



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

VARIÁVEIS E ÍNDICES GEOMÉTRICOS DE PROJETO ARQUITETÔNICO RELACIONADOS AO CUSTO DE EMPREENDEIMENTOS RESIDENCIAIS¹

MORAES, Aline Fróes de Souza (1); PICCHI, Flavio (2); GRANJA, Ariovaldo (3)

(1) UNICAMP, e-mail: fsmoraes.aline@gmail.com; (2) UNICAMP, e-mail: fpicchi@lean.org.br; (3) UNICAMP, e-mail: adgranja@fec.unicamp.br

RESUMO

O projeto, desde o primeiro estudo de viabilidade econômica do empreendimento, está vinculado ao custo de construção, sendo que esse vínculo permanece nas fases posteriores e deve ser ajustado e controlado continuamente. O conhecimento das relações do tipo arquitetônico e demais decisões tomadas na etapa de concepção influencia na redução de custos, no aprimoramento dos quesitos de habitabilidade e na minimização dos impactos ambientais, mostrando-se importante na gestão da melhoria da qualidade do projeto. O presente trabalho é o resultado de uma discussão teórica cujo objetivo é identificar indicadores (as variáveis e os índices geométricos) de projetos arquitetônicos de edifícios residenciais que influenciam o custo dos empreendimentos. Realiza-se uma revisão da literatura, identificando esses índices e variáveis, bem como as suas influências no custo de construção. As variáveis ou índices geométricos foram comparados entre si; nomeados de maneira a uniformizar nomenclaturas distintas de diferentes autores para um mesmo indicador; e, agrupados em três classificações: índices de plano horizontal, índices de plano vertical e índices de qualidade da solução adotada. O uso desses indicadores auxilia a adoção das soluções arquitetônicas e o controle do custo de produção do projeto, podendo ser uma importante ferramenta de tomada de decisão pela incorporação imobiliária.

Palavras-chave: Decisões arquitetônicas. Variáveis geométricas. Custo.

ABSTRACT

The project, since the first economic feasibility study, is linked to the cost of construction. This link remains in the later stages and shall be continuously adjusted and controlled. The knowledge of the relation between the architectural type and other decisions taken at the design stage influences the cost savings, the improvement of habitability matters and the minimization of environmental impacts, which is important for the management of the project quality improvement. This paper is the result of a theoretical discussion that aims to identify the variables and geometrical indexes of architectural designs for residential buildings that influence the cost of the buildings. With a literature review, indexes and design variables of product design stage, and their influence on the project cost are identified. The index and design variables were compared; appointed in order to standardize the different nomenclatures of different authors for the same indicator; and grouped into three classifications: horizontal plane indexes, vertical rates and quality levels of the adopted solution. The study aims to demonstrate the relevance of the search for constructive solutions

¹ MORAES, A. F. S.; PICCHI, F.; GRANJA, A. D. Variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico relacionados ao custo de empreendimentos residenciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

that take into account the geometric variables of the architectural design, reflecting on the material savings, cost reduction and the improvements in project quality.

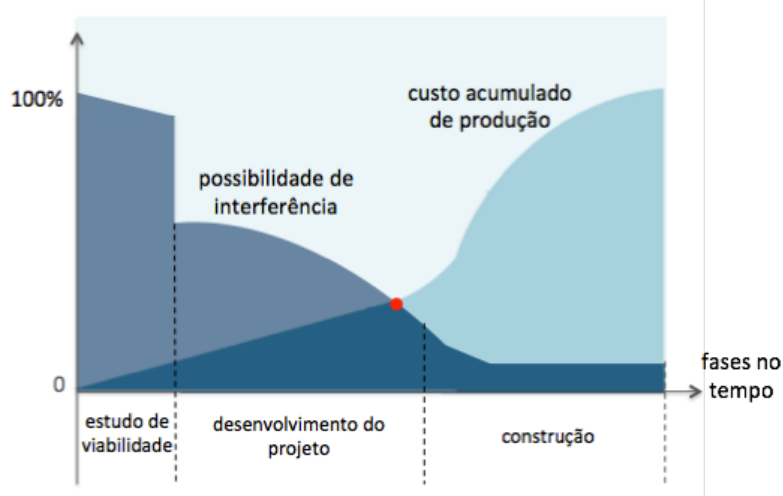
Keywords: Architectural solutions. Geometric indices. Costs.

