

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO E LUMÍNICO DA APLICAÇÃO DE GARRAFAS PETS EM UM MODELO DE BAIXO CUSTO

Egon Vettorazzi (egon.vettorazzil@unila.edu.br); Helenice Maria Sacht (helenice.sacht@unila.edu.br); Pedro Henrique Martins (pedro.martins@aluno.unila.edu.br)

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA) - Brazil

Palavras chave: Iluminação Natural, Arquitetura bioclimática, Eficiência energética, Materiais alternativos.

O objetivo do presente estudo foi analisar a influência do uso garrafas PETs (politereftalato de etila) descartadas para iluminação natural em modelos de baixo custo e verificar o desempenho térmico e lumínico. Para isso, foi estudada a aplicação da garrafa PET em diferentes posições e realizadas medições em modelos de isopor com 50x50x50cm, no mês de setembro de 2015, em Foz do Iguaçu - PR. Para a medição dos níveis de iluminância foram utilizados luxímetros digitais, com céu limpo em três diferentes horários (10, 12 e 14h). Foram obtidas ainda, as temperaturas internas com o uso de dataloggers, para modelos com e sem a utilização de garrafas PET. Todas as medições foram realizadas simultaneamente, no interior e exterior do protótipo. Os resultados indicaram que o nível de iluminância interna no modelo com a garrafa PET posicionada no topo variou de 227 a 3560 lux. Em relação à temperatura interna, os resultados indicaram que o uso da garrafa PET não acarreta aumento de temperatura no interior do modelo.

1. INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de energia no mundo, recentemente impulsionado pelo crescimento acelerado dos países em desenvolvimento, entre eles o Brasil, vem aportando impactos significativos na economia em escala global. A demanda de energia cresce exponencialmente e repercute no custo da energia, impactando de maneira generalizada no preço de diversos produtos essenciais para a vida moderna e, ao mesmo tempo, se intensificam os problemas ambientais como o aquecimento global, aumento do buraco de ozônio, emissão de CO₂, a escassez de água entre tantos outros.

Nesse cenário de mudanças climáticas, a arquitetura tem um papel fundamental. As edificações são responsáveis por 40% do consumo de energia primária e por 24% da emissão de gases com efeito de estufa (SHC/IEA, 2018). No Brasil as edificações consomem 51,1% da energia elétrica, o setor residencial é responsável por 25,6%, seguido do setor comercial, com 17,2%, e do setor público, com 8,3% (EPE, 2017). O consumo com iluminação, corresponde a 14% do consumo das edificações residenciais no Brasil (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A diminuição do consumo de energia representa um grande benefício social, tanto pela diminuição do impacto ambiental, quanto pela redução de gastos públicos para a produção de energia. O investimento antes gasto com o consumo energético pode ser revertido para outras necessidades dos moradores, como educação, cultura, lazer e saúde, aumentando a qualidade de vida e movimentando a economia do país. Nesse sentido, a demanda mundial por eletricidade conduz a necessidade de substituição da forma convencional de geração e uso da eletricidade por formas alternativas que diminuam o consumo de energia e que não agridam o meio ambiente. Uma dessas alternativas é apresentada nesse trabalho por meio do estudo do desempenho da utilização de garrafas PETs (politereftalato de etila) para o aproveitamento da luz natural na cidade Foz do Iguaçu – PR.

O sistema de iluminação com garrafa PET foi criado em 2001 pelo mecânico mineiro Alfredo Moser. É um artefato capaz de iluminar durante o dia, sem a utilização de energia elétrica, os ambientes da edificação. A garrafa PET cheia de água ilumina refletindo a luz do sol e, pode gerar uma economia de até 30% na conta de luz. A ideia de Moser chamou a atenção da ONG *My Shelter Foundation* em 2011 que, em parceria com os estudantes do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), e com a ajuda de diversos voluntários, passou a instalar as lâmpadas em regiões carentes das Filipinas e outros 15 países. Como a lâmpada de Moser só pode ser instalada em casas sem forro abaixo do telhado, algo comum em edificações humildes e desprovidos de energia elétrica, estima-se que até 2015, cerca de 1 milhão de pessoas carentes foram beneficiadas dessa invenção brasileira (GONTIJO, 2017).



