



VII Elagec - II SeIN²co

Nuevas Tendencias en la Construcción Sostenible

PROJETO INTEGRADO COMO ESTRATÉGIA DE DESENHO FUNDAMENTADA NAS EXIGENCIAS DE DESEMPENHO DO EDIFÍCIO

Bárbara Rangel (a), Vítor Carneiro (b), Vítor Abrantes (c)

- (a) Department of Civil & Environmental Engineering, Universidad de Oporto, Portugal, brangel@fe.up.pt
(b) Design Studio, FEUIP Universidad de Oporto, Portugal, vitorcarneiro10@hotmail.com
(c) Department of Civil & Environmental Engineering, Universidad de Oporto, Portugal, abrantes@fe.up.pt

ABSTRACT

From all the participants in the construction process, the design team is the weakest bond. When there is an anomaly in service or even during the execution of the work, the first step is to find an error in the project. Today, design is almost a risky profession. As the project is not a single, but a summation of specifications, is always possible to find some contradictory information between of any detail on any of them.

As the project is now ultimately responsible for the performance of a building effectiveness, it is essential that the definition of the various elements that make up the collection of systems to be built together as an INTEGRATED SYSTEM. If the search of the solution is sustained in by the various disciplines, it will thus be possible to substantiate rigorously every design decision. However, to manage this joint is necessary to find a common methodology, the INTEGRATED DESIGN. Each project will be part of a unique solution to build a single. Color, lighting, natural ventilation, spatial organization, can be parameterized to jointly define the CONSTRUCTION DESIG.

In this article is presented an integrated strategy to articulate the information of the disciplines involved in the construction process.

Keywords:

Integrated Project, Integrated Design Methodologie.

1. Introduction

O projeto nasce pela vontade de alguém de materializar um espaço para desenvolver determinadas funções. Para se realizarem essas funções, esse espaço deve obedecer a um conjunto de exigências de conforto específicas. O grau de conforto pretendido impõe um conjunto de regras na constituição dos elementos construtivos que definem o espaço, as exigências construtivas. Essas regras são definidas pelos vários sistemas construtivos que compõem o elemento. Esse grau de conforto só será alcançado se a articulação dos elementos construtivos que definem o edifício garantir o desempenho esperado. Ao projeto que cabe garantir a satisfação dessas exigências na definição dos vários elementos construtivos. Mas, como os mesmos elementos construtivos respondem às solicitações de cada sistema, estrutural, térmico, hidráulico, mecânico ou elétrico, é inevitável que, as soluções encontradas pelas várias especialidades se articulem para definir formalmente todos os elementos que compõem a construção, como um único SISTEMA INTEGRADO (Figura 1).

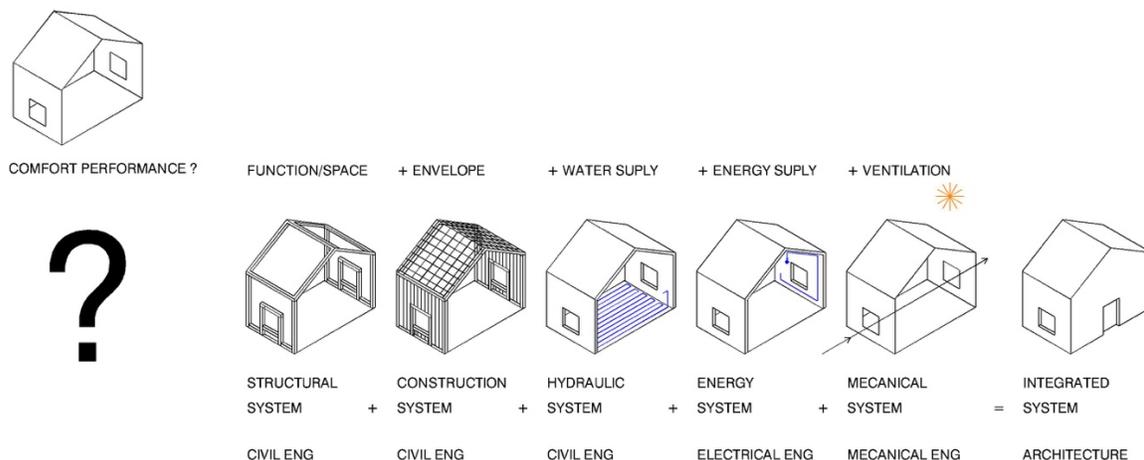


Figura 1 – Conceito de Sistema Integrado/Projeto Integrado.

Cada um desses sistemas é definido por cada especialidade. Os diferentes projetos contribuirão em conjunto para encontrar uma resposta sustentada para definir, por todas as especialidades, o **DESENHO DA CONSTRUÇÃO**. A solução construtiva encontrada para esse sistema integrado pode-se definir por uma fórmula que pondere as repostas ótimas de cada sistema. Desta “**FORMULA DE PROJETO**” encontrar-se-ão os **PARÂMETROS DE EDIFICABILIDADE** que definirão os vários elementos que compõem a construção. O valor ótimo para a definição de cada elemento construtivo, será o resultado de uma equação composta pela relação dos valores ótimos de todos os sistema que definem esse elemento. A solução construtiva que articula e engloba as repostas das várias especialidades aos vários critérios exigências.

2. Projeto Integrado

A crescente especialização gerada pelos constantes avanços na ciência e tecnologia são sem dúvida uma mais-valia (Rangel and Alves 2013), no entanto, levou o homem a ver o mundo como partes desconectadas (Behrens 1999) onde saber muito de pouco é resultado de “uma inteligência despedaçada” (Fontoura 2011). O especialista sabe mais sobre menos (Fontoura 2011).

No entanto, a arquitetura é de formação interdisciplinar. Para a ato de conceção ser eficiente, necessita de as informações decorrentes de outras disciplinas/áreas do conhecimento, o que envolve, claro está, conhecimentos de domínios muito distintos e múltiplas dimensões sócio tecnológicas (Détienne, Martin et al. 2005, Dym, Agogino et al. 2005, Daly, Adams et al. 2012). Esta natureza interdisciplinar implica que esta atividade não pode ser feita individualmente pois articula as decisões das várias disciplinas envolvidas no projeto e na construção (Little and Hoel 2011).

A interdisciplinaridade tem como objetivo garantir a construção de conhecimento através da transferência de métodos de uma disciplina para outra (Domik 2008) e, em última estância, quebrar com as fronteiras entre disciplinas (Gadotti 2006) onde integração e interação entre as diversas áreas são necessárias e desejáveis (Chew 2006, Gadotti 2006, Fontoura 2011). A arquitetura, entre as várias áreas será a que deverá oferecer uma visão holística da proposta, articulando todas as repostas, onde o todo é mais importante que a soma das partes. O modo como os produtos são produzidos tem evoluído constantemente, sendo que nas últimas décadas registou-se um crescimento rápido (Magrab, Gupta et al. 2009), em parte pela exigência do consumidor por produtos de melhor qualidade, menor preço, melhor desempenho e com prazos de entrega cada vez menores (Goldin 1999, Xu, Li et al. 2007). Logo, o cruzamento de informações entre as diversas áreas assume-se como primordial e inevitável para uma resposta coerente e integrada (Magrab, Gupta et al. 2009, Rangel and Alves 2013), e interdisciplinaridade não significa a recusa do especialismo, mas antes, um constante questionamento aos conhecimentos por ele estabelecido (Fontoura 2011).

Mas o que podemos ganhar com o Projeto Integrado? **a)** Colaboração entre diversas áreas; **b)** Obtenção de novo conhecimento por meio do cruzamento do conhecimento entre áreas/disciplinas; **c)** Inclusivo, todos têm um papel fundamental e algo a dizer; **d)** Lidar com a incerteza, ao evitar tomarem-se decisões baseadas em informação errada ou

incompleta; e) Definição e enquadramento de problemas, a maioria dos problemas só pode ser entendido quando visto sobre o panorama comum entre várias áreas (Zimmerman 2006, Domik 2008).

A criatividade não é suficiente para realizar um projeto de arquitetura, é necessário conseguir uma articulação das respostas de todas as especialidades envolvidas na conceção do projeto. A articulação dessas decisões e estruturação numa resposta única é o PROJETO INTEGRADO. Com uma visão holística, o Projeto Integrado, é uma metodologia de coordenação de projeto de cruzamento de conhecimento onde “tudo é feito num diálogo constante e constantemente avaliado” (Souto Moura 2009). O cruzamento dessa informação entre arquitetura, engenharia, construção e outras áreas é inevitável e fundamental para uma resposta coerente, integradora e otimizada (Goldin 1999). Este caminho trilhado em conjunto só é possível se desde cedo existir uma linguagem comum (Magrab, Gupta et al. 2009, Rangel and Alves 2013). Souto Moura (2009) afirma que não consegue fazer o primeiro traço sem a presença de um engenheiro.

Esta quebra de barreiras, por exemplo entre projeto e processo construtivo é a chave fundamental desta metodologia cujos benefícios incluem acelerar a resolução de problemas durante o projeto, onde potenciais problemas e estrangulamentos são identificados no início e possíveis atrasos são abordados (Design Council 2007). Apesar da incerteza sobre o impacto da sua aplicabilidade, muitas empresas e sectores têm implementado com sucesso o Projeto Integrado desde o seu surgimento na década de 1990 (Dekkers, Chang et al. 2013) verificando-se, no entanto, resistência e relutância à sua implementação (Zimmerman 2006). Na IDEO, pioneira na versão Concurrent Engineering no design (Thomke and Nimgade 2007), o mito do génio solitário prejudica os esforços da empresa na inovação e criatividade. As equipas, que estão no centro de todo o processo, são compostas por elementos de várias áreas divergentes, como engenharia elétrica e mecânica, design industrial, ergonomia, psicologia cognitiva e tecnologias de informação que, em conjunto, trabalham para o mesmo objetivo. Na Virgin Atlantic Airways, a fase de desenvolvimento do projeto envolve uma série de reuniões com os fabricantes para apresentar o projeto e ter o seu feedback. Na Whirlpool o processo de inovação e desenvolvimento de produtos começa na Platform Studio, na qual designers, especialistas de processos avançados de produção e engenheiros trabalham em conjunto para refletir sobre novas tendências e produtos e termina com um protótipo para testes com utilizadores. Na Xerox, os designers, apesar da sua experiência em produção, avaliam em conjunto com outros especialistas o que é possível a partir de uma perspectiva de engenharia e desenvolvimento. É ainda comum os designers acompanharem os engenheiros de serviço nas visitas aos clientes para observarem como estes interagem com o produto durante o seu uso (Design Council 2007).

Concurrent Engineering (Ljungberg 2003, Thomke and Nimgade 2007, Xu, Li et al. 2007, Dekkers, Chang et al. 2013), Collaborative Engineering (Willaert, de Graaf et al. 1998, Mas, Menéndez et al. 2013), Collaborative Design (Shen, Ong et al. 2010), Collaborative Engineering Design (Juhl and Lindegaard 2013) Integrated Design Process (Zimmerman 2006, Magrab, Gupta et al. 2009), Integrated Product Development (Ljungberg 2003) e Integrated Project Delivery (American Institute of Architects 2007) são algumas das designações atribuídas à mesma metodologia. Apesar das diferentes designações possuem o mesmo objetivo: a procura de soluções coerentes por meio de equipas interdisciplinares cujos intervenientes caminham obrigatoriamente em conjunto desde muito cedo, num diálogo constante e inclusivo. É como uma orquestra em que todos estão focados e associados a um objetivo (Rocha and Furtado 2013). Ninguém pode ser excluído e todos falam uma linguagem comum, independentemente da sua linguagem própria (Magrab, Gupta et al. 2009).

De acordo com Dekkers, Chang et al. (2013), as investigações sobre este tema – Projeto/Processo Integrado – destacam que a importância da coordenação e colaboração interdisciplinar e as vantagens associadas foram bem compreendidas, tanto na literatura académica como na prática, demonstrando ainda um efeito direto e positivo sobre a inovação de produto (benefícios para uma estratégia de inovação). O papel desempenhado por softwares CAD é extremamente importante e bastante reconhecido na implementação do Projeto Integrado (Smailagic, Siewiorek et al. 1995, Iansiti and MacCormack 1997, Goldin 1999, Thomke and Nimgade 2007, Dekkers, Chang et al. 2013), uma vez que sem elas as capacidades de gestão de uma grande quantidade de dados e informações são estranguladas e difíceis.

Ao contrário dos processos tradicionais de desenvolvimento é alocado mais tempo na fase inicial do projeto para evitar correções de suposições equivocadas numa fase mais tardia do processo, onde a oportunidade de fazer alterações diminui significativamente e os custos para alterações aumentam exponencialmente com o avanço do processo (Norman 1990, Zimmerman 2006, Magrab, Gupta et al. 2009) (Figura 1).

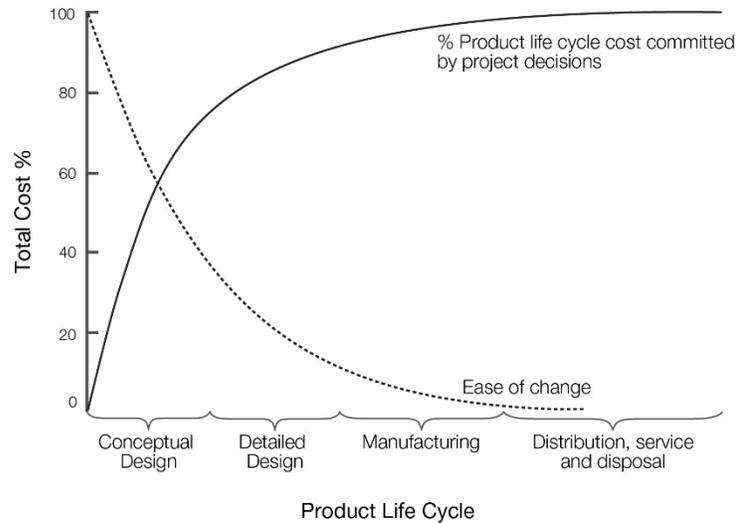


Figura 2– A importância das decisões na fase inicial do Desenvolvimento de Produto. Adaptado de Norman (1990).

Embora não haja uma definição única para o Projeto Integrado, este difere na intenção e ênfase (Zimmerman 2006) sobre o projeto convencional nos seguintes aspectos, que podem ser uma mais-valia para a metodologia de projeto em design:

Goal-driven: as metas e objetivos são definidos como um meio para atingir um fim onde os envolvidos devem-se empenhar ao invés de demonstrarem complacência (Zimmerman 2006, Magrab, Gupta et al. 2009).

Clear Decision Making: a resolução de problemas e tomada de decisões são baseadas em informação de diferentes fontes e áreas (Zimmerman 2006, Magrab, Gupta et al. 2009).

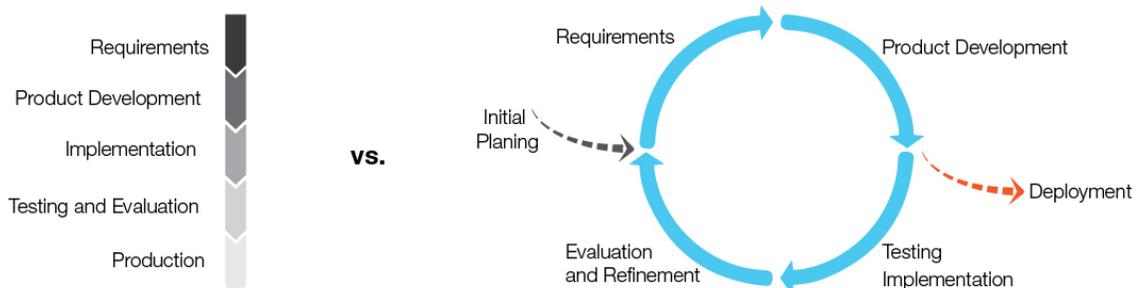
Tem leader: alguém responsável pelo processo de design (Iansiti and MacCormack 1997, Magrab, Gupta et al. 2009).

Inclusivo/Colaborativo: Todos, desde o cliente ao operador, têm algo fundamental a contribuir para a melhoria da função e/ou desempenho do produto. O designer não é “o doador da forma” (Zimmerman 2006), mas um interveniente ativo em explorar ideias dentro de uma equipa interdisciplinar onde cada um desempenha um papel ativo desde o início do processo e na qual a confiança é um pilar fundamental. (Zimmerman 2006, Borrego and Newswander 2008, Rangel and Alves 2013).

Integrada: O pensamento holístico é uma constante onde o todo é maior do que a soma das suas partes (Zimmerman 2006, Souto Moura 2009, Rangel and Alves 2013). O desenvolvimento dos componentes isoladamente leva a obter piores resultados para todo o sistema, porque tendem a trabalhar uns contra os outros (Hawken, Lovins et al. 2000).

Interativo: Ao contrário do processo tradicional, cujas fases são dispostas linearmente e sequencialmente, no projeto integrado as fases são cíclicas e interativas (Figura 2).

Vantagem Competitiva: Uma vez capazes de produzirem projetos com melhor qualidade e menores custos estar-se-á à frente da concorrência.



3. Fórmula De Composição

Garantir a articulação entre os vários intervenientes, destes conceitos nas várias fases do projeto é talvez a dificuldade maior desta metodologia. A definição conjunta desses critérios de dimensionamento revela-se da maior importância para conseguir o desempenho esperado. Cruzando os campos de interface disciplinar, pode-se esquematizar o processo de decisão da definição dos vários níveis de composição da habitação. É na articulação destas decisões interdisciplinares que se encontra o ponto ótimo desta equação para definir os **PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE**. As regras para desenhar a solução construtiva nas diferentes escalas e fases de evolução.

Nesta **ESTRATÉGIA INTEGRADA** para cada fase formula-se a equação composta pelos **CRITÉRIOS EXIGENCIAIS** e pelos **CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO** adequados. Organiza-se o trabalho da equipa de forma a definir os **OBJETIVOS COMUNS** e as **TAREFAS** de cada disciplina para os alcançar. Numa mesma base de trabalho ordenam-se para cada nível os critérios de dimensionamento interdisciplinares, para se obter os **PARÂMETROS DE EDIFICABILIDADE** necessários para desenhar a solução.

Projetar um edifício partindo da resposta às exigências de desempenho impõe desde o início do processo de trabalho, a partilha da informação entre os vários intervenientes que definem os vários subsistemas. Para que essa partilha aconteça, deve-se desde o início definir uma metodologia de trabalho conjunta que defina para todas as disciplinas os objetivos comuns a encontrar nas várias fases do projeto. A **ESTRATÉGIA INTEGRADA**.

A proposta apresentada propõe-se organizar uma metodologia de articulação das informações fornecidas em cada fase pelas várias disciplinas para a obtenção dos parâmetros necessários para definir a solução de projeto em cada momento. Uma estrutura para a organização da informação interdisciplinar, um plano orientativo para articular as decisões comuns para resposta às exigências de desempenho, pois a solução de projeto dependerá da criatividade de cada especialidade envolvida.

Na obra, procuram-se soluções “milagrosas” que reduzam o investimento e o tempo necessário para a executar. Ao comportamento do edifício impõe-se uma maior eficácia na resposta às exigências de conforto. O projeto tem de ser feito para ontem, a obra executada com os orçamentos mais baratos e feita em tempo recorde, mas o desempenho tem de ser o melhor possível e os responsáveis de qualquer falha são sempre os projetistas...

Na Ciência, para se resolver um problema deve-se, antes de mais, formular a questão que se quer responder. Organizar uma metodologia de projeto integrado para habitação questão que se coloca é:

COMO SE DIMENSIONA UMA CONSTRUÇÃO FUTURA PELAS EXIGENCIAS EXPECTÁVEIS?

Os valores constantes desta equação os **CRITÉRIOS EXIGENCIAIS**, são os valores numéricos fornecidos pela engenharia. A variável os **CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO** definidos pela arquitetura. A solução serão as dimensões necessárias para desenhar a solução construtiva, os **PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE**.

$$\text{CRITÉRIOS EXIGENCIAIS} + \text{CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO} = \text{PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE}$$

EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO		CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO			PARÂMETROS DE EDIFICABILIDADE			
DEFINEM OS VALORES NECESSÁRIOS PARA RESPONDER ÀS EXIGÊNCIAS		DEFINEM A FORMA DE CADA ELEMENTO			DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DE COMPOSIÇÃO			
EXIGÊNCIAS PROGRAMÁTICAS	+	EXIGÊNCIAS CONSTRUTIVAS	+	CRITÉRIOS TIPOLÓGICOS	+	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO	=	
CONSTANTE		VARIÁVEL			RESULTADO			
REGULAMENTOS NORMAS		OPÇÕES DA CONCEÇÃO			DEFINIÇÃO DO PROJETO			

Figura 4 Fórmula de Composição - conceito

Para cada fase a equipa define os parâmetros de edificabilidade a obter para a definição dos elementos construtivos. Cada disciplina define os critérios exigências para que o subsistema de que é responsável atinja os valores ótimos. Com

estes valores, a arquitetura articula os critérios de composição para obter os valores dos parâmetros de edificabilidade, os dimensionamentos necessários para desenhar a solução.

Com esta estratégia integrada não se pretende encontrar os valores exatos para a definição de cada elemento mas encontrar o intervalo para atingir o valor ótimo para o eficaz funcionamento de cada subsistema que o compõe. Para encontrar este intervalo organiza-se numa matriz os critérios de dimensionamento de cada uma deles. Esses critérios serão relacionados para encontrar os valores de dimensionamento necessários para desenhar a solução. Os **PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE** resultantes da equação que relacionam os vários **CRITÉRIOS EXIGÊNCIAS** e dos **CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO**.

CRITÉRIOS EXIGENCIAIS

Cada uma destas exigências aponta para uma área disciplinar da engenharia, a **SEGURANÇA ESTRUTURAL**, **SEGURANÇA CONTRA INCENDIO**, **CONFORTO AMBIENTAL** e **MANUTENÇÃO** que definem cada subsistema. Para o concretizar estabelecem os critérios de dimensionamento dos elementos construtivos que compõem o edifício, os **PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE** que se pretende obter.

A cada uma das exigências de desempenho do edifício corresponde um conjunto de **EXIGÊNCIAS CONSTRUTIVAS**, que se parametrizam com determinados **CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO**. Este processo de encontrar os parâmetros de dimensionamento dos elementos de composição pode ser extrapolado para as várias escalas de conceção e para um número infinito de elementos. Os conceitos adotados para a definição das **EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO** são os desenvolvidos pelo LNEC (Pedro 1999d) resumidos na tabela seguinte (TABELA 41).

Os critérios exigenciais são o resultado do equilíbrio entre as exigências de conforto desejáveis e as exigências construtivas necessárias para as conseguir. Para a definição construtiva da habitação evolutiva consideram-se:

AGRADABILIDADE que corresponde ao equilíbrio entre **CONFORTO ACÚSTICO**, **CONFORTO VISUAL**, **CONFORTO HIGROTÉRMICO** e a **QUALIDADE DO AR**

A **SEGURANÇA**, a proporção adequada do **CONTROLO VISUAL**, **SEGURANÇA NO USO NORMAL**, **SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS**.

E a **EVOLUÇÃO**, o conjunto das repostas à **ADEQUAÇÃO ESPACIO-FUNCIONAL**, à **ARTICULAÇÃO ESPACIAL** e à **PERSONALIZAÇÃO**.

EXIGÊNCIAS DE DESEMPENHO	EXIGÊNCIA CONSTRUTIVA	CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO
AGRADABILIDADE	CONFORTO ACÚSTICO CONFORTO VISUAL CONFORTO HIDROTÉRMICO QUALIDADE DO AR	ISOLAMENTO ACÚSTICO ILUMINAÇÃO NATURAL VENTILAÇÃO NATURAL HIGROTÉRMIA
SEGURANÇA	NO USO NORMAL CONTRAINCÊNDIOS CONTRA AGRESSÃO E ROUBO VIÁRIA	DIMENSIONAMENTO DE ABERTURAS RELAÇÃO COM O EXTERIOR
ADEQUAÇÃO ESPÁCIO-FUNCIONAL	CAPACIDADE ESPACIOSIDADE FUNCIONALIDADE	DIMENSIONAMENTO ESPACIAL
ARTICULAÇÃO ESPACIAL	PRIVACIDADE ACESSIBILIDADE	RELAÇÃO INTERIOR/EXTERIOR
PERSONALIZAÇÃO	APROPRIAÇÃO ADAPTABILIDADE	CAPACIDADE DE CRESCIMENTO
ECONOMIA	CUSTO DA CONSTRUÇÃO CUSTO DE EXPLORAÇÃO CUSTO DE MANUTENÇÃO	VALOR ADEQUADO AO CONTEXTO ONDE SE INSERE

Figura 5 Critérios Exigenciais

Os parâmetros quantitativos que podem auxiliar na concepção de edifícios de habitação reúnem-se no conceito de agradabilidade, tal como defende na metodologia de avaliação de projetos de edifícios de habitação do Prof. Jorge Moreira da Costa (Costa 1995a). A equação de projeto pode definir-se da seguinte forma:

$$\text{AGRADABILIDADE} = \text{CONFORTO ACÚSTICO} + \text{CONFORTO VISUAL} + \text{CONFORTO HIGROTÉRMICO} + \text{QUALIDADE DO AR} + \text{CRITÉRIOS FUNCIONAIS} + \text{CRITÉRIOS EXIGENCIAIS} + \text{CRITÉRIOS ECONÓMICOS}$$

CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO

A arquitetura cabe organizar e ordenar os elementos formais que irão definir a solução construtiva. Os CRITÉRIOS DE COMPOSIÇÃO, de maior arbitrariedade, definem-se pelo equilíbrio entre os CRITÉRIOS TIPOLÓGICOS, formais, espaciais e construtivos, balizados por CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO, funcionais e económicos. Organizados também por níveis, ordenam-se no processo aqui apresentado as decisões, e opções de composição que deverão ser tomadas.

Será a relação entre estes dois critérios, exigenciais e de composição que se encontrará a solução de cada fórmula colocada, a resposta à definição construtiva.

Tome-se como exemplo a proteção acústica. O conforto acústico, a nível urbano refere-se à proteção do ruído dos espaços públicos exteriores. A nível da vizinhança à proteção sonora entre os espaços comunitários e vias de acesso, e ao nível da casa o conforto acústico pode referir-se à privacidade entre os pátios interiores e a rua.

Estes critérios traduzem-se em regras de composição. A proteção dos espaços públicos duma fonte de ruído pode ser conseguida pela concentração na mesma área dos edifícios de atividade ruidosa: A proteção dos espaços comunitários pode ser realizada por uma densa arborização. A proteção dos pátios das casas pode ser conseguida construindo o muro a uma altura superior à altura de uma pessoa.

PARAMETROS DE EDIFICABILIDADE

Os parâmetros de edificabilidade são os valores dimensionais dos vários elementos de composição que formam o elemento os diferentes níveis. A nível urbano os dimensionamentos das vias, das áreas construídas e áreas verdes; a nível da vizinhança as áreas comuns e privadas; a nível da casa ao dimensionamento formal do espaço construído e vazio, a forma das paredes e dos vãos por exemplo; a nível construtivo na definição dos elementos como a composição da parede, os elementos de suporte, os elementos de fecho, o isolamento ou a definição dos vãos.

4. Conclusão

Não há muitos anos atrás, a obra era um laboratório de ideias que se estudavam em gabinete e se apuravam com os artesãos que as executavam. Era nos estúdios que arquitetos e engenheiros aprendiam a saber ver a construção. No contacto com as outras disciplinas, com a visita às obras, com a experiência dos mais velhos. Para desenhar uma caixilharia, além de se consultar o responsável pelo projeto de térmica, não se descurava a validação do carpinteiro, do mestre-de-obras e do vidraceiro. A construção aprendia-se construindo. No entanto, este conhecimento da CONSTRUÇÃO que se adquiria com o tempo, pondo as mãos na massa, já não é possível.

Como hoje já não há tempo nem obras suficientes para se garantir a futuros engenheiros e arquitetos essa experiência no terreno, deve-se mostrar a ambos a importância das decisões das outras disciplinas para a consistência da solução que cada um apresenta. Os intervenientes no projeto, devem desde cedo ter consciência que cada um dos seus projetos fará parte de uma solução única para construir um PROJETO INTEGRADO. Cor, iluminação, ventilação natural, organização espacial, são mensuráveis e avaliáveis para serem trabalhados duma forma integrada com o objetivo de criar um organismo único SISTEMA INTEGRADO.

Está na hora de olhar para o DESENHO DA CONSTRUÇÃO como uma solução integral definida por várias DISCIPLINAS, adotar uma metodologia de projeto que consiga articular as informações necessárias entre elas. Uma ESTRATÉGIA INTEGRADA que procure em conjunto a solução desta equação. Tirando partido do virtuosismo de cada especialidade levará certamente a soluções de projeto compostas a 4 mãos mais criativas e eficazes