1 INTRODUÇÃO

A produção de um edifício exige trabalho distribuído em várias etapas, como o estudo de viabilidade dos projetos e a construção (RAMOS NETO, 2002). A etapa de projeto é caracterizada pela interlocução do projetista com o cliente, pelas demandas e características de terreno, clima, tecnologia e mão de obra, além das referências arquitetônicas que serão trabalhadas no processo de criação (CERON, 2011). Cada decisão tomada pelo arquiteto ou pelo engenheiro em seu projeto significa uma opção para solucionar um dos vários aspectos da obra (MASCARÓ, 2010).

O custo acumulado da produção do empreendimento eleva-se fortemente quando finaliza-se a fase de elaboração do projetos e inicia-se a fase de construção. Por outro lado, as possibilidades de intervenção no custo de produção do empreendimento reduzem-se significativamente à medida que os projetos e as especificações de obra avançam e são próximas a zero durante a fase de construção. O custo das modificações do projeto cresce à medida que avança-se nas etapas, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Evolução do custo acumulado de construção versus redução das possibilidades de interferência, em função das fases do empreendimento



Fonte: adaptado de Hammarlund e Josephson (1992).

O uso de indicadores para controlar o custo de produção do projeto é, consequentemente, essencial no avanço das fases do empreendimento (RAMOS NETO, 2002). Entretanto, essas variáveis e indicadores são, ainda, pouco dominados na incorporação imobiliária (DEGANI, 2003; MARTINS, 2002; MASCARÓ, 2012), de modo que os autores usam diferentes terminologias para índices correlatos.

Objetiva-se, com este trabalho, identificar quais são as variáveis e os índices geométricos identificados na literatura mais utilizados para decisões na etapa de concepção do produto, que influenciam no custo do

empreendimento. Quanto aos objetivos, a pesquisa é classificada como exploratória. Quanto aos procedimentos técnicos, é desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos, o que a caracteriza como pesquisa bibliográfica (GIL, 2008).

2 CUSTO DOS EMPREENDIMENTOS E DECISÕES NA ETAPA DE PROJETO

Na construção civil, o sistema de custeio tem como produto final o orçamento da obra, normalmente produzido nas primeiras fases do empreendimento. Os custos diretos de empreendimentos são definidos, principalmente, pelos processos de projeto e produção - em virtude dos métodos construtivos empregados e os quantitativos de mão de obra - e pelos contratos firmados entre envolvidos (MATOS, 2014). Os custos indiretos dependem do prazo de produção, uma vez que a sua estimativa leva em conta o tempo que a obra utiliza os recursos da empresa, sendo definidos diretamente pelo processo de produção (KERN, 2005).

O projeto está vinculado ao custo de construção desde o primeiro estudo de viabilidade econômica do empreendimento. Esse vínculo permanece nas fases de anteprojeto, projeto, especificações e deve ser ajustado e controlado o tempo todo (RAMOS NETO, 2002). O controle do custo de construção do projeto pode ser realizado por meio de avaliações quantitativas da arquitetura. Decisões relativas à forma do edifício têm um efeito considerável sobre os custos de construção e os de energia de aquecimento do edifício (BOSTANCIOGLU, 2010).

Reduções de custo nas etapas de concepção e projeto podem ser obtidas por meio da especificação de materiais de menor custo e também a partir de um projeto arquitetônico que colabore para a maximização da eficácia na fase de execução (KERN, 2005). Um empreendimento pode ser caracterizado morfológicamente por elementos construtivos e presentes, relacionando estes com as principais características geométricas da edificação (PARISOTTO, 2003). Dessa maneira, os direcionadores para a estimativa de custo de empreendimentos imobiliários estão relacionados aos seus elementos funcionais e às relações entre as variáveis que representem a morfologia do empreendimento.

Tuhus-Dubrow e Krarti (2010) investigaram diferentes formas geométricas de construção em uma análise de otimização, considerando superfície externa, paredes, cobertura, tipos de fundação, nível de insolação, áreas e ventilação. O resultado da otimização indica que construções cujas formas são retangulares e trapezoidais apresentam melhores desempenhos (menores custos no ciclo de vida), em cinco diferentes climas.

O plano vertical indica alternativas de composição do arranjo físico, estabelecendo variações significativas na quantidade e, conseqüentemente, no custo dos elementos determinantes das paredes, principalmente no que diz respeito a revestimentos – interno e externo. Para a avaliação ou otimização da solução geométrica do projeto de uma habitação, faz-se necessário a determinação do custo representado pela

presença e pelas relações existentes entre as variáveis geométricas que compõem o arranjo físico, que envolvem áreas, paredes e arranjos (BRANDÃO, 2003; MARTINS, 1999).

Planos horizontais apresentam aproximadamente 25% do custo total do edifício, os verticais 45%, as instalações 25% e o canteiro de obras 5% (MASCARÓ, 2010). O mais lógico, quando se quer economizar, é reduzir os planos verticais, seja eliminando paredes ou encontrando alternativas mais econômicas para elas. A lei da forma vigora tanto para espaços quanto para volumes edificados, sendo que à medida que as formas perdem compactidade, seus custos aumentam.

3 APRESENTAÇÃO DOS ÍNDICES E VARIÁVEIS

Estão definidos no Quadro 1 os índices e as variáveis geométricas de projeto de arquitetura levantados na revisão de literatura, identificando seu significado e autores.

Quadro 1 – Índices e variáveis geométricas de projeto de arquitetura

Índice ou variável	Autor(es)	Fórmula	Legenda	Significado
Índice de aproveitamento das áreas de uso comum em relação às áreas privativas da edificação (I_{ACP})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACP} = \frac{\Delta Et}{\Delta Pt}$	ΔEt : área real total do edifício; ΔPt : área privativa total do edifício.	A área de uso comum deve ser projetada na medida certa: nem menor, desrespeitando os limites de conforto e segurança dos usuários, nem maior, aumentando desnecessariamente os custos de construção e dificultando as vendas.
Índice de aproveitamento da área de uso comum no pavimento-tipo (I_{ACT})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACT} = \frac{A_{CT}}{N_{apto}}$	A_{CT} : área de uso comum no pavimento-tipo; N_{apto} : nº de apartamentos no pavimento-tipo.	Sendo o pavimento-tipo repetido no edifício, o desperdício de área em um deles se repete em todos os demais, sendo importante a análise da área de uso comum.
Índice de aproveitamento da área de uso comum nos pavimentos de garagem (I_{ACG})	Ramos Neto (2002)	$I_{ACG} = \frac{A_G}{N_{vagas}}$	A_G : área real dos pavimentos de garagem; N_{vagas} : nº de vagas nos pavimentos de garagem.	Usualmente, a garagem requer muita área de uso comum. Logo, o aproveitamento racional da área destinada à garagem é fundamental para o controle do custo de construção.
Índice de compactidade da forma geométrica do pavimento-tipo (IC)	Rosso (1978); Ramos Neto (2002); Mascaró (2002, 2010)	$IC = \frac{2\sqrt{A_p \cdot \pi}}{P_{pt}} \cdot 100$	A_p : área da projeção do pavimento-tipo; P_{pt} : perímetro do pavimento tipo.	A relação entre as paredes que envolvem o edifício e sua superfície é avaliada por meio do IC, definido como a relação percentual entre o perímetro de um círculo de igual área do projeto e o perímetro das paredes exteriores do projeto.
Densidade de paredes (d)	Oliveira et al (1995); Brandão (2006)	$d = \frac{A_{parede}}{A_{laje}}$	A_{parede} : área das paredes apoiadas sobre uma laje-	É uma variável definida como a divisão da área das paredes apoiadas sobre uma laje-tipo pela área desta laje, ou seja, a

			tipo; A _{laje} : área da laje	área de projeção das paredes
Número de segmentos de parede (N _s)	Brouwn e Steadman (1991)			Segmento de parede de alvenaria ou outro tipo de vedação é o trecho entre junções subsequentes triplas ou duplas
Número de junções duplas (N _{JD})	Brandão (2006)			O encontro entre duas ou mais paredes forma uma junção
Índice de espaciosidade – plano horizontal (IE)	Coelho (1994); Martins (1999, 2002)	$IE = \frac{ke}{m} \cdot \frac{AU}{AU^{1/2}}$ com: $ke = (AU^{-1/6} \cdot AA^{1/6})$	AU: área útil do arranjo físico, em metros quadrados; $\frac{ke}{m}$: fator de conversão; AA: área útil do projeto alvo, em metros quadrados; m: fator métrico	A espaciosidade é definida pela quantidade de espaço disponível para o uso, estando ligada diretamente à dimensão humana e ao fim a que se destina: ocupação – mobiliário – ou utilização – serviços e circulação.
Índice de configuração – plano vertical (ICI)	Martins (1999)	$ICI = \frac{PP}{AU^{1/2}}$	PP: parede ou perímetro; AU: área útil do arranjo físico	O ICI expressa a capacidade de captar a presença de variáveis geométricas e proceder a quantificação dos atributos qualificadores do plano vertical.
Índice de qualificação da configuração interna (IKI)	Martins (2002)	$IKI = CO + CA - CN$ $= \frac{CK}{2 \cdot AU^{1/2}}$	CO: perímetro dos ambientes internos (agi); CA: perímetro ampliado dos agi; CN: perímetro não mobiliável dos agi; CK: perímetro qualificador interno; AU: área útil do arranjo físico.	Este índice representa o valor de qualificação da configuração interna, o qual demarca e qualifica a parte interior da habitação (ambientes geométricos internos) formada pelo perímetro das figuras que compõem o arranjo físico.
Índice de qualificação da configuração externa (IKE)	Coelho (1994); Martins (2002)	$IKE = \frac{CE}{2 \cdot AU^{1/2}}$	CE: comprimento do perímetro em contato com o meio exterior; AU: área útil do arranjo físico.	Esse índice estabelece a ligação entre os espaços interiores e o ambiente exterior, relevando a necessidade da coerência de ambos
Índice de qualificação da configuração espacial (IQ)	Martins (2002)	$IQ = IE$ $= IKI + IKE$	IE: índice de espaciosidade do arranjo físico; IKI: índice de qualificação da configuração interna; IEX: índice de exteriorização.	Se o projeto avaliado apresentar um valor do índice de qualificação da configuração espacial maior que o do projeto alvo, significa que ele apresenta uma condição de qualificação superior à adotada pelo alvo.
Índice de qualidade geométrica	Martins (2002)	$IQG = \frac{IQ}{IQaa}$	IQ: índice de qualificação do arranjo	Computado em relação ao projeto alvo, é representativo da qualidade requerida. O confronto

(IQG)			físico avaliado; IQaa: índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo.	desse valor com um valor representando a qualidade requerida determina que a insuficiência dessas variáveis comparativamente ao alvo adotado representa uma perda em relação à utilização do produto.
Área nominal (AN)	Martins (2002)	$AN = AA \cdot (IQG)^3 + \varepsilon$	AA: área útil do projeto alvo; IQG: índice de qualidade geométrica da configuração espacial; ε : erro alea-tório.	É uma variável representativa do custo da solução adotada, a qual expressa a área útil do arranjo físico, computadas as perdas definidas em área.
Índice de qualidade nominal (IQN)	Martins (2002)	$IQN = \frac{AN}{AU}$	AN: área nominal do arranjo físico; AU: área útil do arranjo físico.	O índice de qualidade nominal é a relação proporcional entre a área nominal e a área útil, representando um índice de qualificação da solução avaliada.

Fonte: Os autores

4 SÍNTESE DAS VARIÁVEIS E ÍNDICES GEOMÉTRICOS

Quadro 2 – Variáveis e índices geométricos identificados na literatura

	Índice ou variável	Fonte	Variáveis e índices geométricos x Custo
Índices do plano horizontal	Índice de aproveitamento das áreas de uso comum em relação às áreas privativas da edificação (I_{ACP})	Ramos Neto (2002)	Aumento desnecessário do índice implica em aumento do custo da construção
	Índice de aproveitamento da área de uso comum no pavimento-tipo (I_{ACT})	Ramos Neto (2002)	Influencia ao aproveitamento da área comum
	Índice de aproveitamento da área de uso comum nos pavimentos de garagem	Ramos Neto (2002)	O aproveitamento racional da área destinada à garagem é fundamental para o controle do custo de construção
	Índice de espaciosidade - plano horizontal (IE)	Coelho (1994), Martins (1999), Martins (2002)	Influencia à qualidade quanto ocupação e utilização
	Área nominal (AN)	Martins (2002)	Representativa do custo da solução adotada, identificando as perdas
Índices do plano vertical	Índice de compacidade da forma geométrica do pavimento-tipo (IC)	Ramos Neto (2002), Mascaró (2002)	Influência sobre custo das fachadas: quanto maior IC, menores custos de construção
	Densidade de paredes (d)	Oliveira et al (1995), Brandão (2006)	Influencia no custo, devido à quantidade de material demandado
	Número de segmentos de parede (N_s)	Brown e Steadman (1991), Brandão (2006)	Influencia à dificuldade construtiva
	Número de junções duplas (N_{JD})	Brandão (2006)	Custo de revestimento é aumentado para as arestas do tipo duplo
	Índice de configuração - plano vertical (ICI)	Martins (1999)	Influencia à qualidade quanto aos atributos verticais

Índices de qualidade da solução adotada	Índice de qualificação da configuração interna (IKI)	Martins (2002)	Influencia na questão de ocupação dos ambientes
	Índice de qualificação da configuração externa (IKE)	Coelho (1994), Martins (2002)	Influencia na coerência da ligação entre os espaços interiores e o ambiente exterior
	Índice de qualificação da configuração espacial (IQ)	Martins (2002)	Influencia na qualificação do espaço em relação a um alvo de comparação
	Índice de qualidade geométrica (IQG)	Martins (2002)	Qualidade requerida, em relação à utilização do produto
	Índice de qualidade nominal (IQN)	Martins (2002)	Índice de qualificação da solução

Fonte: Os autores

O Quadro 2 contém a síntese das variáveis e índices geométricos de projeto arquitetônico identificados na literatura, indicando sua relação com o custo dos empreendimentos. Após a identificação e compreensão desses índices, eles foram agrupadas em três conjuntos, de acordo com o tipo de aplicação que eles apresentam no projeto: índices do plano horizontal; índices do plano vertical; e, índices de qualidade da solução adotada.

4.1 Índices do Plano Horizontal

Os índices do plano horizontal são aqueles que relacionam a área plana horizontal no projeto, tais como as áreas privativas, de uso comum e nominais. O I_{ACP} revela o aproveitamento das áreas de uso comum em relação às áreas privativas, relacionando todas as áreas do projeto e permitindo procurar qual é o excesso quando ele indica algum desvio em relação ao desejado.

O I_{ACT} , medido em $m^2/apartamento$, indica o desperdício de área de uso comum. O I_{ACG} , medido em $m^2/vaga$, indica o aproveitamento racional da área destinada à garagem, dado que a garagem requer muita área de uso comum, sendo fundamental para o controle do custo de construção.

O IE representa um atributo importante do plano horizontal, expressando uma importância primordial na determinação do índice de qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação. Por fim, a AN indica o valor das perdas (em metros quadrados) correspondente à área nominal subtraída da área útil, estando relacionado ao custo da construção.

4.2 Índices do Plano Vertical

Os índices do plano vertical são aqueles relacionados às fachadas, paredes, junções e configurações verticais, sendo o IC o mais representativo. A forma geométrica do pavimento-tipo possui influência sobre o custo das fachadas e, portanto, sobre o custo de construção. Quanto maior o IC , menores serão os custos de construção e as perdas e ganhos térmicos indesejáveis, tendendo a diminuir os custos de manutenção e uso do edifício. À medida que a altura de um edifício aumenta, a relação superfície de fachada/superfície de piso também aumenta. Para um edifício de superfície constante, quanto mais alto for o partido arquitetônico adotado, mais caro tenderão a ser as fachadas. Logo, o IC diminui, e se outros elementos do

edifício não tiverem custos decrescentes em relação à altura, todo edifício alto e estreito seria mais caro que os baixos e largos. Arestas e curvas nas fachadas implicam em aumento de seu custo. Esses incrementos de custos são incorporados no índice econômico de compacidade (IEC), onde o perímetro é maior, incorporando arestas e curvas.

O encontro entre duas ou mais paredes forma uma **junção**. Junções de triplo encontro de paredes (junções do tipo "3-way") não representam problemas e aparecem em maior quantidade nos projetos mais simplificados. Junções do tipo duplo (junções do tipo "2-way"), implicam em maior dificuldade construtiva. O próprio custo de revestimento é aumentado, pois os pedreiros cobram adicionais em metro linear para o acabamento dessa aresta.

4.3 Índices de qualidade da solução adotada

Os índices de qualidade da solução adotada são aqueles que qualificam a configuração interna, externa e espacial do projeto. O **IKI** é importante na definição e composição dos ambientes geométricos, sendo estes diretamente ligados às questões relacionadas à ocupação dos ambientes, sua finalidade, número de ocupantes, definição do mobiliário, delimitação das zonas de interface entre o corpo humano e os móveis. Arranjos geométricos preferenciais apresentam maior flexibilidade em termos das possíveis soluções e melhor aproveitamento das paredes como suporte da mobília.

O **IKE** mostra que o lado externo da figura resultante do arranjo físico do projeto delimita a quantificação e a qualificação da parte externa da habitação, representada pelo perímetro externo (em contato com o meio exterior). O **IQN** é a relação proporcional entre a área nominal e útil, representando um índice de qualificação da solução avaliada, identificando o aproveitamento da solução e refletindo economicamente na qualidade da solução.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ressalta-se que as variáveis geométricas e índices de projeto de arquitetura selecionados pela pesquisa bibliográfica focaram nas correlações com o custo do empreendimento, não apresentando discussões de quesitos de habitabilidade e de impactos ambientais. Destaca-se o índice de compacidade da forma geométrica do pavimento-tipo, o qual representa a relação entre as paredes que envolvem o edifício e sua superfície. Possui influência, quanto à forma geométrica, sobre o custo das fachadas e, conseqüentemente, sobre o custo total do empreendimento, uma vez que o plano vertical é responsável por uma grande porcentagem do custo total do edifício.

As variáveis e índices geométricos de projetos arquitetônicos levantados no trabalho de pesquisa bibliográfica relacionados ao custo do empreendimento foram classificados como de plano horizontal, vertical e de qualidade da solução adotada. Nas duas primeiras classificações estão

contidos os índices que maior influenciam no custo de construção do projeto do empreendimento. Na última classificação, estão contidos os índices de qualidade, decorrentes das soluções adotadas, estando indiretamente ligados ao custo de construção do projeto. O uso desses indicadores auxilia a adoção das soluções arquitetônicas e o controle do custo de produção do projeto, podendo ser uma importante ferramenta de tomada de decisão de concepção de produto pela incorporação imobiliária.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12721** – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5663** – Cálculo do tráfego nos elevadores. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

BOSTANCIOGLU, E. Effect of building shape on a residential building's construction, energy and life cycle cost, **Architectural Science Review**. Volume 53, Issue 4, 2010. 441–467.

BRANDÃO, D. Avaliação da qualidade de arranjos espaciais de apartamentos baseada em aspectos morfo-topológicos e variáveis geométricas que influenciam na racionalização construtiva. Porto Alegre. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 53-6, jul./set. 2006.

BROWN, F. E.; STEADMAN, J. P. The morphology of British housing: an empirical basis for policy and research. Part 2: topological characteristics. **Environment and Planning B: Planning and Design**, 1991, v. 18, p. 385-415.

CARVALHO, M. T. M.; SPOSTO, R. M. Metodologia para avaliação da sustentabilidade de habitações de interesse social com foco no projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 207-225, 2012.

CERON, L. **Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da Arquitetura**. 2011. 153 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

COELHO, A.J.M.B. **Análise e avaliação da qualidade arquitectónica residencial**. v. II. Rumos e factores de análise da qualidade arquitectónica residencial. 1994. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 1994.

DEGANI, C. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 205 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

DEGANI, C. M.; CARDOSO, F. F. Aplicabilidade de sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 33-43, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAMMARLUND, Y.; JOSEPHSON, P. E. **Qualidade**: cada erro tem seu preço. Trad. De Vera M. C. Fernandes Hachich. [S.l.]: Técnica, n.1, p.32, 1992.

KERN, A. P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

MACEDO, S.; NETTO, V. M.; PASCHOALINO, R.; FURTADO, M.; CANTARINO, J.; MOREIRA, M. C.. **Projetos de Empreendimentos de Habitação de Interesse Social**: conjunto de indicadores para avaliação do desempenho urbano, ambiental e quesitos de habitabilidade. 2012. Relatório técnico final. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal Fluminense, Niterói.

MARTINS, D. N. **Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MARTINS, D. N. A casa da qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 6, p. 1801-1808, 2002.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5a ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010. 192p.

MATOS, A. D. **Como preparar orçamento de obras**: dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. 2a ed. São Paulo: Pini, 2014.

OLIVEIRA, M.; LANTELME, E.; FORMOSO, C. T. **Sistemas de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil**: manual de utilização. 2. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1995.

PARISOTTO, J. A. **Análise de estimativas paramétricas para formular um modelo de quantificação de serviços, consumo de mão-de-obra e custos de edificações residenciais** – Estudo de caso para uma Empresa Construtora. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

POSTAY, R.; KERN, A. P.; MANCIO, M.; GONZÁLEZ, M. A. S.; SCHNECK, E. R. (5); HEHN, Alan V. A relação entre a compactidade de prédios e montante de energia incorporada e emissões de CO2 em EHS. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2014, Maceió. **ENTAC**: Unisinos. Niterói, p. 3199-3208.

RAMOS NETO, A. C. **Incorporação Imobiliária: Roteiro para avaliação de projetos**. 1a ed. Brasília: Lettera, 2002.

ROSSO, T. **Aspectos geométricos do custo das edificações**. Simpósio sobre barateamento da construção habitacional. Trabalho n° 83. Salvador, mar., 1978.

TUHUS-DUBROW, D.; KRARTI, M. Genetic-algorithm based approach to optimize building envelope design for residential buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 7, p. 1574–1581, jul. 2010.

STOY, C.; POLLALIS, S.; SCHALCHER, H-R. Drivers for cost estimating in early design: case study of residential construction. **ASCE J Construct Eng Manage**. 2008.