Figura 1. Alfredo Moser e sua invenção.

Fonte: GONTIJO, 2017.

Atualmente é crescente o consumo de garrafas PETs, uma parte desta é reciclada, outra é descartada no meio ambiente e somente uma pequena parcela é reutilizada. O reuso das PETs constitui-se a forma mais eficiente energeticamente do seu aproveitamento, pois não gera o gasto de energia necessário pelos processos industriais de reciclagem. Além disso, a utilização como auxílio da iluminação natural é uma ótima opção para o reaproveitamento dos materiais e diminuição na produção de lixo. O emprego da radiação solar pelo sistema é uma excelente alternativa para aplicação como iluminação, possibilitando a redução do consumo de energia elétrica com iluminação artificial, principalmente para as edificações mais carentes. Atualmente, por se tratar de um sistema simples é somente utilizado em edificações que não utilizam laje e forro (VETTORAZZI; PIZZUTTI e STANGARLIN, 2009).

Segundo Andrade (2008), a utilização de garrafas PETs como fonte alternativa de luz se implementado de forma racional e planejada, poderá aportar melhorias à economia doméstica de populações de baixa renda e reduzir o furto de energia, além de influir positivamente na conscientização ecológica das populações locais e de reciclar lixo de alto impacto ambiental. Em 2015, de acordo com o Censo da Reciclagem de PET, o Brasil teve uma taxa de reciclagem de garrafas PETs de 51% das garrafas consumidas, totalizando 274mil toneladas (ABIPET, 2016). Porém, não há dados que demonstrem o percentual de garrafas reutilizadas dos 49% restantes.

2. OBJETIVO

O objetivo da presente pesquisa foi analisar o desempenho térmico e lumínico do uso de garrafa PET para favorecer as condições de iluminação natural no interior de um modelo na cidade de Foz do Iguaçu-PR.

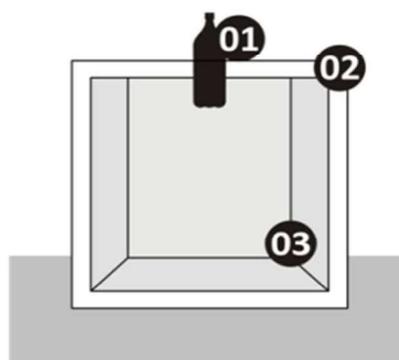
3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Confecção dos Modelos

Foram confeccionados dois modelos com folhas de isopor, com 4 cm de espessura e apresentam dimensões internas de 50x50x50cm. O interior dos modelos foi pintado em cor preta fosca, de forma que houvesse somente a medição da luz direta (Figura 2 e 3).



Figura 2. Pintura do modelo na cor preta fosca.



- 01 Garrafa PET
- 02 Caixa de isopor
- 03 Interior da caixa (preto fosco)

Figura 3. Esquema que representa a configuração final dos modelos.

3.2. Medição de Temperaturas Internas e Externas

Em termos de desempenho térmico, foi verificado se o uso de garrafa PET para iluminação natural causaria algum incremento de temperatura no interior do modelo. Em caso afirmativo, o incentivo do uso dessa tecnologia poderia ocasionar um aumento no consumo de energia elétrica, devido à necessidade do uso de ventiladores ou sistemas de condicionamento de ar. Para realização das medições das temperaturas foram utilizados os modelos confeccionados em isopor e apresentados no item 3.1.

Em um dos modelos foi utilizada a garrafa PET na cobertura e o outro modelo foi completamente fechado. Para as medições de temperatura foram utilizados 3 *datalogers*, modelo HOBO Temp, da marca Onset, programados para registrar a temperatura a cada 10 minutos. Um *dataloger* foi utilizado na sombra, no exterior do modelo, outro no interior do modelo com uso da garrafa PET e o terceiro no interior do modelo sem uso de garrafa PET. As medições de temperaturas foram realizadas em setembro de 2015, em duas etapas diferentes: Final de Semana (das 0:00 horas do dia 12/09 às 0:00 horas do dia 13/09, totalizando de 48 horas de medições); Segunda, terça e quarta-feira (das 17:00 horas do dia 14/09 às 9:00 horas do dia 16/09, totalizando 42 horas de medições). Sendo assim, o total de medições de temperatura foram 529 no exterior do modelo, 529 no interior de cada um dos dois modelos, finalizando com o número de 1587 medições.

