



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE PROJETOS HABITACIONAIS E SEU IMPACTO NO CUSTO DO EMPREENDIMENTO

Daniel das Neves Martins (1), Antonio Edésio Jungles (2), Roberto de Oliveira (3)

(1) Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Maringá, martinsddn@uem.br

Pós Doutorado no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

(2) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, ajungles@gmail.com

(3) Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, ecv1rdo@ecv.ufsc.br

RESUMO

A avaliação de projetos habitacionais representa uma área promissora e de grande importância para projetistas, consumidores, incorporadores e construtores. A aplicação deste procedimento na fase inicial da definição do projeto arquitetônico possibilita ao projetista o seu desenvolvimento sob um enfoque estratégico. Permite diagnosticar conflitos e intervir no projeto em sua fase inicial de modo a atender as suas exigências técnicas e econômicas, bem como buscar a otimização de sua solução. No caso do consumidor a avaliação dos diversos produtos ofertados pelo mercado induz a um melhor conhecimento do produto que ele deseja adquirir, assim como permite estabelecer um grau de comparação entre eles. Ao incorporador ou construtor possibilita a análise e avaliação das condicionantes de projeto na fase inicial do processo. Condição que induz a uma maior agilidade e rapidez nas propostas de alterações, de modo a diminuir riscos técnicos, econômicos ou comerciais da tomada de decisões, e aumentar a confiabilidade nas intervenções que se façam necessárias no empreendimento. Esta é a proposta do presente modelo de avaliação da qualidade geométrica de projetos habitacionais. Como resultado é apresentado um estudo de caso com a aplicação da presente metodologia demonstrando a sua viabilidade de utilização como uma ferramenta de avaliação e de tomada de decisão.

Palavras-chave: Projetos habitacionais, Avaliação geométrica do projeto, Custo do empreendimento.

1. INTRODUÇÃO

O processo de projetar é o ato de buscar/encontrar um acordo aceitável entre o desempenho promovido por uma solução em relação a uma necessidade apresentada, dentre as possíveis respostas/soluções do problema CARMEL-GILFILEN e PORTILLO (2010), ROSENMAN (2000).

O foco da busca da solução do projeto é baseado nas exigências do problema, e na procura do espaço de solução, assim como pode ser baseado nas soluções ao procurar o espaço das exigências do problema ARCHER (1971), MAHER e TANG (2003).

Vários esforços foram realizados no sentido do desenvolvimento de métodos e rotinas de utilização de variáveis geométricas de projeto para o desenvolvimento de indicadores da qualidade de sua solução MASCARÓ (1985), ENCOL (1990), MARTINS (1999), MAHDAVI (2004).

A avaliação da qualidade de projetos na área habitacional é praticamente inexistente no Brasil, contudo em diversos países da Europa, notadamente na França, Suíça e Portugal esta avaliação representa uma condição corriqueira que norteia desde as condições de acesso de um interessado ao crédito habitacional, ao fornecimento de informações ao consumidor, de modo a orientar na escolha de opções de produtos ofertados pelo mercado, até as condições classificatórias de empresas concorrentes para a execução de projetos ou financiamentos habitacionais patrocinadas por órgãos governamentais.

Dentre as diversas metodologias de avaliação da qualidade habitacional, aplicadas na Europa, as mais utilizadas são:

O método SEL (Système d' évaluation des logements), desenvolvido na Suíça em meados da década de 70, com o intuito de promover a qualidade habitacional no país. Sua principal aplicação é de acordo com SOUSA (1994) referente às condições de acesso ao crédito habitacional, que dependem da avaliação obtida pela relação custo/qualidade. O método exibe um valor representativo da qualidade da habitação considerando três objetivos básicos: habitabilidade da moradia, do meio exterior próximo e dos equipamentos comunitários do edifício ou condomínio.

O método Qualitel, introduzido na França, em meados da década de 70 com o intuito de possibilitar uma avaliação da habitação, na fase de projeto, e de fornecer informações ao consumidor, de modo a orientar na escolha das opções ofertadas pelo mercado e, como argumento de marketing. A avaliação final é obtida segundo COSTA (1995) pelo perfil Qualitel por meio das notas pontuadas em cada indicador em relação a: eficiência energética, manutenção do edifício, acessibilidade, instalações de água e energia elétrica, revestimentos de pisos e paredes da edificação e do edifício e indicadores de conforto, e não por uma única nota, permitindo ao usuário avaliar e escolher uma determinada habitação em função de seus interesses particulares.

