

ECO-COOLER: SISTEMA DE AR-CONDICIONADO ECOLÓGICO

Experimento realizado para o Trabalho Final de Graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Presbiteriana Mackenzie, que forneceu todos os equipamentos necessários. Autora: Mariana Rabello de Almeida

RESUMO:

Criado pelos funcionários da empresa Grey DhakaGrey, o aparelho, apelidado de *Eco-cooler* funciona de forma bem simples: utiliza o princípio de troca de ar e variação de velocidade dos ventos, conhecido como Efeito Venturi. Sem grandes complexidades, foi desenvolvido para atender populações de baixa renda com materiais descartáveis, como garrafas PET e papelão. É um sistema que pode ser utilizado em qualquer parte do mundo com o intuito de reduzir a temperatura interna dos ambientes e, também, a quantidade de resíduos descartados todos os dias de forma inadequada. Mas há especulações quanto a veracidade dos efeitos de resfriamento causados pelo sistema. O sistema do *Eco-Cooler* reduz a temperatura de fato ou apenas a sensação térmica devido aos ventos? Neste estudo foi feito um experimento que testará a veracidade destes conceitos.

Palavras-chave: ar-condicionado; sustentabilidade; eco-cooler.

ABSTRACT:

Created by employees of the company Gray DhakaGrey, the device, dubbed the Eco-cooler, works in a very simple way: it uses the principle of air exchange and variation of wind speeds, known as the Venturi Effect. Without great complexities, it was developed to serve low-income populations with disposable materials, such as PET bottles and cardboard. It is a system that can be used anywhere in the world in order to reduce the internal temperature of the environments and also the amount of waste disposed of improperly every day. But there is speculation as to the veracity of the cooling effects caused by the system. Does the Eco-Cooler system actually reduce the temperature or just the thermal sensation due to the winds? In this study, an experiment was carried out that will test the veracity of these concepts.

Keywords: air conditioning; sustainability; eco-cooler.

1. INTRODUÇÃO

Localizado na Ásia Meridional, Bangladesh é um país pobre onde a população vive em situação precária. Cerca de 28 mil pessoas do vilarejo Daulatdia vivem sem comida, água limpa e eletricidade, em um local onde as temperaturas passam dos 45°C no verão. Isso torna bastante difícil ficar dentro das casas.

É sabido que o ar-condicionado pode consumir muita energia em residências, escritórios e prédios comerciais. Todavia, um modelo reciclado vem surgindo e se mostra muito eficiente sem gastar um quilowatt de energia.

Este sistema foi criado pelos funcionários da empresa Grey DhakaGrey. O aparelho, apelidado de *Eco-cooler*, funciona de forma bem simples. Ele utiliza o princípio de troca de ar e variação de velocidade dos ventos, conhecido como Efeito Venturi.

Sem grandes complexidades, foi desenvolvido para atender populações de baixa renda com materiais descartáveis, como garrafas PET e papelão. É um sistema que pode ser utilizado em qualquer parte do mundo com o intuito de reduzir a temperatura interna dos ambientes e também, a quantidade de resíduos descartados todos os dias de forma inadequada.

São feitos furos no papelão e preenchidos com garrafas pet (Figura 1). Após finalizado, o ar-condicionado é colocado na frente da porta ou janela. O ar quente entra nas garrafas pelo lado de maior abertura e sai resfriado pelo lado de menor abertura, ajudando na refrigeração do ambiente interno.

É possível perceber este efeito de variação de temperatura soprando uma sopa quente para esfriar ou as mãos frias para esquentar, em que é possível controlar a temperatura (ou a sensação térmica) do ar que sai da boca de acordo com a abertura da mesma.

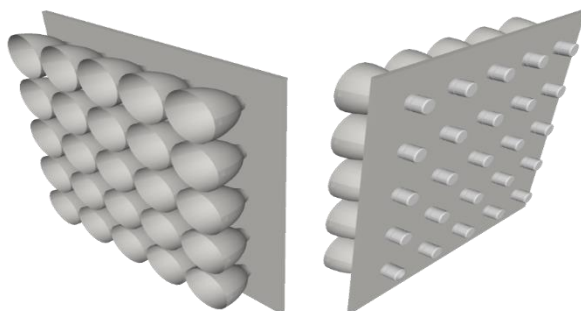


Figura 1

2. O EFEITO VENTURI

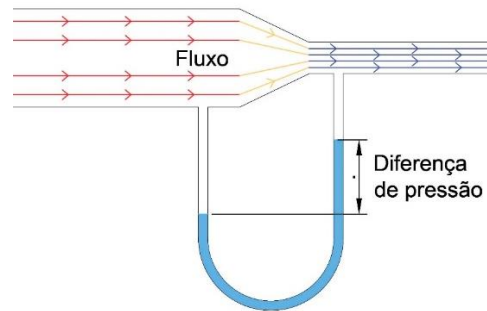


Figura 2

Um fluido em movimento constante dentro de um duto uniforme comprime-se momentaneamente ao encontrar uma zona de estreitamento, diminuindo assim sua pressão e, conseqüentemente, aumentando sua velocidade (Figura 2). Este efeito, demonstrado em 1797, recebeu seu nome do físico italiano Giovanni Battista Venturi (1746 – 1822). O efeito é explicado pelo princípio de Bernoulli e o princípio de continuidade de massa. Se o caudal de um fluido é constante mas a seção diminui, necessariamente a velocidade aumenta após atravessar esta seção, pois pelo teorema da conservação de energia, a diferença de pressão diminui.

Há especulações quanto a veracidade dos efeitos de resfriamento causados pelo sistema. O que talvez altere de fato seja apenas a sensação térmica e não a temperatura em si. Como nas praias calorosas do Nordeste no verão, a temperatura indicada nos termômetros é alta, mas as pessoas não reclamam do calor quando estão de frente para o mar. Os ventos da brisa do mar trazem uma sensação térmica mais refrescante, ajudando a suportar a temperatura.

O sistema do Eco-Cooler reduz a temperatura de fato ou é apenas a sensação térmica devido aos ventos? Neste estudo foi feito um experimento que testará a veracidade destes conceitos.

Viver em uma cidade grande como São Paulo, onde as temperaturas não são tão altas, pode ser positivo neste aspecto. Mas não podemos esquecer de fatos como ausência de sombras de árvores, ausência de ventos causada pela cota alta da skyline, e fechamento de áreas permeáveis com asfalto e concreto (materiais de fácil e rápida absorção de calor) fazendo com que a sensação térmica da cidade seja muito mais elevada que sua temperatura de fato. Portanto, algo que contribua para reduzir a sensação térmica ajudará de forma significativa na melhor sensação de bem-estar e, conseqüentemente, na redução do consumo de energia devido ao ar condicionado.

3. METODOLOGIA

3.1. Modelagem da placa de referência no programa SketchUp: Dois modelos foram utilizados para testar se a variação do diâmetro da abertura maior contribuiria na redução de temperatura, sendo um modelo com a abertura maior proporcional a 30cm de diâmetro (Figura 3) e outro modelo com abertura maior proporcional a 15cm de diâmetro (Figura 4).

