consulta: 5 de Enero de 2016]

RYBCZYNSKI, W (1992). Esperando el fin de semana. Barcelona: Emecé Editores.

SENNETT, R. (2009). El artesano. Barcelona: Editorial Anagrama.

SABERHACER: Vuelve a la tela. <http://www.saberhacer.cl/vuelve-a-la-tela> [Consulta: 11 de mayo de 2016]

TRONCOSO, P. (2014) "La vuelta de los oficios." Santiago de Chile: La Tercera. <http://www.latercera.com/noticia/tendencias/2014/11/659-602699-9-la-vuelta-de-los-oficios.shtml> [Consulta: 2 de mayo 2016]

TUNG, F. W. (2012). Exploring Craft-Design Collaborations in Revitalizing a Local Craft, International Journal of Design Vol.6 No.3 2012, 71-84 <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/1077> [Consulta: 24 de marzo de 2016]

UNESCO. (2005). "Encuentro entre Diseñadores y Artesanos, Guía Práctica". Nueva Delhi: Craft Revival Trust, Artesanías de Colombia S.A. y UNESCO.

YIN, R. K. (1994). Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.

ZUKIN, S. (2004). Point of Purchase. Londres: Routledge.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3783

Teaching service design in an interdisciplinary educational context

Akoglu, Canan
Ozyegin University, Turkey. cakoglu@gmail.com

Abstract

Designing services include participation of users and stakeholders at different levels varying from minimum participation to co-creating with these actors to form a holistic perspective. Values are created collaboratively with people, but the intensity, the extent, the timing of involving people and their roles vary widely. Since such a context has a diverse nature in terms of including people with different backgrounds, mind-sets, and communication approaches, it is important to find a common platform for communicating with the design ideas and visualizing those design ideas in a group of students from different disciplines. Opening up the design process for others and finding a common platform for teams to communicate and prototype services especially in the early design process and might contribute to creating better services with higher qualities. Co-creation is in the focus of this paper as an approach in education because it allows people to communicate and cooperate among each other regardless of their backgrounds. Based on this perspective, the aim of this paper is to explore how to create initial design ideas in a group of students from different disciplines by getting all the students participate actively in the early design process. This exploration was made by conducting a series of workshops with students from industrial design undergraduate program as well as with students at different levels from entrepreneurship, business, psychology and engineering undergraduate programs. Depending on this exploration, enactment and mock-ups are found to be most effective tools during the early design process to fuel participation and creativity. Applying co-creation as an approach have benefits in terms of playing a role as a background for improving and increasing the creativity, thinking out-of-the-box and developing innovative solutions in the future.

Keywords: *Service design, industrial design, education, non-design students, interdisciplinary context*

1. Introduction

As we move from an industrial to a post-industrial society, Cross (1981) portrays a potential crisis in design and a completely new paradigm of design emphasizing that 'such a paradigm would suggest a reorientation of the values, beliefs, attitudes of designers and the goals of design (i.e. the nature of design products and the methods for achieving these goals)'. (Cross, 1981, p.5)

The very beginning of 21st century witnessed the emergence of a society and economy based on experiences, knowledge and services (Manzini, 2011). Especially the knowledge age has showed us new business models where stakeholders might have multiple models and create consume value by supplying a background or basic guidance where people can contribute in many different flexible ways (Brand&Rocchi, 2011). It is not only products that are designed for users anymore, but recently it is more of a series of interactions and experiences as part of bigger complex systems that are designed for people.

Services are complex; they contain people, artefacts, processes, performances and environments created and developed by different groups of actors involved in the design and development process (Segelström & Holmlid, 2009; Diana, Pacenti & Tassi, 2009). Together with this expansion of focus and diversity of actors involved even in the early design process, designers began to build up frameworks, backgrounds for different platforms in designing services; designers serve as catalysts and facilitators.

Values are created collaboratively with people, but the intensity, the extent, the timing of involving people and their roles vary widely. One of the key characteristics of designing together is participation, co-creation and democracy (Ehn, 2008; Fallan, 2012; Sanders & Stappers, 2008). Co-creation is in the focus of this paper as an approach for value creation. Designing services include participation of users and stakeholders at different levels varying from minimum participation to co-creating with these actors (Sanders & Stappers, 2014). Since such a context has a diverse nature in terms of including people with different backgrounds, mind-sets, and communication approaches, it is important to find a common platform for communicating with the design ideas and visualizing those design ideas while co-creating. Co-creation is a critical approach in service design practice because it allows people to communicate and cooperate among each other regardless of their backgrounds. Applying co-creation as an approach might have benefits that would go beyond the actual service design project for client organisations and might play a role as a background for improving and increasing the creativity, thinking out-of-the-box and developing innovative solutions in the future.

Sanders and Stappers (2008) refer co-creation to "any sort of act of collective creativity", "to a very broad term with applications ranging from the physical to the metaphysical and from material to the spiritual…" (Sanders & Stappers, 2008, p. 2). In a recent European Commission report on 'Design for Innovation', from management perspective, co-creation is seen about joint creation of value by companies and its customers and crucial to innovation (Dervojeda et al, 2014).

I would use co-creation as the collaborative and collective creative work by users and stakeholders because the findings I explain here are not necessarily applied across the whole design process. It is rather applied in the very early design process that is also called the fuzzy front end where everything is blurry and ideas float around among people (Clatworthy, 2011). This is a period where people who are not trained in design work

together with design and development team. It is where strategic decisions and the initial concepts of the design might occur as well. The fuzzy front end has become in focus because of its potential to be an important factor in innovation (Allam 2006; Clatworthy, 2011). The fuzzy front end is where the designer plays a catalyser role and tries to show what the organisation could benefit. The fuzzy front end is seen as a period where design might have a strategic role for organisations (Clatworthy, 2011; Junginger & Sangiorgi, 2009).

Finding a common platform for teams to communicate and prototype services especially in the early design process and opening up the design process for others might contribute to creating better services with higher qualities(Holmlid & Evenson, 2007; Sanders, 2013). Personaes, scenarios, blueprints, customer journey maps and role-playing are among the tools and methods to communicate with important characteristics in services (Holmlid & Evenson, 2007; Shostack 1984; Diana, Pacenti & Tassi, 2009). But such tools and methods require background knowledge and experience about how to think about and use these tools and methods. Based on this perspective, the aim of this paper is to explore how to communicate with the design ideas among the team members by using different types of visualizations. This exploration was made by conducting a series of workshops with students from industrial design undergraduate program as well as with students at different levels from entrepreneurship, business, psychology and engineering undergraduate programs.

2. Visualizations as a way to communicate in designing services

In a collaborative context where designers, users, stakeholders and other actors get together and work on co-creating initial design ideas in the early design process, it even becomes critical to find a common language within such a diverse group of people. Visualizations are important for service design practice and it might become a challenge when the service concept is co-created among all the stakeholders in the early stages (Segelström & Holmlid, 2009). Making services tangible and visible through telling, making and enacting are the ways to co-create services (Figure 1) (Brandt, Binder & Sanders, 2013; Sanders, 2013; Sanders & Stappers, 2014). Telling, making and enacting circular trilogy is the backbone of the workshops of which some parts are explained in this paper. In this study, visualizations are taken in a wider perspective including sketches, service blueprints, customer journey maps, personaes, prototypes, role-plays, walk-throughs and such.

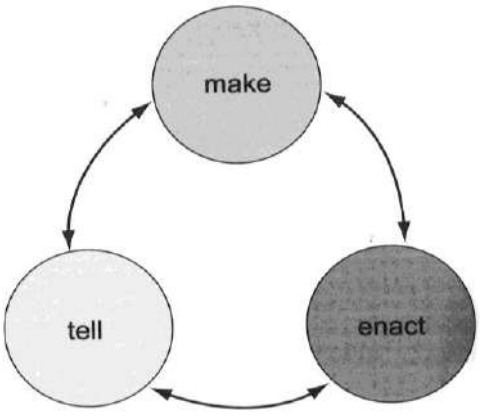


Fig. 1 The telling-making-enacting circular trilogy that represents how actions are connected and are iterative on both directions within the design process (Brandt, Binder &Sanders, 2013, p. 150)

Prototyping is seen as a basic communicative tool; it is widely accepted as a tool for learning and communicating especially when designers collaborate within their group or with other stakeholders and other teams, colleagues in the service development process (Johansson & Arvola, 2007; Blomkvist & Holmlid, 2010; Blomkvist & Holmlid, 2011). In this paper, collaborating with other teams members in the fuzzy front end of the design process with different expertise is tried to be modelled in an undergraduate course. The reason for focusing on the fuzzy frond end is that collaboration is taken in the form of co-creation in this study. And co-creation is rather applied in the very early design process that is also called the fuzzy front end where everything is blurry and ideas float around among people (Clatworthy, 2011). This is a period where people who are not trained in design work together with design and development team. It is where strategic decisions and the initial concepts of the design might occur as well. The fuzzy front end has become in focus because of its potential to be an important factor in innovation (Allam 2006; Clatworthy, 2011).

3. Workshops as a way to explore collective creativity

In 2015 Spring, a series of workshops were conducted in an undergraduate course about designing services. The attendees were students from industrial design, entrepreneurship, business, psychology and engineering undergraduate programs. 3 workshop sessions were held respectively in the course; the first workshop was about creating an initial design concept; the latter workshop was about finding another alternative design concept about the same theme. 4 teams were set up with the students; the main restriction while setting up the teams was that there should be at least one design student in each team. Each team consisted of 4-5 students from the second year of the industrial design program, from the third and fourth year of other undergraduate programs such as entrepreneurship, business management, engineering and psychology. The main intention with these workshops was to explore how students from different educational programs work together in the early design process, what tools and methods they use while communicating with each other and with the audience.

The process during the workshops and the presentations of the teams were documented by video recordings, photos and notes. Students presented their work mostly by role-playing, mock-ups, sketches and prototypes. The process and the findings used in this paper is focused on the first workshop since the students were given very limited time and asked to create initial design ideas together and present their ideas in an effective way for the first time.



Fig. 2 The process of brainstorming, storytelling and creating insights within the teams.

The workshops consisted of 4 main phases as a process: research, creating insights, ideation and prototyping. The research and creating insights processes are taken into consideration as the telling leg of the tell-make-enact circular trilogy. In the beginning of the first workshop, the students were given quick background knowledge about the early design process and how to create insights from their research, make interpretations from their insights-create very initial design ideas- and then make prototypes of their very initial design ideas in order to communicate both within the teams and with other teams. The focus in this first workshop was on how they could communicate with their design concepts since visualizations are essential in designing services because of the intangible nature of services. Because of the given limited time, the teams did not have time go out in the field and make research based on a relatively longer period. Instead, the students were guided to brainstorm by sharing their ideas and storytelling about how people behave, what they think and experience about the given theme within their teams. Based on this first phase, then the students worked transforming what they found earlier into insights (Figure 2). This was the process where the teams took extensive guidance from the workshop instructors since it was especially the first time for non-design students try to think within this perspective respectively. The next step was creating very initial design ideas, visualizations and prototypes to be able to communicate both within the teams and with other teams as well which constitute the making leg of the tell-make-enact circular trilogy (Figure 3). The last step in this workshop was communicating with the initial design idea that the teams created and presenting it via prototypes and role-playing that form up the enacting leg of the tell-make-enact circular trilogy.



Fig. 3 The process of creating prototypes, mock ups and role playing as ways to communicate with their initial design idea both within teams and with other teams.

There was too much frustration in the beginning among the students, but gradually this frustration level decreased. Working in a team based on a designerly approach got the students to understand and experience the mind-set. The students took intense guidance from the workshop instructors during the first workshop. No specific roles were given to students, but it was observed that the design students led the process within the teams even though the teams were not guided in that way.

The students were encouraged to share their ideas as open as possible. Rather than explaining every step one by one in detail in a lecture format, the students were pushed for hands-on experiencing even if they do not have background education on the design process and designerly tools and methods. The majority of the students easily and quickly experienced the early design process and without having design education background, they quickly and actively participated in whole process together with just a couple of design students. The students seemed to feel much more comfortable and engaging about enacting and making rather than creating insights. How their research, initial discussions, brainstorming sessions evolved into insights and then to early design concepts were seen much more important than the output of the workshops.

Among the reflections of the students, some of the attendees stated that they would apply the same approach they experienced in the workshops in their start-ups since especially the students from the entrepreneurship undergraduate program already have their own start-ups. On the other hand, some of the attendees wrote about their resistances on working in such a mind-set that is too far away from what they are used to do even though they stated that working in teams was a beneficial experience for them in terms of collective working.

4. Conclusion

This paper aimed to explore how communicating with the design ideas among the team members as well as other people by using different types of visualizations through co-creation. This exploration was made by conducting a series of workshops with students from (industrial) design and non-design undergraduate programs. Based on the observations, dialogues and the students' written reflections, it was found out that collective creativity created positive results such as even some of the non-design students who have their own start-ups got inspired of the approach that was taken throughout the workshops. Together with the design students in the teams, all the attendees seemed to participate comfortably since the design students took leadership positions in these designerly based way of approach to the given themes. As seen in the literature review, the students mostly and more comfortably used enactment-roleplaying, mock-ups and prototyping in order to communicate with their design ideas both within their teams and with other teams. Even though non-design students do not have any background knowledge and skills about role-playing, prototyping and creating mock-ups, it was observed that the students practically used those tools and methods. Moreover, based on this small exploration, it is possible to assume that the role of design might expand towards facilitating the creativity of non-designers together with designers.

5. References

ALLAM, I. (2006). "Removing the fuzziness from the fuzzy front end of service innovations through customer interactions", *Industrial Marketing Management*, 35(4), p. 468-480.

BLOMKVIST., J., & HOLMLID, S. (2011). Existing prototyping perspectives: considerations for service design. Proceedings of the Nordic Design Research Conference, NorDes 2011, Helsinki, Finland.

BLOMKVIST., J., & HOLMLID, S. (2010). Service prototyping according to service design practitioners. Proceedings of the 2nd Nordic Conference on Service Design and Service Innovation, ServDes2010, Linköping, Sweden.

BLOMKVIST., J., & HOLMLID, S. (2009). Exemplars in service design. Proceedings of the 1st Nordic Conference on Service Design and Service Innovation, Oslo, Norway.

BRAND, R., & ROCCHI, S. (2011). Rethinking Value in a Changing Landscape, A model for strategic reflection and business transformation. A Philips Design Paper. http://www.design.philips.com/philips/shared/assets/design_assets/pdf/nvbD/april2011/paradigms.pdf (Accessed 28 December, 2013)

BRANDT, E., BINDER, T., AND SANDERS, E. B.-N. (2012). Tools and techniques: Ways to engage telling, making and enacting, in Simonsen, J. and Robertson, T. (eds.), Routledge International Handbook of Participatory Design, Routledge, p. 145–181.

CLATWORTHY, S. (2011). Service innovation through touch-points: Development of an innovation toolkit for the first stages of new product development, International Journal of Design, 5(2), p. 15-28.

CROSS, N. (1981). The coming of post-industrial design, Design Studies, 2(1), p. 3-7.

DERVOJEDA, K., VERZIJL, D., NAGTEGAAL, F., LENGTON, M., ROUWMAAT, E., MONFARDINI, E., FRIDERES, L. (2014). Design for Innovation Co-creation as a Way of Value Creation. European Commission Report on Business Innovation Observatory. http://ec.europa.eu/enterprise/policies/innovation/policy/business-innovation-observatory/files/case-studies/14-dfi-co-creation-design-as-a-way-of-value-creation_en.pdf (Accessed 15 October, 2014)

DIANA, C., PACENTI, E., & TASSI, R. (2009). Visualties communication tools for (service) design. Proceedings of the 1st Nordic Conference on Service Design and Service Innovation, Oslo, Norway.

EHN, P. (2008). Participation in design things. Proceedings of the Participatory Design Conference, ACM Press, p. 92-101, Bloomington, Indiana, US.

FALLAN, K. (ed.) (2012). Scandinavian Design: Alternative Histories, Berg.

HOLMLID, S., & EVENSON, S. (2007). Prototyping and enacting services: Lessons learned from human-centered methods. Proceedings of the 10th Quality in Services Conference, QUIS 10, Orlando, Florida.

JOHANSSON, M., & ARVOLA, M. (2007). A case study of how user interface sketches, scenarios and computer prototypes structure stakeholder meetings, in L. J. Ball, M. A. Sasse, C.

SAS, T. C. ORMEROD, A. DIX, P. BAGNALL, ET AL. (ed.), People and Computers XXI: HCI... but not as we know it, Proceedings of HCI 2007, The 21st British HCI Group Annual Conference, The British Computer Society, Swindon, UK.

JUNGINGER, S., SANGIORGI, D. (2009). Service design and organizational change: bridging the gap between rigour and relevance. Proceedings of the 3rd IASDR Conference on Design Research, Seoul, Korea.

MANZINI, E. (2011). Introduction, in Meroni, A. and Sangiorgi, D. (eds.), Design for Services, Gower, pp. 1-6.

DIANA, C., PACENTI, E., TASSI, R. (2009). Visualtiles communication tools for (service) design. Proceedings of the 1st Nordic Design Research conference, Nordes2009, Oslo, Norway.

SANDERS, ELIZABETH B.-N., STAPPERS, P., J. (2014) Probes, toolkits and prototypes: three approaches to making in codesigning, CoDesign, 10(1), p. 5-14.

SANDERS, E.B.-N. (2013). Prototyping for the design spaces of the future, in Valentine, L. (ed.), Prototype: Design and Craft in the 21st Century, Bloomsbury.

SANDERS, N. B. E, STAPPERS, J. P. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. Codesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts, 4(1), p. 5-18.

SEGELSTRÖM, F., & HOLMLID, S. (2009). Visualization as tools for research: Service designers on visualizations. Proceedings of the 1st Nordic Design Research conference, Nordes2009, Oslo, Norway.

SHOSTACK, L. (1984). Designing Services that deliver, Harvard Business Review, 62(1), p. 133-139.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3362

Relações entre a educação para o futuro e o ensino do Design na atualidade

Cidaley de Oliveira Moreira, Samantha[a]; Bom Conselho Sales, Rosemary[b]; Barbosa, Paula Glória[c] & Aguilar, Maria Teresa Paulino[d].

[a]PhD candidate at Universidade do Estado de Minas Gerais, Brazil. samanthacidaley@gmail.com

[b]PhD Mechanical Engineering. Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil. rosebcs@gmail.com

[c]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Brazil. paula.barbosa@ifmg.edu.br

[d]Universidade Federal de Minas Gerais, Brazil. teresa@ufmg.br

Resumo

O relatório produzido para a Unesco, no final do século passado, preconiza que para superar os desafios de um futuro próximo, o aprendizado, neste século, deverá estar apoiado em quatro pilares fundamentais: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver com os outros e aprender a ser. Para essa nova geração, cujo cotidiano está marcado pelo excesso de informações e diversidade de possibilidades, torna-se imperativo o desenvolvimento de competências múltiplas. Estabelecendo conexão entre ensino e aprendizado, a ação educativa se faz nas relações do homem com o mundo, materializando-se numa série de habilidades e atitudes, que ocasionam mudanças intelectuais, emocionais e sociais nos indivíduos. O processo educativo é o comportamento que mais marca o nosso dia-a-dia e o mais cotidiano dos processos que orientam o nosso agir. O Design, atividade de natureza projetual potencialmente transformador, atua no ajuste da materialidade aos modos e meios de vida dos indivíduos. Dedicado ao projeto de futuros desejáveis, é essencial que o designer aprenda a olhar o mundo, os lugares e as coisas pelo ponto de vista das pessoas que utilizarão produtos, processos e ou serviços projetados por ele. Para que os desafios de projeto sejam identificados adequadamente, o planejamento seja assertivo e a solução inovadora, é necessário que o designer conheça, faça, viva e seja um pouco do outro. É consenso no meio acadêmico que os processos

transdisciplinarity to a systemic view development, so that the student will be able to act competently in everyday or unusual situations. Between the ideal and the real, this article reflects about principles that guide the twenty-first century education and the guidelines that support the Design educational processes in Brazil today, searching for relationships between the data. In addition to the study presented by UNESCO, other sources were investigated to identify the approaches proposed to the education future and, more especially, in the brasilian Design undergraduate courses. In general, the results show gaps to be filled. It is considered necessary to review the educational processes, enhancing the knowledge and preparation of Design students to the future and, consequently, boost their role in promoting scientific, technological and social innovation in the present.

Key-words: *education process, design, high education, inovation.*

1. A educação para o futuro

A diversidade e a amplitude das mudanças no contexto da existência humana é uma realidade no cotidiano de grande parte da população, sobretudo a urbana, afetando especialmente o cenário tradicional, que privilegia o pensamento cartesiano e a razão acima da emoção. Em diversas partes do mundo, muitas pessoas se desnorteiam em meio ao excesso de possibilidades e alternativas proporcionadas pelo rápido desenvolvimento da sociedade da informação. O volume de dados disponíveis no sistema global e a relativa facilidade de acesso às redes de contato entre as pessoas determina uma realidade que impacta na percepção de mundo, nas expectativas de vida e nas vivências individuais e coletivas. Nesse contexto, o efêmero apresenta-se como característica marcante nas ações cotidianas, o que provoca, em certa medida, o esvaziamento de atenção e importância aos detalhes que tocam os sentidos e encantam o viver. Diante desse cenário complexo é preciso que as pessoas tenham habilidade para coletar, selecionar, ordenar, gerenciar e utilizar as informações disponíveis, conforme suas necessidades, desejos e possibilidades. Acredita-se que a educação, determinada pelos processos de ensino e aprendizado, seja o caminho mais indicado para a construção de habilidades que facilitem às pessoas lidarem com os limites e as oportunidades dessa realidade.

Ao final da década de 1990, a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) atribuiu ao economista Jacques Delors a coordenação de uma comissão internacional para elaboração de um estudo sobre a educação para o século XXI.

O trabalho deu origem ao relatório intitulado "Educação um tesouro a descobrir". Considerando a força e a atualidade desse trabalho, ainda hoje serve de referência e orienta diversos planos de ação em instituições de ensino, dos anos iniciais ao ensino superior.

Dentre outras questões que tocam as esferas da vida e do desenvolvimento humano, no citado relatório estão identificadas tensões que, para Jacques Delors e sua equipe, constituem o cerne da problemática do século XXI. Tais tensões se localizam entre ideias que constituem e conformam: o global e o local; o universal e o singular, a tradição e a modernidade; as soluções a curto e a longo prazos; a indispensável competição e o cuidado com a igualdade de oportunidades; o extraordinário desenvolvimento dos conhecimentos e a capacidade de assimilação pelo homem; e enfim, entre o espiritual e o material. Para os autores, é preciso assumir a existência dessas tensões para que seja possível superá-las.

Conhecer melhor o outro e o mundo é uma premissa para superação das tensões, próprias desse nosso século. Diante do cenário que se configura, moldado pelo progresso tecnológico em paralelo à expansão da importância das questões cognitivas e imateriais na produção de bens e serviços, Jacques Delors anuncia que, para a formação da "sociedade de amanhã", é preciso "repensar o lugar ocupado pelo trabalho e seus diferentes estatutos". De acordo com a comissão internacional, para a criação desta nova sociedade, "a imaginação humana deve ser capaz de se adiantar aos avanços tecnológicos", evitando assim, "o aumento do desemprego, a exclusão social, as desigualdades do desenvolvimento". (UNESCO, 1996, p.18)

Como suporte para essa nova mentalidade em construção, Jacques Delors (UNESCO, 1996) indica o processo de educação ao longo da vida. Dispondo de vantagens tais como a flexibilidade, diversidade e acessibilidade no tempo e no espaço, a educação ao longo da vida deve servir ao desenvolvimento do ser humano em sua integridade, o que implica avanços na vida profissional das pessoas, construção contínua de seus saberes e aptidões, assim como da sua capacidade de discernir e de agir. Em paralelo, se faz necessário exercitar valores tais como a compreensão, o auxílio ao próximo e a harmonia nas relações humanas. Para que seja instituído o espírito de um novo tempo, os processos educativos devem ser capazes de auxiliar às pessoas a terem consciência de si e do meio ambiente. Para isso, está recomendado no relatório que a educação para o futuro esteja apoiada em quatro pilares: aprender a conviver, aprender a conhecer, aprender a fazer e aprender a ser.

Conviver não é uma tarefa fácil de se aprender, considerando, especialmente, a complexidade que se estabelece em nosso cotidiano. Aprender a viver junto exige que as pessoas busquem o conhecimento de suas origens, limites e potenciais para que lhes seja possível conhecer histórias, tradições e espiritualidade uns dos outros. (UNESCO, 1996)

Para que essa tarefa fique mais simples é preciso aprender a conhecer, sufiscientemente, a cultura geral e dominar, profundamente, assuntos específicos. E, no ensejo de conhecer mais e melhor sobre o mundo, as pessoas tendem a desenvolver em si o gosto pelo conhecimento, exercitando, assim, o aprendizado contínuo. (UNESCO, 1996)

O conhecimento progressivo das variáveis da vida e do mundo descortina aos nossos sentidos os desafios a se superar, no exercício de convivência consigo e com os outros. Para facilitar o cumprimento das tarefas nessa trajetória de superação, é preciso que as pessoas aprendam a fazer, ou seja, que saibam dar solução prática às intenções. Com vistas a assertividade na ação, e em resposta à amplitude das demandas na realidade atual, é desejável que as pessoas adquiram competências múltiplas. (UNESCO, 1996)

Para que se consiga fazer a diferença no enfrentamento de situações corriqueiras ou imprevisíveis, no campo profissional, nos ambientes domésticos ou em outros lugares cotidianos, antes de tudo é preciso aprender a ser. Ao aprender a ser, aprendemos a exercitar nossos talentos pessoais, tais como a memória, o raciocínio, a imaginação, a capacidade física, o sentido estético, a facilidade de comunicação, o carisma, entre outros tesouros muitas vezes escondidos pelo desconhecimento ou falta de compreensão da dimensão do potencial de cada um de nós. Aprender a ser relaciona-se à capacidade que as pessoas dispõem para compreender e assumir suas responsabilidades no processo de construção de um destino coletivo. Implica, nesse sentido, o exercício da autonomia e do discernimento, para que haja benefícios à toda humanidade e não apenas a uma parte dela. (UNESCO, 1996)

Às instituições de ensino, nos diversos estágios do desenvolvimento do ser humano, cabe o fomento à educação para o futuro. Especialmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, recomenda-se que nas instituições de ensino superior (IES) sejam desenvolvidas pesquisas teóricas ou aplicadas, em busca de solução aos problemas identificados na realidade local. No contexto das IES desses países, é preciso que sejam propostas novas perspectivas de desenvolvimento para que haja a construção de um futuro melhor à população nas diversas regiões. Para que saiam do ciclo de pobreza e subdesenvolvimento, aos professores do ensino superior cabe a tarefa de formar profissionais necessários ao desenvolvimento sustentável de seus países. (UNESCO, 1996)

Corroborando com as orientações de Jacques Delors e sua equipe, pode-se evocar as idéias defendidas por Edgar Morin (2011). A obra desse autor apresenta os sete saberes necessários à educação do futuro e pode ser compreendida como um convite à reflexão sobre a essência e a origem dos processos de conhecimento, considerando que o indivíduo deve estar preparado para enfrentar os riscos e as ilusões da vida diária.

Em meio à diversidade cultural e à pluralidade dos indivíduos, na atualidade, deve-se orientar a educação para o desenvolvimento do senso de compreensão e da sensibilidade, com base nos princípios éticos. Envolvendo essencialmente as relações entre indivíduo – sociedade – natureza, a educação para o futuro deve ter como foco central a condição humana, considerando que o ser humano é, a um só tempo, físico, biológico, psíquico, cultural, social e histórico. Para o desenvolvimento do ser humano na sua totalidade, há de se incentivar que as diversas disciplinas escolares convirjam para integração de conteúdos, consolidando a construção de um conhecimento transdisciplinar.

Para a assertividade da aplicação desse conhecimento no cotidiano, Edgar Morin (2011) orienta para a necessidade de apreensão dos problemas globais e das realidades locais, no entendimento de que os acontecimentos na localidade interferem na totalidade, e vice versa. A compreensão da relação entre a diversidade e a singularidade, chama à consciência a responsabilidade de cada um de nós para o equilíbrio global, à medida que tudo está interligado.

Nesse processo, o autor nos faz pensar sobre a postura das escolas no presente, que, nos processos educativos, valorizam as certezas geradas pela ciência e ignoram as ambiguidades. Para Morin (2011), a escola no futuro deve educar as pessoas para que sejam capazes de enfrentar os desafios e resolver problemas reais, considerando, para isso, a possibilidade do enfrentamento aos imprevistos.

Afim de promover reformas das mentalidades, a prática da empatia é uma sugestão, considerando que, na tentativa de compreender mais e melhor o outro, acabamos por compreender mais e melhor nossa própria existência.

Nessa relação que orienta a educação para o futuro, a ética assume lugar de destaque. Para que tudo fique bem para todos é necessário tomar consciência de que o ser humano é, ao mesmo tempo, um indivíduo e parte de uma sociedade. Isso implica que os atos praticados por uns afeta aos outros, e tudo o que fazemos ao mundo reflete em nós mesmos.

A complexidade do mundo na atualidade decorre do fato de que tudo está interligado, conformando uma rede. Sabendo que nossas atitudes definem o nosso futuro, é preciso "viabilizar práticas pedagógicas fundamentadas na solidariedade, na ética, na paz e na justiça social" (Morin, 2011, p.13). Para aprender a lidar com essa realidade que se revela aos nossos olhos, à medida que tomamos consciência da amplitude da vida, entendemos a orientação de Edgar Morin (2011, p.13) quando indica ser essencial a criação de espaços "dialógicos, criativos, reflexivos e democráticos". Na possibilidade de constituir uma nova mentalidade, a sala de aula deve se apresentar de outra maneira, não somente no que se refere ao arranjo do mobiliário, mas na ambiência, possibilitando melhor interação entre os estudantes e maior reflexão sobre "as coisas do mundo".

2. Diretrizes curriculares e orientações para a formação de designers no Brasil

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, em seu artigo 205, determina que a educação – dever da família e do Estado – tenha, por finalidade, o preparo do indivíduo para o mundo do trabalho (qualificação profissional) e para a prática social (exercício da cidadania), por meio do desenvolvimento de aptidões, potencialidades e da personalidade do educando. Para tal, entre outras disposições, confere às universidades autonomia didático-científica, administrativa e de gestão financeira e patrimonial, exigindo que exista indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão (artigo 207), e determina que seja competência privativa da União legislar sobre as diretrizes e bases da educação nacional (artigo 22, inciso XXIV).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB), Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996), determina, no que se refere ao ensino superior (artigo 43), que a educação deve:

I - estimular a criação cultural e o desenvolvimento do espírito científico e do pensamento reflexivo;

II - formar diplomados nas diferentes áreas de conhecimento, aptos para a inserção em setores profissionais e para a participação no desenvolvimento da sociedade brasileira, e colaborar na sua formação contínua;

III - incentivar o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia e da criação e difusão da cultura, e, desse modo, desenvolver o entendimento do homem e do meio em que vive;

IV - promover a divulgação de conhecimentos culturais, científicos e técnicos que constituem patrimônio da humanidade e comunicar o saber através do ensino, de publicações ou de outras formas de comunicação;

V - suscitar o desejo permanente de aperfeiçoamento cultural e profissional e possibilitar a correspondente concretização, integrando os conhecimentos que vão sendo adquiridos numa estrutura intelectual sistematizadora do conhecimento de cada geração;

VI - estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade;

VII - promover a extensão, aberta à participação da população, visando à difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica geradas na instituição;

VIII - atuar em favor da universalização e do aprimoramento da educação básica, mediante a formação e a capacitação de profissionais, a realização de pesquisas pedagógicas e o desenvolvimento de atividades de extensão que aproximem os dois níveis escolares.

Somado aos mencionados deveres da educação de ensino superior no Brasil, o artigo 53 da LDB 9.394/96 (Brasil, 1996) reforçou a autonomia didático-científica das universidades, conferindo-lhes, dentre outras, as atribuições de criar, organizar e extinguir cursos e programas de educação superior, obedecendo às normas gerais da União, e fixar os currículos dos seus cursos e programas, observadas as diretrizes gerais pertinentes. Cabe, neste ponto, mencionar a grande conquista que essa autonomia e consequente liberdade representaram para o ensino superior brasileiro, até então engessado pelas estruturas curriculares mínimas da Lei de Diretrizes e Bases precedente, a LDB 4.024/61 (Brasil, 1961).

Os Currículos Mínimos, direcionados basicamente ao exercício profissional e presos a estruturas rígidas, conduziram a uma formação superior carente de flexibilidade que, na maioria dos casos, não acompanhou as mudanças sociais, tecnológicas e científicas do processo de desenvolvimento da sociedade. Desse estado de coisas resultou uma crescente defasagem dos graduados em relação ao competente desempenho necessário no contexto pós-acadêmico. (Couto, 2008, p.18).

No que se refere ao estabelecimento de diretrizes para elaboração dos cursos e programas de ensino superior, a Lei nº 9.131, de 24 de novembro de 1995 (Brasil, 1995), artigo 9º, § 2º, alínea "c", conferiu à Câmara de Educação Superior (CES) do Conselho Nacional de Educação (CNE) a competência para "deliberar sobre as diretrizes curriculares propostas pelo Ministério da Educação e do Desporto, para os cursos de graduação". Com efeito, a CES editou, em 11 de março de 2003, o Parecer nº 67 (CNE/CES, 2003a), atual referencial para as diretrizes curriculares dos cursos de graduação no Brasil. Essas diretrizes devem ser respeitadas por todas as instituições de ensino, como elucida Rita Maria de Souza Couto (2008), objetivando assegurar os conteúdos comuns, a flexibilidade e a qualidade da formação oferecida aos estudantes.

Dentre os aspectos apresentados pelo Parecer nº 67 (CNE/CES, 2003a), destaca-se a orientação de se construir um "modelo pedagógico capaz de adaptar-se à dinâmica das demandas da sociedade, em que a graduação passa a constituir-se numa etapa de formação inicial no processo contínuo da educação permanente". Nesse sentido, a referida autora destaca o dever das IES de incentivar uma sólida formação geral dos seus discentes, estimulando práticas de estudo independente que os possibilitem estabelecer uma progressiva autonomia profissional e intelectual.

Para Rafael Cardoso (2012), a concepção popular de que um estudante, ao concluir a sua faculdade, seja um profissional "pronto", gera desnecessária ansiedade e frustração no jovem profissional. Segundo o autor, é papel da instituição de ensino promover aos alunos a reflexão de que para se tornar um bom profissional de qualquer área, inclui-se aqui o Design, é necessário um longo processo de aprendizagem, do qual a graduação é apenas uma etapa. As experiências advindas do trabalho, por meio da vivência em estágios e do exercício da prática profissional, somados ao continuo hábito de leituras, estudo e reflexão, são indispensáveis à construção de um bom profissional. "No mundo complexo, aprender a profissão é tarefa para toda a vida" (Cardoso, 2012, p. 239).

Auxiliando a formação do estudante, as IES devem fortalecer a articulação da teoria com a prática. É o que recomenda o Parecer nº 67 (CNE/CES, 2003a): as instituições de ensino devem "contemplar orientações para as atividades de estágio e demais atividades que integrem o saber acadêmico à prática profissional, incentivando o reconhecimento de habilidades e competências adquiridas fora do ambiente escolar".

Versando sobre o ensino do Design, a CNE/CES elaborou o Parecer nº 195, de 05 de agosto de 2003 (CNE/CES, 2003b), e a Resolução nº 5, de 8 de março de 2004 (CNE/CES, 2004), estabelecendo as diretrizes curriculares dos cursos de graduação em Design, com o propósito de se definir uma abrangência desejável dos projetos pedagógicos, um perfil esperado dos egressos e os eixos de formação indispensáveis, e, ao mesmo tempo, permitir o atendimento, por parte das IES, das contínuas e emergentes mudanças do meio, da ciência e da tecnologia. Assim,

"o curso de graduação em Design deve ensejar, como perfil desejado do formando, capacitação para a apropriação do pensamento reflexivo e da sensibilidade artística, para que o designer seja apto a produzir projetos que envolvam sistemas de informações visuais, artísticas, estéticas, culturais e tecnólogicas, observados o ajustamento histórico, os traços culturais e de desenvolvimento das comunidades bem como as características dos usuários e de seu contexto sócio-econômico [sic] e cultural". (CNE/CES, 2003b; CNE/CES, 2004)

Também está definido no Parecer nº 195 (CNE/CES, 2003b) e na Resolução nº 5 (CNE/CES, 2004) as competências e habilidades mínimas esperadas dos egressos de cursos de graduação em Design no Brasil: a) a capacidade criativa, referente à proposição de soluções inovadoras a partir do domínio das técnicas de criação; b) o domínio da linguagem, que compreende a habilidade instrumental, técnica e expressiva para a comunicação de ideias, a partir do uso de diferentes mídias (escrita, fala e visual) e por meio de diversos recursos (manuais ou computacionais); c) o trânsito interdisciplinar, relacionado à capacidade de dialogar com diferentes áreas do conhecimento e a atuação em equipes multidisciplinares de desenvolvimento de pesquisa e de projeto; d) a visão

sistêmica, que trata da capacidade de articular os diversos elementos materiais e imateriais do contexto projetual, como processos de fabricação, aspectos econômicos, psicológicos e sociológicos do produto; e) o domínio da metodologia projetual, referente à capacidade de trabalhar com fluidez entre as etapas que compreendem os métodos de desenvolvimento de projeto; f) o conhecimento do setor produtivo de sua especialização (visão setorial), relacionado ao mercado, materiais, processos produtivos e tecnologias abrangendo diversas manifestações regionais; g) a capacidade crítica para gerenciar projetos de Design, recursos humanos e processos produtivos; h) a visão histórica e prospectiva, centrada nos aspectos socioeconômicos e culturais, revelando consciência das implicações econômicas, sociais, antropológicas, ambientais, estéticas e éticas de sua atividade.

Em linhas gerais, a legislação brasileira contribui para avanços no campo do ensino do Design. Além disso, de acordo com Maria Rita de Souza Couto (2008), nas últimas décadas houve um esforço heroico de muitos docentes e pesquisadores no sentido de atualizar currículos de Design, introduzir novas disciplinas e promover discussões sobre questões da atualidade. De outro modo, por maior que seja o esforço empreendido por diversos docentes, ainda há certa resistência e dificuldade, de grande parte dos professores nos cursos de design no Brasil, para alinhar discurso e prática pedagógica, em resposta às complexas demandas da sociedade contemporânea.

Apesar da autonomia e da flexibilidade conferidas às instituições de ensino brasileiras, existe, ainda hoje, herança do processo de institucionalização do ensino do Design no país. Segundo Rafael Cardoso (2012), a grande maioria dos docentes que lecionaram nos primeiros cursos de Design do Brasil eram jovens e inexperientes, tanto como professores quanto como profissionais. Esse início caracterizado por um precário cunho pedagógico e pouca atenção às circunstâncias da vida econômica, social e cultural de então, contribuiu para uma cultura de, como denomina o autor, didatismo reativo, "obsessiva em seu apego às verdades recebidas, defensiva com relação a toda mudança, hostil a qualquer reflexão ou questionamento vindo de fora".

Às autonomia e flexibilidade conferidas às universidades brasileiras, de acordo com Maria Rita de Souza Couto (2008), soma-se a responsabilidade com a qual as instituições de ensino devem atuar. Seja em relação ao padrão de qualidade de seus cursos, que, indiscutivelmente, devem estar atrelados às transformações sociais, políticas, econômicas, culturais, científicas e tecnológicas, seja em cultivar, nos futuros profissionais, aptidões necessárias ao permanente e periódico ajustamento a essas mudanças.

3. Reflexões sobre o ensino do Design na atualidade

Conforme apresentado anteriormente, percebe-se certo descompasso entre teoria, ensino e a prática do Design no Brasil. Tais dificuldades podem ser resultantes de um discurso ainda cambiante, em nosso território, sobre o conceito, a abrangência, os limites do Design, bem como a dimensão das habilidades e competências do profissional no desenvolvimento de projetos. Esse cenário aponta para a necessidade de alinhar o discurso sobre Design na academia, no exercício das práticas profissionais e na elaboração das políticas públicas para a melhoria da qualidade de vida.

A revisão periódica das práticas pedagógicas, pelo corpo docente dos cursos de Design, nas diversas IES, também é uma necessidade eminente. É preciso uma conscientização por parte dos docentes de que o projeto de Design para o futuro precisa acompanhar e, na maior parte das vezes, antever as mudanças no cenário social, econômico e político. Não é possível, em nossa realidade complexa, que as práticas voltadas ao ensino do projeto de Design na atualidade sejam uma repetição, acrítica, daquela apreendida pelo professor durante sua formação na graduação. Assim como na prática de projeto, no ensino do Design é necessário (re)pensar e (re)criar modelos didáticos, mais adequados às novas demandas sociais e individuais, e especialmente coerentes com o comportamento dessa nova geração de estudantes, sem contudo, lacerar os conhecimentos básicos essenciais e necessários à sua formação. Essa ação demanda tempo, dedicação e esforço coletivo, por parte do corpo docente nos cursos de formação de novos designers.

Sendo as IES caixas de ressonância das expectativas sociais, e sendo o professor um indispensável ator nesse processo, cabe, também a ele – e aqui não entramos no mérito das condições administrativas e econômicas das instituições de ensino – participar da construção do Plano Político Pedagógico da sua instituição e explorar, em suas aulas, as necessidades, possibilidades e cultura locais, a fim de contribuir para a formação de profissionais capazes de suprir as demandas de mercado e interferir nesta realidade por meio de práticas sociais condizentes.

Para Rafael Cardoso (2012), a complexidade presente no cotidiano das pessoas requer dos estudantes, docentes e pesquisadores, em especial os de Design, repensar conceitos e buscar respostas às novas demandas configuradas no cenário atual. Sem crítica e sem reflexão, quer como profissional ou como cidadão do mundo, as pessoas tendem a permanecer em posições secundárias em suas relações laborais e sociais, tornando-se percebidos mais como autômatos do que como autônomos. Nesse contexto, o pensamento sistêmico torna-se um valor associado à atuação do designer, cuja prática lhe incentiva construir habilidades para visualizar e compreender problemas pontuais e em rede, exercitar a criatividade e articular ideias para a proposição de solução assertiva.

Pensar questões densas, relativas ao ser, estar e viver no mundo complexo, tais como a responsabilidade ambiental e a inclusão social, é tarefa inerente ao projeto de Design. Dada a importância desses, dentre outros "problemas" comumente evocados e experenciados no ensino do Design neste início do século XXI, pensando a melhoria da qualidade de vida das pessoas no mundo, devemos considerar que "projetar soluções para um mundo complexo passa por aceitar a complexidade como precondição em vez de combatê-la" (Cardoso, 2012, p. 230). Nesse cenário, a pesquisa faz parte do aprendizado do Design e se constitui como busca permanente de conhecimentos fora do campo em específico, ou seja, em outras áreas de interesse - das ciências exatas, humanas e biológicas, passando essencialmente pelas artes, ciências sociais e aplicadas. Essa atitude, quando tomada como prática permanente, contribui para fortalecer o repertório do estudante de Design, dando-lhe condições para questionar e sustentar as suas ações. (Cardoso, 2012)

De modo geral, a academia precisa se reciclar e se habituar ao trato transdisciplinar do Design. É consensual a ideia de que o Design seja um campo essencialmente híbrido, aberto ao diálogo com as mais variadas áreas do conhecimento. Isso porque se qualifica como um campo de inúmeras possibilidades na medida em que o entendemos como uma atividade de natureza projetual potencialmente transformadora, que atua no ajuste da materialidade aos modos e meios de vida dos indivíduos.

"Precisamos integrar ainda mais projeto e pesquisa, prática profissional e atividades culturais, sem perder de vista a natureza essencial do Design como atividade projetual, capaz de viabilizar soluções sistêmicas e criativas para os imensos desafios do mundo complexo. Queremos designers pensantes, sim; porém, não podemos nos dar ao luxo de formar designers que não sejam capazes de projetar. (...) Quanto mais o ensino souber se integrar a outras instâncias – mercado, indústria, meio cultural etc. – maiores as chances de se tornar um aprendizado verdadeiro, capaz de atuar em parceria com o campo profissional para formar os designers que todos queremos". (Cardoso, 2012, p. 253)

É consenso no contexto das IES, a utopia de que os processos educativos em Design dêem condições para que os estudantes identifiquem e qualifiquem adequadamente os desafios de projeto de sua competência, realizem o planejamento de maneira assertiva e proponham soluções inovadoras. Nesse intuito, podemos dizer que é essencial, no ensino do Design, que se invista na transdisciplinaridade para o desenvolvimento de visão sistêmica. Esse olhar permitirá que o designer consiga estabelecer laços de empatia com o outro. O fato de o estudante conseguir experimentar o mundo para o qual está projetando – ou seja, conhecer, viver, fazer parte e ser um pouco do outro – lhe auxiliará na atuação com competência em situações cotidianas ou inusitadas.

4. Relações entre o ensino do Design e a educação para o futuro: considerações finais

Do nosso ponto de vista, as diretrizes educacionais brasileiras, as atinentes ao ensino do Design, estão alinhadas com as recomendações da UNESCO e com os sete saberes necessários à educação do futuro, apresentado por Edgar Morin (2011).

Toda a liberdade e a autonomia desejadas para o ensino do Design no Brasil propiciam condições favoráveis à educação para o futuro, conforme utopia apresentada na primeira parte deste estudo. É possível que nas IES brasileiras aconteça a formação de designers cidadãos do mundo, competentes para raciocinar sistematicamente em meio a uma realidade complexa, capazes, pois, de se situarem enquanto indivíduos pertencentes a uma comunidade, em seus diferentes níveis, de se entender e refletir sobre o seu papel enquanto agente de transformação local, parte de um contexto ampliado de território, e especialmente capazes de aprender, diariamente, a conviver, a conhecer, a fazer e a ser uma pessoa melhor para um mundo mais profícuo.

Dizendo de atitudes para facilitar ajustes no ensino do Design na realidade brasileira à ideia de ensino para o futuro, é preciso aproximar as práticas de projeto às questões locais e à existência humana, abarcar aspectos do cotidiano para os desafios projetuais.

De um modo geral, diante de uma avaliação generalizada e empírica sobre a realidade do ensino do Design no Brasil, considera-se necessário o alinhar do discurso e da ação dos docentes nesse campo. Nesse processo de ajuste é preciso assumir que os professores exercem papel fundamental para a mudança de atitude e implantação de uma nova mentalidade, mais de acordo com a realidade do século XXI.

Dada a velocidade e intensidade presentes em nosso cotidiano, há que se considerar que o futuro já chegou e, de um modo geral, os professores de Design demosntram certa insegurança para agir e morosidade para responder à urgência das mudanças necessárias para o ensino nesse novo tempo.

Um caminho para se alcançar tal objetivo seria a reflexão sobre os processos didáticos e pedagógicos adotados no ensino do Design, até então, utilizando, para isso, o método de pesquisa-ação. A partir da análise de suas práticas, os professores poderiam aprimorar o processo de ensino-aprendizado e potencializar o conhecimento e a formação dos estudantes de Design para o futuro e, como consequência, impulsionar sua própria atuação para a promoção da inovação científica, tecnológica e social no presente.

Acredita-se que, para efetivar o aprendizado do designer com vistas à sua atuação para o projeto de futuros desejáveis, é necessário que os professores estimulem os estudantes a partir de desafios reais, lhes permitindo reconhecimento com a realidade e a vivência de

experiências que lhes instiguem ao aprendizado por toda a vida. A busca pelo conhecimento lhes dará oportunidade para o exercício do pensamento sistêmico, o exame das diversas variáveis da vida na atualidade, o raciocínio sobre os modos e meios de vida, a sugestão de trajetórias e possibilidades de solução, além da consciência ética e domínio de valores morais que lhes permita a tomada de decisão. De posse dessas competências, do nosso ponto de vista, o designer, agente transformador da realidade relacionada aos modos e meios de vida material para o futuro, estará habilitado a projetar produtos – em suas diversas vertentes – que respondam às diferentes demandas, e sejam capazes de promover a sensação de bem-estar na vida das pessoas.

É essencial que o designer aprenda a olhar o mundo, os lugares e as coisas pelo ponto de vista das pessoas que utilizarão produtos, processos e ou serviços projetados por ele. O Design, atividade de natureza projetual potencialmente transformador, precisa atuar no ajuste da materialidade aos modos e meios de vida dos indivíduos, em concordância com a realidade posta.

Enfim, implementando novas formas de pensar o projeto, a diversificação, o aprimoramento dos métodos e a possibilidade de ampliar o potencial das soluções em Design, é necessário que o professor, e por consequência o estudante, vislumbre novos caminhos para materializar futuros desejáveis. Acredita-se que, a partir de tais ações pelos professores, a atual geração de estudantes universitários responderá, sobremaneira, ao desafio posto, com novas e inovadoras ideias.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF, Senado, 1988.

BRASIL (1995). Lei nº 9.131, de 24 de novembro de 1995. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 nov. 1995. Edição Extra. Seção 1, p. 19257. Altera dispositivos da Lei nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961, e dá outras providências.

BRASIL (1996). Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27833. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

CARDOSO, Rafael. (2012). *Design para um mundo complexo*. São Paulo: Cosac Naify, 2012.

CNE/CES (2003a). Parecer nº 67, de 11 de março de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 02 jun. 2003, Seção 1, p. 7. Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Superior: Referencial para as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN dos Cursos de Graduação.

CNE/CES (2003b). Parecer nº 195, de 5 de agosto de 2003. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 fev. 2004, Seção 1, p. 14. Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Superior: Referencial para as Diretrizes Curriculares Nacionais – DCN dos Cursos de Graduação.

CNE/CES (2004). Resolução nº 5, de 8 de março de 2004. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 mar. 2004, Seção 1, p. 24. Conselho Nacional de Educação e Câmara de Educação Superior: Aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Design e dá outras providências.

COUTO, (2008) Rita Maria de Souza. *Escritos sobre ensino de design no Brasil*. Rio de Janeiro: Rio Book's,.

MORIN, Edgar. (2011). *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 2ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO.

UNESCO (1996). *Educação. Um tesouro a descobr*ir. Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre educação para o século XXI. Jacques Delors (coord.). São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO no Brasil.

DOI: http://dx.doi.org/10.4995/IFDP.2016.3369

Princípios Analógicos da Biomimética e sua aplicação nos Domus Geodésicos de Fuller

De Freitas Soares, Theska Laila[a]; Arruda Vieira, Amilton[b]; Hartkopf, Celso[c] & Barbosa Neto, Justino.[d]

[a] Universidade Federal de Pernanbuco. theskalaila7@gmail.com

[b] Universidade Federal de Pernanbuco. arruda.amilton@gmail.com

[c] Universidade Federal de Pernanbuco. celso.hartkopf@gmail.com

[d] Universidade Federal de Pernanbuco. justinobarbosa@gmail.com

Abstract

Throughout the complex history of humanity, it is possible to verify the application of biological solutions at different times and in different areas, such as science, technology, architecture, design, engineering, medicine, among other attempts to nature human. This inspiration in nature has generated a number of biological inventions has allowed a large number of innovations and resources throughout human evolution. And it's not hard to understand why so many have used nature as a reference. Just compare the time of the appearance of man, considered only a recent 200,000 years, with the emergence of life on Earth, to understand that there is much more story to be told and analyzed within the 3.8 billion years that shaped all other forms of life that exist, from smallest to largest, the strongest to the weakest, from the simplest to the most complex, where the greatest proof of the adaptive success in half is simply the fact exist. It was because of this need to find a way already devised and perfected by nature to combat individual character issues through collective character of solutions, which emerged the scientific field called Biomimicry. Through careful analysis and observation of the aspects present in the environment and nature, we realize many influences around our field of action (design project). From this point of view, to analyze and establish principles of analogy between elements present in nature and fields of application discovery as did Fuller, we established a fruitful and elegant design activity.

Keywords: *Biomimicry, Geodesic Dome, Methods*

1. Introdução

O conceito de analogia na antiguidade clássica, era abordada pelos filósofos Aristóteles e Platão como uma abstração compartilhada, em que os objetos análogos compartilhavam algo em comum, seja uma ideia, um padrão, uma regularidade, um atributo ou uma função. Como método, a analogia ganha um carácter capaz de vencer problemas através de um raciocínio lógico, assim como ajuda na tomada de decisões, nos diferentes campos da criação, percepção e criatividade. Da sua aplicação resulta um amplo conjunto de soluções, aplicadas de forma diferente em conformidade com o interesse e conteúdo de cada ciência.

Sendo muito utilizado pela Biônica e a Biomimética, se revela muito útil em descobrir novos princípios, formas, processos, estruturas, etc.; contribuindo no processo de interpretação das estruturas naturais. Sendo assim, ao longo da história, este é o método mais comum utilizado para encontrar soluções de concepção com referência no mundo natural. Arruda (1993) descreve vários tipos de analogia: a funcional, a estrutural, a evolucionista, a orgânica, etc; e independente do tipo, todas estas podem contribuir na decodificação de geometrias, funcionamentos, e na busca, dentre outros aspectos, por um melhor aproveitamento energético e de material, conservando assim, os princípios da Biomimética.

Um exemplo claro de aplicação da Analogia é o que se pode notar nas obras arquitetônicas de Richard Buckminster Fuller (1895-1983). Um olhar não criterioso para os seus domos geodésicos pode não traduzir claramente os conceitos e a inspiração por traz das suas obras, como a forma é demasiadamente geométrica e artificial, isto pode levar ao equívoco em pensar que não haja nenhuma relação com a natureza, mas na verdade, a relação existe.

Gorman (2005) explica que os domos geodésicos tinham uma estrutura arquitetônica que buscou inspiração no macrocosmo, considerando as esferas terrestres e celestial, e no microcosmo, considerando microorganismos e a radiolária. Eram a representação de um "exoesqueleto", que ele traduziu em conceitos geométricos.

Esse arquiteto e engenheiro autodidata já compartilhava dessa mesma ideia e baseou toda uma trajetória de pesquisas e projetos guiados pelo mesmo princípio que os seres vivos utilizam para as suas criações na natureza, o de fazer o uso máximo com recursos mínimos (*"More with Less"*). Considerado um dos precursores do design responsivo e do discurso sustentável, ele sintetizou nas suas cúpulas geodésicas a expressão máxima desse conceito (figura 1), pois elas representam as maiores estruturas que podem ser construídas com a menor quantidade de material possível.

> "*O nosso planeta, a "Espaçonave Terra", não tem uma fonte inesgotável de petróleo, madeira, água, ar limpo e outros recursos naturais... Na*

medida em que vai se povoando mais e mais, é muito importante pensar como as pessoas possam viver melhor com os mesmos recursos. Uma forma é reduzir a quantidade de materiais desperdiçados, para que outra pessoa possa aproveitar...você também pode melhorar a qualidade dos materiais e encontrar melhores maneiras de usar cada grama de material, unidade de energia e minuto de tempo. " (FULLER, 1968)

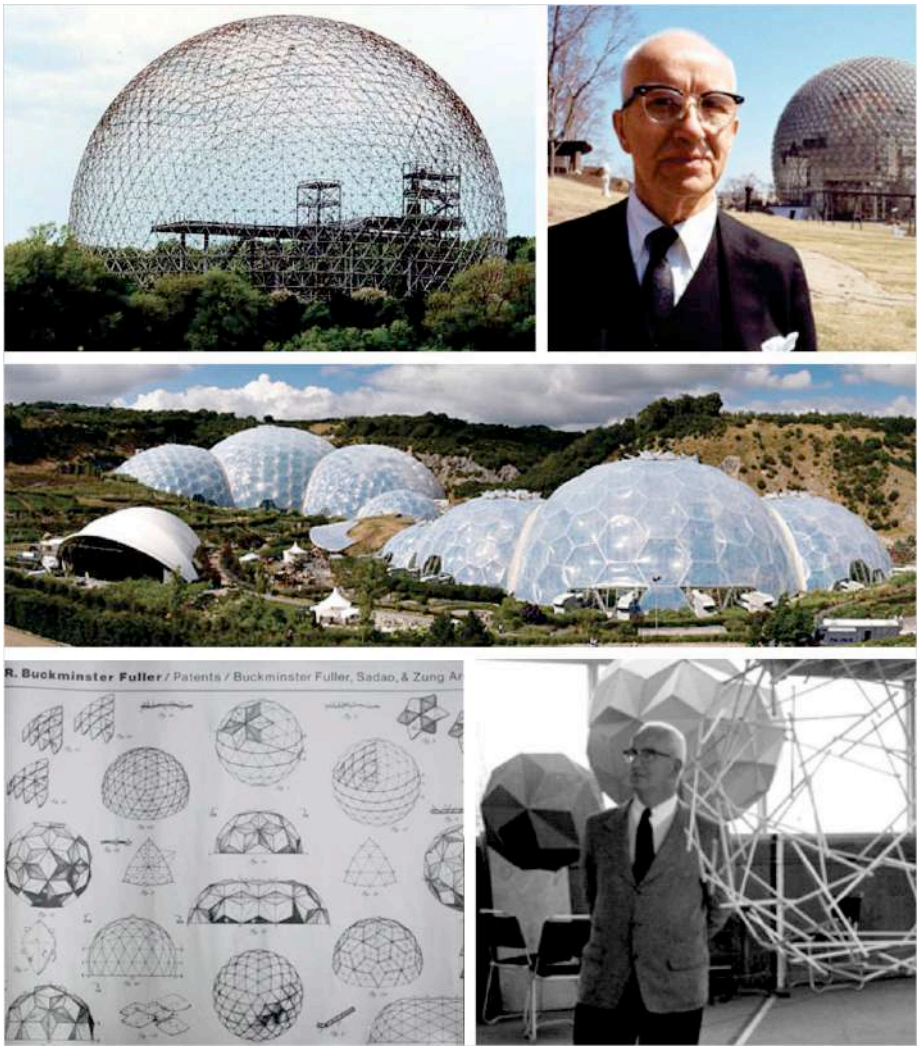


Fig.1 Buckmisnter, a geodésica de Montreal e estudos de geodésicas. (Fonte: Google)

2. Biomimética e Geodésicas

O Biomimetismo é uma abordagem tecnologicamente orientada para aplicar as lições de design da natureza buscando solucionar os problemas do homem. É possível verificar, principalmente no método da analogia, relações frequentes com a natureza para encontrar soluções projetuais. Os estudos da Biomimética são embasados nas soluções naturais de projeto, decodificando geometrias e funcionamentos, na busca do melhor aproveitamento e do menor gasto de energia.

Segundo Arruda (2002), o termo Biônica foi inventado, em 1958, pelo Engenheiro da Força Aérea dos E.U.A Major Jack. E. Steele e foi definido como "a análise das formas pelas quais os sistemas vivos atuam e têm descoberto os artifícios da natureza". O termo Biônica - do grego "elemento de vida"- foi oficialmente usado como título de um simpósio em setembro de 1960. Ainda segundo Arruda (2002), a Biônica é a ciência que estuda os princípios básicos da natureza (construtivos, tecnológicos, de formas, etc.) e a aplicação destes princípios e processos na procura de soluções para os problemas que a humanidade encontra. Uma vez que a Biônica lida com a aplicação das estruturas, procedimentos e princípios de sistemas biológicos, foi convertida em um campo interdisciplinar que combina a biologia com a engenharia, a arquitetura, e a matemática.

Wahl (2006), sugere que a Biônica e o Biomimetismo representam duas abordagens distintas ao "design e natureza", baseadas em diferentes concepções da relação entre a natureza e a cultura. Enquanto a Biônica trata da previsão, manipulação e controle da natureza, o Biomimetismo aspira a participação na natureza e, por isso, constitui uma maior contribuição para a sustentabilidade. Depois de investigar um extenso número de pesquisas, Janine Benyus documentou e integrou suas descobertas em Biomimicry - Innovation Inspired by nature. Este novo termo - Biomimética - é caracterizado por ser mais amplo que o conceito de Biônica, conhecido até então. Além de considerar a imitação da forma biológica, o Biomimetismo inclui também o conceito de replicação do comportamento dos organismos biológicos. Um projeto biomimético deve respeitar os seguintes princípios:

• ***A natureza como modelo***: Inspiração e mimese das soluções da natureza para aplicações práticas;

• ***A natureza como medida***: Utilização do padrão ecológico como parâmetro para as inovações;

• ***A natureza como mentora***: Visão que busca valorizar, respeitar e principalmente aprender com a natureza ao invés de apenas extrair dela. (BENYUS,2012)

Segundo Benyus (2012), em uma sociedade acostumada a dominar ou "melhorar" a natureza, imitá-la de forma respeitosa é uma abordagem radicalmente nova, uma revolução de verdade. Ao contrário da Revolução Industrial, a Revolução Biomimetismo apresenta uma era baseada não no que se pode extrair da natureza, mas sobre o que é possível aprender com ela. Fazendo as coisas à maneira da natureza, é possível mudar a forma de cultivar alimentos, de produzir materiais, de gerar energia, de curar, de armazenar informações e de realizar negócios e construir moradias. Depois de 3,8 bilhões anos de pesquisa e desenvolvimento, as falhas são fósseis, e aquilo que nos rodeia é o segredo para a sobrevivência. A respeito dessa engenhosidade e sabedoria presentes na natureza, Leonardo da Vinci faz a seguinte afirmação:

> *A genialidade do homem faz várias invenções, abrangendo com vários instrumentos o único e mesmo fim, mas nunca descobrirá uma invenção mais bela, mais econômica ou mais direta que a da natureza, pois nela nada falta e nada é supérfluo. (Leonardo da Vince 2004).*

3. Projetos em Biomimética

Em muitos casos, a Biomimética apresenta-se como uma ferramenta estratégica de inovação capaz de solucionar problemas técnicos e de potencializar o desenvolvimento de produtos humanos, contando com o know-how e a expertise de ensinamentos sem precedentes armazenados há milhões de anos nas espécies sobreviventes mais bem adaptadas graças ao processo de evolução. O resultado disto é que o design biomimético pode efetivamente contribuir nas abordagens mecânicas-funcionais e estéticas-formais de artefatos, traduzindo nestes um maior apuro estético e ganho em eficiência. O designer galês Ross Lovegrove é um dos mais famosos a utilizar o processo criativo baseado em Biomimética, ele se inspira em organismos vivos para criar objetos. Em seu estúdio localizado em Londres, estão vários modelos de estudo da forma e também muitos dos seus produtos geniais como a escada DNA, luminárias e cadeiras orgânicas e a famosa garrafa d'água desenhada para a empresa francesa Volvic.

> *"Sou um biólogo evolucionista, mais do que um designer. Eu não sei mais o que é design, eu crio formas, eu compreendo formas e eu estou gostando da era digital para criá-las. Eu espero levar isso ainda mais longe. Meu trabalho também se relaciona com a natureza, em um sentido evolucionário na medida em que me preocupo com redução. Eu exercito o que é chamado de "essencialismo orgânico" o que significa usar nada mais, nada menos do que o necessário. Eu me sinto confortável nessa era orgânica, isomórfica, antropomórfica, líquida de fazer coisas, mas eu tento não forçar isso em coisas que não precisem disso. " (Ross Lovegrove).*

Apelidado de “Captain Organic”, ele define seu conceito de criação como DNA (Design, Natureza e Arte), que representam as três coisas que condicionam o seu mundo. Como possui profunda admiração pela genialidade das soluções naturais, seus projetos imprimem a sua visão primorosa dessa organicidade de formas mais com o enfoque estético do que funcional. Ele acredita que na beleza da forma reside a sua ligação pessoal com a natureza, cujas configurações são a fonte original do belo, o que justifica a sua obsessão em poetizar formas orgânicas. Seus projetos traduzem muito bem este conceito, como a escada “hélice de DNA”, cujo corrimão é feito em uma peça única de fibra de carbono. Lovegrove se considera um tradutor das tecnologias do séc XXI. Em seu projeto, muitas vezes utiliza softwares que manipulam as formas de maneira livre sem parâmetros dimensionais, o que gera resultados casuais selecionados pelas suas propriedades estéticas. Ele direciona a utilização de bio-polímeros em seus novos projetos, pois acredita que este é o material do futuro. Preocupado com questões sustentáveis, não costuma pintar os produtos que desenha e utiliza sempre a textura original do material. Apesar de ter muita afinidade com o ambiente fabril, ele se preocupa em criar mais produtos num mundo, segundo ele, já “overdoseado”.

> *“O projeto da garrafa d’água Ty Nant, representa a sua impressão pessoal da água, ele queria um tributo ao elemento. Para este desenvolvimento, primeiro tentou simular na oficina as formas orgânicas e fluidas da água, mas as tentativas foram frustradas parecendo mais um “carro amassado”. Depois de muito tentar, deixou a forma ser desenhada pela própria água através de software especializado, e o resultado foi uma série de linhas delicadas e espontâneas que pareciam ter a mesma fluidez da água, transmitindo a impressão de ter em mãos não a garrafa, mas a própria água envolta em sua pele natural”. (LOVEGROOVE, 2004)*

Apesar da forma demasiadamente geométrica, Gorman (2005) explica que Buckminster buscou inspiração para as estruturas geodésicas na radiolária (figura 2), microorganismos do plânton marinho (microcosmo). Além dessa referência natural, ele também fez analogia com as formas esféricas dos planetas e outros astros celestes (macrocosmo). Ele acreditava que a natureza favorecia os designs geodésicos maximamente econômicos e por isto, estes deveriam ser um reflexo da estrutura fundamental do cosmos.

Observe que a geodésica de Fuller já estabelecia uma forte ligação com estes princípios mesmo antes de terem sido definidos, pois se baseou na forma estrutural de um organismo natural (*natureza como modelo*); criando uma solução que possui máxima eficiência estrutural com o mínimo de materiais (*natureza como medida*), para contemplar uma melhoria na habitação humana, através de um abrigo mais confortável, eficiente e economicamente acessível a um maior número de pessoas (*natureza como mentora*).

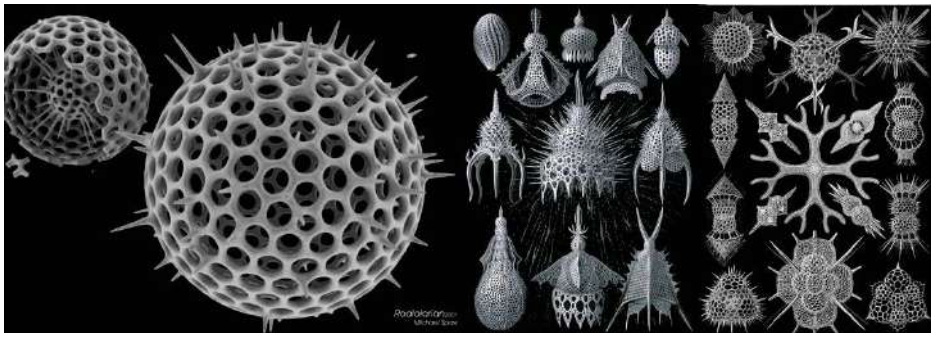


Fig.2 Imagens de Radiolários (HAECKEL, 2005)

4. As Geodésicas de Fuller

Forlani (1983) cita que em 1922, Bauersfeld, cientista alemão chefe de design da indústria ótica Carls Zeiss, desenvolveu a primeira cúpula geodésica revestida de cimento para abrigar um planetário, mas foi Fuller quem descobriu suas leis formadoras, construindo e divulgando suas propriedades em inúmeros estudos de otimização e por ela recebeu a patente de nº 2.682.235 em 1954 (figura 3), tornando-a um ícone da arquitetura moderna da década 50.

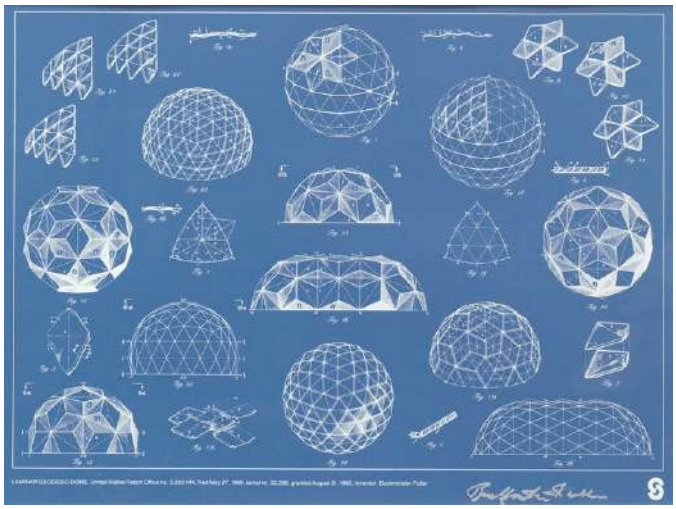


Fig.3 Desenhos do registro de patente da cúpula geodésica de Fuller (Fonte: google)

A estrutura Geodésica corresponde a uma malha triangular que cobre a superfície de uma esfera que, na maioria das vezes, deriva de poliedros regulares platônicos com face triangular, são eles: o tetraedro, o octaedro e o mais comum a ser utilizado, inclusive por Fuller, o icosaedro (com 20 lados), por ser o mais arrendondado dos 3. Se estiver completa será chamada de esfera geodésica, e domo ou cúpula geodésica quando incompleta, parecer apenas um hemisfério. Para gerar diferentes estruturas geodésicas a partir do icosaedro, basta aumentar o número de frequência, ou seja, subdividir as faces triangulares em triângulos cada vez menores, quanto mais alta a frequência, maior o número de triângulos no qual sua superfície está subdividida e mais a sua aparência torna-se arredondada (figura 4). Um icosaedro é considerado uma esfera geodésica de frequência 1. Cúpulas e esferas geodésicas podem configurar em diferentes freqüências para o mesmo diâmetro.

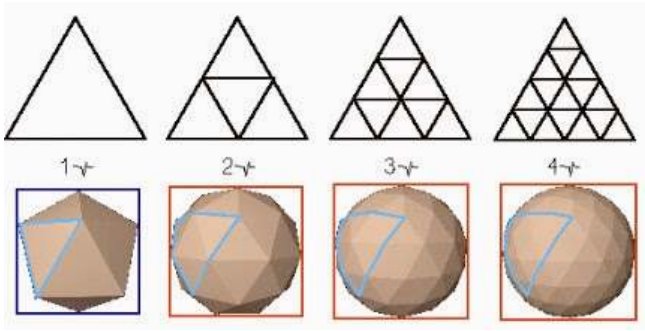


Fig.4 Esferas geodésicas de diferentes frequências (Fonte: google)

Embora existam outras possibilidades de sistemas construtivos de uma cúpula Geodésica, a mais básica é composta por três elementos principais: os Nós (conectores das barras), as Barras e o Sistema de Cobertura (se a estrutura for fechada). Sabendo-se o raio da cúpula que se pretende construir e definindo a frequência que se deseja, há a possibilidade de calcular as dimensões e quantidade das barras e nós que são necessários. Para facilitar estes cálculos, uma ferrameta chamada calculadora geodésica disponível em websites, consegue de maneira mais rápida, o número de arestas, vértices, faces, ângulos e dimenções das barras necessários para a construção, gerando também um modelo virtual tridimensional. Um fato importante a ser considerado é que a partir da frequência 2 em diante, existirão triângulos com dimensões diferentes e por isto, é interessante construir previamente uma maquete baseada neste modelo virtual para facilitar a montagem; assim como escolher os materiais, o tipo de nó e a cobertura se houver.

4.1 Vantagens da Geometria

Verschleisser (2008) diz que as cúpulas geodésicas possuem auto sustentação com extraordinária resistência e leveza devido à sua forma esférica e às formas geométricas que as constituem, elas se comunicam e se apoiam umas nas outras criando um sistema chamado por Fuller de *tensegridade*, em que qualquer força aplicada em uma delas retransmite a tensão e a distribui igualmente entre as demais até a sua base, assim como os arcos na engenharia. E grande parte dessa vantagem estrutural vem da grande estabilidade proporcionada por sua malha triangular. Um triângulo é um elemento estável independente do seu tamanho, são as únicas formas que permanecem rígidas, mesmo quando construídas com conexões flexíveis tendo cada vértice estabilizado pelo lado oposto. Quando forças geram uma forma estabilizada, isto é, capaz de se auto sustentar, criam uma Estrutura. Por isto os poliedros formados totalmente por faces triangulares regulares correspondem as estruturas mais auto-estabilizadas, e por conseguinte, são os mais indicados e utilizados por Fuller nas configurações de geodésicas. O mesmo não ocorre com quadrados, pentágonos, hexágonos, por exemplo, que quando construídos com conexões flexíveis, tendem a deformar, se tornando por isto, mais instáveis. Desta forma, os sólidos esféricos derivados de outra malha que não a triangular, são vistos em aplicações especiais em conjunto com a malha triangular. (Pearce,1980).

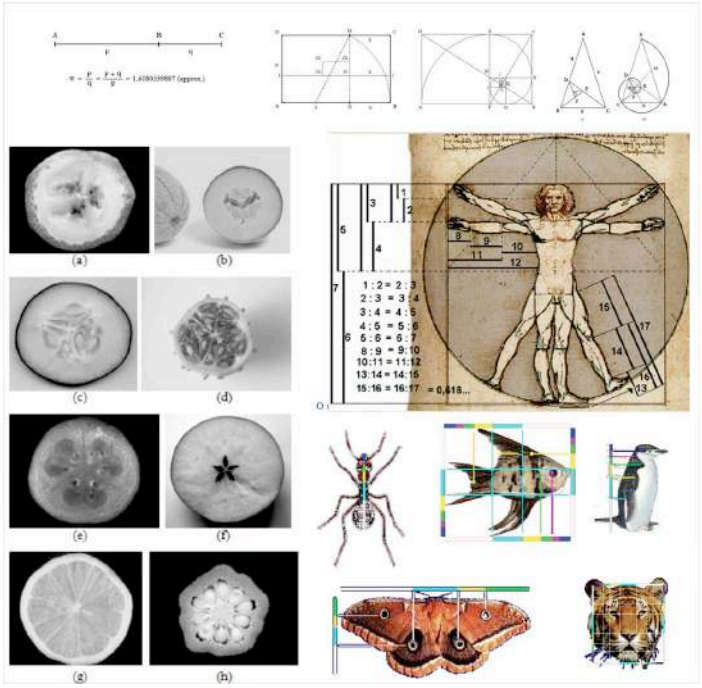


Fig.5 Representações da natureza em diferentes frequências (Fonte: google)

4.2 Vantagens Construtivas

A arquitectura para Fuller, tinha como objetivo criar abrigos versáteis, baratos, eficientes energicamente, leves e flexíveis: máquinas de habitar, capazes de se modificar conforme as necessidades de quem as habitasse. E em mais de 50 anos de existência das cúpulas geodésicas, novos usos têm acrescentado a lista mais características vantajosas desse sucesso inventivo. Adepta das ideias de Fuller e a fim de incentivar este tipo de construção, a empresa ***Genesis Geodésica*** que trabalha a mais de 10 anos com Bioconstruções, promove workshops e palestras em países europeus e americanos e ainda disponibiliza materiais informativos sobre o assunto em seu site. A seguir, um resumo sobre as vantagens contabilizadas pela empresa com relação a este tipo de construção:

a) Força estrutural: A forma geodésica otimiza a carga, propriedade da tensegridade, deslocando as forças em toda sua estrutura, uma vantagem à frente das estruturas retangulares dos edifícios tradicionais;

b) Economia: Estimativa de redução de 30% de materiais, 50% de energia em relação a uma construção convencional de alvenaria de mesma área construída; E também redução de custos com a mão de obra, pois a montagem é mais rápida, fácil e simples;

c) Leveza: Tendo menos material, menos área de superfície (em certos casos, até ausência de paredes internas) e composto de materiais mais leves que a alvenaria, alguns exemplares de Fuller já montados inclusive, eram carregados e transportados por helicópteros;

c) Segurança: O design da cúpula geodésica é ergonômico, aerodinâmico e forte para resistir a situações extremas como: ventos fortes, tempestades, terremotos e acumulação de neve (Fuller projetou vários exemplares para observatórios e laboratórios na Antártica). Quanto mais forte o vento, não tendo superfícies de sucção, ele o rodeia e o afirma mais no terreno;

d) Concentrador da luz e calor: As coberturas de vidro translúcido os tornam como excelentes coletores de energia solar, refletindo a luz e o calor para dentro da estrutura como uma estufa, evitando a perda do calor por irradiação;

e) Menor superfície de parede exposta no exterior em relação a superfície coberta. Beneficio próprio da esfera, que reduz a superfície exposta ao exterior (melhorando a temperatura interior);

f) Melhor ventilação e fluxo de ar. A ventilação do domo, com adequadas aberturas na base, meio e topo, fornece uma excelente mistura do ar e temperatura, funcionando como uma chaminé, de embaixo para acima;

g) Distribuição excelente do ar. A boa circulação do ar, devido a forma esférica, não permitem o estancamento de ar que pode criar proliferação de fungos, bactérias ou umidade;

h) Temperatura mais uniforme. Devido ao fluxo melhorado do ar, a temperatura é mais uniforme do que é numa habitação convencional. Não tem pontos frios nem quentes;

i) Barato de aquecer. O volume de ar dentro do domo é menor do que numa habitação convencional: é mais barato mantê-lo mormo no inverno, poupando ate o 50% em energia;

j) Um design original, um novo estilo, esteticamente belo: a cúpula é uma estrutura abobadada da antiguidade que agora esta voltando. Tem um design belo, exaltado e melhorado pelos métodos modernos da construção;

k) Reprodução de formas celestes e belas geometrias: devido a forma abobadada dos domos podem reproduzir o céu e as estrelas, isto traz coisas interessantes para parques temáticos, igrejas ou planetários. As formas geométricas resultantes interiores são atrativas e belas;

l) Desenhado como kit autoconstruído. Com adequadas instruções é muito fácil armá-lo. Na sua construção podem participar pessoas pouco experimentadas, poupando muito dinheiro na mão de obra;

m) Fortaleza para pendurar estruturas no seu interior: o teto e os muros do domo podem tolerar com total seguridade estruturas suspensas, como plantas, prateleiras e mezaninos;

n) Construção em lugares remotos, disponibilidade dos materiais: métodos simples de construção e disponibilidade dos materiais básicos faz da construção de domos em áreas remotas seja fácil e rápida. Já foram construídos domos por todo o mundo, de desertos ate os polos;

o) Padrão de circulação radial: nas escolas, o padrão circular elimina os corredores; nos teatros e igrejas possibilitam maior número de cadeiras e melhor visibilidade. Nas estufas melhoram a incidência solar e nas casas otimizam os espaços;

p) Interiores diáfanos: sem vigas, colunas ou paredes de suporte interiores;

q) Menores taxas das companhias de seguros: já que o domo é praticamente indestrutível, pode assegura a menor preço;

r) Pequena sedimentação. Devido a estrutura leve, não precisa um alicerce complicado.

Há duas razões principais para a eficiência das cúpulas em termos energéticos. Primeiro, o fluxo de ar ambiente dentro da cúpula é contínua, sem cantos estagnadas, exigindo menos

energia para circular o ar e manter até mesmo temperaturas. A energia necessária para aquecer e arrefecer uma cúpula é de cerca de 30% menos do que uma construção convencional. A segunda é a elevado proporção de volume total para a área superficial, o que requer menos materiais de construção para incluir mais espaço. Quanto menor a proporção de perímetro exterior de um edifício para a sua sala de estar fechado, menos energia é necessária para a construção, aquecimento e refrigeração. A esfera tem 25% menos área de superfície por volume fechado do que qualquer outra forma. A cúpula combina a estabilidade inerente dos triângulos com a proporção vantajosa volume x área de superfície de uma esfera. Quanto maior for a cúpula, o mais eficaz ele se torna. Isto é demonstrado pela duplicação do diâmetro, que envolve oito vezes o volume. Grande estabilidade e resistência mecânica, extraordinária resistência e leveza. A sua estrutura consiste em barras de qualquer material, e o domo pode ser feito em qualquer dimensão, desde que o tamanho das suas barras seja calculado corretamente.

5. Conclusão

Estabelecer esta relação entre as geodésicas e a Biomimética se demonstra relevante, pois como já foi demonstrado, tanto um assunto quanto o outro contribuem através de seus fundamentos para gerar alternativas eficientes dentro do contexto de construções sustentáveis. E por isto é importante tornar estas estruturas e suas vantagens construtivas mais conhecidas, resgatando também a filosofia biomimética de Fuller tão coerente para o contexto atual, a fim de estimular a curiosidade e o interesse de se pensar em outras soluções sustentáveis, em detrimento a essa tendência estabelecida de padronização vertical dos espaços urbanos.

Na era da informação digital, existem muitos de sites, blogs e até mesmo vídeos de pessoas/empresas de diferentes lugares do globo compartilhando seus conhecimentos e experiências na construção de cúpulas geodésicas. Cada vez mais, os avanços tecnológicos têm oferecido diversas possibilidades de soluções para problemas com construções deste tipo. A criatividade para corresponder a teoria aos novos processos de produção e materiais têm possibilitado novas aplicações e novos usos em finalidades diversas. Que um número cada vez maior de pesquisadores e projetistas, sejam eles, arquitetos, designers ou engenheiros possam identificar o grande potencial em se utilizar tais configurações e se inspirem para criar com eficiência e sustentabilidade, o que se traduzirá ao longo dos próximos anos, em mais expectativa e qualidade de vida para a humanidade.

6. Referências

ARRUDA, A.J.V. *Basic Bionic: Verso un nuovo modello di ricerca progettuale*, Tese de doutorado. Politectico de Milao, CAPES. Italia. 2003.

BENYUS, J. M. (2012) *Biomimética: Inovação Inspirada pela Natureza*. 6. ed. São Paulo: Ed. Pensamento-Cultrix.

DINIZ, J.A.V. (2006) *Estruturas Geodésicas: Estudos Retrospectivos e Proposta para um Espaço de Educação Ambiental.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

FORLANI. M.C. (1983) *Materiali Strutture Forme*. Firenze: Alinea.

FULLER, R. B. (1981) *Critical Path.* New York: St. Martin's Press.

_____, R. B. (1968). *Operation Manual for Spaceship Earth*. New York: Feffer & Simons.

_____, R. B.; Applewhite, E.J. (1975) *Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking*. New York: Macmilian.

_____, R. B.; Applewhite, E.J. (1979) *Synergetics 2: Further Explorations in the Geometry of Thinking.* New York: Macmilian.

_____, R. B. (1969) *Utopia or Oblivion: the Prospects for Humanity*. New York: Bentam Books.

GORMAN, J. M. (2005) *Buckminster Fuller: Designing for Mobility*. Milano: Skira Editore S.p.A.

HAECKEL, E. (2005) Art *Forms From the Ocean*. New York: Prestel.

LOTUFO, V. A.; Lopes, J. M. A. (1981) *Geodésicas & Cia*. 1ª ed. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda..

PEARCE, P. (1980). *Structure in Nature is a Strategy for Design*. Massachusetts: The MIT Press. 264 p.

VERSCHLEISSER, R. (2008) *Aplicação de Estruturas de Bambu no Design de Objetos. Como Construir Objetos Leves, Resistentes, Ecológicos, e de Baixo Custo*. Tese (Doutorado em Design) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

WAHL, D. C. (2006). Bionics vs. *biomimicry: from control of nature to sustainable participation in nature.* WIT Transactions on Ecology and the Environment, 87, 2006.

VINCI, L. D. Da Vinci por ele mesmo/ tradutor Marcos Malvezi. São Paulo: Madras, 2004

MATINI, M. R.; KNIPPERS, J. *Application of "abstract formal patterns" for translating natural principles into the design of new deployable structures in architecture*. WIT Transactions on Ecology and the Environment, 2008.

rdis® - REVISTA ONLINE
Red Internacional de Investigación en Diseño
rdis@upv.es
www.rdis.upv.es
Teléfono: (34) 963879055 / Fax: (34) 963879055
Camino de Vera, s/n – Despacho 5s28, 4ªplanta ala Sur
ETSID – UPV 46022 Valencia.

rDis® Grupo de Investigación
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA