



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

das Neves Martins, Daniel; de Oliveira, Cleiton Rodrigo; Ize Ili Martins, Alessandra Rosa
Avaliação do custo da solução de arranjos físicos de habitações com áreas mínimas, a partir de
variáveis geométricas de projeto

Acta Scientiarum. Technology, vol. 29, núm. 2, 2007, pp. 113-117

Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226519001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Avaliação do custo da solução de arranjos físicos de habitações com áreas mínimas, a partir de variáveis geométricas de projeto

Daniel das Neves Martins*, Cleiton Rodrigo de Oliveira e Alessandra Rosa Izelli Martins

Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: martinsddn@uol.com.br

RESUMO. A quantificação do custo da solução de um projeto habitacional, representado pelo custo de edificação da obra, em função de um número mínimo de variáveis de projeto, reproduz esforço mundial de definição do custo do produto na fase inicial de seu desenvolvimento. O modelo proposto quantifica o custo em função de cinco variáveis geométricas definidoras do arranjo físico. A vantagem desta metodologia é permitir ao projetista, uma vez definido o arranjo físico e o padrão de acabamentos da construção, a obtenção do custo da solução de projeto. A partir do valor do custo computado pelo modelo exposto, conjuntamente a um valor representativo da qualidade da solução geométrica do arranjo físico, é obtido um índice do custo/qualidade da solução geométrica do projeto, que, em última instância, fornece um parâmetro definitivo para a avaliação e seleção dentre as diversas possibilidades de projeto, a opção pela sua otimização.

Palavras-chave: projeto habitacional com áreas mínimas, índice de custo, índice de custo/qualidade, otimização da solução de projeto.

ABSTRACT. Cost evaluation of minimum-area house layout solutions from the project's geometrical variables. The cost of completing a housing project, represented by the cost of the whole building as a function of the least number of project variables, follows a worldwide effort for product cost definition during the initial stage of development. The proposed model quantifies costs as a function of five geometrical variables that define physical arrangement. The advantage of this methodology is that it allows the planner to obtain the project solution cost once the physical arrangement and the construction's finishing touches have been decided upon. Based on the cost value as computed by the model, coupled with a value representative of quality in the geometrical solution of the physical setup, a cost/quality index of the project's geometrical solution is given. Definitive parameters are thus provided to evaluate and select the project's several possibilities aiming at optimization.

Key words: housing project with minimal area, cost index, cost/quality index, project optimization.

Introdução

O custo da solução de projeto, reproduzindo o custo de edificação de uma habitação, na presente proposta definido pelo plano horizontal, representado pelo piso e teto, e dos planos verticais constituído pelas paredes internas e externas, é influenciado pelas variáveis geométricas determinantes da solução do arranjo físico, particularmente no que diz respeito à quantidade de parede externa, e à relação entre a quantidade de paredes pela quantidade de área. Esta questão é avaliada há algum tempo, por diversos autores. Mascaró (1981) e Encol (1990), os quais colocam que cada decisão tomada pelo arquiteto significa uma opção para solucionar um ou mais aspectos da obra que, de alguma forma, condiciona o comportamento e o desempenho do todo, tanto do ponto de vista econômico como funcional. Ambos os autores desenvolvem sistemática de determinação do custo em função dos elementos determinantes dos planos horizontal e vertical, e instalações da edificação.

Avaliam que a questão econômica apresenta condicionantes de difícil solução porque a comparação final de orçamentos completos de duas ou mais soluções de projetos, por exemplo, implica um processo demasiado trabalhoso e pressupõe a existência de projetos completos ou, ao menos, de anteprojetos detalhados para que se possa medir e elaborar os orçamentos das alternativas. O projetista não tem possibilidades de controlar, do ponto de vista econômico, cada uma das decisões de projeto, porque desconhece não apenas sua influência no custo total, como ainda o custo das variáveis.

Essa questão representa uma área na qual se tem buscado metodologias que permitam a determinação do custo da solução de projeto a partir de um reduzido número de variáveis, de modo a se conhecer o custo da solução de projeto em sua fase inicial de desenvolvimento, e, assim, dispor de mecanismos de verificação da influência das variáveis de projeto no custo da solução, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição do custo de um edifício.

Composição		Percentual do custo	Total parcial	Percentual do custo	Total parcial	RC
		Mascaró (1)		Encol (2)		
Elementos determinantes dos planos horizontais:	. parte horizontal da estrutura resistente e fundações;	20,6		21,0		
	. contrapisos;	2,2		3,0		
	. acabamentos horizontais;	7,0	29,8%	5,5	30,0%	
	. cobertura.			0,5		
Elementos determinantes dos planos verticais:	. parte vertical da estrutura resistente;	4,0		4,0		
	. alvenaria e isolamento;	8,7		4,5		
	. acabamentos verticais;	14,5	41,3%	15,0	36,0%	
	. esquadria interna e externa.	14,1		12,5		
Instalações (cujos custos são semi-independentes das dimensões do edifício):	. instalações hidráulica/sanitária e combate a incêndio;	8,2		10,0		
	. instalações elétrica/telefônica e especiais;	5,5		3,8		
	. instalações de gás;	4,7	23,8%	6,0	20,8%	
	. elevadores;	4,8		1,0		
	. diversos.	0,6				
Serviços gerais:			5,1%		13,2%	
Relação de custo do acabamento (RC)	. Padrão superior	<div style="display: inline-block; vertical-align: middle; text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">parede externa</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">parede interna</div> </div>				4,0
	. Padrão médio					2,4
	. Padrão inferior					2,0

Fonte: Mascaró (1985) e Encol (1990).

Balachandran e Gero (1987) apresentam um modelo de determinação do custo em função de variáveis geométricas do arranjo físico e custos de acabamentos.

Martins (1999) propõe um modelo de determinação do custo da solução geométrica do arranjo físico de um apartamento e apresenta, como premissa básica, a composição do custo de uma edificação, segundo as variáveis geométricas delimitantes do plano horizontal descritas pelo piso e teto, e do plano vertical, reproduzidas pela parede externa e interna, e da relação entre o custo da parede externa e da parede interna, reproduzindo o padrão de acabamentos, os quais estabelecem o custo representativo dos elementos geométricos definidores da configuração espacial. As instalações e serviços gerais exibem custo semi-independente das variáveis avaliadas.

Material e métodos

A metodologia, aqui empregada, é definida pela determinação de variáveis geométricas de fácil captura em um arranjo físico, bem como a determinação do custo representativo das mesmas, as quais são definidas por: área útil seca e molhada, perímetros interno seco e molhado e perímetro externo.

A área útil seca representa a área de piso que compreende os ambientes sem contato com umidade, constituídos por salas, dormitórios, circulação social, entre outros. No caso da área útil molhada, tem-se a situação inversa, ou seja, a área de piso molhado dos ambientes tais como: banheiros, cozinha e área de serviço.

Analogamente, o perímetro interno seco e

molhado diz respeito à edificação e acabamentos das paredes que compõem o perímetro dos ambientes com a área de piso seca ou molhada.

A aplicação dessa metodologia a projetos de apartamentos é apresentada por Martins e Battaglia (2001), Martins *et al.* (2001) e Oliveira (2004).

O perímetro da parede significa a divisão da alvenaria em duas partes (dois lados da parede), com os devidos acabamentos, representantes dos acabamentos internos seco e molhado, e acabamento externo.

A etapa seguinte é representada pela determinação do custo das variáveis selecionadas, ou seja, o cômputo do custo dos recursos, definidos por unidades monetárias, necessárias à conversão destas variáveis de projeto em produtos, ou seja, em elementos constituintes de uma habitação.

Para essa consecução, é adotada a seguinte metodologia:

Definição de padrões de acabamentos

A definição de padrões de acabamentos, segundo a ABNT/NBR 12721 (1999) e Sinapi (1976), apresenta um certo grau de dificuldade por causa dos padrões apresentados por estas referências estarem defasadas em relação aos materiais e sistemas construtivos utilizados atualmente.

Nesse modelo, é adotado um padrão único de acabamento, definido como padrão baixo, para todos os projetos analisados, o qual é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Padrão de acabamentos.

Alvenaria	1 vez
Janelas	Tipo caixilho de ferro de correr e basculante
Portas	De madeira com uma folha
Batente	Madeira
Fechaduras	Médio custo
Soleiras	Cerâmica
Revestimento externo	Chapisco + emboço + reboco + tinta acrílica
Revestimento interno seco	Chapisco + emboço + reboco + tinta látex
Revestimento interno molhado	Chapisco + emboço + reboco + cerâmica
Laje	Concreto estrutural para laje, controle tipo A, consistência normal para vibração, brita 1 e 2 fck = 15 MPa + chapisco + emboço + reboco + tinta látex
Cobertura	Estrutura em madeira, com telhas onduladas de fibro-cimento, espessura de 4 mm.
Piso seco	Lastro impermeabilizado de concreto não-estrutural + tacos de madeira, fixados com cola especial à base de PVA, sobre base regularizadora, com acabamento liso.
Piso molhado	Lastro impermeabilizado de concreto não-estrutural + piso cerâmico, colado sobre base regularizadora, com acabamento liso.

Determinação do custo

O custo dos materiais e serviços, a serem utilizados nessas conversões, foram compilados da TCPO (2001), e computados com valores coletados em janeiro de 2004 (Oliveira, 2004).

Determinação do custo médio das variáveis de custo do projeto

O custo médio das variáveis de custo do projeto é obtido por meio das variáveis geométricas UPS^2 , UPW^2 , UCS^2 , UCW^2 e UCE^2 , definidoras do custo unitário por metro quadrado de área útil do piso seco, piso molhado, perímetro interno seco, perímetro interno molhado e perímetro externo.

As variáveis de custo do projeto são obtidas por meio do cálculo do custo de composição dos elementos representativos das variáveis adotadas, aplicados a uma amostra de 35 arranjos físicos de habitações, com configuração de um a dois dormitórios, e área útil variando entre 28,46 a 46,76 m². Para o cômputo do custo, foram determinadas as quantidades de elementos individuais presentes nos arranjos físicos, conforme apresentados na Tabela 3, com os custos unitários para cada projeto.

No caso das variáveis UPS^2 e UPW^2 , são computados conjuntamente o custo dos demais elementos horizontais, representados pelo teto e cobertura.

Tabela 3. Custo das variáveis geométricas definidoras do custo da solução de projeto, índice de qualidade nominal e índice do custo/qualidade.

Projeto	IQN	UPS ²	UPW ²	UCS ²	UCW ²	UCE ²	UM2	CLAS1	ICQ	CLAS2
Projeto 01	0,753	139,89	153,25	98,06	109,26	82,43	432,51	29	573,93	35
Projeto 02	0,862	138,34	154,22	99,25	110,45	82,74	388,39	4	450,34	10
Projeto 03	0,917	137,89	156,26	100,13	111,33	82,39	409,78	15	446,81	8
Projeto 04	0,921	136,47	154,20	99,82	111,02	82,58	393,42	7	426,91	4
Projeto 05	0,881	141,31	157,98	100,17	111,37	82,82	443,30	34	503,23	27
Projeto 06	0,883	140,95	157,44	101,09	112,29	83,17	424,90	23	480,95	20
Projeto 07	0,790	138,11	154,84	99,62	110,82	82,63	396,91	8	502,30	26
Projeto 08	0,826	139,69	156,27	99,66	110,86	82,80	428,78	26	519,28	28
Projeto 09	0,775	139,19	155,76	99,70	110,90	82,90	423,55	22	546,72	33
Projeto 10	0,890	138,48	155,49	99,74	110,94	82,31	429,12	27	482,01	21
Projeto 11	1,000	140,16	156,95	101,50	112,70	81,77	465,75	35	465,76	15
Projeto 12	0,814	138,15	155,06	101,40	112,60	82,78	391,15	6	480,44	19
Projeto 13	0,919	138,07	154,95	100,31	111,51	62,38	412,52	17	448,88	9
Projeto 14	0,855	137,97	156,07	102,32	113,52	82,93	390,81	5	456,90	12
Projeto 15	0,974	142,22	158,92	101,88	113,08	84,19	443,18	33	454,97	11
Projeto 16	0,798	136,29	154,04	100,23	111,43	83,09	442,95	32	555,34	34
Projeto 17	0,794	139,46	155,55	100,29	111,49	83,02	427,28	25	538,39	31
Projeto 18	0,872	139,69	155,16	100,28	111,48	83,01	435,24	30	498,89	25
Projeto 19	0,756	138,25	154,72	99,19	110,39	82,44	408,08	13	539,96	32
Projeto 20	0,981	139,71	155,43	100,77	111,97	83,19	427,16	24	435,37	6
Projeto 21	0,755	138,32	154,26	98,81	110,01	82,49	404,81	12	536,15	30
Projeto 22	0,834	140,32	156,52	99,37	110,57	82,69	402,64	10	482,51	23
Projeto 23	0,770	138,69	155,01	99,08	110,28	82,67	408,09	14	529,94	29
Projeto 24	0,946	138,82	155,60	99,95	111,15	82,99	399,46	9	422,44	3
Projeto 25	0,891	140,61	156,82	99,50	110,70	82,92	421,14	20	472,51	18
Projeto 26	0,837	139,73	155,57	99,14	110,34	82,69	403,85	11	482,38	22
Projeto 27	0,895	140,94	157,02	99,88	111,08	82,87	421,60	21	471,12	17
Projeto 28	0,896	141,46	157,73	99,51	110,71	82,74	416,71	19	465,17	14
Projeto 29	0,979	139,79	155,38	100,92	112,12	83,25	429,72	28	439,02	7
Projeto 30	0,898	138,70	155,11	98,81	110,01	82,57	411,17	16	457,81	13
Projeto 31	0,957	139,19	154,19	100,52	111,72	83,11	415,36	18	434,20	5
Projeto 32	0,887	143,38	158,94	100,40	111,60	83,15	441,76	31	498,29	24
Projeto 33	0,810	139,24	156,17	98,98	110,18	82,55	377,44	2	465,78	16
Projeto 34	0,918	137,91	153,70	99,15	110,35	82,61	383,14	3	417,46	1
Projeto 35	0,896	137,55	153,38	99,11	110,31	82,60	375,41	1	418,96	2
Média		139,28	155,66	99,96	111,16	82,78	415,06			

IQN = índice de qualidade nominal; UPS², UPW², UCS², UCW² e UCE², custo unitário por metro quadrado de área útil do piso seco, piso molhado, perímetro interno seco, perímetro interno molhado e perímetro externo; UM2 = custo da solução de projeto, por metro quadrado de área útil; CLAS1 = classificação do projeto, quanto ao custo da solução de projeto; ICQ = índice de custo/qualidade da solução de projeto; CLAS2 = classificação do projeto, quanto ao índice de custo/qualidade da solução de projeto.

A qualidade nominal é aqui analisada segundo o enfoque proposto por Taguchi e Clausing (1990), a qual é avaliada em termos da perda gerada pelo produto na sociedade.

Com os valores determinados para os custos: plano horizontal seco, plano horizontal molhado, plano vertical interno seco, plano vertical interno molhado, custo plano vertical externo e custo total da solução de projeto por metro quadrado de área UM^2 , computada nas planilhas orçamentárias, é determinado UM^2_{min} , $UM^2_{máx}$, computando como valor mínimo de R\$ 375,41 m^{-2} , referente ao projeto 35, e valor máximo de R\$ 465,75 m^{-2} , referente ao projeto 11.

A diferença de 23,3% entre os valores mínimos e máximos está relacionada basicamente com a diferença na quantidade de paredes em relação à área útil, no caso de: 0,90 no projeto 35, e 1,15 no projeto 11. Sendo, portanto, um dos fatores determinantes da variação do custo unitário por metro quadrado, conforme ilustrado na Tabela 3.

Determinação do índice custo/qualidade

O índice de custo/qualidade é determinado por meio da equação (1), representando uma relação entre o custo e o índice de qualidade nominal dos projetos, os quais são apresentados na Tabela 3:

$$ICQ = \frac{UM^2}{IQN} \quad (1)$$

A determinação do índice de custo da solução geométrica do projeto representa uma variável de grande importância na definição da solução de projeto, contudo, sozinho, o valor não define um parâmetro decisório para a solução adotada, por causa da existência de outra variável igualmente importante, representada pela qualidade da solução. O custo, conjuntamente com o índice de qualidade, é descrito por Markus (1971) como o único critério que permite avaliar o grau de otimização da solução.

Estudo desenvolvido por Olivo (2004), com a mesma amostra de 35 projetos, apresenta os valores dos índices de qualidade nominal (IQN) e índice de custo/qualidade (ICQ), computados para a amostra dos projetos avaliados, os quais são apresentados na Tabela 3.

Resultados e discussão

A análise dos valores, computados e apresentados na Tabela 3, mostra que, em relação à variável custo, o projeto 35 é o que apresenta o menor valor, com R\$ 375,41, seguido dos projetos 33 e 34, com,

respectivamente, R\$ 377,44 e R\$ 383,14, diferentemente das pontuações e classificações alcançadas em relação aos índices de qualidade cujas classificações se situam entre 9 e 27º, o que indica que, quando é aplicada a relação custo/qualidade, o modelo busca uma correlação entre as duas variáveis, de modo a minimizar esta relação. Nesta condição, os projetos que apresentaram melhor performance são os projetos 34, 35, respectivamente, os quais são mostrados na Figura 1.

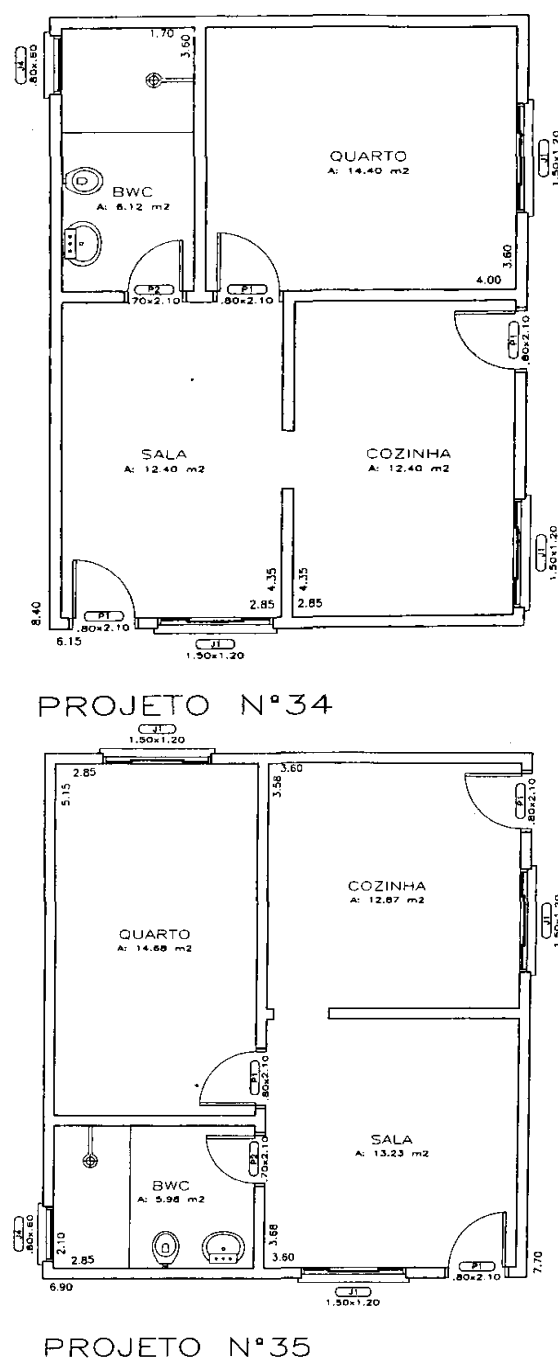


Figura 1. Arranjo físico dos projetos 34 e 35.

O projeto 11, que apresentou a melhor relação de índice de qualidade, foi também o que apresentou maior índice de custo, demonstrando a relação direta entre a qualidade e o custo, e a sua classificação, segundo o índice do custo/qualidade, situa-se na 15ª colocação. Contudo, segundo o modelo, o projeto com a menor qualidade não representa a menor custo, uma vez que o índice de qualidade é verificado por meio de um modelo de perdas, capturando as perdas decorrentes do perímetro não-mobiliável, representativo das áreas de circulações.

O modelo busca a minimização da relação custo/qualidade, a qual permite subsidiar o projetista na análise e escolha da solução do projeto que melhor traduza a consecução de obtenção da maior qualidade, ao menor custo.

Referências

- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifício em condomínio*. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- BALACHANDRAN, M.; GERO, J.S. Dimensioning of architectural floor plan under conflicting objectives. *Environ. Plann. Plann. Des.*, London, v. 14, p. 29-37, 1987.
- ENCOL. *Arquitetura empresarial*. Brasília: Dipro, 1990.
- MARKUS, T.A. El dimensionado y la valoración del proceso de ejecución de un edificio como método de diseño. In: BROADBENT, G. et al. (Ed.). *Metodología del diseño arquitectónico*. Barcelona: Gustavo Gili, 1971. p. 235-256.
- MARTINS, D.N. *Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos*. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, 1999.
- MARTINS, D.N.; BATTAGLIA, T.V. O custo da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação em função do custo das paredes externa e interna. In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA DE MARINGÁ - PR, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2001. p. 62-68.
- MARTINS, D.N. et al. Determinação do custo da solução de projeto a partir de variáveis geométricas definidoras do arranjo físico de uma habitação. In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA DE MARINGÁ - PR, 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 2001. p. 69-76.
- MASCARÓ, J.L. *O custo das decisões arquitetônicas*. São Paulo: Nobel, 1985.
- OLIVEIRA, C.R. *Determinação do índice de custo/qualidade a partir de variáveis geométricas definidoras do arranjo físico de habitações de interesse social*. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- OLIVO, A.A. *Determinação de um índice de qualidade geométrica de arranjo físico de habitações de interesse social*. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)–Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- SINAPI. *Manual de utilização*: Banco Nacional da Habitação – BNH. Rio de Janeiro: BNH, 1976.
- TCPO-Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos. São Paulo: Pini, 2001.
- TAGUCHI, G.; CLAUSING, D. Robust quality. *Harv. Bus. Rev.*, Boston, v. 90, n. 1, p. 65-75, 1990.

Received on December 13, 2006.

Accepted on June 05, 2007.