

# **METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE CUSTOS DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA PRODUÇÃO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

**CARDOSO, Luiz R. A.**

Eng. Civil, Mestre em Engenharia, professor do Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP. Av. Prof. Almeida Prado, trav. 2, Cidade Universitária, 05508-900, São Paulo-SP, E-mail lrcardoso@pcc.usp.br

## **RESUMO**

As metodologias que têm sido propostas e utilizadas para avaliação de sistemas construtivos inovadores têm se concentrado mais nas questões de desempenho físico e pouco nas questões de custos. Aquelas que avaliam os custos, normalmente o fazem somente sob a ótica do preço final.

O presente trabalho propõe uma metodologia que, além de avaliar o preço final do produto, analisa também a natureza e a composição dos custos de produção, a economia propiciada pelo projeto, a melhoria da produtividade e do aumento do grau de industrialização propiciada pela inovação.

## **ABSTRACT**

Has been proposing and putting to use methodologies to evaluate the innovators building systems which stresses the physical performance questions and scorns the costs questions. Those ones that evaluate costs do this only regarding the final price.

This work proposes a methodology to evaluate the final price and also the nature and constitution of the production's costs, the economy that the design causes, the increase of the productivity and the industrialization grade that the innovation causes.

## **1. INTRODUÇÃO**

A preocupação com avaliações de inovações tecnológicas não é nova no país. São bastante conhecidos e citadas na literatura as experiências de Narandiba na Bahia (1978), Jardim São Paulo (1981) e Heliópolis (1988) e Cubatão (1991), em São Paulo, onde foram construídos e avaliados protótipos de sistemas construtivos inovadores para habitação popular.

Porém, em todas essas avaliações e mesmo nos trabalhos mais recentes, as metodologias propostas tem se concentrado nos aspectos de desempenho físico, não tendo sido incorporadas nas mesmas questões específicas de custos, nem mesmo a interface desempenho/custo, com exceção da de Cubatão.

Nessa experiência, as avaliações feitas - SILVA et al (1993) e SILVA (1996) - incorporaram essa interface, embora sem aprofundamento da avaliação dos custos de construção.

O presente trabalho apresenta uma metodologia com a finalidade de avaliar, sob a ótica de custos, inovações tecnológicas utilizadas na construção de edifícios, particularmente na produção de habitações de interesse social.

## **2. INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E CUSTOS**

### **2.1. Síntese do conceito de inovação tecnológica**

Considerando as contribuições de BARROS (1996), para os efeitos do presente trabalho serão consideradas inovações tecnológicas as alterações introduzidas no processo de produção habitacional, tais que resultem no aumento do grau de industrialização desse processo, sendo que essas alterações podem ser basicamente de dois tipos:

- as que promovem o aumento do grau de racionalização, mecanização e pré-fabricação do processo tradicional, sem romper os limites de manufatura que o caracteriza e
- as que substituem o processo convencional (no todo ou em parte) por processos e sistemas considerados já de alto grau de industrialização.

A metodologia a ser desenvolvida será utilizada para avaliação de processos e sistemas construtivos, utilizando-se os conceitos de SABBATINI (1989) para essas categorias, como segue:

- processo construtivo: caracteriza-se pelos métodos empregados na construção de sub-sistemas essenciais do edifício, ou seja, os empregados na execução da estrutura e do envelope exterior (vedações verticais e horizontais);

- sistema construtivo: processo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo. Portanto, um sistema construtivo é um processo industrializado e tecnologicamente avançado de construção.

### **2.2. Custos de produção e preço do produto**

Para os efeitos desse trabalho, o custo de produção ou de construção será composto em duas parcelas: custos diretos de produção e custos indiretos de produção.

Os custos diretos de produção referem-se aos custos de materiais e mão-de-obra diretamente aplicados nos serviços executados. Mantém portanto relação direta com a quantidade de serviço executada.

Os custos indiretos de produção referem-se a todos os demais custos que incidem sobre todos os serviços, coletivamente, no canteiro de obras. São por exemplo: os custos de implantação e operação do canteiro, os salários da equipe de administração da obra, equipamentos e ferramentas, consumos, alguns impostos e seguros, entre outros. Incluiremos também nessa parcela os custos de projeto e planejamento da produção – orçamentos, cronogramas - e serviços técnicos, tais como controles tecnológicos e de custos, consultorias especializadas, etc.

O preço do produto será dado pela soma desses custos, acrescidos dos custos indiretos gerais de administração - custos de administração da empresa, financiamento, comercialização, contribuição para depreciação, manutenção e reposição, impostos e seguros – e da bonificação ou lucro.

### **3. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE CUSTOS**

#### **3.1. Formulação básica**

A metodologia proposta está baseada na formulação do conceito de desempenho e da metodologia para sua avaliação.

Para a avaliação de desempenho, é necessária a formulação e determinação dos seguintes itens:

- identificar as necessidades dos usuários e os agentes ambientais relevantes aos quais estão expostas as edificações;
- traduzir as necessidades dos usuários em requisitos de desempenho, isto é, estabelecer quantitativamente as características associadas às funções específicas que o produto deve - apresentar, para atender às necessidades dos usuários;
- estabelecer os critérios de desempenho, isto é, definir parâmetros para avaliação do comportamento do produto, de modo a determinar se atende ou não os requisitos de desempenho;
- definir os métodos de ensaios e de avaliação das propriedades em uso;
- definir os métodos de classificação e de ponderação para que, aplicados aos requisitos específicos de desempenho, possam fornecer uma avaliação global do produto.

De acordo com o conceito apresentado acima serão considerados, para a avaliação de custos de inovações tecnológicas para habitações de interesse social, requisitos, critérios, métodos de avaliação e métodos de pontuação e classificação para dez itens de avaliação, agrupados em três conjuntos - relativos ao produto, projeto e processo - conforme resumo apresentado a seguir.

#### **a) Referentes ao produto:**

- requisitos e critérios quanto ao preço do produto
- requisitos e critérios quanto ao custo ao longo da vida útil
- requisitos e critérios quanto ao custo de produção

- requisitos e critérios quanto ao repasse dos ganhos de custo e produtividade para o empreendimento

b) Referentes ao projeto

- requisitos e critérios quanto à economia propiciada pelo projeto

c) Referentes ao processo de produção

- requisitos e critérios quanto à melhoria da produtividade
- requisitos e critérios quanto à redução de perdas
- requisitos e critérios quanto ao aumento do grau de industrialização
- requisitos e critérios quanto ao custo indireto de produção

d) Referentes aos instrumentos de planejamento da produção

- requisitos e critérios quanto à consistência dos instrumentos de planejamento de custos utilizados na avaliação e fornecidos pelos proponentes

### **3.2. Requisitos, critérios e métodos de avaliação**

Para cada item de avaliação é formulado um requisito de desempenho de custos. O método de avaliação consiste basicamente na definição e cálculo de indicadores que reflitam quantitativamente o requisito de desempenho. Esses indicadores são comparados com os referentes ao processo convencional, fornecendo a base para a avaliação.

A pontuação de cada requisito será dada em função do desempenho da solução avaliada em relação ao critério estipulado. Utilizar-se-á a mesma pontuação proposta em SILVA(1996): cada requisito específico receberá uma pontuação que variará entre 1, 2 e 3, dependendo do desempenho considerado.

A descrição completa dos requisitos, critérios e métodos de avaliação encontra-se em CARDOSO (1999).

A título de exemplo, para a avaliação do custo de produção é considerado o seguinte critério para pontuação:

- acima de 10% do custo de referência ( custo do processo convencional) e até 20% acima: mau desempenho - pontuação 1
- entre o custo de referência e 10% acima: médio desempenho - pontuação 2
- abaixo do custo de referência: bom desempenho - pontuação 3
- acima de 20% do custo de referência: eliminado.

### **3.3. Critérios para avaliação e classificação**

Foi definida uma pontuação de base 100 para cada conjunto de requisitos específicos e outra ponderação de base 1,0, para cada requisito geral, dentro do conjunto de requisitos gerais.

A ponderação base 1,0, que mede a importância relativa entre os requisitos foi estabelecida com base na técnica “Step-by-step Parwise Comparison”, utilizada por BRAGA (1998). A ponderação de base 100 para cada requisito foi estabelecida conforme critério do autor.

A nota obtida na avaliação de desempenho é multiplicada pela pontuação apresentada. Dessa forma, o total máximo a ser atingido é de 300 pontos. O total de pontos propicia a classificação, por ordem de desempenho de custos, de mais de um processo avaliado para o mesmo empreendimento.

## **4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO**

### **4.1. Síntese dos procedimentos adotados**

A metodologia proposta foi testada, utilizando como objeto de avaliação um caso real.

O objeto avaliado é um conjunto de protótipos construídos em Cubatão, pela Prefeitura Municipal daquele município, em 1991. Naquela ocasião foram construídas e avaliadas casas para habitação popular, representativas de 16 sistemas construtivos.

Na presente avaliação foram considerados três processos/sistemas construtivos, escolhidos dentro daquele conjunto, a saber:

- alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos;
- painéis alveolares de concreto protendido - como representante dos painéis pré-fabricados pesados - e
- pilaretes e placas pré-fabricados de concreto - como representante dos painéis pré-fabricados leves.

A partir desse ponto do trabalho, utilizaremos a palavra sistema para nos referir ao conjunto dos três processos/sistemas construtivos avaliados.

Considerou-se ainda como objeto da avaliação, a execução de 200 unidades do protótipo 1 - a de menor área, ou embrião - de cada sistema, a serem executadas em Cubatão, num prazo estipulado de 6 meses.

Os dados para realização da avaliação foram obtidos:

- através do CTE – Centro de Tecnologias de Edificações, que realizou a avaliação dos protótipos em 1991, contratado pela Prefeitura Municipal;
- através de entrevistas com pesquisadores participantes daquela experiência e empresas escolhidas como fornecedoras de sistemas para a avaliação.

## **4.2. Resultados da avaliação de custos**

Na tabela a seguir são apresentados os resultados gerais da avaliação.

O sistema com melhor resultado é o painel leve, com 237,80 pontos, seguido da alvenaria de bloco cerâmico com 210,43 pontos e do painel pesado, com 186,20 pontos.

O resultado explica-se principalmente pelos itens relativos ao produto, basicamente: preço e custo de produção. O painel leve obteve pontuação superior nesses itens e o peso dos mesmos é preponderante na avaliação.

Outro fator que também contribui para o resultado é o relativo ao processo, em que o painel leve também obteve pontuação superior aos outros dois sistemas.

No que diz respeito ao projeto, a pontuação obtida pelos três sistemas é próxima, indicando que a tipologia arquitetônica é semelhante.

A razão que explica o bom desempenho de custos do painel em relação aos outros dois sistemas é fundamentalmente o custo da estrutura/vedações em placas e pilaretes de concreto, em relação à alvenaria e ao painel alveolar protendido. Como esse item responde por cerca de 30% do custo total, uma grande vantagem em custo no mesmo já garante um desempenho global satisfatório.

A análise da produtividade expressa em custo e em consumo de horas por área construída apresentou vantagem do painel leve em relação aos demais, observando-se que tanto a alvenaria quanto o painel pesado tiveram resultados considerados inferiores ao convencional. No caso do painel pesado, o baixo desempenho explica-se também pela quantidade relativamente alta de alvenaria a ser feita - nas paredes não estruturais - fazendo diminuir a vantagem propiciada, em produtividade, pelos painéis.

A análise do grau de industrialização mostrou desempenho quase equivalente entre os dois painéis, ambos superiores à alvenaria. Isso explica-se pela alta incidência, em custo, dos componentes pré-fabricados e dos serviços de montagem dos mesmos no canteiro.

Quanto aos instrumentos de planejamento, a avaliação mostrou baixo grau de consistência, principalmente pela insuficiência de elementos que permitissem a análise prevista na metodologia, tais como composições unitárias, cronogramas físicos e financeiros.

Em resumo, dos três sistemas analisados, o painel leve foi o que mostrou melhor desempenho, o que significa menor custo, maior produtividade e maior grau de industrialização. A alvenaria racionalizada e o painel pesado ficaram respectivamente em segundo e terceiro lugares.

**Tabela 1 – RESULTADO DA AVALIAÇÃO DE CUSTOS**

<b>ÍTENS DE AVALIAÇÃO</b>	<b>ALVENARIA</b>	<b>PAINÉL PESADO</b>	<b>PAINÉL LEVE</b>
<b>Quanto ao Produto</b>	<b>101,00</b>	<b>75,00</b>	<b>122,00</b>
Preço			
Custo de produção			
BDI			
Custos ao longo vida útil			
<b>Quanto ao projeto</b>	<b>29,70</b>	<b>28,60</b>	<b>28,60</b>
Economia propiciada pelo projeto			
<b>Quanto ao processo</b>	<b>61,00</b>	<b>74,60</b>	<b>79,20</b>
Produtividade			
Diminuição de perdas e desperdícios			
Aumento do grau de industrialização			
Incidência do custo indireto de produção			
<b>Quanto aos instrumentos de planejamento da produção</b>	<b>4,00</b>	<b>8,00</b>	<b>8,00</b>
Consistência dos instr. utiliz. na avaliação			
<b>Sub total</b>	<b>195,70</b>	<b>186,20</b>	<b>237,80</b>
fator de correção (ver nota)	1,08	1,00	1,00
<b>TOTAL DE PONTOS</b>	<b>210,43</b>	<b>186,20</b>	<b>237,80</b>

**Nota:** o fator de correção deve-se ao fato da alvenaria não ter sido avaliada quanto ao custo ao longo da vida útil.

## 5. CONCLUSÕES

Alguns aspectos da avaliação devem ser destacados, principalmente no sentido de evitar generalizações incorretas quanto aos resultados obtidos.

O primeiro é que a escolha dos sistemas avaliados não tem caráter amostral. O objetivo da escolha foi, em primeiro lugar, o de testar a metodologia, em três sistemas diferentes entre si. Os resultados portanto não podem ser vistos como característicos dos sistemas, pois para isso teria que ser utilizada amostra representativa dos mesmos, o que não ocorreu.

É necessário observar também que a escala de análise pode ser considerada muito reduzida, o que tende a elevar os custos diretos e indiretos para todos os sistemas e especialmente para aqueles em que há custos fixos de instalações industriais, como é o caso dos painéis.

Em função dessas considerações, é possível concluir que na situação avaliada - pequeno porte das unidades e da obra como um todo - os processos/sistemas que tendem a ser mais competitivos são os baseados em alvenaria racionalizada e painéis leves. No caso avaliado, os painéis leves de concreto mostram-se mais competitivos que a alvenaria em função da racionalização do projeto, particularmente das pequenas espessuras das placas.

A metodologia de avaliação apresentou bom desempenho nos aspectos do produto relacionados a preço e custo (direto e indireto), nos aspectos do processo relacionados à produtividade e custos indiretos e nos aspectos de consistência dos instrumentos utilizados na avaliação. Nos aspectos relacionados à economia do projeto e grau de industrialização apresentou bom desempenho, podendo ser aperfeiçoada através de novas pesquisas nessas áreas.

## **6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- BARROS, M. M. B. **Metodologia para implementação de tecnologia construtiva racionalizada na produção de edifícios**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- BRAGA, M. A. A importância da adequação de sistemas construtivos a contextos específicos: “Método de avaliação de projetos”. In: **Anais do ENTAC 98 – VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Qualidade no Processo Construtivo**. Florianópolis, 27-30/abril/1998. p. 717-726.
- CARDOSO, L. R. A. **Metodologia de avaliação de custos de inovações tecnológicas na produção de habitações de interesse social**. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos –formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- SILVA, M.A C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. São Paulo, 1996. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.
- SILVA, M. A. C. et al. Metodologia para seleção de sistemas construtivos inovadores: aplicação prática no núcleo experimental do Município de Cubatão. In: **Anais do ENTAC 93 – Avanços em tecnologia e gestão da produção de edificações**. São Paulo, 17-19/novembro/1993. p. 349 – 358.