Os dois métodos expostos são considerados por BEZELGA (1984) como casos particulares de análise multicritério, em que por meio de uma função utilidade, são processados a valorização da habitação.

Para BRANDON (1984), o conjunto de fatores delimitantes da função utilidade contribui para um grau de satisfação e define o valor do edifício para o consumidor. Este é um conceito desenvolvido na teoria econômica, mas de difícil quantificação no caso de um edifício, particularmente em termos monetários. Uma saída, apontada por Brandon para esta situação, implica no estabelecimento de diferentes possibilidades de projetos, definindo diversos níveis de qualidade que juntamente com um mapa dos custos das opções poderá fornecer um balanço entre o custo e o benefício, determinando soluções mais imaginativas, e uma estratégia de desenvolvimento e fornecimento de novos produtos.

O custo conjuntamente com um sistema avaliador da qualidade representa um critério muito importante na avaliação do grau de otimização de um projeto, confrontando o custo/benefício da solução, sendo para MARKUS (1971) apontado como o único critério que permite avaliar o grau de otimização de uma solução.

O intuito da presente proposta é a de apresentar e discutir uma metodologia para determinar e avaliar a relação custo/qualidade de projetos arquitetônicos habitacionais. O modelo desenvolvido por MARTINS (1999) foi aplicado com sucesso na área do ensino por diversos anos, e com as devidas alterações que se fizeram necessárias foi aperfeiçoado, e resultou na presente metodologia.

2. METODOLOGIA

2.1 Avaliação Geométrica de Projetos Habitacionais

O Modelo desenvolvido por MARTINS (1999) para a avaliação da qualidade do projeto arquitetônico de habitações tem como premissa básica a demarcação e computo de atributos qualificadores do projeto demarcados pelas variáveis geométricas do arranjo físico.

Esta metodologia tem como ponto de partida a demarcação das variáveis geométricas que compõem o arranjo físico de uma habitação, a definição de atributos qualificadores relativos a estas variáveis, e o estabelecimento de índices que captem e quantifiquem a presença e as relações existentes entre elas, de modo que a sua presença represente um indicador da qualificação do projeto (arranjo físico).

A avaliação geométrica de projetos habitacionais conforme o modelo proposto resulta da somatória de variáveis geométricas representativas de atributos qualificadores da habitação, a nível interno e externo a edificação.

As variáveis geométricas determinantes e qualificadoras do arranjo físico da habitação e representativas dos planos horizontais e verticais, apresentadas na equação (01) definem os atributos qualificadores desenvolvidos, com a área útil (AU) qualificando o plano horizontal; e o perímetro interno dos ambientes (CO) e perímetro externo (CE) qualificando os planos verticais do arranjo físico, e o perímetro confinado dos ambientes sem uma conexão direta com o meio exterior (CN) representando uma variável não qualificadora e, portanto, a ser minimizada na definição do arranjo físico.

O índice qualificador do arranjo físico computado por IQ representa um índice de qualidade da configuração espacial, o qual é expresso pela somatória das variáveis qualificadores da espaciosidade e da configuração, o qual é definido pela equação (01):

$$IQ = AU^{1/3} \cdot AA^{1/6} + (CO + CE - CN) / 2 \cdot AU^{1/2} \quad \text{eq. (01)}$$

$$IQG = IQ/IQaa \quad \text{eq. (02)}$$

$$AN = AA(IQG)^3 \quad \text{eq. (03)}$$

$$IQN = AN/AU \quad \text{eq. (04)}$$

Onde:

IQ = índice de qualificação do arranjo físico;

IQG = índice de qualidade geométrica;

AN = área nominal, em metros quadrados;

IQN = índice de qualidade nominal

$IQaa$ = índice de qualificação do projeto alvo.

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

O índice de qualidade geométrica da configuração espacial de uma habitação (IQG) representa uma relação entre o índice de qualificação do projeto avaliado em relação a um projeto alvo, o qual é proposto pela equação (02).

O projeto alvo define a solução que reproduz a qualidade requerida adotada, o qual é representado pelos valores da área útil (AA) e do índice de qualificação ($IQaa$), ou seja, o projeto ou valores utilizados como referência para a análise comparativa e avaliação dos demais arranjos físicos analisados. Qualquer projeto/valores pode ser adotado como alvo, todos os demais vão ser avaliados comparativamente a este alvo, e o intuito desta condição é o de estabelecer um valor representativo da qualidade a ser alcançada ou superada.