3.3. Medições de Níveis de Iluminância

Para medição do nível de iluminância proporcionado pelo uso de garrafas PET foi utilizada somente um dos modelos apresentados no item 3.1. A garrafa PET preenchida com água foi fixada na cobertura do em diferentes disposições (Figura 4).

Os equipamentos utilizados para a medição dos níveis de iluminância, na função luxímetro foram dois Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetros modelo THDL 400 Digital Portátil. As medições foram realizadas em um único dia de setembro de 2015, ao ar livre, com céu limpo, em 3 horários distintos, especificamente às 10h, 12h e 14h. Um dos luxímetros foi posicionado no exterior do modelo, na sombra, para medir o nível de iluminância. O outro luxímetro foi utilizado para medição do nível de iluminância interno, em cinco pontos diferentes, sendo eles: Ponto central da base (PC); Centro da parede interna norte (PN);

Centro da parede interna sul (PS); Centro da parede interna leste (PL) e Centro da parede interna oeste (PO) (Figura 5).



Figura 4. Modelo com a garrafa PET fixada na cobertura móvel.

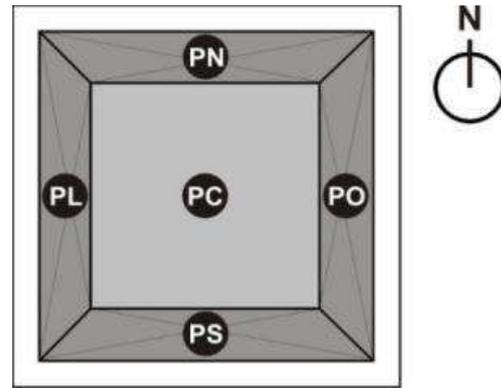


Figura 5. Localização dos pontos de medições internos (vista superior com o modelo aberto).

As medições foram realizadas considerando 4 posicionamentos para a garrafa PET (Figura 6). No total foram realizadas 20 medições no modelo para cada horário, sendo medições para cada uma das 4 posições da garrafa PET. Totalizando foram 60 medições, considerando os 5 pontos medidos.



a. Garrafa PET de pé, com metade da altura para o exterior e metade para o interior.



b. Garrafa PET de pé, com 2/3 da altura para o interior e o restante para o exterior.



c. Garrafa PET invertida, com metade da altura para o exterior e metade para o interior.



d. Garrafa PET invertida com 2/3 para o interior e o restante para o exterior.

Figura 6. Posicionamento da garrafa PET no modelo.

4. RESULTADOS

4.1. Desempenho Térmico: Temperaturas Internas e Externas

Em termos de temperaturas, observou-se que há pouca variação entre a temperatura no interior da caixa com PET e a caixa vazia. A maior variação ocorre com as medições externas, que em alguns momentos apresentam valores mais baixos em relação os dois modelos. Esse fato foi observado principalmente nos períodos da manhã e noite. Isso indica que no caso analisado, a utilização da PET, para auxiliar nas condições de iluminação natural pouco afeta na temperatura interna, o que viabiliza seu uso, proporcionando economia de energia elétrica para iluminação e não agregando custos para condicionamento térmico dos ambientes (Figura 7a-b).

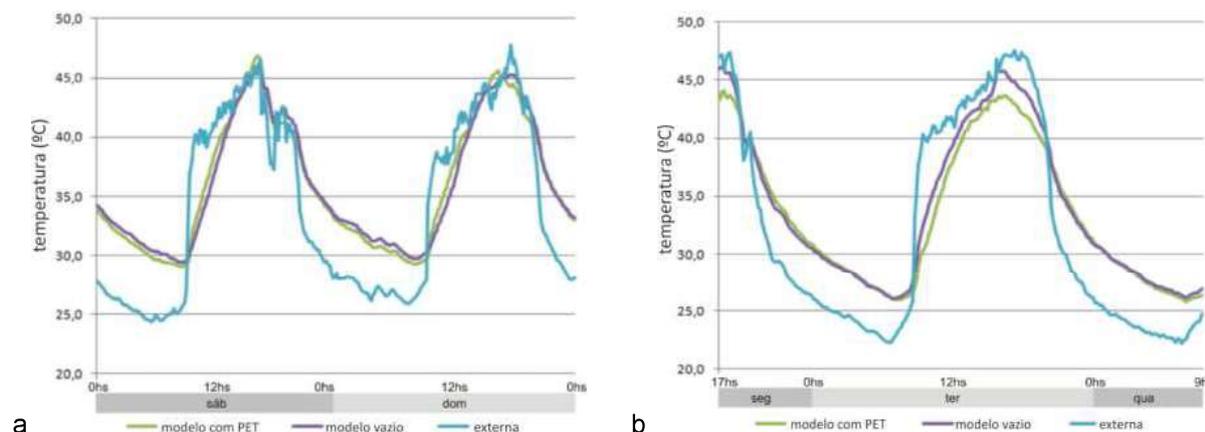


Figura 6. Final de Semana: Temperaturas internas e externas (a).

Dias de semana temperaturas internas e externas (b).

A Tabela 1 apresenta a compilação das 1587 medições de temperatura, separadas pelas médias por turno de medição. Foi possível verificar que o modelo vazio apresenta maiores temperaturas internas médias na madrugada, tarde e noite. Somente no período da manhã a temperatura do modelo vazio e com PET apresentam a mesma temperatura média. A maior temperatura do modelo vazio se justifique provavelmente pelo fato do isopor ser um material de grande resistência térmica e dificultar a transferência do calor do interior para o exterior, enquanto que a garrafa PET permite essa passagem com maior facilidade. Na média geral, o modelo com uso de PET também apresentou melhor desempenho que o modelo vazio. Já a média da temperatura externa foi inferior para manhãs e noites, enquanto que as temperaturas no interior dos modelos continuam superiores.

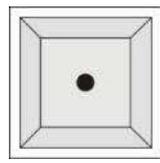
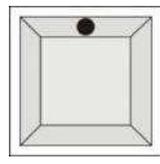
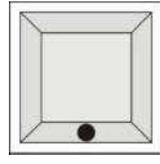
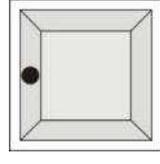
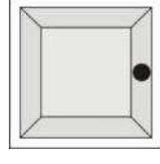
Tabela 1. Temperatura média por turno.

Horário	Temperatura média por turno (°C)		
	Modelo com PET	Modelo Vazio	Externa
Madrugada (0 a 6h)	29,4	29,7	25,0
Manhã (6 a 12h)	31,3	31,3	32,0
Tarde (12 a 18h)	43,0	43,7	44,4
Noite (18 a 0h)	34,8	35,1	33,2
Média Geral	34,6	35,0	33,7

4.2. Desempenho Lumínico: Níveis de Iluminância

A Tabela 2 apresenta os horários de medições, os pontos de medições, posição da garrafa PET no modelo e os níveis de iluminância medidos, além do percentual relativo às medições internas e externas.

Tabela 2. Níveis de iluminância de acordo com o ponto de medição, a posição da garrafa PET no modelo e os horários.

Pontos		Posição	Horários					
			10h		12h		14h	
			lux	%	lux	%	lux	%
PC		a 	520	9,45	669	18,79	395	13,08
		b 	632	11,49	870	24,44	493	16,32
		c 	1450	26,36	3560	100,00	777	25,73
		d 	1485	27,00	1532	43,03	1750	57,95
PN		a 	388	7,05	434	12,19	260	8,61
		b 	227	4,13	449	12,61	944	31,26
		c 	696	12,65	1046	29,38	675	22,35
		d 	444	8,07	442	12,42	438	14,50
PS		a 	373	6,78	285	8,01	299	9,90
		b 	308	5,60	370	10,39	329	10,89
		c 	810	17,73	625	17,56	582	19,27
		d 	600	10,91	406	11,40	432	14,30
PL		a 	2720	49,45	290	8,15	328	10,86
		b 	525	9,55	610	17,13	248	8,21
		c 	1225	22,27	457	12,84	1643	54,40
		d 	600	10,91	385	10,81	420	13,91
PO		a 	1142	20,76	440	12,36	330	10,93
		b 	617	11,22	331	9,30	384	12,72
		c 	982	17,85	1250	35,11	486	16,09
		d 	453	8,24	383	10,76	414	13,71

Legenda:

	Menor iluminância do ponto na hora
	Maior iluminância do ponto na hora

A Tabela 3 apresenta a relação da posição da garrafa PET com a quantidade de vezes que a mesma assumiu maiores ou menores valores de iluminância. É possível verificar que a melhor posição da garrafa PET para se obter um maior valor de iluminância é com a garrafa invertida, com a metade para o exterior e a outra metade voltada para o interior, sendo que por nove vezes apresentou valores maiores de iluminância.

Esse resultado demonstra que a utilização da garrafa PET de forma invertida apresenta maiores benefícios de iluminação natural do que a forma que vem sendo utilizado atualmente.

Tabela 3. Posição da garrafa PET e quantidade de vezes que a mesma assumiu valores menores ou maiores de iluminância.

Ponto	Posição	Valores de iluminância por ponto e por horário	
		Menor	Maior
a		9x	2x
b		5x	2x
c		0x	9x
d		1x	2x

5. CONCLUSÕES

Os resultados indicaram que o uso de garrafa PET para iluminação natural de modelos apresentou resultados satisfatórios, porém com resultados diferentes de acordo com o posicionamento da garrafa PET. Foi possível verificar que a melhor posição da garrafa PET para se obter uma melhor iluminação natural é com a garrafa invertida, com a metade para o exterior e a outra metade voltada para o interior, enquanto que a posição convencionalmente utilizada, com a PET de pé, metade para o exterior e a outra metade para o interior, apresenta os menores valores. Os níveis de iluminância interna no modelo com iluminado com PET teve o valor mínimo de 227 lux e máximo de 3560 lux.

Os resultados das medições demonstraram que é possível utilizar a tecnologia de garrafa PET, sem que a mesma interfira nas condições de temperatura interior, porém deve-se realizar outros estudos, considerando o uso de um maior número de garrafas e um intervalo de tempo maior. As medições da temperatura interna foram de fundamental importância para comprovar que o uso da garrafa PET, além de economizar energia elétrica através do uso de iluminação natural, não agregaria gastos com condicionamento térmico dos ambientes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET. (2016). *Décimo Censo da Reciclagem de PET no Brasil*. Disponível em: <http://www.abipet.org.br/index.html?method=mostrarDownloads&categoria.id=3>. Acesso em: 20 de outubro de 2018.
- Andrade, V. V.; Costa, R. V. S.; Lima, R. B. F.; Xavier, G. D.; Silveira, B. F. (2008). *Caso Ampla: como reduzir furto e consumo de energia substituindo-se lâmpadas elétricas por garrafas PET*. *Rio's International Journal*, v. 2, p. rm084-01.
- EPE – Empresa de Pesquisa Energética. (2017). *Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016*. Rio de Janeiro: EPE.
- Gontijo, R. (2017). *Propriedade intelectual? Não obrigado. A inovação na economia criativa*. *Cadernos de Prospecção*, v. 10, n. 2, p. 154.
- Lamberts, R.; Dutra, L.; Pereira, F. O. R. (2014). *Eficiência Energética na Arquitetura*. 3ª edição. Eletrobras.
- SHC/IEA – Solar Heating & Cooling Programme/International Energy Agency. (2018). *Net Zero Energy Solar Buildings*. Disponível em: <<http://task40.iea-shc.org/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- Vettorazzi, E.; Pizzutti, J.; Stangarlin, H. (2009). *Análise do emprego de garrafas PETs para o aproveitamento da luz natural em edificações da cidade de Santa Cruz do Sul-RS*. ENCAC\ELACAC-X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído