

# A casa da qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação

**Daniel das Neves Martins**

*Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.*

**RESUMO.** A casa da qualidade geométrica tem por objetivos o estabelecimento de um diálogo entre os principais atores envolvidos no processo da produção habitacional, representados pelo cliente, projetista e construtor e/ou empreendedor, e a avaliação da qualidade da solução de projeto. Auxilia no estabelecimento das variáveis geométricas determinantes das soluções de projeto (área das figuras representativas dos ambientes, quantidade de perímetro das figuras), em relação à qualidade requerida exigida pelo cliente. Essa consecução é realizada em função de um projeto adotado como alvo, e dos índices de controle, desenvolvidos por um modelo de determinação da qualidade da solução geométrica, e computados pela casa da qualidade geométrica. A vantagem da utilização dessa ferramenta pelo projetista diz respeito ao estabelecimento de valores alvo da qualidade requerida pelo cliente para o desenvolvimento do arranjo físico de uma habitação, na fase inicial do projeto, e a verificação da qualidade da solução de projeto.

**Palavras-chave:** desdobramento da função qualidade, casa da qualidade geométrica, qualidade da solução de projeto, arranjo físico de habitação.

**ABSTRACT. Spatial configuration geometrical quality house in a given project.**

The geometrical quality house aims at a dialogue among the main actors involved in the housing production process, namely, the client, the architect and the developer/entrepreneur, on the one hand, and the project solution quality evaluation, on the other. It eases the determining geometrical variables assessment in the design's solutions (area of the geometrical figures representing the environment; geometrical figures perimeter) regarding the client's demands. This is undertaken according to the targeted design and to the control indexes, developed by a model determining the geometrical solution quality and computerized through geometrical quality house. The advantages of using such tools are related to the quality values demanded by the client for the house's layout development at the project's initial phase, and to the design embodiment solution quality.

**Key words:** quality function deployment, geometrical quality house, quality of the house design's solution, house's layout.

## Introdução

A qualidade, quando definida pela voz do cliente (receptor do resultado de um processo), identifica, para Mallon e Mulligan (1993), os atributos que o cliente deseja e necessita para o seu produto, assim como os requerimentos que o produto deve possuir para ser considerado plenamente aceitável (qualidade requerida). Podem ocorrer sérios problemas em relação à utilização do produto quando não são alinhados adequadamente os requerimentos do projeto com as necessidades do cliente. No contexto da indústria da construção, a qualidade é freqüentemente uma condição abstrata, a qual é influenciada por um grande número de fatores que

têm sido sempre muito difíceis de medir ou quantificar. Uma ferramenta funcional que tem auxiliado o projetista a compreender de maneira clara e precisa os requerimentos do cliente é representada pelo QFD (desdobramento da função qualidade). Mediante a análise das relações existentes entre as variáveis funcionais de um produto, é possível quantificar a qualidade e estabelecer prioridades para os requisitos. O QFD, quando utilizado na fase inicial do projeto, induz ao estabelecimento de um maior nível de precisão nas decisões, e permite enfocar os pressupostos de projetos que definem a qualidade e respondem às necessidades e desejos do cliente, ou seja, especifica a qualidade requerida.

O desdobramento da função qualidade (QFD) representa, para Brocka e Brocka (1995), uma ferramenta matricial de planejamento com capacidade de integrar os atributos dos clientes em características de projetos, os quais, por sua vez, se transformam em requisitos de produção.

Hauser e Clausing (1988) analisam o processo de conversão da voz do cliente até a produção em termos de quatro matrizes:

1. casa da qualidade;
2. desenvolvimento das partes;
3. planejamento do processo;
4. planejamento da produção.

A primeira matriz denominada casa da qualidade identifica e transforma os atributos que o cliente necessita e deseja em requisitos técnicos do produto.

Um dos primeiros desafios que enfrenta o projetista de uma habitação diz respeito à conversão das necessidades e desejos do cliente em variáveis geométricas de projeto que definam a qualidade requerida; a casa da qualidade geométrica tem por finalidade auxiliar o projetista a superar esse desafio.

A matriz aqui proposta, mostrada na Figura 1, denominada casa da qualidade geométrica, é montada sobre a estrutura da casa da qualidade desenvolvida por Hauser e Clausing (1988) e adaptada para a avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

A casa da qualidade geométrica apresenta algumas diferenças básicas em relação à casa da qualidade determinada pelo QFD, no que se refere a:

1. propor um fator de peso para as variáveis avaliadas, as quais, comparativamente com os valores alvos, determinam a qualidade requerida;
2. estabelecer índices de controle de variáveis geométricas e atributos de qualificação do produto;
3. delimitar a avaliação dos requisitos geométricos da configuração espacial por meio de uma função qualidade, desenvolvida especialmente para o produto habitação;
4. definir índices específicos de avaliação da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação;
5. especificar os atributos com problemas (qualidade), posicionados próximos ou abaixo da zona de baixa performance.

A utilização da casa da qualidade como ferramenta de auxílio na identificação e transformação dos atributos do cliente em requisitos técnicos do produto é apresentada por Altas e Ozsoy (1998) em um estudo de caso da avaliação do espaço

de apartamentos de dois dormitórios em termos da satisfação habitacional de seus ocupantes. A premissa básica para essa aplicação, é a de que a consciência espacial é função de uma série de variáveis, tais como: tamanho, forma, relação de vazios, tipo de mobília, coloração etc, e que os usuários obtêm um maior nível de satisfação habitacional, mudando as características físicas dos ambientes, com a criação de espaços mais adaptáveis e flexíveis. Os autores constataam a existência de uma relação complexa entre o espaço percebido e o tamanho real de uma habitação em termos da organização espacial, e concluem que a casa da qualidade auxiliou na compreensão do problema estudado.

O emprego da matriz de QFD para auxiliar no desenvolvimento de projetos habitacionais é apresentado por Gargione (1999), em um estudo de caso referente ao projeto de um edifício de 13 andares, com 48 apartamentos com configuração de dois dormitórios. A premissa inicial da aplicação da matriz de QFD no auxílio da geração e análise da solução de projeto, foi a de estabelecer um referencial entre o projeto avaliado e os projetos referenciais ou de competição, com o intuito de estabelecer um grau de conformidade da solução de projeto com as necessidades do cliente. São analisados diferentes aspectos do projeto avaliado, comparativamente com os projetos referenciais ou de competição, ou em relação a uma experiência prévia. Para esse propósito, é utilizado um grupo de desenhos e informações básicas de outros projetos (especificações, dimensões de compartimentos, materiais de acabamentos etc.). A conclusão deste estudo é que o QFD prioriza as melhorias e especificações de projeto, e auxilia na tradução das necessidades dos usuários em informações que podem ser administradas pela equipe de projetistas, além de possibilitar e facilitar a sistematização da comparação de informações.

### Material e métodos

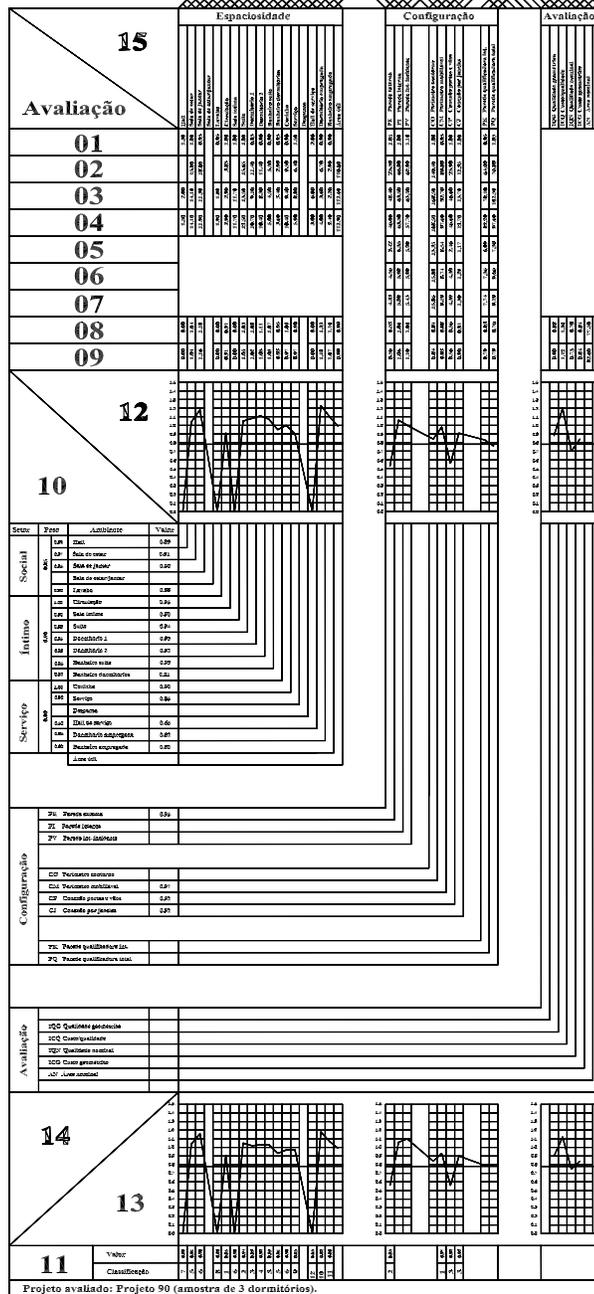
A casa da qualidade geométrica apresentada na Figura 1 é estruturada pela seguinte metodologia:

#### Estabelecimento dos valores alvo

O projeto alvo é adotado dentre os existentes em um banco de dados, representativo da qualidade requerida. Os valores-alvo das variáveis geométricas avaliadas (espaciosidade e configuração), adotados na casa da qualidade geométrica como qualidade requerida, são estabelecidos a partir dos valores das variáveis geométricas, computados pelo projeto alvo.

# C.Q.G.

Casa da qualidade geométrica



**Legenda:**

1. Fator de peso dos requisitos;
2. Valores do projeto avaliado;
3. Valores do projeto alvo;
4. Valores da qualidade requerida;
5. Índices de controle do projeto avaliado;
6. Índices de controle do projeto alvo;
7. Índices de controle da qualidade requerida;
8. Índices de qualificação do projeto avaliado em relação ao projeto alvo;
9. Índices de qualificação do projeto avaliado em relação a qualidade requerida;
10. Grau de importância dos requisitos para o cliente (0-1);
11. Grau de importância para o cliente;
12. Gráfico dos índices de qualificação do projeto avaliado em relação ao projeto alvo;
13. Gráfico do índice de qualidade requerida do projeto avaliado;
14. Requisitos do cliente;
15. Variáveis de projeto.

Figura 1. Casa da qualidade geométrica

### Determinação da qualidade requerida

A qualidade requerida (valores-alvo para o cliente) deve, segundo Gopalakrishnan *et al.* (1992) e Teas (1993), ser determinada por um peso para cada requisito, de modo a indicar a conformidade dos requerimentos expressos pelo produto, com as necessidades e desejos do cliente, condição estabelecida pela multiplicação de cada variável geométrica de espaciosidade e configuração do arranjo físico avaliado, por um fator de peso definido pelo cliente, conforme expresso na equação (1):

$$QR = \sum_{i=1}^n W_r.R_i \quad (1)$$

com:

QR = qualidade requerida;

$W_r$  = fator de peso referente a cada variável do produto;

$R_i$  = requisito do produto (variáveis da espaciosidade e configuração do projeto avaliado).

### Determinação do fator de peso dos requisitos

O fator de peso dos requisitos do projeto é definido pela equação (2), utilizando-se a escala de avaliação do requisito, exibido na Figura 2, e demarcado para as variáveis de espaciosidade (área dos ambientes) e configuração do projeto (perímetro qualificador interno e externo, entre outros).

$$W_r = \frac{1}{Eq} \quad (2)$$

com:

$W_r$  = fator de peso referente a cada requisito do produto;

Eq = avaliação do requisito em relação à qualidade requerida, por meio da escala de avaliação.

A proposta de determinação do fator de peso descreve o mecanismo reproduzido pelo exemplo descrito por um atributo, exibindo a cozinha de um projeto com área igual a 9,4 metros quadrados.

A percepção, pelo cliente, é de que o tamanho da cozinha é aquém de suas expectativas, desejos ou necessidades (qualidade requerida), com um valor definido por ele, relativamente à escala de avaliação, de Eq igual a 0,9, implicando, portanto, no valor do fator de peso indutor da qualidade requerida, delimitado pela equação (2):

$$W_r = \frac{1}{Eq} = \frac{1}{0.9} = 1.11$$

Qualidade extremamente baixa ⇐	Qualidade requerida ↓	⇒ Qualidade extremamente alta																		
0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0

Figura 2. Escala de avaliação do requisito

A determinação de  $W_r$ , segundo a equação (2), é válida para os casos em que o sentido da melhoria é o mesmo que o do aumento do atributo (maior área implica em uma melhoria do ambiente); em caso contrário (circulação por exemplo), o valor de  $W_r$  é definido pela equação (3):

$$W_r = Eq \quad (3)$$

com:

$W_r$  = fator de peso referente a cada requisito do produto;

Eq = avaliação do requisito em relação à qualidade requerida, por meio da escala de avaliação.

### Delimitação das variáveis geométricas avaliadas

As variáveis geométricas e qualificadoras do arranjo físico avaliado (solução de projeto desenvolvido para o cliente), as quais são representadas pela espaciosidade (área) e pela configuração (perímetros qualificadores), são compiladas do arranjo físico a partir dos valores das áreas dos ambientes avaliados (sala, cozinha, dormitórios, entre outros), e comprimento das variáveis geométricas dos perímetros (interno, externo, entre outros).

A relação entre os valores das variáveis geométricas avaliadas em relação aos valores adotados como alvo representam o desempenho do atributo, os quais são apresentados graficamente no item 12 da casa da qualidade geométrica apresentada na Figura 1.

### Índices de controle do projeto

Os índices de controle do projeto avaliado em relação ao alvo e à qualidade requerida, descrita pelos índices de qualificação da solução de projeto, possibilitam uma avaliação comparativa dos valores apresentados em relação aos valores da qualidade requerida.

Os índices de qualificação da solução de projeto, segundo metodologia apresentada por Martins (1999), são definidos pelos índices de qualificação da configuração interna e externa, espaciosidade, índice de qualidade geométrica e nominal, e área nominal, os quais são apresentados nas equações (04 a 12).

Os atributos qualificadores propostos, apresentados na equação (4), representam as variáveis geométricas definidoras, quantificadoras e qualificadoras do plano vertical interno do arranjo

físico, demarcado pelo perímetro das paredes internas, e os elementos de conexões que configuram o arranjo físico.

#### Índice de qualificação da configuração interna

O índice proposto pela equação (4) 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, e computado por uma relação adimensional do perímetro qualificador pela raiz da área.

$$IKI = CO + CA - CN = \frac{CK}{2.(AU)^{1/2}} \quad (4)$$

com:

IKI = índice de qualificação da configuração interna;  
CO = perímetro dos ambientes geométricos internos, em metros;

CA = perímetro ampliado dos ambientes geométricos internos, em metros;

CN = perímetro não mobiliável dos ambientes geométricos internos, em metros;

CK = perímetro qualificador interno, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

O valor do perímetro dos ambientes geométricos internos CO é computado pela somatória da quantidade do perímetro das figuras geométricas que compõem os ambientes. Estão embutidas, nessa variável geométrica qualificadora, o vão e abertura das portas e o vão das janelas como variáveis qualificadoras de conexão.

O perímetro não-mobiliável CN, por outro lado, representa a quantidade desqualificadora da variável geométrica perímetro dos ambientes geométricos internos, ou seja, onde não é possível utilizá-la como suporte para o mobiliamento, por exemplo em corredores, com a finalidade única de passagem de mobiliário e circulação de pessoas.

Essa variável apresenta uma grande importância na definição e composição dos ambientes geométricos, pois está ligada diretamente a questões relacionadas à ocupação dos ambientes, e no que diz respeito a finalidade, número de ocupantes e definição do mobiliário bem como a delimitação das zonas de interface entre o corpo humano e os móveis; as quais implicam na existência de determinados arranjos geométricos preferenciais, que apresentam maior flexibilidade em termos das possíveis soluções, bem como um melhor aproveitamento das paredes como suporte do mobiliamento. Essa constatação implica na

necessidade de uma atenção especial na definição geométrica de um ambiente no que diz respeito a suficiência na quantidade de área para acomodar o mobiliário e interface com o corpo humano (plano horizontal), determinação e otimização do formato da figura, por meio do enclausuramento da área pelo perímetro (plano vertical representado pelas paredes), e a definição da localização das conexões (portas e janelas), as quais, dependendo do seu posicionamento junto ao perímetro, determinam um maior grau de aproveitamento das paredes para fins de mobiliamento e de interface do corpo humano com o mobiliário. Os principais reflexos dessas análises se fazem presentes na definição de áreas mínimas dos ambientes, formato da figura, posicionamento das conexões, dimensão e locação das circulações.

A variável geométrica perímetro ampliado foi introduzida como necessidade de ajuste do modelo em relação a ambientes de grande dimensão, principalmente salas de estar e jantar, que comportam mais de dois ambientes funcionais em um único ambiente geométrico. A constatação matemática dessa situação foi processada pela simulação comparativa entre soluções de projeto com os ambientes isolados, sala de estar com um ou mais ambientes (estar1, estar2) e sala de jantar, em relação a uma mesma concepção e superfície dos ambientes (estar1, estar2) e sala de jantar conjugados em um único ambiente geométrico, ou seja, sem divisões por meio de paredes. Nesses casos, o índice de qualificação da solução de projeto dos ambientes conjugados apresenta sempre um menor valor, significando, segundo essa simulação, uma solução menos otimizada. Essa constatação tem como implicação a condição que, em uma competição entre as duas soluções de projeto - ambientes separados por paredes e ambientes conjugados - o primeiro sempre leva vantagem. Para contrabalançar esse desequilíbrio, é instituída, no modelo proposto, a variável geométrica denominada perímetro ampliado, o qual por sua vez, é determinado pela divisão do plano horizontal de um ambiente geométrico a partir da divisão desse plano pelo posicionamento do mobiliário, com a formação de paredes virtuais. O seu computo ocorre com a definição e delimitação dos ambientes assim divididos, desde que os mesmos apresentem espacialidade suficiente para acomodar o mobiliário e definir zonas de interface deste com o corpo humano.

### Índice de qualificação da configuração externa

A quantificação e qualificação da parte externa da habitação, delimitada pelo lado externo da figura resultante do arranjo físico, é, nesse modelo, representada pelo perímetro externo, ou seja, o perímetro em contato com o meio exterior, denominado índice de exteriorização.

O índice de exteriorização fundamenta-se, segundo Arnhein (Arnhein *apud* Coelho, 1994), na ligação entre os espaços interiores e um mundo exterior complexo, e na necessária coerência de ambos como parte do meio ambiente humano indivisível.

Willey (1991) arrola efeitos nocivos decorrentes da falta ou deficiência dessa integração, principalmente no que diz respeito à conservação de energia e à síndrome dos edifícios doentes.

O índice de exteriorização representando a qualificação externa do plano vertical do arranjo físico é obtido a partir da relação proposta pela equação (5):

$$IEX = IKE = \frac{CE}{2 \cdot (AU)^{1/2}} \quad (5)$$

com:

IEX = índice de exteriorização;

IKE = índice de qualificação da configuração externa;

CE = comprimento do perímetro em contato com o meio exterior, em metros;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

### Índice de espaciosidade

A espaciosidade é definida por Coelho (1994) pela quantidade de espaço disponível para o uso. Está ligada diretamente à dimensão humana e ao fim a que se destina: ocupação (mobiliário) ou utilização (serviços e circulação).

Representa o principal atributo delimitante do plano horizontal, expressa uma importância primordial na determinação do índice de qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação.

O modelo proposto para expressar a quantificação do plano horizontal em termos da espaciosidade do arranjo físico de uma habitação é obtido a partir da equação (6):

$$IE = \frac{Ke}{m} \cdot \frac{AU}{(AU)^{1/2}} = \frac{AU^{-1/6} \cdot AA^{1/6} \cdot AU}{m \cdot AU^{1/2}} = \frac{AU^{1/3} \cdot AA^{1/6}}{m} \quad (6)$$

com:

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

m = fator métrico (metro).

A adoção de um arranjo físico como alvo (denominado AA) é necessária devido à exigência do modelo de estabelecimento de um alvo representativo da qualidade requerida, a partir da qual são computados comparativamente os valores relativos dos arranjos físicos avaliados, assim como pelo requerimento de compatibilização do modelo matemático da somatória dos índices representativos dos planos horizontal e vertical.

### Índice de qualificação da configuração espacial

A somatória dos índices qualificadores do arranjo físico representado por IQ define um índice de quantificação dos atributos qualificadores da configuração espacial, expresso pela somatória do índice de espaciosidade e da configuração interna e externa, por meio da equação (7):

$$IQ = IE + IKI + IEX \quad (7)$$

com:

IQ = índice de qualificação do arranjo físico;

IE = índice de espaciosidade do arranjo físico;

IKI = índice de qualificação da configuração interna;

IEX = índice de exteriorização.

A adoção de um arranjo físico representativo da qualidade requerida, reproduzido por um projeto alvo ou valores alvo, determina o índice de atributos qualificadores do projeto alvo, conforme a equação (8):

$$IQaa = IEaa + IKIaa + IEXaa \quad (8)$$

com:

IQaa = índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo;

IEaa = índice de espaciosidade do projeto alvo;

IKIaa = índice de qualificação interna da configuração do projeto alvo.

IEXaa = índice de qualificação externa do projeto alvo.

Caso o projeto avaliado apresente um valor do índice de qualificação do arranjo físico maior que o do projeto alvo, significa que o mesmo apresenta uma condição de qualificação superior à adotada pelo alvo.

### Índice de qualidade geométrica

O índice de qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação é computado comparativamente em relação ao projeto alvo, representativo da qualidade requerida, e proposto pela equação (9):

$$IQG = \frac{IQ}{IQaa} \quad (9)$$

com:

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

IQ = índice de qualificação do arranjo físico avaliado;

IQaa = índice de qualificação do arranjo físico do projeto alvo.

A análise da configuração espacial de uma habitação sob o enfoque da qualidade, preconizado por Taguchi (1990), estabelece a delimitação de diversos níveis de qualidade em função da magnitude da presença das variáveis qualificadoras no arranjo físico. O confronto desses valores com um valor alvo, representando a qualidade requerida, determina que a insuficiência dessas variáveis comparativamente ao alvo adotado representa uma perda em relação à utilização do produto (confinamento de ambientes, paredes sem possibilidade de mobiliamento, espaço insuficiente para as necessidades de alocação de mobiliário e interface com o corpo humano, e grande quantidade de circulações, por exemplo).

O próximo passo é estabelecer um modelo de perdas, que compute um valor das perdas inerentes da solução geométrica do projeto avaliado em relação à condição adotada como qualidade requerida. A investigação de um modelo de perdas, proposta por Martins (19990, tem como premissa básica a análise de modelos matemáticos do índice de qualidade geométrica em relação a um determinado custo de obtenção dessa qualidade, o qual é computado pela variável geométrica área útil.

### Área nominal

A análise estatística de modelos de ajuste para a relação índice de qualidade geométrica da configuração espacial representada pelo índice de qualidade geométrica, referente a uma amostra de 177 projetos avaliados, pelo devido custo de obtenção da qualidade, descrito pela área útil, apresenta como o melhor modelo explicativo a equação (10), descrevendo uma potência cúbica, e representando um modelo de perdas.

$$AN = AA.(IQG)^3 + \varepsilon \quad (10)$$

com:

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AA = área útil do projeto alvo, em metros quadrados;

IQG = índice de qualidade geométrica da configuração espacial;

$\varepsilon$  = erro aleatório.

O modelo de cálculo das perdas é representado pela equação (10), e tem como variável resposta a

área nominal, representativa do custo da solução adotada, a qual expressa a área útil do arranjo físico, computadas as perdas definidas em área, conforme a equação (11). O modelo de perdas foi testado em simulações de análises de soluções de projetos e demonstrou sua validade para os todos os casos.

$$PE = AU - AN \quad (11)$$

Com:

PE = valor das perdas, em metros quadrados (área).

### Índice de qualidade nominal

A relação proporcional entre a área nominal e a área útil é denominada índice de qualidade nominal, o qual é proposto pela equação (12). O índice de qualidade nominal representa um índice de qualificação da solução avaliada.

$$IQN = \frac{AN}{AU} \quad (12)$$

com:

IQN = índice de qualidade nominal do arranjo físico;

AN = área nominal do arranjo físico, em metros quadrados;

AU = área útil do arranjo físico, em metros quadrados.

No campo da aplicação do modelo desenvolvido em relação às variáveis geométricas definidoras e qualificadoras da solução de projeto, significa propor uma condição de troca de um arranjo físico com área útil de cem metros quadrados e índice de qualidade nominal  $IQN = 0,95$  por uma outra solução que atenda às necessidades e desejos do cliente (número de ambientes, por exemplo), com um mesmo padrão de acabamento, e que apresente um menor valor área devido a uma menor perda, como, por exemplo, um arranjo físico com uma área útil de noventa e cinco metros quadrados e  $IQN = 1,00$ .

Com a utilização da metodologia acima apresentada, são estabelecidos os índices de controle da qualidade da solução de projeto, ou seja, uma avaliação numérica e gráfica da qualificação do projeto avaliado em relação aos valores alvo determinantes da qualidade requerida.

### Resultados e discussão

A casa da qualidade geométrica reproduz uma ferramenta com capacidade de estabelecer a qualidade requerida pelo cliente para as variáveis e atributos da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação, e por meio dessas:

1. avaliar a configuração espacial;
2. determinar divergências entre as exigências do cliente e as características do produto;

3. promover as alterações necessárias para a consecução de um produto que reproduza a qualidade requerida pelo cliente.

Desempenha três papéis básicos no processo de determinação da qualidade requerida pelo cliente, os quais são:

1. auxiliar na demarcação do programa de necessidades do cliente, o qual é posteriormente convertido nas variáveis de projeto delimitadoras da solução geométrica do arranjo físico;
2. precisar e quantificar as variáveis de projeto, definidoras da qualidade requerida exigida pelo cliente;
3. auxiliar na solução dos conflitos entre os desejos e necessidades do cliente, e a solução de projeto obtida pelo projetista.

Os valores plotados no gráfico dos índices de qualificação do projeto avaliado, apresentados nos itens 12 e 13 da Figura 1, descrevem os índices de espaciosidade, configuração e controle do projeto (arranjo físico). A região inferior à linha demarcada pelo valor 0,79 representa para Teas (1993), a zona de baixa performance reproduzida pelo fator crítico de 50 pontos, computados em uma escala de 100 pontos. Transpondo essa consideração para a metodologia aplicada, significa que, se determinado índice de controle apresenta para o projeto alvo um valor igual ao dobro do projeto analisado, o valor do índice de controle obtido pelo modelo de potência cúbica é igual a 0,79.

O valor de 0,79 é válido para os índices de controle relacionados à espaciosidade e configuração do arranjo físico de uma habitação, segundo o modelo de potência cúbica representativa do modelo proposto por Martins (1999).

A aplicação dessa metodologia nas análises e avaliações de soluções de projetos, empreendida em uma série de simulações e estudos de casos, demonstrou a sua capacidade de auxiliar o projetista no estabelecimento do arranjo físico de uma habitação. O modelo capta as diferenças significativas nos índices de controle em relação à qualidade requerida, devido ao estabelecimento de variáveis geométricas com valores distantes dos valores alvo, representativo da qualidade requerida.

A casa da qualidade geométrica do arranjo físico de uma habitação desempenha uma importante

contribuição na solução de conflitos entre as exigências do cliente e as variáveis de projeto e permite ao projetista verificar os problemas pontuais de modo a intervir diretamente onde eles ocorrem, funcionando assim como uma ferramenta de diálogo entre projetistas e clientes, e com um indutor da qualidade da solução de projeto.

## Referências

- ALTAS, N. E.; OZSOY, A. Spatial adaptability and flexibility as parameters of user satisfaction for quality housing. *Build. Environ.*, Oxford, v. 13, n. 5, p.315-323, 1998.
- BROCKA, B.; BROCKA, M.S. *Gerenciamento da qualidade*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1995.
- COELHO, A.J.M.B. *Análise e avaliação da qualidade arquitetônica residencial. v. II. Rumos e fatores de análise da qualidade arquitetônica residencial*. 1994. Tese (Doutorado) - Universidade do Porto, Porto, 1994.
- GARGIONE, L.A. Using Quality Function Deployment (QFD) in the design phase of an apartment construction project. In: PROCEEDINGS IGLC-7, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, Berkeley, *Anais...* CA, USA: University of California, p.357-368, 1999.
- GOPALAKRISHNAN, K.N. *et al.* Implementing internal quality improvement with the house of quality. *Quality Progress*, Milwaukee, v. 25, p.57-60, 1992.
- HAUSER, J.R.; CLAUSING, D. The house of quality. *Harvard Business Review*, p.63-73, May/June 1988.
- MALLON, J.C.; MULLIGAN, D.E. Quality function deployment - A system for meeting customers needs. *Journal of Construction Engineering and Management*, New York, v. 119, n.3, p.516-531, 1993.
- 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, Florianópolis, 1999.
- TAGUCHI, G. *Engenharia da qualidade em sistemas de produção*. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.
- TEAS, R.K. Expectations, performance, and consumers perception of quality. *Journal of Marketing*, Chicago, v.57, p.18-34, oct.1993.
- WILLEY, H. Integrating architectural science understanding into the architectural design process. *Architectural Science Review*, Sydney, v.37, p.109-114, 1991.

Received on October 11, 2002.

Accepted on November 13, 2002.