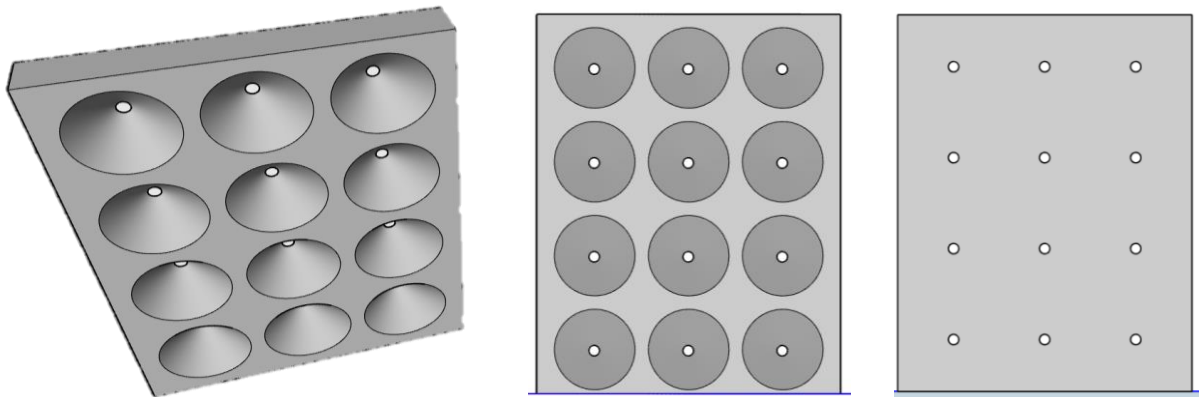


Figura 3

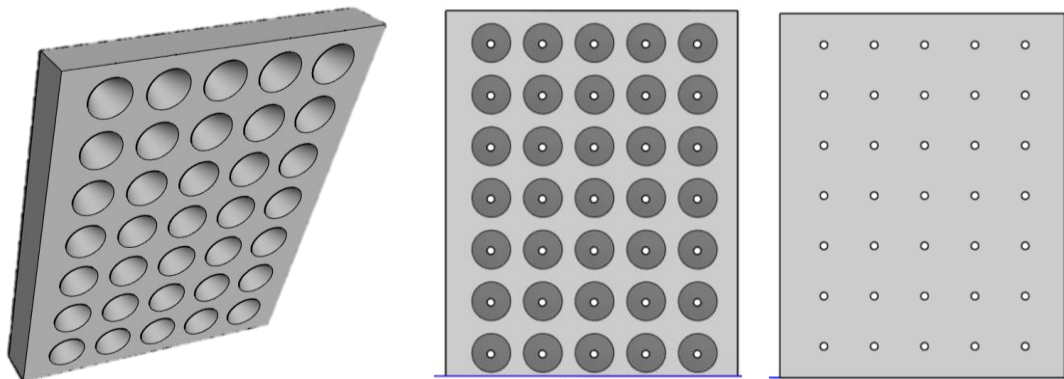


Figura 4

3.2. Inicialmente pensou-se em utilizar a impressora 3D. Porém, o modelo precisaria ficar muito pequeno para que a impressão fosse possível, devido ao tamanho máximo de 20cm x 20cm da mesa, sendo este inapropriado para a realização do estudo. Portanto, optou-se pela impressão do modelo na impressora de molde em isopor, cujo tamanho permite placas maiores (Figura 5).



Figura 5

3.3. Com um medidor de velocidade dos ventos (Figura 6), foi captada a velocidade no local onde poderia ser utilizada a placa em análise, captando ventos de 2,5m/s a 10m/s, sendo observado, *in loco*, uma média de 5m/s. O teste foi feito na passarela da estação CPTM Imperatriz Leopoldina. No local havia um galpão de estoque onde a placa poderia ser utilizada. Nas Figuras 7 e 8 é possível verificar o trilho do trem da estação CPTM Imperatriz Leopoldina.



Figura 6, 7 e 8

3.4. 1º Experimento

Com as placas prontas e uma caixa de papelão montada para criar o espaço fechado onde receberia os ventos.

O Termohigrômetro é um equipamento que possui dois sensores, sendo um no próprio equipamento (nomeado aqui de sensor externo, por ser o que ficará fora da caixa) e outro na ponta de um fio (nomeado aqui de sensor interno, por ser o que ficará dentro da caixa). Com este equipamento é possível verificar as variações de temperatura em diferentes ambientes ao mesmo tempo. Porém, vale ressaltar que antes de iniciar o teste, a temperatura de cada sensor já marcava temperaturas diferentes (Figuras 9 e 10). O teste, portanto, visava verificar qual seria a variação da temperatura em cada sensor. Com um ventilador ligado em sua potência máxima, a velocidade máxima dos ventos registrada foi de 2,3 m/s, velocidade a ser considerada no objeto de análise. Com o ventilador ligado no teste de cada placa, um novo fluxo de ar preencheu toda a caixa, verificando-se estabilização da temperatura após 10 minutos.

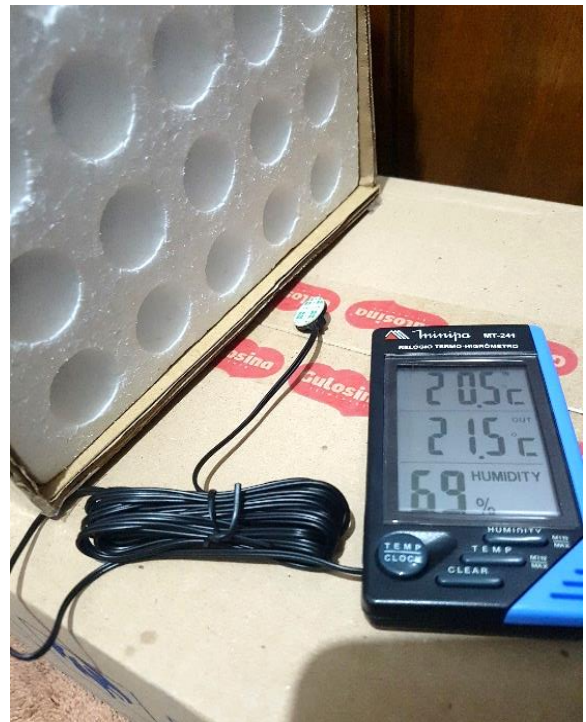


Figura 9 e 10

Registros do 1º experimento

Tabela 1: Placa de aberturas maiores equivalentes a 15 cm de diâmetro

Sensor	Ventilador desligado	Variação de temperatura	Ventilador ligado (2,3m/s)
Externo	23,2 °C	+ 0,4 °C	23,6 °C
Interno	23,8 °C	+ 0,3 °C	24,1 °C

Tabela 2: Placa de aberturas maiores equivalentes a 30 cm de diâmetro

Sensor	Ventilador desligado	Variação de temperatura	Ventilador ligado (2,3m/s)
Externo	23,2 °C	+ 0,4 °C	23,6 °C
Interno	23,8 °C	+ 0,2 °C	24,0 °C

Analisando-se os dados acima, verificou-se que mesmo com uma sensação térmica mais refrescante na frente do ventilador, sua temperatura aumentou devido ao calor emitido pelo motor do ventilador. Porém, o sensor interno registrou um aumento menor de temperatura quando comparado ao sensor externo. As placas se mostraram eficientes, mas o experimento ainda não comprova se as placas contribuem para a redução da temperatura. Seria necessário um teste com um equipamento que não influenciasse a temperatura do ar no experimento e que registrasse ventos com velocidades de 5m/s e 10m/s, anotado no local. O equipamento que satisfaz todas essas condições é o *Túnel de Vento*.

3.5. 2º Experimento



Figura 11

Diferentemente de um ventilador, o Túnel de Vento puxa o ar ao invés de emitilo, eliminando o problema do aumento de temperatura gerado por um motor. Porém, a caixa bloqueou quase todo o túnel, impedindo a passagem de boa parte dos ventos (Figura 11). Foi necessário executar um terceiro experimento utilizando uma caixa menor e prepará-la para suportar ventos fortes de 10m/s, pois com ventos a velocidade de 4m/s a fita adesiva utilizada não foi capaz de segurar a caixa neste segundo teste.

3.6. 3º Experimento

Para fazer o 3º experimento no Túnel de Vento (Figura 12) foram necessários alguns procedimentos e materiais: redução das dimensões da caixa para não bloquear os ventos gerados; fixação da caixa no centro do túnel por meio de finas barras de ferro; fixação do Termohigrômetro na parede do túnel permitindo uma clara visualização da temperatura registrada, sem interferência na medição da área externa da caixa (Figura 13).



Figura 12 e 13

Registros do 3º experimento

Tabela 3: Placa de aberturas maiores equivalentes a 15 cm de diâmetro

Sensor	Túnel desligado	Varição de temp.	Túnel ligado (5 m/s)	Varição de temp.	Túnel ligado (10 m/s)
Externo	25,2 °C	- 1,1 °C	24,1 °C	- 0,5 °C	23,6 °C
Interno	24,9 °C	- 0,6 °C	24,3 °C	- 0,3 °C	24,0 °C

- 1,6 °C

- 0,9 °C

Tabela 4: Placa de aberturas maiores equivalentes a 30 cm de diâmetro

Sensor	Túnel desligado	Varição de temp.	Túnel ligado (5 m/s)	Varição de temp.	Túnel ligado (10 m/s)
Externo	24,5 °C	- 0,7 °C	23,8 °C	- 0,2 °C	23,6 °C
Interno	25,1 °C	- 0,8 °C	24,8 °C	- 0,3 °C	24,0 °C

- 0,9 °C

- 1,1 °C

Analisando-se os dados do 3º experimento, verificou-se que na placa de 15cm a temperatura externa sofreu uma redução maior que a temperatura no espaço interno da caixa. Na placa de 30cm o resultado foi oposto, mostrando-se mais eficiente. Uma explicação para isto está relacionada ao conceito citado anteriormente do princípio da conservação de energia. Com um maior afunilamento, a velocidade necessariamente aumenta e a temperatura diminui.

Outro fato observado é que, independente da temperatura inicial e do diâmetro da abertura da placa em análise, a temperatura registrada nos ventos de 10m/s (equivalentes a 36km/h) em ambas as placas ficaram iguais. Uma possível explicação para isto seria o fato de os ventos seguirem um trajeto retilíneo quando estão em altas velocidades (como 10m/s) e um trajeto ondulatório quando estão em baixas velocidades (como 5m/s). Assim, sem a ondulação natural dos ventos em velocidades baixas, sua temperatura tende a se manter constante.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa foi de grande contribuição para a aquisição de conhecimentos de diferentes equipamentos, tais como: impressora 3D, máquina de molde em isopor, medidor de velocidade dos ventos, Termohigrômetro, túnel de vento e uso dos programas necessários para o desenvolvimento dos estudos.

Também a pesquisa sobre o Efeito Venturi, uma aplicação prática dos conceitos de Física, foi de extrema importância para meu amadurecimento científico. Foi muito gratificante poder agregar todos estes conhecimentos e aplicá-los em algo que contribui para a preservação do planeta, com o reaproveitamento de materiais descartáveis, como garrafas PETs, que se acumulam por anos, transformando-os em algo que contribui na redução do consumo de energia e, conseqüentemente, contribuindo para um ambiente mais sustentável.

5. REFERÊNCIAS

ALGAR. **Conheça o Eco Cooler: o ar condicionado caseiro**: o projeto resfria temperatura em até 5°C e foi o primeiro ar condicionado livre de eletricidade do mundo. Disponível em: <https://www.algar.com.br/praticas-e-tendencias/praticas-e-tendencias-sustentabilidade-conheca-o-eco-cooler-o-ar-condicionado-caseiro/#:~:text=O%20Eco%20Cooler%20desenvolvido%20por,livre%20de%20eletricidade%20do%20mundo.&text=Qualquer%20pessoa%20pode%20construir%20seu%20pr%C3%B3prio%20Eco%20Cooler!>. Acesso em: 12 set. 2019.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. **Efeito Venturi**: o efeito venturi está relacionado com a variação da pressão exercida por um fluido em movimento em uma região de área variável. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/fisica/efeito-venturi.htm>. Acesso em: 12 set. 2019.