



## **Tecnologia alternativa para habitação com painéis pré-fabricados compostos por argamassa e garrafas plásticas recicladas.**

Thaís L. Provenzano <sup>1</sup>

Eleandro Catto <sup>2</sup>

Fernando Barth <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo- UFSC- thaispro@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo- UFSC-eleandro@arq.ufsc.br

<sup>3</sup>Prof. Dr.do Departamento de Arquitetura e Urbanismo - UFSC - ferbarth@arq.ufsc.br

### **Resumo**

Este trabalho mostra a viabilidade construtiva de uma casa pré-fabricada com painéis executados com garrafas plásticas recicladas, fruto de pesquisa realizada junto ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC. As garrafas são lavadas e cortadas, formando tubos que constituem o núcleo central dos painéis de parede. Os painéis recebem armadura de aço no perímetro e são envoltos por argamassa de revestimento, o que propicia o acabamento final da parede. O ar contido nas garrafas melhora o desempenho térmico da vedação, tornando-a mais leve e facilitando a montagem da casa. A reutilização das garrafas contribui para a minimização de resíduos de lenta decomposição nos aterros sanitários, e incentiva a coleta seletiva e a profissionalização dos catadores de resíduos urbanos. Estas práticas contribuem para a construção sustentável de moradias, na medida em que promovem ações que minimizam os impactos ambientais e estimulam ações sociais voltadas a população de baixa renda.

Palavra chave: Tecnologia, habitação, painel, pré-fabricado.

### **1 Introdução**

Na atualidade, a oferta de soluções para a construção de habitações não consegue satisfazer o déficit habitacional brasileiro que é cerca de sete milhões de unidades. Propostas para atender estas demandas devem considerar as diferenças peculiares em nosso país tais como as condições sócio-econômicas regionais, a diversidade climática e a disponibilidade de materiais. No setor habitacional, segundo Picchi (1993), predomina a crença de que qualidade, prazos de execução e custos são requisitos conflitantes, e que a melhoria de um deles resulta em perda de desempenho dos outros.

Os desperdícios de materiais, a geração de entulhos, o uso de mão-de-obra pouco especializada e a falta de um projeto de produção, conduzem a uma construção pouco racionalizada onde as perdas de recursos materiais e humanos são cumulativas. O panorama da indústria da construção civil brasileira apresenta um avanço tecnológico ainda lento em virtude do pouco desenvolvimento e da escassa racionalização da sua produção. A competitividade, traduzida na relação preço/qualidade, prioriza o baixo custo da construção em detrimento do desenvolvimento de novos processos de produção e de organização do trabalho. A arquitetura, desde os seus primórdios, tem utilizado técnicas de fabricação que



vão desde os sistemas artesanais, que empregam basicamente matérias-primas com pouco ou nenhum beneficiamento, até sistemas altamente industrializados, onde novos conceitos de produção, design, pesquisa e desenvolvimento são incorporados.

Segundo a Agenda Habitat (1996), os métodos e tecnologias de construção para um desenvolvimento sustentável devem ser disponíveis no local, apropriados ao uso a que se destinam, de custo razoável e comprometido com o meio ambiente, de modo a enfatizar o uso dos recursos humanos e a incentivar métodos poupadores de energia. A cadeia produtiva da construção civil apresenta grandes impactos ambientais em todas as etapas do seu processo de extração de matérias-primas e de produção de materiais de construção.

A concepção de uma habitação sustentável pressupõe, segundo Costa Filho et al.(2000), a compatibilização de dois grupos de variáveis: em um deles estão as variáveis relativas à produção e ao funcionamento da habitação; no outro, estão aquelas relacionadas com a preservação do meio ambiente. A escolha de materiais e dos sistemas construtivos deve ter como referência a sua influência no meio ambiente e uma análise do ciclo de vida. Esta análise faz com que as indústrias passem a considerar as questões associadas aos sistemas de produção tais como insumos, matérias-primas, manufatura, distribuição, uso, disposição, reuso e reciclagem. Neste trabalho detalha-se o projeto e o desenvolvimento de componentes com garrafas plásticas reciclados num sistema construtivo que busca a produção industrializada e a rapidez de montagem da habitação.

## 2 Reciclagem das garrafas plásticas

As garrafas plásticas tipo PET, Poli-tereftalato de Etileno, são formadas por polímero termoplástico, sendo utilizado na fabricação de garrafas e embalagens de diferentes produtos, conforme mostrado na figura 1a. Este produto proporciona alta resistência mecânica, oferecendo ao consumidor embalagens substancialmente mais baratas e seguras. Entretanto este tipo de plástico necessita de centenas de anos para sua deterioração, o que após o seu uso costuma causar grande impacto ambiental na forma de resíduos urbanos. Descartado de forma errada geram poluição nos rios, praias e ruas, entupindo galerias pluviais e aumentando consideravelmente o volume dos aterros sanitários, conforme mostra a figura 1b.



Figura 1: a - Fabricação das garrafas plásticas e b - descarte das garrafas em rio fluminense. Fonte: Samuel Martins.

As embalagens que seriam atiradas no lixo podem ganhar o status de matéria-prima, e serem recuperadas e separadas por cor e prensadas. O processo seletivo é necessário para que os produtos tenham uniformidade e qualidade, facilitando assim sua inserção no mercado. As garrafas podem ser reutilizadas ou processadas para a fabricação de novos produtos. A Indústria têxtil é o setor que mais utiliza o PET reciclado, cerca de 41%, seguido pelos fabricantes de não-tecidos e cordas, sendo que a cada dia surgem novas aplicações, tais como:



telhas, placas e tubos de esgoto. Segundo a Abipet (2006), no Brasil 40% das embalagens pós-consumo são efetivamente recicladas. As garrafas são recuperadas pelos catadores e pela coleta seletiva operada por municípios.

### 3 Desenvolvimento de um sistema construtivo com reciclagem de materiais

O surgimento de novos materiais, componentes e insumos tem sido uma das maiores fontes de mudança na tecnologia construtiva. Os produtos que chegam ao canteiro de obras são cada vez mais industrializados, sendo que os produtos da construção apresentam processos de inovação muito semelhante ao dos demais produtos industrializados. Segundo Rezende et al.(2004), entre os principais fatores para a indução de inovação na tecnologia construtiva das edificações destacam-se o surgimento de novos materiais, as características e qualificação da mão-de-obra; normas e legislações; custo de implantação, e os mediadores da inovação, innovation brokers<sup>1</sup>, que podem ser representados por universidades, centros e institutos de pesquisas.



Figura 2: a – vista frontal da Casa Pet e b - vista frontal da casa ampliada

### 4 Proposta de projeto para habitação de interesse social

Neste trabalho é proposto o projeto de habitação de interesse social que utiliza as garrafas plásticas recicladas na fabricação de painéis de parede e de cobertura, denominado de Casa Pet. As garrafas são incorporadas no interior dos painéis melhorando o desempenho térmico, diminuindo seu peso e conferindo maior espessura da parede e rigidez no conjunto da habitação. Além de reduzir a poluição ambiental esta solução também contribui para a redução dos custos, na medida em que substitui outros materiais, tais como tijolos, blocos cerâmicos e de concreto.

Na concepção da Casa Pet, mostrada na Figura 2, buscou-se apresentar solução para dois problemas relevantes: o déficit habitacional brasileiro e a reciclagem e reaproveitamento das garrafas plásticas. Como primeira solução, adotou-se um processo de pré-fabricação de painéis que podem ser desenvolvidos na indústria ou no próprio canteiro de obras através de um projeto racionalizado, com flexibilidade compositiva suficiente para atender as demandas atuais e futuras dos usuários. A leveza e a rigidez dos painéis pré-fabricados facilitam a produção, o transporte e a montagem das habitações. As técnicas de pré-fabricação são utilizadas de modo a aumentar a produtividade na fábrica ou até mesmo no canteiro de obra, gerando mão-de-obra treinada e reduzindo custos e desperdícios na construção.

O projeto proposto busca satisfazer as necessidades básicas e iniciais dos usuários, configurada no módulo embrionário, como mostra a figura 3. Também é prevista a futura



ampliação, de modo a atender as exigências de crescimento e evolução social dos usuários. O módulo inicial da habitação apresenta dois dormitórios com banheiro, cozinha e sala integradas, área de serviço e varanda, totalizando 50,70m<sup>2</sup>, buscando atender o programa de necessidades para uma família com dois ou três filhos.

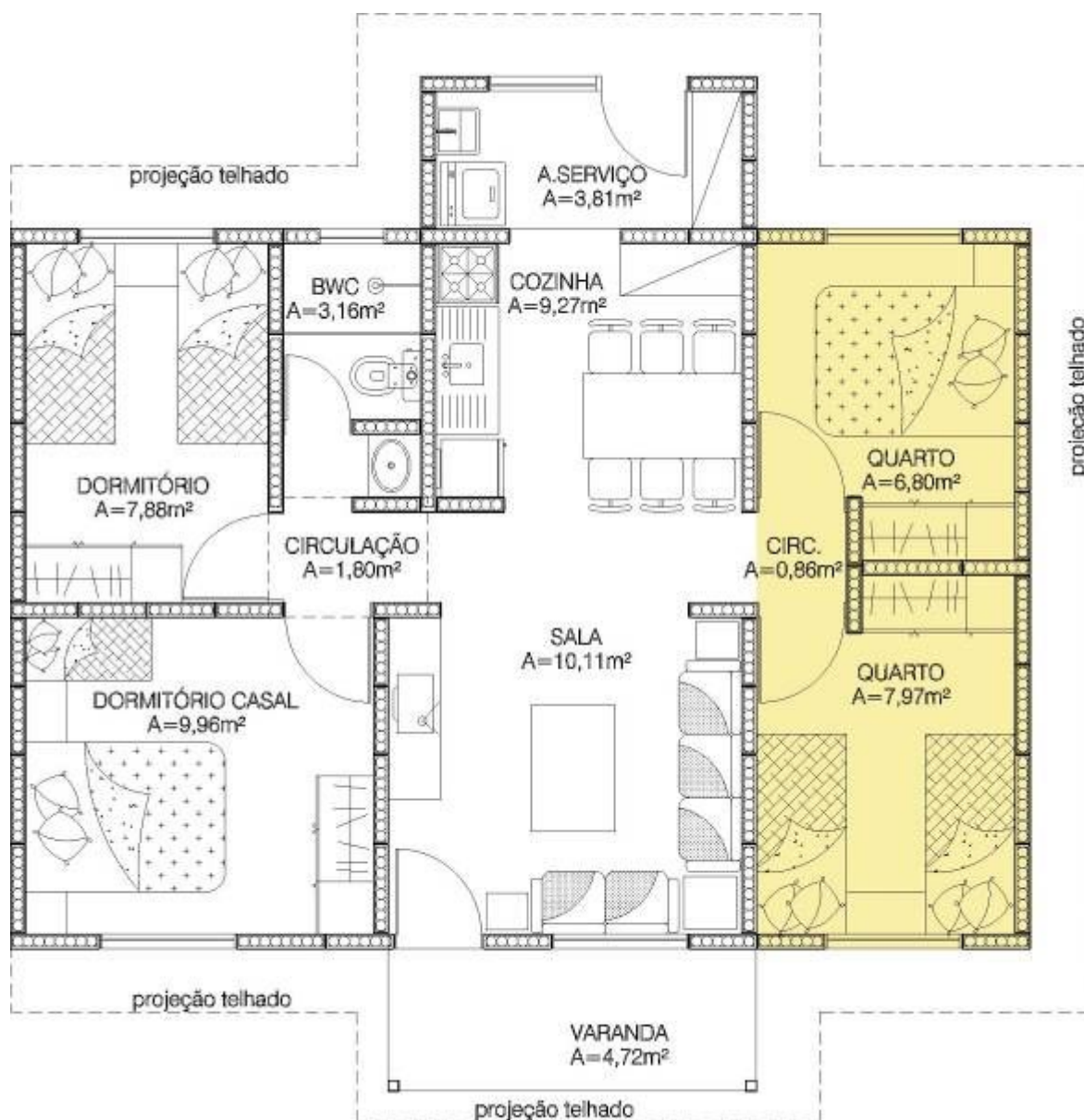


Figura 3 – Planta baixa da casa com opção de ampliação de dois dormitórios adicionais.



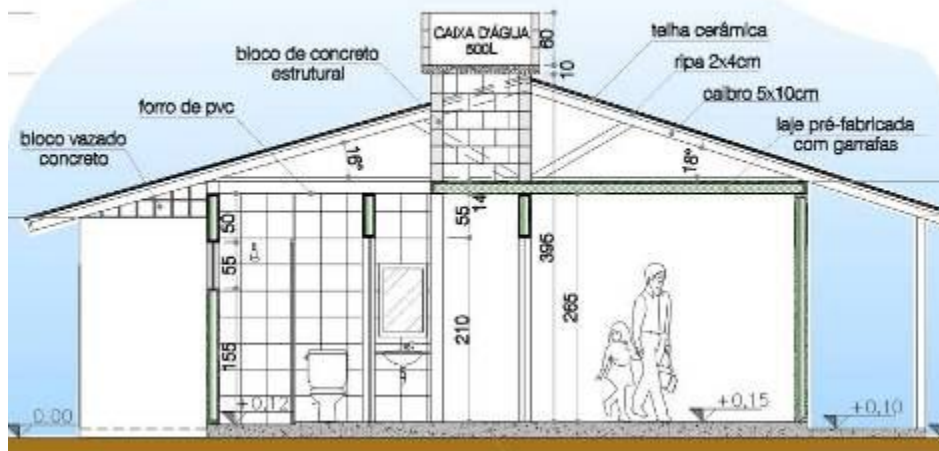


Figura 4 – Seção longitudinal da habitação.

## 5 Sistema construtivo composto com painéis de argamassa e garrafas plásticas.

O sistema é constituído por painéis portantes pré-fabricados, que formam as paredes e as lajes de piso e de cobertura da habitação. A fundação é do tipo radier, formada por uma laje armada de 12 cm de altura onde são apoiados os painéis de parede. Estes painéis apresentam comprimento de 260 cm, conformando o pé-direito da habitação, como mostra a figura 4, sendo montados sobre a laje conforme mostra a figura 5 a. A cobertura é formada por uma laje plana com painéis pré-fabricados que também utilizam as garrafas plásticas em seu interior, mostrados na figura 5 b.



Figura 5: a - montagem dos painéis de parede e b - colocação dos painéis de cobertura.

Após a concretagem do capeamento final da laje de cobertura, que unifica os painéis planos, é executada a cobertura com estrutura de madeira e telhas cerâmicas, que melhoram o isolamento térmico e garantem a estanqueidade conforme mostra a figura 6 a e 6b.



Figura 6: a – execução da estrutura da cobertura e b - colocação de telhas.

Os painéis pré-fabricados podem receber diferentes tipos de revestimentos e pinturas nas paredes. Os revestimentos de banheiros e a parede da cozinha onde está localizada a pia podem ter azulejos até a altura do teto, recobrendo totalmente as juntas entre os painéis. As características deste processo buscam minimizar os preconceitos que os usuários tem com as casas pré-fabricadas, fazendo com que sua aparência final seja a de uma construção convencional.

## 6 Processo de fabricação dos painéis

Os painéis pré-fabricados são executados com argamassa de cimento e areia, e núcleo interno com garrafas plásticas recicladas. Para a sua fabricação são utilizados moldes, que podem ser de diversos materiais, tais como madeira, aço ou fibra de vidro, dependendo da escala de produção. As garrafas plásticas são cortadas na sua base e encaixadas formando colunas que posteriormente são unidas lateralmente com fita adesiva e colocadas dentro dos moldes, conforme mostra a figura 7 a e 7 b.



Figura 7: a – preparo dos moldes e encaixe das garrafas e b- argamassa de base com colocação de garrafas e armaduras.

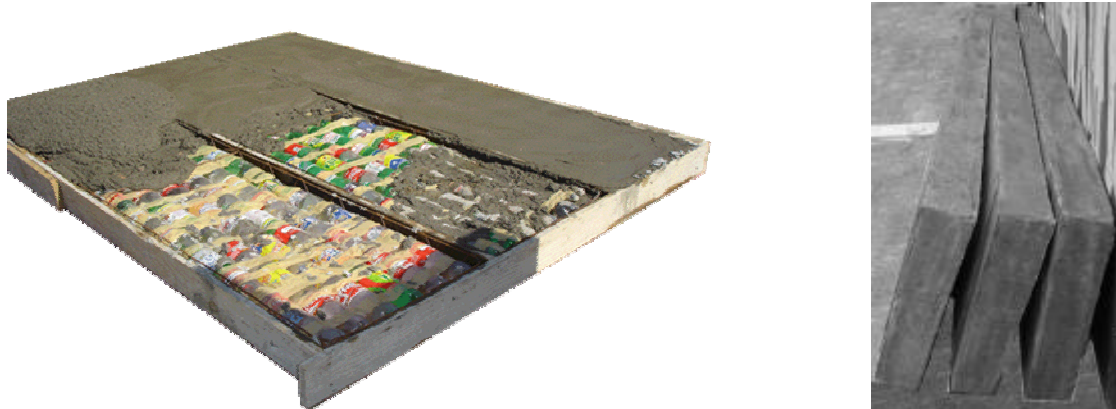


Figura 8: a - colocação da argamassa de revestimento e b - desmolde dos painéis de vedação.

Os painéis foram fabricados com dimensões de 65x265x14cm no Laboratório de Sistema Construtivos da UFSC e utilizados posteriormente para a análise do desempenho estrutural através de ensaios laboratoriais. A concretagem de uma das superfícies do painel é realizada sobre o fundo do molde, colocando-se 20 mm de argamassa de cimento e areia com aditivo plastificante na proporção 1:3. São colocadas armaduras de reforço CA-60 com diâmetro de 5 mm na forma de treliças planas, em todo o perímetro do painel, para reforço do quadro do painel. Na figura 6 a são mostradas as nervuras perimetrais de reforço sendo preenchidas com argamassa, realizadas conjuntamente com a regularização da camada de argamassa com espessura de 20 mm, totalizando painéis com espessura total de 14 cm, conforme mostrados na figura 8 a e 8 b.

## 7 Considerações Finais

A reutilização de garrafas plásticas como subproduto para a pré-fabricação de elementos construtivos mostrou-se adequada na substituição dos materiais convencionais de vedação, reduzindo desperdícios e ociosidades, incentivando a coleta seletiva de resíduos, e incrementando a sustentabilidade da edificação. O uso das garrafas conduziu a uma redução de peso dos painéis e melhoria do seu desempenho térmico. Os resultados deste trabalho demonstraram a viabilidade técnica do sistema construtivo proposto; a flexibilidade dos processos projetuais e de produção; e sua adequação ambiental para a construção de habitações de interesse social. Os moldes de madeira utilizados apresentaram desempenho satisfatório pela manutenção de suas dimensões e formas durante a fabricação e desmolde dos painéis. No entanto para a produção em escala destes painéis sugere-se que sejam utilizados moldes metálicos.

A limpeza, corte e encaixe das garrafas exige um tempo maior de trabalho uma vez que as garrafas são cortadas e encaixadas individualmente. Sugere-se que para a fabricação em escala destes painéis seja utilizado o sistema de trabalho sequencial, onde cada grupo de pessoas execute um único tipo de ação. A inserção de algum equipamento que corte a base das garrafas e mantenha o padrão das dimensões das mesmas pode tornar o trabalho ágil e preciso. As treliças metálicas, utilizadas como reforço estrutural, podem ser fabricadas na obra ou industrializadas, sendo sugerido a utilização desta última, pois o padrão dimensional, a facilidade e a rapidez de montagem são fatores que otimizam e mantêm o padrão industrial que se pretende dar a este sistema construtivo.



# 1º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 29 a 31 de Outubro de 2008

A execução dos painéis possibilitou uma avaliação da construtividade dos mesmos e da eficácia do sistema proposto. Observa-se, no entanto, que a construção da habitação poderá trazer resultados mais significativos quanto à viabilidade econômica do sistema construtivo.

## Referências

ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET. Disponível em: <http://www.abipet.com.br>. Acesso em: 01/04/2006.

Agenda Habitat – Original em: UNITED NATIONS. Habitat Agenda and Istanbul Declaration. 1996. Disponível em: [http://www.unhabitat.org/declarations/habitat\\_agenda.htm](http://www.unhabitat.org/declarations/habitat_agenda.htm)

COSTA FILHO, A.; BONIN, L.C; SATTTLER, M.A. Tecnologias sustentáveis em habitações destinadas à população de baixa renda. Salvador, BA. 2000. v.1 p.196-203 il.. In: ENTAC, 8º, Salvador, 2000. Artigo técnico.

PICCHI, F.A.; AGOPYAN, V. Sistemas da qualidade na construção de edifícios. São Paulo: EPUSP, 1993. (Boletim Técnico do Departamento de Engenharia de Construção Civil da USP, BT/PCC/104).

REZENDE, Marco Antônio Penido de; ABIKO, Alex Kenya. Fatores da inovação tecnológica nas edificações. São Paulo, SP. 2004. 15 p. CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo, SP. (2004).