

**Análise termodinâmica de uma chaminé solar aplicada a Bom Jesus Da Lapa – BA****Thermodynamic analysis of a solar chimney in Bom Jesus Da Lapa – BA**

DOI:10.34117/bjdv6n12-193

Recebimento dos originais: 30/11/2020

Aceitação para publicação: 09/12/2020

**Médson Santos de Jesus**

Estudante de Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Instituição: Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Endereço: Av. Dr. Manoel Novaes, 1064 – Centro, Bom Jesus da Lapa – BA, Brasil  
E-mail: medsantos13@gmail.com

**André Issao Sato**

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas  
Instituição: Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Endereço: Av. Dr. Manoel Novaes, 1064 – Centro, Bom Jesus da Lapa – BA, Brasil  
E-mail: andre.sato@ufob.edu.br

**Anderson Breno Souza**

Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal do Vale do São Francisco  
Instituição: Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Endereço: Av. Dr. Manoel Novaes, 1064 – Centro, Bom Jesus da Lapa – BA, Brasil  
E-mail: anderson.souza@ufob.edu.br

**Luiz Justino da Silva Júnior**

Mestre em Modelagem Computacional em Ciência e Tecnologia pela Universidade Estadual de Santa Cruz  
Instituição: Universidade Federal do Oeste da Bahia  
Endereço: Av. Dr. Manoel Novaes, 1064 – Centro, Bom Jesus da Lapa – BA, Brasil  
E-mail: luiz.silva@ufob.edu.br

**RESUMO**

Neste estudo, uma estratégia de tração natural de ar, de baixo consumo de energia é utilizada para aprimorar a ventilação natural em um ambiente, utilizando um modelo de chaminé solar inclinada. Para caracterização da transferência de calor que ocorre no sistema necessita-se da análise termodinâmica do modelo de acordo a sua aplicação. O modelo termodinâmico baseia-se no desenvolvido por autores presentes na bibliografia específica, com a aplicação de valores de incidência solar ao longo do dia e variações geométricas do canal da chaminé solar com a finalidade de extrair o melhor desempenho para a cidade de Bom Jesus da Lapa – BA. Na validação do modelo, comparou-se os resultados obtidos com resultados presentes na bibliografia estudada. Para os modelos de chaminé estudados, a configuração com: 1,6 m de altura, 2,0 m de largura, ângulo de inclinação de 50° e abertura de 0,30 m apresentou desempenho aceitável, quanto a vazão de ar produzida e a eficiência termodinâmica. As análises revelam ainda que, a largura da chaminé solar é o parâmetro de maior influência no desempenho, seguido pelo ângulo de inclinação e pela abertura de entrada. O modelo proposto de chaminé é capaz de induzir de forma passiva até nove renovações de ar (em um ambiente de dimensões 3x3x3 metros) e apresenta velocidades de ar de até 1,2 m/s para uma radiação solar de 850 W/m<sup>2</sup>.

**Palavras-chave:** Energia solar, Chaminé solar, Ventilação natural, Exergia.

## **ABSTRACT**

In this study, a strategy of natural air traction, low energy consumption is used to improve natural ventilation in an environment, using a model of inclined solar chimney. To characterize the heat transfer that occurs in the system, the thermodynamic analysis of the model is required according to its application. The thermodynamic model is based on the one developed by authors present in the specific bibliography, with the application of solar incidence values throughout the day and geometric variations of the solar chimney channel in order to extract the best performance for the city of Bom Jesus da Lapa - BA. In validating the model, the results obtained were compared with results found in the studied bibliography. For the chimney models studied, the configuration: 1.6 m high, 2.0 m wide, 50 ° inclination angle and 0.30 m opening presented acceptable performance, in terms of the air flow produced and the thermodynamic efficiency. The analyzes also reveal that the width of the solar chimney is the parameter with the greatest influence on performance, followed by the angle of inclination and the entrance opening. The proposed chimney model is capable of passively inducing up to nine air renewals (in an environment of dimensions 3x3x3 meters) and presents air speeds of up to 1.2 m / s for a solar radiation of 850 W / m<sup>2</sup>.

