

### III-341 - REAPROVEITAMENTO DE GARRAFAS PET PARA CONSTRUÇÃO DE CASAS COM ANÁLISE DO CONFORTO AMBIENTAL

**Aliciane Silva Sousa<sup>(1)</sup>**

Graduanda de Engenharia Ambiental do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM.

**Bruna Kelly Souza**

Graduanda de Engenharia Ambiental do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM.

**Cybelle Silva de Figueiredo**

Graduanda de Engenharia Ambiental do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM.

**Heline Santana Modesto Neves**

Engenheira Sanitarista pela Universidade Federal do Pará. Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. Professora do Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua: João Fernandes Caraipuna, Nº 322, Quadra:342, Lote:15 - Bairro – Vila dos Cabanos Barcarena - PA - CEP: 68.447.000 – Brasil - Tel: (091) 3754- 3018 - e-mail: [alicianesousa@yahoo.com.br](mailto:alicianesousa@yahoo.com.br)

#### RESUMO

O presente trabalho tem como cunho principal a construção de um protótipo de uma casa com o uso de garrafas PET para avaliação da sua viabilidade técnica e econômica, enfatizando seu conforto ambiental – térmico e acústico. Para isso foram feitos comparativos com outros dois protótipos construídos de diferentes materiais, que normalmente são utilizados para construção de casas, tais como: madeira e tijolos. Propondo desenvolver alternativa para o reaproveitamento de garrafas PET, em substituição a tijolos cerâmicos na construção de casas, proporcionando redução do seu descarte no meio ambiente, baixando o custo de construção e tendo como diferencial o conforto térmico e acústico, comprovado através de avaliações ambientais realizadas nos protótipos construídos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reutilização de Garrafas PET, Impactos Ambientais, Conforto Ambiental e Custo.

#### INTRODUÇÃO

Atualmente tem aumentado o interesse na investigação de novos materiais alternativos para o uso na construção civil, com o objetivo de tornar a sociedade, e as construções nela inserida, mais sustentáveis (SARTORI E PINHO, 2006).

Existe uma carência muito grande de moradias no Brasil, cerca de 7,2 milhões de famílias é desabrigada, uma grande parte dessas famílias encontram-se no interior, além disso, existem milhões de moradias impróprias ou precárias, em especial no Nordeste, por falta de programas de financiamento. Mas a questão socioeconômica não deve ser a única a ser estudada, optar por estudos de materiais e técnicas construtivas alternativas e diversificadas pode ser a opção para o déficit habitacional do país, barateando o investimento e sugerindo novas maneiras de construir (TROLES, 2010).

Sabe-se que o desenvolvimento tecnológico e industrial tem trazido grandes benefícios à qualidade de vida das pessoas e sociedade. Porém, como resultado desse desenvolvimento, muitas vezes a exploração dos recursos naturais e geração de resíduos, têm colocado em risco a própria sustentabilidade do planeta. São vários os tipos de resíduos produzidos na sociedade contemporânea e entre os resíduos que são produzidos em larga escala, e o PET está em segundo lugar, segundo (SILVA, 2010).

O Brasil produz diariamente cerca de 150 mil toneladas de resíduos sólidos, mas apenas 13,4 mil, ou 9%, são recicladas, segundo o Informe Analítico da Situação da Gestão Municipal de Resíduos Sólidos no Brasil, do Ministério das Cidades (IDEC, 2006). O restante, 135,6 mil toneladas, é destinado a aterros sanitários (32%), aterros clandestinos (59%) ou lançados diretamente nas ruas e terrenos baldios, causando problemas ao meio ambiente e gerando sérios riscos à saúde pública. As embalagens de alimentos representam cerca de dois terços do volume total de resíduos sólidos produzidos pela uma população brasileira, o que representa um desperdício anual de R\$ 6,3 bilhões, ou seja, 31.640 toneladas de material reciclável (ou reaproveitável), que é descartado (IDEC, 2006).

O PET é um dos plásticos mais questionados pelos movimentos ambientalistas, sendo considerado o grande “vilão” dos resíduos sólidos porque obstrui galerias, rios e córregos, prejudicando o sistema de drenagem das águas das chuvas e agravando as consequências de enchentes. O CEMPRE (2005) contabilizou que somente as regiões metropolitanas do Brasil com 15 milhões de domicílios e 50 milhões de pessoas, consumiram em 2004, 6 bilhões de embalagens PET. Para esta instituição, o correto equacionamento da logística reversa das embalagens é que vai viabilizar a reciclagem de diversos materiais, inclusive o PET. Como se sabe, a degradação do resíduo plástico abandonado é extremamente lenta, podendo levar décadas ou mesmo séculos (GORNÍ, 2004).

As condições de salubridade são aspectos que devem ser considerados nos estudos de qualquer técnica construtiva, portanto, este trabalho buscou comparar as vantagens econômicas e o conforto ambiental, na construção de protótipos de casas com três tipos de materiais (madeira, tijolo e PET), realizando avaliações quantitativas de calor e ruído nos protótipos construídos. A garrafa PET torna-se assim um meio alternativo ao uso do bloco cerâmico e da madeira para a construção de casas, poupando a extração de recursos naturais como o barro e a madeira.

## METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO

A fim de comprovar a redução de custo, a viabilidade da construção de casa com garrafa PET, e o seu diferencial em relação ao conforto ambiental (Térmico e Acústico), foi desenvolvido a construção de dois protótipos de casas, com materiais que normalmente são utilizados na construção civil que são madeira e tijolo e para efeito de comparação e comprovação foi construído o protótipo de garrafa PET, que é o alvo do tema proposto neste artigo. Todos os três protótipos foram construídos com as mesmas dimensões de 50 cm x 50 cm e cobertos com o mesmo tipo de material, telha fibrocimento. As técnicas de construção utilizada para confecção dos protótipos foi orientado por uma profissional da área de construção Civil.

### Detalhamento da Construção do Protótipo de PET

Foram utilizadas na construção deste protótipo, de tamanho 0,25 m<sup>2</sup>, 220 garrafas de 1 litro, arrecadadas em bares e lanchonetes. Após coleta das garrafas todas foram enchidas com areia de construção, para maior consistência da garrafa e construção das paredes conforme mostra à foto (*Figura 1*), esta etapa é extremamente necessária para dar maior sustentabilidade à estrutura da parede a ser construída.



**Figura 1 – Modelo de PET usada na construção**  
**Fonte: Dados da Pesquisa**

A montagem da parede se dá por meio da disposição da garrafa na sua posição horizontal e intercalar, acoplando uma garrafa sobre o vão da fileira de baixo, e nos seus intervalos é usado massa de cimento para fixação e sustentabilidade. Tudo isso feito com auxílio de amarração das mesmas com uso de fio de encerado para evitar escorregamento da pilha de PET montadas (*Figura 2*).

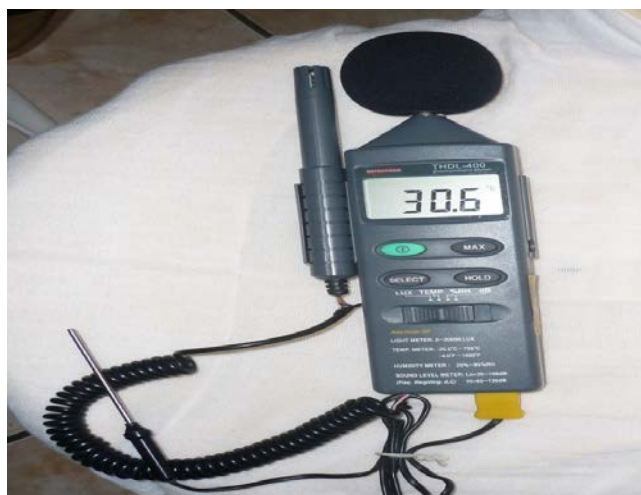


**Figura 2 - Posição, amarração e acoplamento das PET's**  
**Fonte: Dados da Pesquisa**

## **Avaliações do Conforto Ambiental (Térmico e Acústico)**

### **Avaliação do Conforto Térmico**

O conforto térmico é definido como sendo a sensação de bem estar relativo à temperatura ambiente (ECOCASA, 2010), portanto para uma exata avaliação do conforto térmico produzido pelo protótipo de PET, em comparação aos outros protótipos (Madeira e Tijolo) foi necessário medir duas variáveis, pois segundo a ASHRAE, (2010) (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) para quantificar o conforto, deve-se levar em consideração a temperatura e a umidade relativa do ar. Portanto, foram levantadas as coletas das variáveis necessárias para quantificar o conforto térmico dos protótipos, para a isto foi utilizado o instrumento de medição da Itest, marca Instruterm THDL- 400, precisão:  $\pm 3\%$  da leitura +  $2^{\circ}\text{C}$  ou  $\pm 3\%$  da leitura +  $2^{\circ}\text{F}$  (Figura 3), aparelho indicado para a medição de temperatura e umidade relativa do ar e pressão sonora.



**Figura 3–Instrumento de Medição de Temperatura, Umidade Relativa do Ar e Sonoro.**  
**Fonte: Dados da Pesquisa**

Os protótipos foram dispostos (Figura 4) um ao lado do outro, exposto a intempéries e qualquer outro evento que pudesse contribuir nas medidas registradas. O instrumento usado foi colocado no interior dos protótipos, com tempo de permanência de 1 min. Foram realizadas três medições diárias por dois dias consecutivos no interior dos três protótipos construídos, uma no período da manhã, outra no período da Tarde e outra no período da noite.





**Figura 4– Disposição dos protótipos para avaliação do conforto ambiental**  
**Fonte: Dados da pesquisa**

Para análise dos dados foi feita a comparação entre os registros coletados em cada protótipo, e por fim foi feita uma análise das diferenças entre temperatura e umidade relativa do ar de todos os dados coletados.

### **Avaliação do Conforto Acústico**

Para a avaliação do conforto acústico foi utilizado decibímetro Digital marca Instruterm, modelo THDL 400, sua precisão é cerca de  $\pm 3,5\text{dB}$ . Foram realizadas medições do ruído, instalando o instrumento no interior dos protótipos, e permanecendo por tempo de 1 min. (Figura 5), foram realizadas coletas durante três períodos, manhã, tarde e noite.



**Figura 5 – Coleta de Dados de Ruído dos Protótipos**  
**Fonte: Dados da Pesquisa**

Para análise dos dados realizou-se a comparação entre os registros coletados em cada protótipo, e por fim uma análise das diferenças de ruído verificado em cada protótipo dos dados coletados, assim como também foram levantados os custos gasto com cada protótipo para comparação (Tabela 1), (Tabela 2), (Tabela 3).

### **Custo por protótipo**

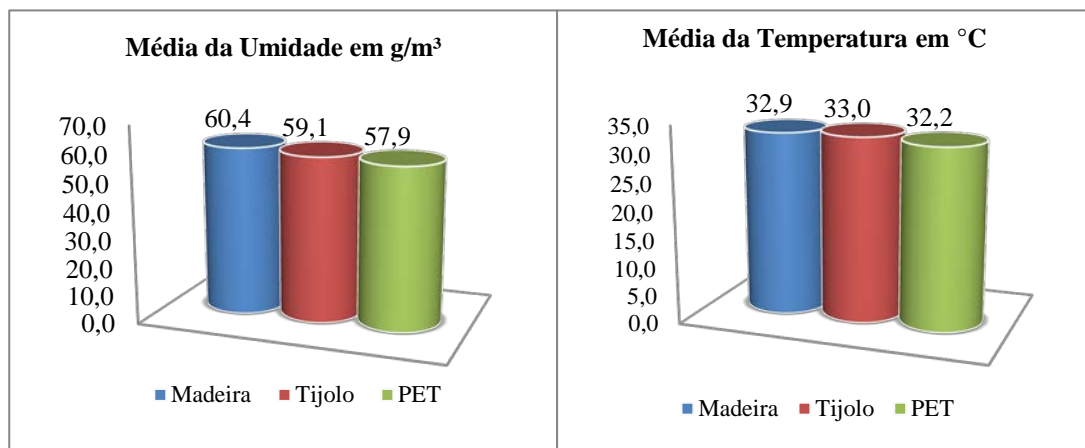
Os três protótipos foram construídos do mesmo tamanho, ou seja, os espaços internos foram iguais a todos, isso se deu de forma intencional de forma que fossem realizados os cálculos igualitariamente o custo por espaço construído para cada protótipo. Todos os materiais utilizados em cada protótipo foram tomados notas e as informações alimentadas em tabelas constando tipo de material, dimensões, quantidade e custo.

De forma que ao fim da construção dos protótipos pode-se calcular o valor investido em cada um, podendo assim avaliar a viabilidade financeira do protótipo de PET comparado aos outros. A importância desta etapa do projeto foi primordial, pois sendo a moradia eleita dentre as necessidades básicas de um ser humano, surgindo neste contexto problemas sócios econômicos e ambientais a serem desvencilhados, pois os custos de uma casa pesam tanto para o construtor, como também interferem no meio ambiente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Conforto Térmico

De acordo com a análise dos dados obtidos, pode-se observar que o perfil de comportamento do protótipo de PET se mostrou menos quente e menos úmido em comparação aos dois outros protótipos, conforme se observa nos gráficos (Figura 6).



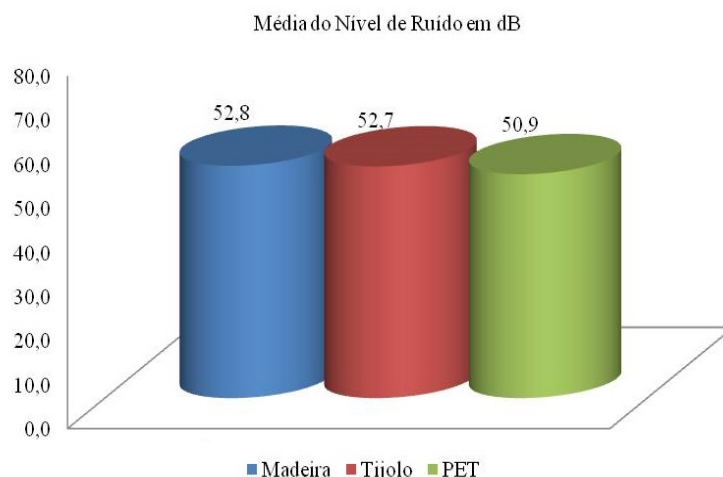
**Figura 6 - Gráfico Comparativo das Médias de Temperatura e Umidade Relativa do Ar**

Conforme Lamberts (2004 p. 40-41), o conceito de conforto térmico é o reflexo de satisfação com o ambiente que envolve a pessoa. A sensação de conforto varia conforme o estado das condições climáticas locais, a quantidade de roupa que a pessoa está usando e a atividade que ela está desempenhando. Portanto as avaliações realizadas nos protótipos mostram um indicativo que o conforto no ambiente do protótipo de PET se mostra mais favorável comparado aos outros dois. Dessa forma, desenvolver o produto imobiliário pensando em satisfazer as necessidades de conforto térmico dos clientes da edificação, além de proporcionar sensação de bem-estar entre os usuários do edifício, acaba minimizando os gastos energéticos da edificação, gerando mais satisfação do produto.

### Conforto Acústico

O isolamento acústico/sonoro se refere à capacidade de certos materiais formarem uma barreira, impedindo que a onda sonora passe de um ambiente a outro. É importante lembrar que o som não atravessa as paredes e sim as faz vibrar. A energia mecânica de vibração da parede transmite movimento ao ar, gerando ondas sonoras, portanto quanto mais leve a parede, mais facilmente passa a vibrar. (GREVEN, 2006).

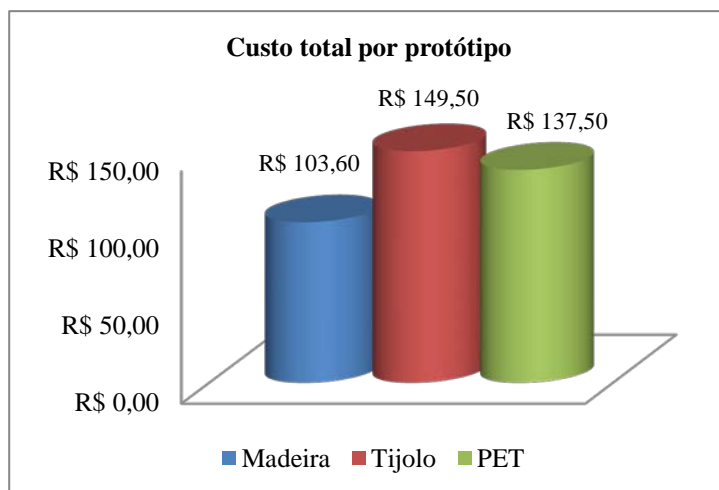
Sendo assim em relação ao conforto acústico, o protótipo de garrafas PET mostrou-se mais favorável em relação aos outros no que tange a ação mecânica do som, conforme mostra o gráfico (Figura 7). Isso se deve ao fato de que a parede do protótipo de PET é mais espessa e com mais espaços preenchido em comparação aos outros protótipos. O protótipo de madeira por ter uma parede mais fina é mais propício a vibrações do som, portanto apontou nas avaliações um menor desempenho neste quesito.



**Figura 7- Gráfico Demonstrativo da Média do Nível de Ruído em Decibéis**

### Custos Financeiros

Segundo os levantamentos realizados quanto ao custo de cada protótipo construído, permiti-se verificar que o de madeira em relação aos outros protótipos, mostrou-se mais viável economicamente conforme avaliação dos dados do gráfico a seguir (Figura 8). Importante ressaltar que a madeira utilizada na construção foi a mais barata encontrada no mercado, pois dependendo da madeira escolhida para a construção esta pode se tornar a mais desfavorável neste item.



**Figura 8 - Custo com a construção de cada protótipo**

Partindo do princípio de que tempo é dinheiro, um ponto a desfavorecer a construção com o material PET é o tempo que demanda para encher as garrafas uma a uma, necessitando de uma quantidade de mão de obra maior para que este tempo seja reduzido. Porém o de PET tem o diferencial de retorno para o meio ambiente proporcionando um novo destino para as garrafas descartáveis, assim como também o lado financeiro comparada com a construção de casa com tijolos convencionais.

### CONCLUSÃO

O conforto ambiental das edificações pode ser entendido como adequação ao uso do homem, respeitando condições térmicas, de acústica, de ventilação, de insolação, e visual, capazes de alterar o desempenho da edificação e seu contexto urbano. (LAMBERTS, 2004). Neste contexto, de acordo com as variáveis estudadas e discutidas neste artigo, comparando os dados coletados nos protótipos construídos, conclui-se que a

construção de casas com garrafas PET possui fatores favoráveis quanto ao conforto térmico e acústico, conforme identificado nas avaliações realizadas.

Segundo Greven, Fagundes, e Einsfeldt, o desempenho da edificação sob o aspecto de conforto acústico se faz necessário para promover ao homem o adequado desenvolvimento das suas atividades diárias (descanso, lazer ou trabalho). Além disso, o conforto acústico eficiente nos ambientes pode minimizar a incidência de estresse no homem, pois ambientes mais silenciosos facilitam a concentração.

Requisitos ambientais também devem ser considerados nos empreendimentos que pretendem atingir elevados níveis de satisfação dos seus clientes, sendo importante para observar o custo versus os benefícios proporcionados pela utilização de estratégias de projeto que melhoram o conforto térmico do empreendimento.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004, p. 51), adotar soluções construtivas que propiciem mais qualidade ambiental ao empreendimento imobiliário aumenta a qualidade de vida dos usuários da edificação, assim como a dos habitantes do entorno da edificação, pois as relações ambientais desenvolvem-se em diferentes escalas. Os reflexos de uma arquitetura que cria espaços mais agradáveis ao uso humano, sob a perspectiva ambiental, ultrapassam a satisfação dos clientes, pois melhora as relações econômicas e sociais do empreendimento.

Após as comparações, ao finalizar os orçamentos dos protótipos o de PET, o mesmo se mostra competitivo em termos financeiros, quando comparada com as construções convencionais com tijolos de barro, além de contribuir com o meio ambiente. Vale ressaltar que o custo deve ser analisado do ponto de vista do usuário final, pois os benefícios se estendem por toda a vida útil da edificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Reciclagem de PET no Brasil. Disponível em: <http://www.ambientebrasil.com.br/> < acesso em 17/09/2010>.
2. ECOCASA – Glossário. Disponível em: < [http://www.ecoca.org/e\\_glossario.php](http://www.ecoca.org/e_glossario.php)> Acesso em: 20/09/2010
3. IDEC – Instituto de Defesa do Consumidor. Do lixo quase tudo se aproveita. Revista do IDEC on line. Disponível em: <[http:// www.idec.org.br](http://www.idec.org.br)> acesso em 22/09/10
4. SARTORI, E.M.; Pinho, J.L.G. O Bambu como material de construção em um programa de inclusão social e geração de trabalho, renda e negócios. In: Conferência Brasileira sobre Materiais e Tecnologias não-convencionais na Construção Ecológica e Sustentável. 12 p. BRASIL NOCMAT 2006, Salvador. 1 CD ROM
5. SILVA, J.C.A.; GARAMVÖLGYI, M.; SENNA, B.; Aguiar, M.P. Desenvolvimento de produtos utilizando garrafas PET descartadas. Disponível em:<[www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref\\_pesquisa=227](http://www.canalciencia.ibict.br/pesquisas/pesquisa.php?ref_pesquisa=227)> Consultado em 13 de Setembro de 2010
6. GREVEN Hélio A, FAGUNDES, Hilton A. V., EINSFELDT Alan A. - ABC do Conforto Acústico - 2ª edição – revista Impressa em junho de 2006, Rio de Janeiro.
7. LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. Eficiência Energética na Arquitetura. 2. ed. São Paulo: Pro Livros, 2004.