No caso da adoção de um determinado projeto como alvo, e a sua comparação com outro ou outros mais qualificados, o que acontecerá é a ocorrência de projetos avaliados apresentarem índices de qualidade maiores que o valor representativo do projeto alvo.

A partir de uma análise estatística de regressão, foi obtido um modelo matemático da qualidade geométrica da solução de projeto MARTINS (1999), em função do índice de qualidade geométrica computado comparativamente a um projeto alvo, o qual representa a área nominal do arranjo físico, e obtido por meio da equação (03).

A área nominal expressa a área útil do arranjo físico avaliado, computadas as perdas calculadas pelo modelo, comparativamente à qualidade requerida pelo projeto alvo MARTINS (2001).

O quociente entre o valor da área nominal e a área útil é denominado de índice de qualidade nominal, e representa um quociente de perdas computado em relação à área útil do projeto avaliado, o qual é proposto pela equação (04).

O modelo representa um primeiro passo no sentido de gerar variáveis e índices qualificadores e de avaliação da solução geométrica do arranjo físico de uma habitação.

A obtenção de um índice de qualidade da solução de projeto representa um valor importante para a avaliação da solução de projeto, contudo este índice necessita ser confrontado com outra variável igualmente importante, que é representado pelo custo da qualidade, ou seja, a que custo monetário a qualidade é obtida. Ou confrontando estes dois valores, poder responder a questão crucial de como maximizar a qualidade e minimizar o seu custo de obtenção.

Esta resposta é dada por meio de um módulo de determinação do custo de conversão da solução de projeto (conversão das informações e especificações do projeto em produtos) em função de um número mínimo de variáveis geométricas determinantes do arranjo físico, o que é descrito pelo modelo mostrado a seguir.

2.2 Determinação do Custo da Solução de Projeto

O custo da solução de conversão do projeto de uma habitação é constituído pelo custo monetário para a obtenção dos planos horizontais de uma habitação, definido pelos acabamentos de piso e teto, e dos planos verticais definidos como os recursos necessários para a execução das paredes interna e externa. Este custo é diretamente proporcional à presença das variáveis geométricas do projeto, e duas variáveis amplamente estudadas visando aquilatar a influência da presença das variáveis geométricas de projeto na composição do custo dizem respeito à relação entre a quantidade de paredes pela quantidade de área, e a quantidade de parede externa.

Esta questão é avaliada já há algum tempo por autores tais como: MASCARÓ (1985) e ENCOL (1990), os quais determinaram relações entre os planos horizontal e vertical no intuito de estabelecerem um diálogo entre estes planos de modo a analisarem fatores relacionados à otimização da solução de projeto, tanto do ponto de visto geométrico, como econômico.

A otimização de projetos bem como a sua diversidade é um fator chave para a criação de novos mercados para produtos SHI e GERO (2009), e o custo que deve estar necessariamente presente no quesito otimização e mercado do produto MARKUS (1971), JO e GERO (1998).

O modelo aqui proposto determina o custo monetário da solução de projeto (custo de conversão do projeto em produto), em função de cinco variáveis geométricas determinantes do custo e facilmente quantificáveis na fase inicial do projeto, e definidas por:

1. perímetro externo;
2. perímetro interno seco;
3. perímetro interno molhado;
4. piso seco, e
5. piso molhado.

As demais variáveis determinantes do custo de conversão, tais como: fundação, estrutura, cobertura, instalações elétricas e hidráulicas são consideradas semi-independentes no presente modelo de determinação do custo do produto.

O perímetro externo neste modelo é constituído pela parede externa cortada ao meio no sentido longitudinal, determinando dois lados, e adotando a meia parede referente ao lado externo como

constituída pelos elementos presentes na sua execução, os quais são definidos por: alvenaria, chapisco, reboco, pintura ou outro acabamento externo (cerâmica, pedra), os elementos de conexões externas (portas e janelas), os acabamentos (soleiras e pingadeiras) ou outros itens presentes na fachada da edificação.

A outra metade da parede em contato com o meio interno é denominada de perímetro interno seco ou molhado, dependendo de estar presente em um ambiente seco (sala, dormitório, circulações) ou molhado (banheiro, cozinha, área de serviço). A determinação de seu custo é processada em função do perímetro acima definido (meia parede com os devidos acabamentos) em relação ao ambiente em que está presente. Nas paredes internas é utilizado o mesmo procedimento. O custo das conexões internas (portas e janelas) é computado no perímetro (ambiente) do sentido de sua abertura, assim como os acabamentos tais como: pingadeiras, soleiras.

O custo do piso seco ou molhado é determinado em função dos acabamentos presentes no piso e teto dos ambientes secos ou molhados, de modo análogo ao adotado no plano vertical, exemplo: soleiras de portas internas são computadas no custo do piso presente no sentido de abertura da porta.

Com a definição de um padrão de acabamento, é estabelecido para um projeto padrão computado o custo das cinco variáveis geométricas, em termos de custo por metro quadrado para os pisos e custo por metro linear para os perímetros, considerando nos custos dos perímetros, a altura do pé direito.

Com fixação dos valores destas variáveis, é processada a determinação do custo de conversão de projeto para o número de soluções de projeto que se deseje avaliar, bem como a análise do índice de custo/qualidade de cada solução analisada.

Nestas condições são analisadas e selecionadas cinco variáveis geométricas definidoras do arranjo físico, e determinado o custo de conversão da solução adotada, as quais são representadas por:

UPS = custo do plano horizontal seco, representado pelo custo de acabamentos da área de piso seco e teto;

UPW = custo do plano horizontal molhado, representado pelo custo de acabamentos da área de piso molhado e teto;

UCS = custo do plano vertical interno seco, representado pelo custo do perímetro da parede interna seca;

UCW = custo do plano vertical interno molhado, representado pelo custo do perímetro da parede interna molhada;

UCE = custo do plano vertical externo, representado pelo custo do perímetro da parede externa;

A etapa seguinte é representada pela determinação do custo das variáveis geométricas previamente selecionadas, ou seja, o cômputo do custo dos recursos, definidos por unidades monetárias, necessárias para a conversão destas variáveis de projeto em elementos constituintes de uma habitação, os quais são determinados em um estudo de caso apresentado a seguir:

3. RESULTADOS

3.1 Determinação do Custo da Solução de Projeto

A definição de padrões de acabamentos segundo a norma ABNT/NBR 12721 (1999), e SINAPI (1976) apresentam algum grau de dificuldade de utilização por causa dos padrões de acabamentos utilizados, devido a estas referências apresentarem discrepâncias em relação a materiais e sistemas construtivos empregados na atualidade.

Em um estudo de caso apresentado por MARTINS e OUTROS (2001), os padrões de acabamentos adotados foram estabelecidos a partir de padrões de acabamentos comumente empregados nos edifícios habitacionais, os quais são mostrados na tabela (01).

O custo dos serviços, materiais e elementos a serem utilizados nestas conversões foram compilados de PINI (2001), e complementados com valores pesquisados no setor da construção civil local, resultando em uma composição de custo de conversão, conforme mostrado na tabela (02).

Tabela (01): Padrão de Acabamentos.

Acabamentos	Padrão baixo	Padrão médio	Padrão alto
Alvenaria	Bloco cerâmico 1 vez	Bloco cerâmico 1 vez	Bloco cerâmico 1 vez
Janelas	Esquadrias de ferro	Esquadrias de alumínio (cor natural)	Esquadrias de alumínio (acabamento colorido)
Vidros (Espessura)	3 mm	4 mm	6 mm (colorido)
Peitoris	Cerâmica	Mármore	Granito
Portas	Lisa de madeira compensada (pinho)	Lisa de madeira compensada (imbuia)	Lisa (ipê/imbuia)
Batente e vistas	Madeira (canela)	Madeira (itaúba)	Madeira (ipê/imbuia)
Fechadura	Baixo padrão	Médio padrão	Alto padrão
Soleiras	Cerâmica	Mármore	Granito
Revestimento Externo	Chapisco + reboco + tinta	Chapisco + reboco + pastilha de porcelana	Chapisco + reboco + granito
Revestimento Interno Seco	Chapisco + reboco + pó de mármore + tinta PVA	Chapisco + reboco + massa corrida + tinta PVA	Chapisco + reboco + massa corrida + tinta acrílica
Revestimento Interno Molhado	Chapisco + reboco + cerâmica 2º linha	Chapisco + reboco + cerâmica 1º linha	Chapisco + reboco + cerâmica personalizada
Forro			
Área Molhada	Forro PVC	Gesso + pintura PVA	Gesso acartonado + pintura acrílica
Área Seca	Chapisco + reboco + pó de mármore + tinta PVA	Chapisco + reboco + massa corrida PVA + tinta PVA	Chapisco + reboco + massa corrida + tinta acrílica cor personalizada
Rodapés/ Piso Seco	Madeira (cedrilho)	Madeira (imbuia)	Madeira (ipê)
Impermeabilização	-	-	Manta asfáltica (4mm) e argamassa rígida
Piso Seco	Forração acrílica	Carpet de madeira	Contrapiso+Granito/ Madeira
Piso Molhado	Contra-piso + Cerâmica 2º linha	Contra-piso + Cerâmica 1º linha	Contra-piso + Porcelanato personalizado ou similar

O custo da conversão do projeto, em função das variáveis geométricas adotadas e determinantes do arranjo físico de uma habitação é obtido por meio da equação (05):

$$UU = UPS_xAS + UPW_xAW + UCS_xCS_xHi + UCW_xCW_xHi + UCE_xCE_xHe \quad \text{eq. (05)}$$

Com: AS = somatória das áreas de piso seco;

AW = somatória das áreas de piso molhado;

CS = somatória dos perímetros das paredes internas secas;

CW = somatória dos perímetros das paredes internas molhadas;

CE = perímetro da parede externa (em contato com o meio externo);

Hi = altura do pé direito interno;

He = altura do pé direito externo = $Hi + T$, com T = espessura laje;

A determinação do custo médio dos elementos representados pelas variáveis geométricas UPS, UPW, UCS, UCW e UCE foram obtidos por meio do cálculo do custo obtenção dos elementos representativos das variáveis adotadas, aplicados neste estudo de caso a uma amostra de 100 arranjos físicos de apartamentos com configuração de três dormitórios, e área útil variando entre 51,35 m² a 118,95 m².

Com o cálculo dos custos individuais para cada projeto, foram determinados os valores dos custos médios para as conversões representadas pelas variáveis acima descritas, as quais foram processadas estatisticamente, e resultaram nos valores mostrados na tabela (02):

Tabela (02): Custo de conversão das variáveis geométricas definidoras do custo da solução de projeto (em reais por metro quadrado).

Variáveis Geométricas/Elementos	Padrão Baixo	Padrão Médio	Padrão Alto
UPS = Custo do Plano Horizontal Seco	52,54	90,95	139,58
UPW = Custo do Plano Horizontal Molhado	59,33 ± 0,41	70,00 ± 1,70	253,22 ± 2,13
UCS = Custo do Plano Vertical Interno Seco	26,7 ± 0,28	39,94 ± 0,35	50,40 ± 1,11
UCW = Custo do Plano Vertical Interno Molhado	39,75 ± 0,42	41,62 ± 0,21	102,17 ± 0,02
UCE = Custo do Plano Vertical Externo	38,5 ± 1,81	96,87 ± 2,92	197,91 ± 2,63
UU1 = Custo da Solução de Projeto Computada /m ² de Área Útil	226,37 ± 12,95	357,15 ± 21,72	666,38 ± 43,05
UU1 Min = Valor Mínimo do Custo da Solução de Projeto Computada /m ² de Área Útil	197,23	298,41	563,60
UU1 Max = Valor Máximo Do Custo Da Solução De Projeto Computada /m ² de Área Útil	253,69	404,65	758,93
RU1 = Relação de Custo Uumax/Humin	1,29	1,36	1,35
RUV = Relação de Custo Plano Vertical/Custo Total (Em Percentagem)	75,87 ± 1,25	76,10 ± 1,37	74,20 ± 1,59
RUH = Relação de Custo Plano Horizontal/Custo Total (Em Percentagem)	24,13 ± 1,25	23,90 ± 1,37	25,80 ± 1,59
UU2 = Custo da Solução de Projeto Calculado/m ² de Área Útil em função de (UPS, UPW, UCS, UCW e UCE)	227,16 ± 12,22	358,43 ± 21,71	668,65 ± 44,05
UU2 Min = Valor Mínimo do Custo da Solução de Projeto Calculado /m ² de Área Útil	199,27	301,07	555,28
UU2 Max = Valor Máximo do Custo da Solução de Projeto Calculado/m ² de Área Útil	260,16	405,29	761,54

A análise estatística dos valores obtidos pelas variáveis analisadas computou um baixo valor do desvio padrão, demonstrando assim a capacidade de sua utilização como estimador/definidor do custo da conversão de projeto, em função das cinco variáveis geométricas propostas.

Outras variáveis importantes, que sobressaem no processamento da amostra estudada são referentes ao custo relativo do plano horizontal e vertical, com o plano horizontal representando cerca de 25% do custo total, e o plano vertical apresentando um custo três vezes maior, ou seja, cerca de 75%, e a relação custo máximo/custo mínimo por metro quadrado, um valor médio de 1,33 vezes, demonstrando assim o impacto da solução de projeto em seu custo de conversão.

3.2 Determinação da relação custo/qualidade da solução de projeto

Exemplo de aplicação da metodologia proposta é mostrado pelo estudo de caso realizado com alunos da disciplina projetos no curso de engenharia civil, com a aplicação do modelo acima descrito visando o desenvolvimento de um projeto arquitetônico de um edifício de apartamentos, com o fornecimento de um determinado terreno, e a fixação e obrigatoriedade de atendimento a quatro variáveis determinantes da solução de projeto: área útil igual a 120,00 m² ± 12,00 m², dois apartamentos por andar, configuração da habitação com três dormitórios e exigência de um índice de qualificação IQ igual ou superior a 20,0 (projeto alvo com área AA= 120,00 m² e IQaa = 20,0). A fixação de um valor mínimo do índice de qualificação do arranjo físico obrigou o projetista a desenvolver o projeto com um nível de qualidade da solução geométrica do projeto igual superior à especificada. Os projetos com IQ menor que 20,0 comparativamente a área AA foram desclassificados, e tiveram que ser refeitos.

O fator orientador desta proposta foi a de simular um ambiente de competição de mercado, onde os projetos participam de uma concorrência, sendo declarado vencedor aquele pontuado com o menor valor do índice custo/qualidade, recebendo a primeira colocação e nota equivalente a 10,0 (projeto nota dez) e os demais projetos foram pontuados e classificados em uma escala linear de comparação. Concorreram 18 opções de projetos, utilizando a metodologia acima apresentada, e os valores obtidos e a classificação dos projetos são mostrados na tabela (03).

Tabela (03): índices de qualidade, de custo e de custo/qualidade de uma amostra de projetos.

Projeto	AU	IQ	IQG	IQN	CLAS1	IVG	CLAS2	IVQ	CLAS3
1	119,77	20,10	1,01	0,88	7	820,45	16	935,79	15
2	132,19	20,05	1,00	0,79	15	769,42	13	975,86	17
3	132,35	20,73	1,04	0,87	8	781,12	14	897,45	12
4	135,02	20,31	1,02	0,80	13	712,64	6	888,19	9
5	111,00	17,90	0,89	0,67	18	606,85	1	908,26	13
6	126,19	20,25	1,01	0,85	10	684,44	4	804,36	5
7	119,69	18,68	0,93	0,71	17	820,58	17	1165,24	18
8	115,00	20,24	1,01	0,93	4	874,46	18	937,94	16
9	132,95	20,76	1,04	0,87	9	707,13	5	812,59	6
10	126,94	20,78	1,04	0,91	5	812,25	15	888,62	10
11	127,45	20,09	1,00	0,82	12	630,85	2	766,82	4
12	127,03	20,55	1,03	0,88	6	724,08	8	819,64	7
13	123,34	19,27	0,96	0,75	16	668,75	3	891,43	11
14	129,93	20,04	1,00	0,80	14	739,8	11	923,63	14
15	118,07	20,89	1,04	1,00	2	728,02	10	729,18	2
16	116,58	20,81	1,04	1,00	1	726,28	9	726,57	1
17	138,05	20,80	1,04	0,84	11	741,55	12	879,74	8
18	118,46	20,66	1,03	0,96	3	720,85	7	748,85	3

Legenda:

AU = área útil, em metros quadrados; IQ = índice de qualificação do arranjo físico; IQG = índice de qualidade geométrica; IQN = índice de qualidade nominal; CLAS1= classificação da solução geométrica de projeto em relação ao índice de qualidade nominal; IVG = custo da conversão da solução de projeto, em reais; CLAS2= classificação do projeto em relação ao menor custo; IVQ= índice de custo/qualidade do projeto; CLAS3= classificação do projeto em relação ao custo/qualidade.

4. DISCUSSÃO

No estudo de caso apresentado, com a definição de um padrão de acabamentos, foi determinado pela média computada pelos alunos, o valor das variáveis UPS, UPW, UCS, UCW e UCE, com a apropriação dos respectivos custos de: R\$ 57,57; R\$ 50,70; R\$ 69,50; R\$ 47,50; e R\$ 339,70. Foi determinado então o custo de cada solução de projeto por metro quadrado de área útil, os quais são representados pela variável IVG, as quais são apresentadas na tabela (03). A principal constatação na análise desta variável é referente ao impacto da solução de projeto em seu custo de conversão, alcançando no presente estudo de caso um diferencial de 44% entre o valor mínimo e máximo.

Determinados os índices de qualidade nominal IQN e o custo IVG, foram calculados os índices de custo/qualidade IVQ, mostrando que a qualidade da solução de projeto pode impactar em até 60% o custo da área nominal, os quais são mostrados na tabela (03).

Os valores de IVQ e as devidas classificações CLAS3 dos projetos são apresentados na tabela (03) os quais foram determinados para a condição específica dos acabamentos e conseqüente apropriação de custos das variáveis envolvidas. Esta condição representa um fator técnico e estratégico importante no processo, pois fornece aos atores envolvidos, seja o projetista, o empreendedor ou o consumidor um mapa de valores da qualidade e do custo de conversão do projeto, com capacidade de auxiliar na tomada de decisões em relação à solução de projeto, assim como na definição de um padrão de acabamentos.

Cabe salientar que a determinação do índice de qualidade nominal é processada por meio de um modelo de perdas, com as perdas computadas comparativamente ao projeto alvo e transformadas em variável equivalente a área, e adicionadas ou subtraídas da área útil, e a relação custo/qualidade representa o custo por metro quadrado da área nominal.

Os projetos desenvolvidos apresentados na tabela (3) foram avaliados segundo a metodologia proposta e as soluções que não atenderam aos requisitos exigidos foram refeitos até obterem os índices solicitados. Os valores das principais variáveis geométricas dos projetos foram: AU variando de 111,0 a 138,1 m², com o valor médio 125,0 m² e desvio padrão (DP) de 7,7 m²; PT (quantidade de paredes totais, em m) no intervalo de 93,3 a 123,5 m, com o valor médio de 112,0 m e DP igual a 7,2 m; PC (quantidade de paredes de contorno, em m) variando de 42,1 a 70,4 m, com o valor médio de 59,7 e DP igual a 6,8 m e CE (perímetro externo em m) no intervalo de 36,2 a 56,0, com o valor médio de 47,6 m e DP igual a 6,0 m.

Como pode ser visto na tabela (03) o projeto que apresentou o maior valor de IQN é o projeto 16, com AU=116,58m², IQ=20,81 e IQN=1,00 considerado neste caso como projeto nota 10,0. Comparativamente o projeto 17 apresentou AU=138,05m², IQ=20,8 e IQN=0,84; mostrando que para igualar o IQ do projeto 16, consumiu mais de 20,0m² de área útil e se classificou na 11ª posição. O último classificado em relação ao item custo/qualidade é representado pelo projeto 5, o qual apresentou AU=111,0m², ou seja, cerca 5,0m² a menos que o projeto 16, computando um IQN = 0,67.

A relação custo/qualidade apresentou como primeiro colocado o projeto 16 (também primeiro colocado no item IQN), com IVQ = 736,57, e como último colocado o projeto 7 (com IQN classificado na décima sétima posição), apresentando IVQ = 1.165,24. Esta situação implica em um diferencial de custo/qualidade de cerca de 60,0% entre as duas soluções de projeto. Implicando portanto em um impacto de 60% no custo de conversão do projeto, em relação às propostas avaliadas

5. CONCLUSÃO

A cada dia encontramos mais e mais exemplos de setores industriais e empresas buscando equacionar a balança da relação custo/benefício de seu produto de modo a conquistar mais clientes e a se posicionar no mercado. O produto habitação não é diferente e segue esta lógica do mercado, com alguns complicadores em relação à maioria dos produtos industrializados: é um bem imóvel, tem raízes, ou seja, a terra (localização) como insumo básico, carrega a fábrica nas costas (pode ser produzido em qualquer local do planeta), mas ainda necessita ser transportado e edificado (enraizado) em um determinado local, em um mesmo lote (edifício, por exemplo) apresenta produtos com diferentes níveis qualidade (posição no plano, altura dos planos, visão), pequena escala de reprodução, atendimento a diferentes legislações, entre outros. Representa dentre os produtos necessários e desejados pela maior parcela dos seres humanos, um dos de maior custo monetário.

Neste contexto é cada vez mais urgente e primordial que o projetista do produto habitação tenha a sua disposição modelos e ferramentas que permita e possibilite o conhecimento e controle das variáveis de projeto envolvidas no desenvolvimento do produto, como já ocorre em outros setores industriais, bem como possibilite a verificação e controle destas variáveis em relação à questão do custo, já na fase inicial do processo do projeto.

A metodologia exposta representa um facilitador na avaliação da solução de projeto, com a determinação de um índice de qualidade e de custo de conversão do projeto de uma habitação na fase inicial de desenvolvimento do arranjo físico. Apresenta uma convergência com a realidade do mercado, ou seja, em um estudo de caso com uma série de análises qualitativas processada por juizes (avaliador conhecedor da área, julgando e classificando uma série de projetos apresentados graficamente) demonstrou uma confluência com a classificação computada pelo modelo, com a vantagem do modelo fornecer uma avaliação quantitativa.

Outra grande vantagem do modelo é representada pela possibilidade de transposição desta aplicação para modelos de planilhas eletrônicas e modelos automatizados, os quais possibilitam uma análise e avaliação computacional de maneira rápida e precisa.

Esta é a proposta da metodologia apresentada. O intuito é a de oferecer ao projetista uma ferramenta que permita o desenvolvimento estratégico de projetos de habitações, dentro de um enfoque em que ele possa analisar avaliar e intervir no projeto com precisão em qualquer fase do processo, assim como aquilatar a influência e consequência da adoção das variáveis geométricas determinantes da solução de projeto, na qualidade e no custo do produto ao cliente e a sociedade.

6. 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, 1999.
- ARCHER, Bruce L. **La estructura del proceso del diseño**, In: Broadbent, G... et al (Eds) *Metodologia del diseño arquitectonico*, Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1971, 153-221.
- BEZELGA, Artur Adriano Alves. **Edifícios de habitação. Caracterização e estimação técnico-económica**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa. Imprensa Nacional: 1984. 998p.
- BRANDON, Peter S. Cost versus quality: a zero sum game? **Construction Management and Economics**, v. 2, p. 111-126, 1984.
- CARMEL-GILFILEN, Candy; PORTILLO, Margaret. Developmental trajectories in design thinking: an examination of criteria, **Design Studies**, 31 (2010) 74-91.
- COSTA, Jorge Moreira da. **Métodos de avaliação da qualidade de projectos de edifícios de habitação**. Porto : Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 1995. 338p. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Porto, 1995.
- ENCOL. **Arquitetura empresarial**. Brasília : Dipro - Diretoria de Produto, 1990. 61p.
- JO, Jun H.; GERO, John S. Space Layout Planning using an Evolutionary Approach, **Artificial Intelligence in Engineering**, 12 (1998) 149-162.
- MAHDAVI, Ardeshir. Reflections on computational building models, **Building and Environment**, V 39, 8, 2004, 913-925.
- MAHER. MARY LOU; TANG. HSIEN-HUI. Co-evolution as a computational and cognitive model of design, **Research in Engineering Design**, 14 (2003) 47-63.
- MARKUS, Thomas A. El dimensionado y la valoración del proceso de ejecución de un edificio como método de diseño. In : BROADBENT, G...et al (Eds.) **Metodologia del diseño arquitectonico**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1971. p. 235-256.
- MARTINS, Daniel das Neves; TARDELLI, Marina de Souza; OLIVO, Alessandro Adriano. Determinação do custo da solução de projeto a partir de variáveis geométricas definidoras do arranjo físico de uma habitação. In: ENTECA 2001- Encontro Tecnológico de Engenharia Civil e Arquitetura de Maringá- PR, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2001. p. 69-76.
- MARTINS, Daniel das Neves 1999, **Metodologia para determinar e avaliar a qualidade e o custo da solução geométrica do projeto arquitetônico de apartamentos**. Florianópolis: UFSC, 200p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina.
- MARTINS, D. D.N. . Avaliação da Qualidade a Partir de um Modelo de Determinação de Perdas. In: VII International Conference On Industrial Engineering And Operations Management, 2001, Salvador. **Anais...** Salvador. ABEPRO, 2001.
- MASCARÓ, Juan Luis. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.100 p.
- PINI, **A Construção Região Sul**. São Paulo. N. 393, Julho de 2001.
- ROSENMAN, Mike. Case-Based Evolutionary Design Artificial Intelligence For Engineering Design, **Analysis And Manufacturing**, 2000, 14, 17-29.
- SHI, XIAO GUANG; GERO, JOHN S. Design Families And Design Individuals. Disponível em <<http://cs.gmu.edu/~jgero/>>. Acesso em 01 set 2009.
- SINAPI , **Manual de Utilização. Banco Nacional da Habitação – BNH**, Rio de Janeiro, 1976, 73p.
- SOUSA, Maria J.C.N.C. **Aplicação do método SEL a projectos de edifícios da habitação elaborados em Portugal**. Porto : Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 1994.192p. Dissertação - (Mestrado) – Universidade do Porto, 1994.