5. Bibliography

- American Institute of Architects (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide*. California.
- Behrens, M. A. (1999). "A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente." *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos* 80(196): 383-403.
- Borrego, M. and L. K. Newswander (2008). "Characteristics of Successful Cross-disciplinary Engineering Education Collaborations." *Journal of Engineering Education* 97(2): 123-134.
- Chew, E. (2006). *Imparting Knowledge and Skills at the Forefront of Interdisciplinary Research – a case study on course design at the intersection of music and engineering*. 36th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. San Diego, CA, IEEE: 27-32.
- Daly, S. R., et al. (2012). "What Does it Mean to Design? A Qualitative Investigation of Design Professionals' Experiences." *Journal of Engineering Education* 101(2): 187-219.
- Dekkers, R., et al. (2013). "The interface between “product design and engineering” and manufacturing: A review of the literature and empirical evidence." *International Journal of Production Economics* 144(1): 316-333.
- Design Council (2007). *Eleven Lessons: managing design in eleven global brands*. London: 144.
- Détienne, F., et al. (2005). "Viewpoints in co-design: a field study in concurrent engineering." *Design Studies* 26(3): 215-241.
- Domik, G. (2008). "Teaching Visualization in Multidisciplinary, Interdisciplinary or Transdisciplinary Mode." Retrieved 21.11.2014, from http://pdf.aminer.org/000/591/607/a_multi_disciplinary_look_at_the_computing_disciplines.pdf.
- Dym, C. L., et al. (2005). "Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning." *Journal of Engineering Education* 94(1): 103-120.
- Fontoura, A. M. (2011). "A interdisciplinaridade e o ensino do design." *Projética Revista Científica de Design* 2(2): 86-95.
- Gadotti, M. (2006). *Interdisciplinaridade: Atitude e Método*. São Paulo, Instituto Paulo Freire: 7.
- Goldin, D. S. (1999). "Tools of the Future." *Journal of Engineering Education* 88(1): 31-35.
- Hawken, P., et al. (2000). *Natural Capitalism: Creating the Next Industrial Revolution*. Boston, New York, London, Little, Brown & Company.
- Iansiti, M. and A. D. MacCormack (1997). "Team New Zealand (A)." Harvard Business School Case 697-040.
- Juhl, J. and H. Lindegaard (2013). "Representations and Visual Synthesis in Engineering Design." *Journal of Engineering Education* 102(1): 20-50.
- Little, A. and A. Hoel (2011). "Interdisciplinary Team Teaching: An Effective Method to Transform Student Attitudes." *The Journal of Effective Teaching* 11(1): 36-44.
- Ljungberg, L. Y. (2003). "Materials selection and design for structural polymers." *Materials & Design* 24(5): 383-390.
- Magrab, E. B., et al. (2009). *Integrated Product and Process Design and Development: The Product Realization Process*. Boca Raton, Taylor & Francis.
- Mas, F., et al. (2013). "Collaborative Engineering: An Airbus Case Study." *Procedia Engineering* 63(0): 336-345.
- Norman, G. (1990). "Life cycle costing." *Property Management* 8(4): 344-356.
- Rangel, B. and F. B. Alves (2013). *Engineering as a lesson in architecture*. Cadernos d'Obra. Porto, Gequaltec: 92-94.
- Rocha, P. M. d. and R. Furtado (2013). *Museu Nacional dos Coches: design, construction, technologies*. Cadernos d'Obra. B. Rangel, J. A. Faria and J. P. P. Martins. Porto, Gequaltec.

- Shen, Y., et al. (2010). "Augmented reality for collaborative product design and development." *Design Studies* 31(2): 118-145.
- Smailagic, A., et al. (1995). Benchmarking an interdisciplinary concurrent design methodology for electronic mechanical systems. 32nd ACM/IEEE Design Automation Conference, San Francisco, ACM.
- Souto Moura, E. (2009). Edificio Burgo: design, construction, technologies. *Cadernos d'Obra*. B. Rangel, J. A. Faria and J. P. P. Martins. Porto, Gequaltec.
- Thomke, S. and A. Nimgade (2007). "IDEO Product Development." Harvard Business School Case 600-143.
- Willaert, S. S. A., et al. (1998). "Collaborative engineering: A case study of Concurrent Engineering in a wider context." *Journal of Engineering and Technology Management* 15(1): 87-109.
- Xu, L., et al. (2007). "A decision support system for product design in concurrent engineering." *Decision Support Systems* 42(4): 2029-2042.
- Zimmerman, A. (2006). *Integrated Design Process Guide*. Ottawa, Canada Housing and Mortgage Corporation: 18.