

# AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO PROTÓTIPO “MORADIA ECOLÓGICA” EM TAIPA DE MÃO

CASER, Karla do Carmo (1); Ino, Akemi (2)

(1) Arquiteta, Mestre em Tecnologia do Ambiente Construído, Doutoranda na Universidade de Guelph - Canadá - email: [kcaser@hotmail.com](mailto:kcaser@hotmail.com)

(2) Professor Doutor do Dept. de Arquitetura e Urbanismo SAP - EESC - USP - São Carlos - SP - [inoakemi@sc.usp.br](mailto:inoakemi@sc.usp.br)

## RESUMO

O protótipo “Moradia Ecológica” é um projeto de habitação de baixo custo em taipa de mão e eucalipto roliço, construída em 1992 pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) em Linhares – ES, para avaliar a possibilidade de utilização desse processo construtivo para habitação de funcionários com renda de até três salários mínimos.

Neste artigo a avaliação de desempenho restringiu-se a avaliação das características econômicas (custo de manutenção e de durabilidade das soluções construtivas adotadas), tendo sido levantados os pontos críticos desse processo construtivo: as interfaces de fundação, piso (laje/barrotes), vedação (pilares/taipa de mão), revestimentos, incluindo acabamentos (pingadeiras das paredes), esquadrias e instalações hidráulicas e elétricas.

A avaliação de desempenho foi dividida em duas fases: “coleta de dados”, onde foi feito levantamento das características do projeto e estado atual da construção, e análise das causas de eventuais problemas existentes.

## ABSTRACT

This research aims to make a performance evaluation of the prototype “Ecological Building”, focusing on economic aspects and durability of the most critical parts of this kind of building: basement, floor, walls, covering, doors and windows and water and installations.

This prototype built in 1992 for Vale do Rio Doce Company is part of a project of low cost buildings made of taipa de mao and eucalyptus, to be used for its employees who earn less than 3 minimum salaries.

The performance evaluation was divided into two parts: survey and analysis of the problems.

## 1.INTRODUCAO

O conceito de **desempenho** foi definido em 1975 como sendo “o comportamento de um produto em utilização.” (CIB apud SOUZA, 1978). Esse conceito, bem como o de avaliação de desempenho surgiu no final dos anos 60, com a necessidade de

sistematizar a grande quantidade de novos produtos que surgiram no período do pós-guerra.

As instituições responsáveis pela iniciativa de tratar deste assunto foram: RILEM (Reunión Internationale de Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et Constructions), ASTM (American Society for Testing Materials) e CIB (Conseil International du Bâtiment). Atualmente esse grupo já conta com mais uma instituição, a ISO (International Organization for Standardization).

No Brasil estes conceitos foram introduzidos no fim dos anos 70, por entidades como o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) e ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A metodologia a ser usada para aplicação do conceito de desempenho segue, segundo MITIDIERI (1998) e FRANCO (1992), os seguintes passos:

- Definição das 'exigências do usuário';
- Identificação das condições de exposição do edifício;
- Definição dos requisitos e critérios de desempenho;
- Definição dos métodos de avaliação.

Assim, de acordo com as exigências do usuário são definidos os **requisitos de desempenho**,

*“...que expressam qualitativamente os atributos que o edifício deve possuir para satisfazer às exigências e aos **critérios de desempenho**, que representam a quantificação dos requisitos de desempenho.”*(FRANCO, 1992).

Portanto, é a partir dos requisitos de desempenho (qualitativos), que são estabelecidos os critérios de desempenho (quantitativos), em função das exigências do usuário e das condições de exposição do edifício.

BLACHÈRE (apud SOUZA, 1978), define as **exigências humanas** como sendo:

- Exigências de habitabilidade: fisiológicas, psicológicas e sociológicas;
- Exigências econômicas: durabilidade e custo.

ROSSO (1980) destaca, ainda, a importância da satisfação econômica, que se refere não só ao valor do bem “habitação” como quanto lhe custa para manter sua efetividade, ou seja, a durabilidade da habitação e os custos de manutenção, além do custo inicial de aquisição.

Segundo MARTUCCI (1997), a avaliação de desempenho deve abranger tanto o Projeto do Produto quanto o Projeto da Produção. O Projeto do Produto deve atender aos seguintes requisitos:

- Atendimento aos **requisitos**, condições e parâmetros **dados pelas características regionais** e capacidade tecnológica instalada;
- Atendimento aos **requisitos funcionais e ambientais**, divididos em **requisitos Econômicos** (durabilidade, manutenção, flexibilidade, etc.), quanto aos de **Habitabilidade** (conforto, funcionalidade, segurança, salubridade, etc.);
- Atendimento aos princípios de racionalização do produto quanto à sua produção, que é baseado nos seguintes pré-requisitos: Modulação, Padronização, Precisão, Normalização, Permutabilidade, Mecanização, Repetitividade, Divisibilidade, Transportabilidade e Flexibilidade.

O termo **Avaliação** nesta pesquisa será usado como sinônimo de metodologia para analisar os pontos críticos desse processo construtivo, quanto às Características de **Econômicas** (BLACHERE apud SOUZA, 1978) e de **Habitabilidade e Econômicas** (MARTUCCI, 1997), mais especificamente quanto ao Atendimento dos requisitos de Segurança Estrutural, de Durabilidade, de Estanqueidade e custo de construção e manutenção. A avaliação de desempenho aqui utilizada contemplará os **requisitos** e respectivos **critérios** considerados importantes numa avaliação de desempenho de habitações de interesse social, não definindo as **especificações de desempenho**, por não ser o objetivo desta avaliação a comparação com outros sistemas construtivos.

## 2. METODOLOGIA

Inicialmente os critérios de desempenho foram definidos como descritos resumidamente na Tabela 1. O custo de US\$ 155,00 /m<sup>2</sup> foi adotado por ser este o valor da casa da COHAB padrão 2/43: casa de 43 m<sup>2</sup> com dois quartos, cimentado liso no piso, barra lisa no banheiro e cobertura de cimento amianto. Este valor inclui mão-de-obra e BDI e é referente a julho de 1991<sup>1</sup>.

O método de medição dos critérios foi o da verificação visual, com exceção do prumo. Procurou-se focalizar os pontos críticos desse processo construtivo: **fundação** (madeira cravada no solo), **piso** (interface laje/barrotes), **vedação** (interface pilares/taipa de mão), **revestimentos** ('barra lisa' no banheiro e caiação das paredes), acabamentos (pingadeiras das paredes), **esquadrias**, e instalações elétricas e hidráulicas.

Os critérios adotados foram adaptados dos critérios adotados por NEVES (1993), em avaliação Pós-Ocupação realizada em construções de solo-cimento na Bahia, feitas as adaptações para a taipa de mão. NEVES também fez as adaptações julgadas apropriadas para a técnica do solo-cimento, baseando-se nas normas Técnicas Brasileiras. Assim a NBR 8214 estabelece, para o substrato, prumo menor ou igual H/600 (em metros), que equivale a valores na ordem de 4 a 5 mm para paredes com pé-direito de 2,40 a 2,80 metros. A NBR 13749 estabelece, para o revestimento de argamassa, prumo menor ou igual H/900 (em metros), que equivale a valores de aproximadamente 3mm. Para sua pesquisa esses valores foram considerados rigorosos, já que o objetivo de sua pesquisa era avaliar a qualidade do que estava erguido e não a qualidade de execução. Por isso os valores adotados para desaprumo máximo foram de 1/3 da espessura da parede.

Considerou-se o mesmo valor de desaprumo adotado por NEVES (1998) para paredes de solo-cimento. No caso da taipa de mão, há ainda a estrutura interna de cada parede, o entramado. A cobertura como é normalmente executada, com fiadas de ripas presas aos caibros e estes às tesouras do telhado formam uma grelha que, apesar de não ser considerada nos cálculos estruturais, oferece rigidez às construções em madeira.

Quanto ao valor de 3 mm para trincas, segundo NEVES<sup>2</sup> (1998), nos experimentos realizados com paredes de alvenaria e solo-cimento, com tais valores os materiais ainda mantém contato e ligação entre si, não pondo em risco a seguridade da parede. Adotamos esse mesmo valor para a taipa de mão.

---

<sup>1</sup> Em CASER (1992) foi feito o seguinte comparativo de custos:

- Casa COHAB padrão 2/43 (com mão-de-obra - MO - e BDI): US\$ 155/m<sup>2</sup> (julho de 1991);
- Casa COHAB padrão 2/43 (sem MO, Il. Púb., ret. de entulho, muro baixo, placa com nº): US\$ 66,71/m<sup>2</sup>;
- Casa COHAB padrão 2/43 (mesmas condições da anterior, com telha de barro): US\$ 82,00/m<sup>2</sup>;

<sup>2</sup> NEVES, Célia (1999) Avaliação Pós-ocupação. cneves@ufba.br (24 jun)

Resumidamente, os itens avaliados foram

Tabela 1 - Atendimento aos Requisitos Funcionais e Ambientais

<b>Atendimento aos Requisitos Funcionais e Ambientais</b>	
<b>REQUISITOS</b>	<b>CRITÉRIOS</b>
<b>1. Características de Habitabilidade</b>	
<b>Atendimento dos requisitos de segurança estrutural</b>	
Avaliação do prumo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tolerância de +- 3 mm</li> </ul>
Avaliação do aparecimento e abertura de trincas e juntas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• trincas: nos componentes de vedação a fissuração não deve ocorrer em mais de 15% do comprimento total da parede e a abertura das fissuras não deve ultrapassar 3mm;</li> <li>• juntas: a abertura não deve ultrapassar 3 mm, ter menos de 20 % de degradação e em 30 % da edificação.</li> </ul>
<b>Atendimento dos requisitos de durabilidade</b>	
Avaliação da desagregação superficial das vedações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve ter profundidade superior a 5 mm área superior a 25 cm<sup>2</sup> por metro linear de parede.</li> </ul>
Avaliação do tratamento superficial das vedações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• as paredes externas e áreas molhadas devem ter revestimento impermeável e recobrimento mínimo de 95%. As paredes internas devem ter revestimento impermeável ou recobrimento mínimo de 95%.</li> </ul>
Avaliação dos pilares de fundação, pilares, vigas e barroteamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a superfície não deve apresentar desagregação nem fungos.</li> </ul>
Avaliação da cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver entrada de água</li> </ul>
Avaliação do serviço hidráulico e sanitário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver vazamentos</li> </ul>
Avaliação do piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver manchas de umidade, trinca, descolamento na superfície, etc.</li> </ul>
<b>Atendimento dos requisitos de estanqueidade</b>	
Avaliação de manchas de umidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deve ter área inferior a 1000 cm<sup>2</sup> em pontos localizados na edificação);</li> </ul>
Avaliação de sinais de eflorescência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve ser superior a 30% do perímetro da parede.</li> </ul>
Avaliação da cobertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver entrada de água</li> </ul>
Avaliação do serviço hidráulico e sanitário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver vazamentos</li> </ul>
Avaliação do piso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver manchas de umidade, trinca, descolamento na parte inferior da laje, etc.</li> </ul>
Avaliação das esquadrias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve haver infiltração de água.</li> </ul>

<b>2. Características econômicas</b>	
custo de construção e de manutenção reduzidos;	<ul style="list-style-type: none"> <li>• custo em torno de US\$ 155,00/ m<sup>2</sup>;</li> </ul>

### **3. COLETA DE DADOS**

A coleta de dados teve início com uma visita à obra, quando registrou-se o bom aspecto geral da construção. Foram anotadas as principais alterações (troca de esquadrias, da cor do piso, a pintura da estrutura, a retirada da varanda) e observados os pontos problemáticos com relação à durabilidade: reboco descolando na interface pilar/vedação, pedaço da pingadeira quebrado, corrimão da área de serviço sem estabilidade e descascado no piso. O passo seguinte foi buscar informações sobre os motivos das modificações e os custos desse serviço de manutenção. Devido à pequena quantidade de problemas encontrados optou-se por fazer o registro de sua ocorrência na própria planta da construção.

#### **3.1. Característica Econômicas**

Com relação às características econômicas, aos custos de construção (ver orçamento discriminado no anexo 4), foram acrescentados os de manutenção, fornecidos pela Florestas Rio Doce SA (empresa da CVRD onde foi construído o protótipo).

O custo total do protótipo “Moradia Ecológica” ficou em US\$ 98,53/m<sup>2</sup> <sup>3</sup>(agosto de 1992, sem BDI), e sua manutenção em torno de R\$ 230,00/ano (julho de 1998), o que totaliza em cinco anos, aproximadamente 20% do seu valor total. Partindo do princípio de que nos primeiros 5 anos a manutenção fica sob responsabilidade do construtor, pode-se considerar esse custo como parte integrante de seu custo real que passaria a ser então de R\$ 145,18 m<sup>2</sup>.

#### **3.2. Características de Habitabilidade**

Os requisitos de durabilidade, estanqueidade e segurança estrutural foram avaliados separadamente para cada subsistema.

##### **3.2.1. Subsistema Fundação**

A fundação encontra-se visualmente em boas condições, e acredita-se que em parte devido à constante manutenção. Observou-se o caminho de cupins em direção às peças da estrutura, sem sinais de ataque aos pilares de fundação. Cumpre lembrar que sempre houve a manutenção preventiva, com a limpeza e a eliminação do cupinzeiros. Todas as peças encontram-se pintadas com stain marrom, que além da ação fungicida protege contra os efeitos da radiação solar. Portanto, concluímos que o tratamento em autoclave com CCA aliado ao pincelamento com creosoto e à pintura stain podem ser considerados satisfatórios, tanto como proteção contra fungos apodrecedores como contra cupins, mesmo para situações críticas como a da madeira cravada diretamente no solo.

<sup>3</sup> Se a este valor acrescentarmos BDI de 30% teríamos: US\$ 128,08/m<sup>2</sup>.

Tabela 2 - Subsistema fundação

REQUISITOS	CRITÉRIOS
<b>Durabilidade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• apodrecimento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os pilaretes não devem apresentar sinais de apodrecimento e fungos.</li> </ul>

### 3.2.2. Subsistema Piso

Todos os barrotes encontram-se pintados com stain marrom. As pontas dos baldrames (local suscetível ao ataque de fungos e cupins) recebem pincelamento com creosoto regularmente (1 vez/ano).

Os barrotes da varanda começaram a apresentar sinais de apodrecimento antes dos 2 anos. O eng. Renato de Jesus optou por cortar a extremidade desses barrotes, eliminando assim a varanda dos quartos. É aconselhável o tratamento em autoclave para peças que venham a ficar expostas ao tempo (sol e chuva), sob pena de se ter que efetuar uma manutenção (com troca das peças) a cada dois anos aproximadamente.

Os sarrafos de 8 x 3 cm, de acabamento da laje e proteção do topo dos caibros (tratados em autoclave) encontram-se em bom estado, bem como o topo dos barrotes.

O piso de cimento queimado teve sua cor alterada por razões de gosto pessoal. A troca da cor foi feita com aplicação de pintura para piso cimentado. Acredita-se que houve falta de aderência entre a tinta e o cimentado liso, principalmente porque este inicialmente era encerado. O resultado foi que a tinta encontra-se atualmente descascada em pontos considerados críticos: próximo ao ralo do box (abaixo do chuveiro), na área de serviço (uma hipótese é a radiação solar aliada à umidade) e próximo aos pilares (talvez por ser mais difícil retirar a cera destes locais).

Tabela 3 – Subsistema Piso

REQUISITOS	CRITÉRIOS
<b>1. Estanqueidade</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• manchas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• não deve apresentar manchas de umidade sob a laje;</li> <li>• os barrotes não devem apresentar sinais de apodrecimento ou fungos;</li> </ul>
<b>2. Durabilidade</b> tratamento superficial/ desagregação/ apodrecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• cimentado nivelado, com superfície lisa e uniforme, sem descolamento;</li> <li>• barrotes sem sinais de fungos e apodrecimento;</li> </ul>

### 3.2.3. Subsistema Estrutura

A estrutura encontra-se pintada com stain marrom e visualmente apresenta-se em boas condições.

Foi solicitado à Florestas Rio Doce SA que conferisse o prumo dos painéis, cujos resultados atenderam aos critérios estabelecidos.

A escada apresenta problema estruturais (seu guarda-corpo oscila mais que 3 mm). Provavelmente esse problema decorre do fato da escada, por estar exposta à incidência solar direta e chuva, é o que mais recebe manutenção. Já teve seus degraus e o corrimão repostos 2 vezes e no ponto de contato com o solo a peça vertical possui fungos, manchas e sinais de apodrecimento. Conclui-se que para situações adversas torna-se necessário o uso de peças tratadas em autoclave para evitar a troca da peça em intervalos reduzidos de tempo.

Tabela 4 – Subsistema Estrutura

REQUISITOS	CRITÉRIOS
<b>1.Segurança Estrutural</b> • prumo	• tolerância de 3 mm
<b>2. Durabilidade</b> tratamento superficial/ desagregação/ apodrecimento	• os pilares e vigas não devem apresentar sinais de apodrecimento ou fungos;

### 3.2.4. Subsistema Vedação

Foram analisados os requisitos de segurança estrutural, durabilidade e estanqueidade.

A primeira visita mostrou que os maiores problemas situam-se na interface dos pilares com a vedação. Com relação às juntas dos pilares/vedação, calculou-se que são 240,00 ml de juntas possíveis de serem encontradas (cada pilar pode ter até 10,00 m de juntas; para um total de 24 pilares). Deste total foram observados 106, 10 ml de juntas abertas. Os motivos levantados de tão elevada incidência são: utilização de madeira “verde” e principalmente a manutenção executada em 1996, quando todos os “chanfros” na ligação pilar/parede foram fechados, ficando uma fina camada de reboco novo sobre o antigo (difícil aderência entre eles).

A pingadeira encontra-se em bom estado, ressalva para uma pequena área de desagregação. Apesar disso, atende aos critérios estabelecidos, pois sua área é pequena quando comparada ao perímetro da casa.

### 3.2.5. Subsistema Cobertura

A cobertura não apresenta deflexões visíveis, mas problemas de estanqueidade. O tipo de acabamento do beiral se mostrou insatisfatório, levando ao aparecimento de manchas nos caibros externos e topo da terço.

Tabela 5 – Subsistema Cobertura

REQUISITOS	CRITÉRIOS
<b>1. Durabilidade</b>	• não deve apresentar deflexões;
<b>2. Estanqueidade</b>	• não deve apresentar vazamentos e manchas de umidade

### 3.2.6. Subsistema Esquadrias

Com relação à durabilidade, as portas e janelas empenaram por terem sido feitas com madeira não totalmente seca. Foi necessário providenciar a troca de algumas delas. As portas permaneceram iguais mas as janelas foram trocadas por um modelo com moldura e almofada de frisos verticais de 1, 5 cm (mais leves, menos probabilidade de empenar porque a secagem fica mais fácil).

Tabela 6 – Subsistema Esquadrias

REQUISITOS	CRITÉRIOS
<b>1. Durabilidade</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Apodrecimento</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• não deve apresentar deformações e sinais de apodrecimento; (desagregação!!!)</li></ul>
<b>2. Estanqueidade</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• manchas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• não deve apresentar vazamentos e manchas de umidade;</li></ul>

### 3.2.7. Subsistema instalações hidro-sanitárias

Instalações sem problemas de vazamento ou manchas visíveis.

## 3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

MARTUCCI, R. USP. EESC. DAU. Grupo de Pesquisa Archtec. **Relatório final:** análise e avaliação de desempenho da Vila Tecnológica de Ribeirão Preto COHAB/PROTECH. São Carlos, 1997. Coordenador: Prof. Dr. Ricardo Martucci.

NEVES, Célia. Desempenho de paredes de edificações em uso: metodologia de avaliação. In: **Simpósio Ibero-americano sobre técnicas construtivas industrializadas para habitações de interesse social**, 18/22 out. 93. São Paulo, 1993.

ROSSO, Teodoro. **Racionalização da construção**. São Paulo: FAUUSP, 1980

SOUZA, Roberto de. **Noções sobre o conceito de desempenho aplicado a habitação**. São Paulo: FAUUSP, 1978.

FRANCO, L. S. **Aplicação de diretrizes de racionalização para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1992.

MITIDIERI FILHO, C. V. **Avaliação de desempenho de componentes e elementos construtivos destinados a habitações: proposições específicas a avaliação de desempenho estrutural**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1998.