**Keywords:** Solar energy, Solar chimney, Natural ventilation, Exergy.

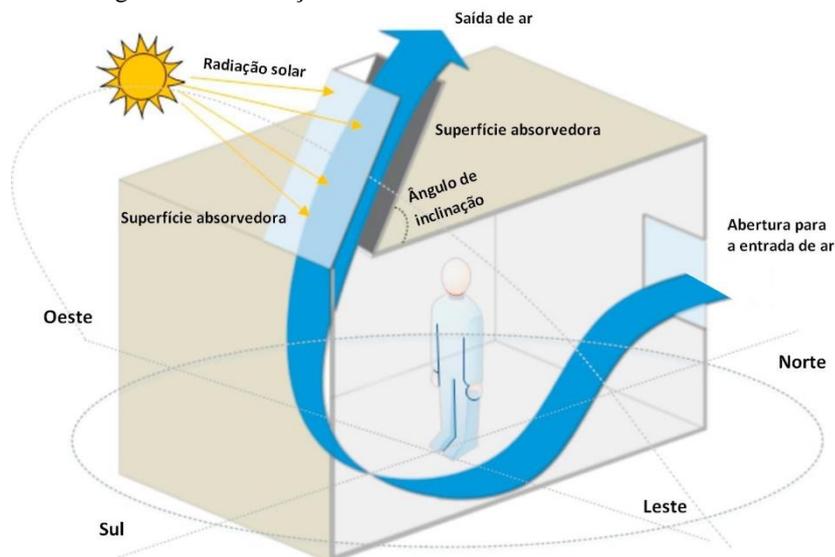
## **1 INTRODUÇÃO**

A energia solar – devido ao seu alto potencial, abundância, disponibilidade e baixo impacto ao meio ambiente – consiste em uma fonte necessária em qualquer matriz energética atual. Sua utilização em diferentes tipos de sistemas fornece espaço para diversos estudos e a maior vantagem da energia solar, comparada a outras formas de energia, é que ela é limpa e pode ser fornecida sem poluição do ambiente (KALOGIROU, 2014).

Uma aplicação da energia solar consiste na utilização em ambientes que necessitam de ventilação e controle de temperaturas elevadas a partir de ventilação natural (NEVES; RORIZ, 2012). Por meio da ventilação natural, correntes convectivas são induzidas através do uso de uma chaminé solar, removem o ar do interior do edifício e permitem a renovação com ar ambiente de menor temperatura (TRASHORRAS et al., 2009).

O efeito chaminé é resultante da força de empuxo produzida pelas diferenças de densidade do ar frio e quente (conforme Figura 1). A força de ascensão que age no ar que escoar através do canal da chaminé é proporcional à diferença entre a densidade da massa de ar aquecida na chaminé e do ar ambiente que possui menor temperatura, à vista disso, diferenças significativas de temperatura promovem maiores vazões de ar.

Figura 1 – Diagrama de ventilação natural de um ambiente com chaminé solar

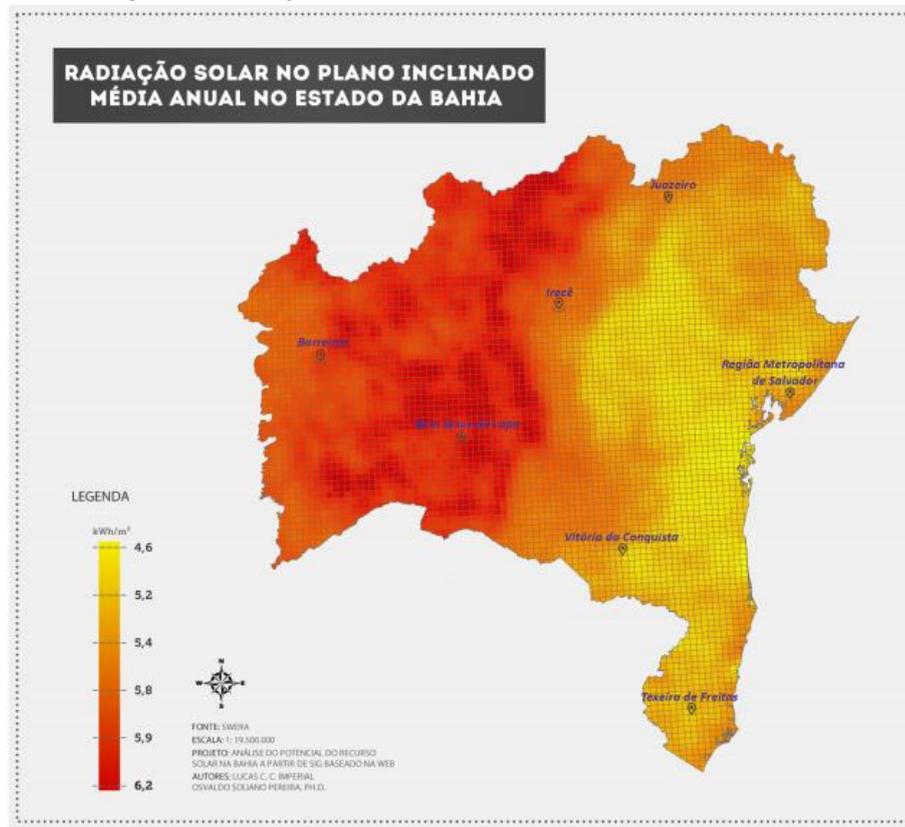


Fonte: modificado de Abdeen et al. (2019).

No Brasil, a região nordeste apresenta alta incidência de radiação solar, com frequentes dias de céu limpo e altas médias de temperatura ambiente; indicando condições favoráveis para a utilização de chaminés solares (IMPERIAL; PEREIRA, 2014).

Neste contexto, o objetivo principal deste trabalho é levantar a vazão e a eficiência termodinâmica de uma chaminé solar para ventilação passiva, sujeita a alta incidência solar e altas temperaturas ambientais da cidade de Bom Jesus da Lapa – BA (que apresenta alto nível de incidência solar da região, conforme Figura 2).

Figura 2 – Radiação solar: média anual no estado da Bahia



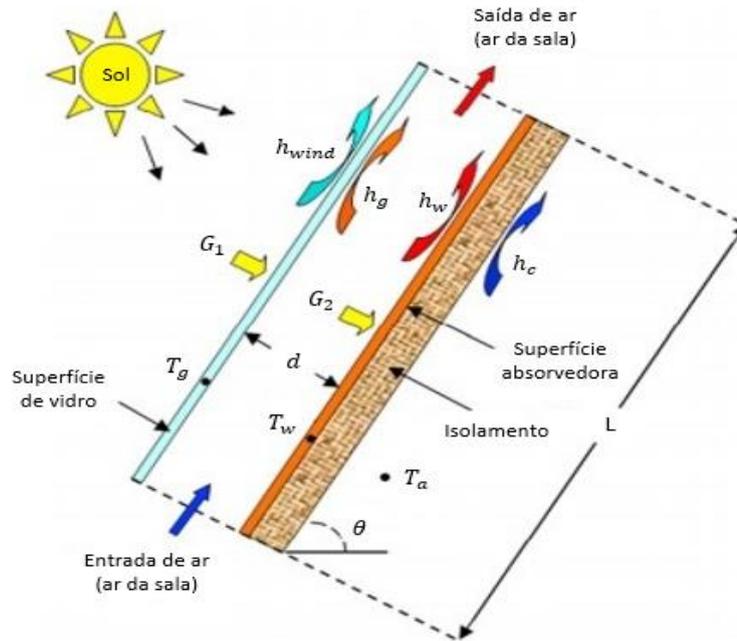
Fonte: extraído de Imperial e Pereira (2014).

Desta forma, pretende-se analisar o comportamento termodinâmico de um protótipo de chaminé solar, utilizando os dados meteorológicos para radiação e temperatura do ambiente, para obtenção da vazão mássica induzida e avaliação da eficiência energética e exergética ao longo de um dia médio que caracterize cada uma das quatro estações do ano.

## 2 METODOLOGIA

O estudo iniciou-se da formulação das equações de conservação de massa, momentum e energia do sistema, bem como as formulações termodinâmicas para o calor, trabalho e eficiências de equipamentos térmicos. As variáveis de transferência de calor avaliadas são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 – Diagrama esquemático da transferência de calor na chaminé solar



Fonte: modificado de Abdallah et al. (2013).

Sendo  $d$  o espaço entre a parede de vidro e placa absorvedora,  $G_1$  a radiação solar incidente na parede de vidro,  $G_2$  a radiação solar transmitida à parede absorvedora,  $h_{wind}$  o coeficiente de troca térmica com o meio externo,  $h_g$  o coeficiente de troca térmica do vidro para o canal,  $h_w$  o coeficiente de troca térmica da placa absorvedora para o canal,  $h_c$  o coeficiente de troca térmica do isolamento para o ambiente,  $T_a$  a temperatura ambiente,  $T_g$  a temperatura média do vidro,  $T_w$  a temperatura média da placa,  $L$  o comprimento da chaminé e  $\theta$  a inclinação da chaminé.

A modelagem utilizada foi baseada nos modelos propostos por Ong (2003) e Bansal (1993), e os cálculos foram realizados a partir de algoritmo implementado no *software* Octave®. Algumas hipóteses simplificadoras foram assumidas para a análise fluido-térmica do sistema:

1. O recinto que simula um ambiente para ventilação por chaminé solar possui dimensões de 3x3x3 m;
2. O sistema encontra-se em regime estacionário e o fluxo através da chaminé é laminar;
3. A temperatura do ar varia apenas na direção do fluxo e no interior da câmara da chaminé;
4. A condução de calor entre o ar dentro da chaminé e a cobertura de vidro é unidimensional e ocorre na direção perpendicular ao fluxo de ar;
5. A cobertura de vidro é considerada como opaca para a radiação infravermelha;
6. A temperatura do ar na entrada do sistema é equivalente a temperatura ambiente;
7. Devido à baixa viscosidade do ar, perdas por atrito são insignificantes e podem ser desprezadas;
8. Todas as propriedades termo físicas foram avaliadas a uma temperatura média calculada a partir da temperatura de entrada e de saída.

Levando em consideração as hipóteses, as equações do balanço de energia para três partes da chaminé solar – a cobertura de vidro, o canal de fluxo e a placa absorvedora – pode ser escrito como sugerido por Ong (2003):

$$[G_1 A_g] + [h_{rws} A_w (T_w - T_g)] = [h_g A_g (T_g - T_f)] + [U_t A_g (T_g - T_b)] \quad (1)$$

Onde  $U_t$ , o coeficiente global de perda de calor da cobertura de vidro para ambiente inclui convecção pelo vento, transferência de calor por radiação da cobertura de vidro para o céu ( $h_{rs}$ ) e condução de calor através do vidro ( $h_c$ ):

$$U_t = h_{wind} + h_{rs} + h_c \quad (2)$$

O balanço de energia para o ar entre a cobertura de vidro e o absorvedor pode ser expresso como:

$$[h_w A_w (T_w - T_f)] + [h_g A_g (T_g - T_f)] = q \quad (3)$$

O calor útil que é transferido para o fluxo de ar no interior da chaminé pode ser expresso como:

$$q = \frac{\dot{m} C_{f1} (T_f - T_b)}{\gamma} \quad (4)$$

Onde,

$$T_f = \gamma T_2 + (1 - \gamma) T_b \quad (5)$$

Conforme sugerido por Ong (2003), utiliza-se 0,74 para o coeficiente de aproximação para a temperatura de fluxo média ( $\gamma$ ). Similar aos balanços energéticos da cobertura de vidro e do ar que flui através da chaminé, o balanço de energia no absorvedor é expresso como:

$$[G_2 A_w] + [h_w A_w (T_w - T_f)] = [h_{rws} A_w (T_w - T_g)] + [U_b A_w (T_w - T_b)] \quad (6)$$

Onde,  $U_b$ , o coeficiente global de transferência de calor da superfície inferior da parede absorvedora para a sala é descrito como:

$$U_b = 1/(1/h_i + \Delta w_{ins}/k_{ins}) \tag{7}$$

Conforme sugerido por Duffie e Beckmann (2013),  $h_i$  na Eq. (7) é considerado como 2,8 W/m<sup>2</sup> K. Com a formulação das equações que regem a transferência de calor na chaminé, posteriormente, deve-se avaliar a vazão produzida pelo processo de movimentação do ar no interior da chaminé e definir as taxas de exergia térmica e mecânica do sistema. A vazão volumétrica de ar no interior de uma chaminé de inclinação  $\theta$  pode ser expresso da seguinte forma (BANSAL et al., 1993):

$$Q_o = C_d A_o \sqrt{\frac{2(T_f - T_b) g L \sin(\theta)}{T_b(1 + A_r^2)}} \tag{8}$$

Para  $A_r = A_o/A_i$ , sendo, respectivamente, as áreas de saída e entrada da chaminé. O valor do coeficiente de descarga ( $C_d$ ) é considerado 0,57, conforme sugerido por Andersen (1995). A vazão mássica ( $\dot{m}_o$ ) pode ser determinada através da Eq. (9).

$$\dot{m}_o = \rho_{f1} Q_o \tag{9}$$

O número de mudanças de ar por hora (ACH) pode ser obtido a partir da Eq. (10).

$$ACH = \frac{(3600 \dot{Q}_o)}{\vartheta} \tag{10}$$

Na Eq. (10), o volume da sala é denotado por  $\vartheta$  e equivalente a 27 m<sup>3</sup>. A vazão mássica de ar e o número de mudanças de ar por hora, denotados pelas equações (9) e (10) devem ser obtidos após a determinação do valor da taxa de fluxo de ar.

Conforme apresentado na Figura 4, o balanço exergético é definido na Eq. (11), sendo a exergia de fluxo de entrada definida pela exergia de radiação solar ( $\dot{E}x_G$ ) acrescida da exergia do ar na entrada (

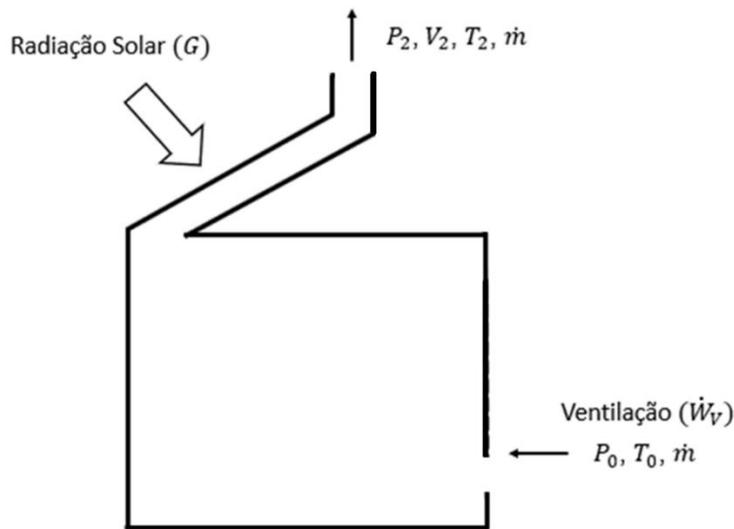
$\dot{E}x_0$ ), enquanto a exergia total de saída compreende a exergia de fluxo de saída ( $\dot{E}x_2$ ) somada a exergia de ventilação e as perdas exergéticas ( $\dot{E}x_D$ ) envolvidas no processo.

$$\dot{E}x_0 + \dot{E}x_G = \dot{E}x_2 + \dot{W}_V + \dot{E}x_D \tag{11}$$

Sendo o fluido na chaminé aproximado a um gás ideal, pode-se expressar a diferença entre a exergia do fluxo de entrada e saída como:

$$\dot{E}x_2 - \dot{E}x_0 = \dot{m} \left[ C_f(T_2 - T_0) - T_0 C_f \ln \frac{T_2}{T_0} \right] \tag{12}$$

Figura 4 – Esquema das variáveis presentes na análise exergética



Fonte: Autor (2020).

A exergia de radiação solar pode ser definida, de acordo com Petela (2003), sendo:

$$\dot{E}x_G = \psi G W L_w \tag{13}$$

Em que o potencial relativo da energia máxima disponível na radiação ( $\psi$ ) é expresso como:

$$\psi = 1 + \frac{1}{3} \left( \frac{T_0}{T_s} \right)^4 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_s} \tag{14}$$

Sendo  $T_0$  a temperatura ambiente e  $T_s$  a temperatura do céu. Definida a perda de carga de ventilação ( $\Delta P_V$ ) pode-se definir a potência de ventilação ( $\dot{W}_V$ ), dada por:

$$\Delta P_V = P_0 - P_1 \tag{15}$$

$$\dot{W}_V = \Delta P_V Q_0 \tag{16}$$

O critério de desempenho utilizado para avaliar a eficiência exergética do sistema é definida através da relação entre o produto e o combustível do processo, e pode ser obtido através de:

$$\varphi = \frac{\dot{W}_V + (\dot{E}x_2 - \dot{E}x_D)}{\dot{E}x_G} \tag{18}$$

Através das equações (8), (10) e (18), a vazão volumétrica de ar, o número de renovações de ar e a eficiência exergética do sistema são calculados. Para realização dos cálculos, utilizou-se um programa de computador em C. Alguns dos valores de entrada são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de entrada para realização dos cálculos

Parâmetro	Unidade	Valor de entrada
Absortividade da superfície de vidro		0,06
Transmissividade da superfície de vidro		0,84
Absortividade da placa absorvedora		0,95
Emissividade da parte superior do vidro		0,90
Emissividade da placa absorvedora		0,95
Constante de Stefan-Boltzmann	W/m <sup>2</sup> K <sup>4</sup>	5,67x10 <sup>-8</sup>
Espessura do isolamento	m	0,05
Comprimento da chaminé	m	1,2
Largura da chaminé	m	2
Altura da chaminé	m	1,6
Constante gravitacional	m/s <sup>2</sup>	9,81
Pressão atmosférica	Pa	10 <sup>5</sup>
Coefficiente de descarga		0,57
Inclinação da chaminé	°	50

Fonte: Autor (2020).

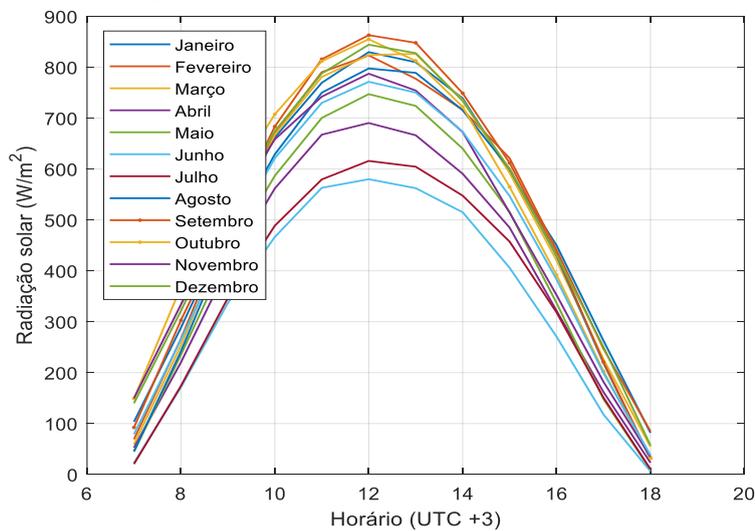
Assume-se também, valores de entrada para a temperatura do ar ambiente e valores supostos para a temperatura do vidro, do fluxo de ar e do absorvedor, sendo estes, importantes parâmetros de entrada para o algoritmo. O método utilizado para a resolução do conjunto de equações algébricas não lineares consiste no método de Gauss-Seidel por sua simplicidade, e a não necessidade em armazenar os dados de iterações anteriores que uma nova iteração seja realizada. Por outro lado, o método é

sensível a suposição inicial do vetor solução, em outras palavras, os valores de entrada supostos devem estar próximos da solução reais

### 3 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

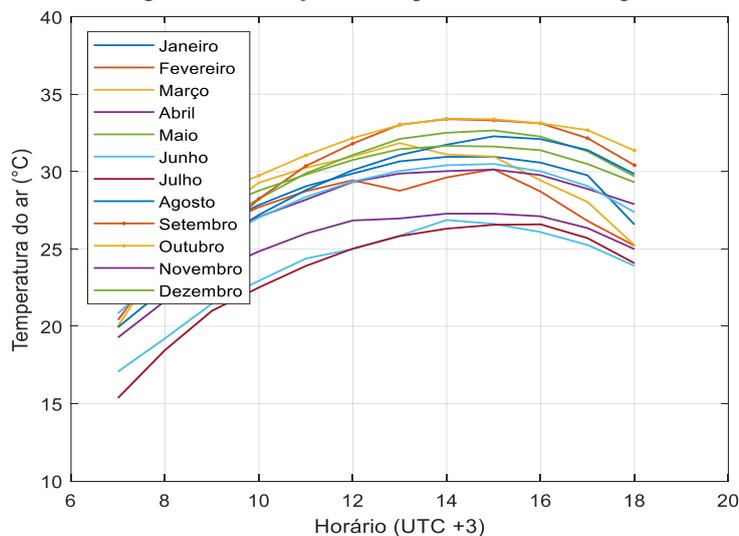
A região de Bom Jesus da Lapa possui grande potencial para a aplicação da chaminé solar, região esta que apresenta alta radiação no plano horizontal, mantendo-se elevada durante o ano inteiro. A radiação solar média no plano horizontal na região varia de 0 a 850 W/m<sup>2</sup> durante o período das 6 às 19h. Para o mesmo período do dia a temperatura ambiente varia de 23 a 34 °C. Os meses de setembro e outubro apresentam os maiores valores de radiação e temperatura ambiente na região, alcançando valores médios de 850 W/m<sup>2</sup> e 34 °C (Figuras 5 e 6).

Figura 5 – Variação da radiação solar com o tempo



Fonte: Autor (2020).

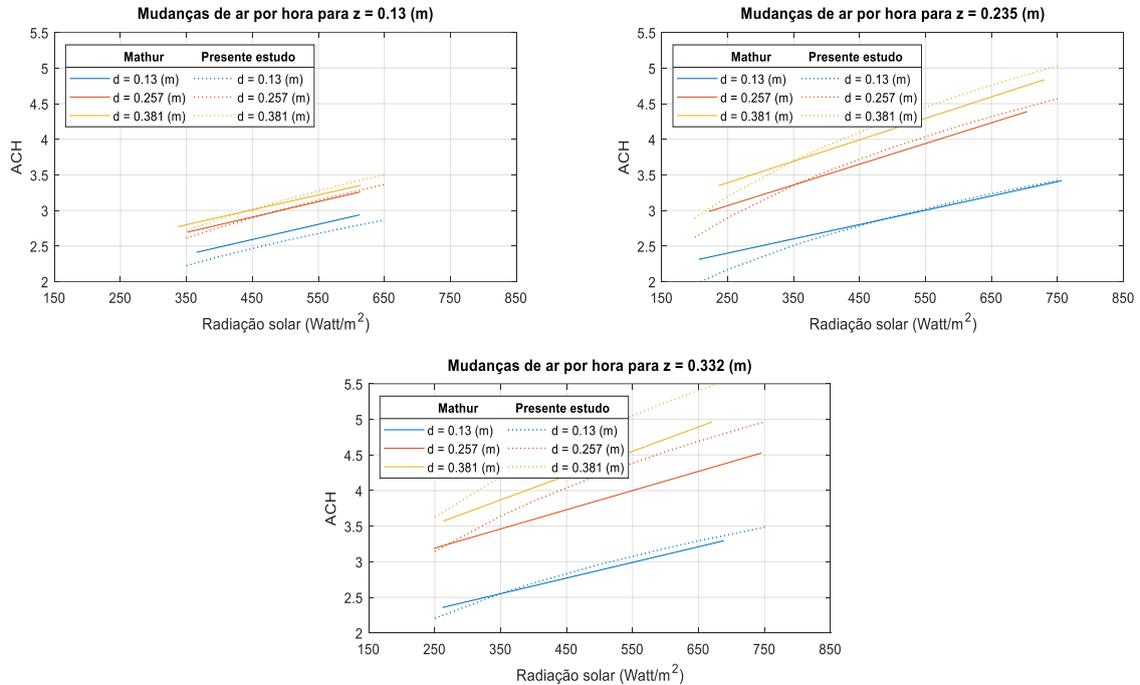
Figura 6 – Variação da temperatura com o tempo



Fonte: Autor (2020).

Uma comparação entre os resultados obtidos por meio da metodologia adotada e os resultados teóricos de MATHUR et al. (2006) é apresentada na Figura 7 – as radiações consideradas para o estudo foram de 200 a 750 W/m<sup>2</sup>.

Figura 7 – Comparação com os dados teóricos presentes na bibliografia estudada para diferentes configurações



Fonte: Autor (2020).

Observando os gráficos, nota-se uma variação de ambos os resultados teóricos, porém, através de uma comparação quantitativa observa-se que há uma aproximação razoável entre os resultados obtidos no presente estudo e os resultados presentes na bibliografia estudada.

#### 4 RESULTADOS

Realizou-se um estudo de simulação detalhado da ventilação para diferentes valores de abertura, 0,10 m, 0,20 m e 0,30 m mantendo uma inclinação de 50° conforme sugerido por Mathur (2006) com os valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Variação da inclinação ótima da chaminé solar com a latitude

Latitude (°)	Inclinação ótima de chaminé solar (°)
0	55
5	50
10	50
15	50
20	45
25	45
30	45
35	50

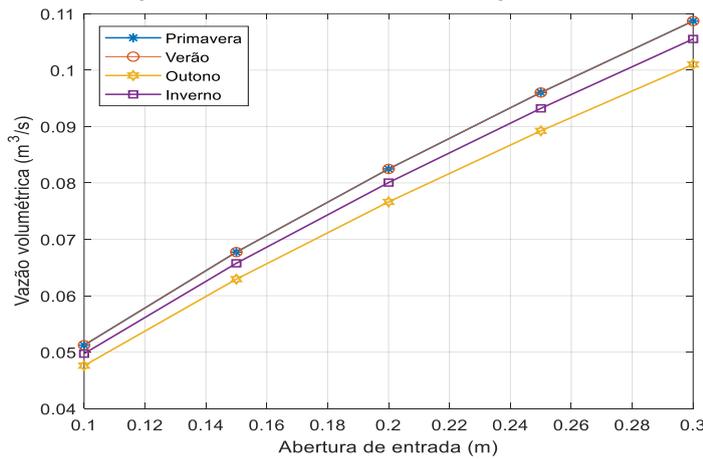
40	50
45	55
50	55
55	60
60	60
65	60

Fonte: (MATHUR et al., 2006)

O clima na região varia conforme a estação do ano. As estações de primavera e verão apresentaram valores próximos para a radiação solar. De forma a analisar o comportamento da eficiência exergética e da vazão volumétrica nos diversos períodos do ano, fixou-se o valor para a altura da chaminé em 1,2 m e variou-se os valores para a abertura de entrada da chaminé.

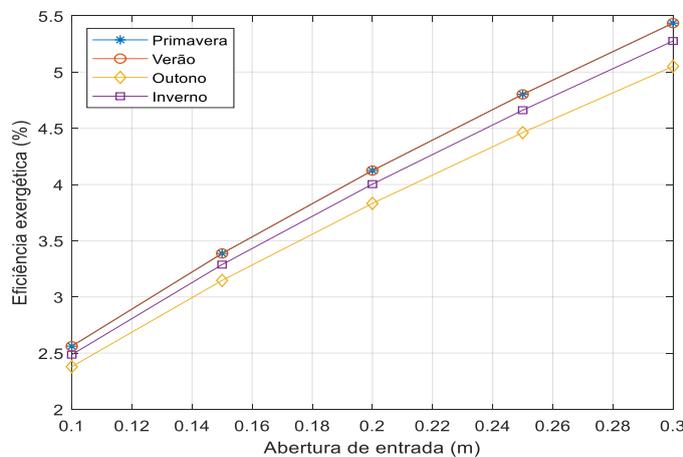
As quatro curvas presentes nos gráficos das Figuras 7 e 8 sugerem que, a vazão volumétrica e a eficiência exergética aumentam com o aumento da abertura de entrada. Como uma combinação desse efeito, o maior valor para a vazão volumétrica e para a eficiência exergética do modelo foi obtida com abertura de 0,30 m.

Figura 7 – Variação da vazão volumétrica x Variação da abertura da chaminé



Fonte: Autor (2020).

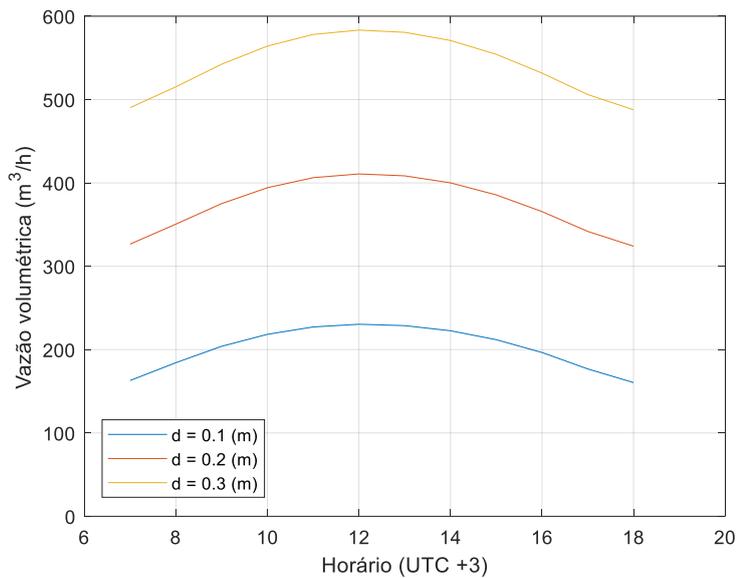
Figura 8 – Variação da eficiência exergética x Variação da abertura da chaminé



Fonte: Autor (2020).

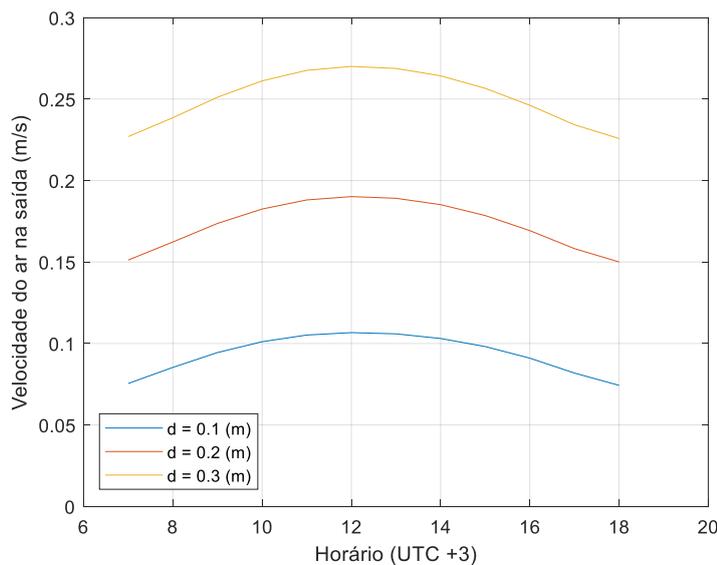
Analisando as Figuras 9 e 10, nota-se que valores maiores para a vazão volumétrica e velocidade do ar são obtidos para  $d = 0,3$  (m) e durante o intervalo de 11 às 13h, onde a radiação solar encontra-se em níveis elevados, alcançando valores entre 700 e 850 W/m<sup>2</sup>, assim, a velocidade do ar na chaminé atinge 0,266 e 0,270 m/s, respectivamente. Quanto maior a vazão de ar induzida, maior será a velocidade do ar na região, acarretando o aumento da eficácia da perda de calor da pele, como resultado deste mecanismo tem-se um decréscimo de temperatura, removendo parte do calor sensível e latente do corpo.

Figura 9 – Variação da vazão volumétrica em com o tempo



Fonte: Autor (2020).

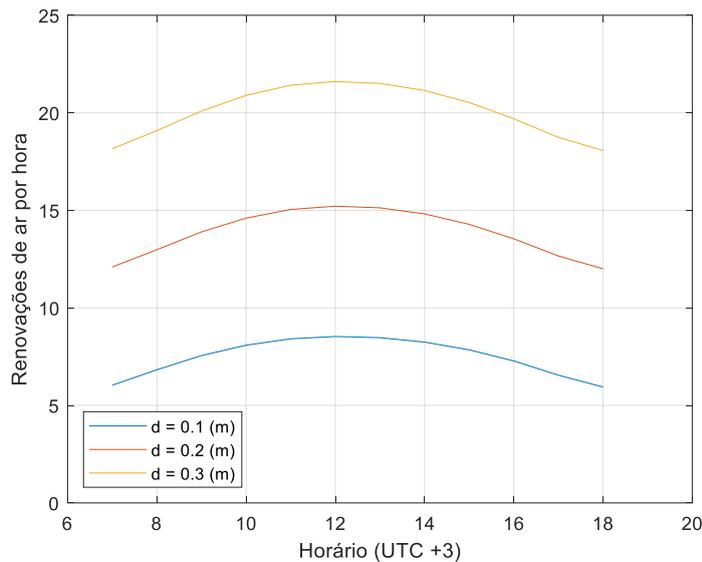
Figura 10 – Variação da velocidade do ar em com o tempo



Fonte: Autor (2020).

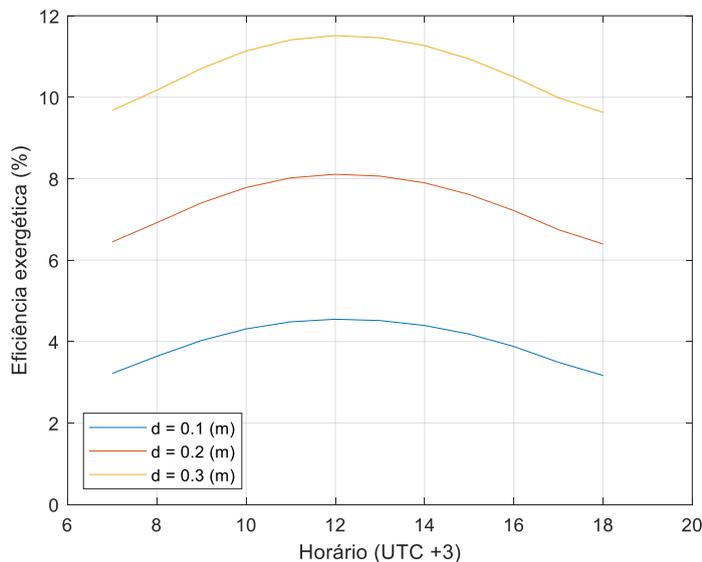
Para a taxa de renovação de ar, conforme a Figura 11, seu valor máximo registrado foi de 21 mudanças de ar por hora, para uma abertura de entrada equivalente a 0,3 (m) e radiação solar equivalente a 850 W/m<sup>2</sup>. A radiação solar é a principal força motriz do mecanismo da chaminé solar. Portanto, devido à alta incidência solar durante o horário de meio dia, a temperatura operacional da chaminé solar é significativamente afetada, assim, a vazão de ar induzida pode atingir o valor de 583 m<sup>3</sup>/h, alcançando seu maior valor de eficiência exergética para o modelo estudado (Figura 12).

Figura 11 – Variação do número de renovações de ar com o tempo



Fonte: Autor (2020).

Figura 12 – Variação da eficiência exergética com o tempo



Fonte: Autor (2020).

**AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo fomento à esta pesquisa, à Universidade Federal do Oeste da Bahia pela cooperação e ao pesquisador Ashish Meshram pelo desenvolvimento do código empregado nesta pesquisa.

**5 CONCLUSÕES**

Os valores encontrados para a vazão do ar, o número de renovações de ar por hora, da eficiência exergetica e valores calculados de temperaturas ( $T_g$ ,  $T_f$ ,  $T_w$ ) apresentam concordância com os resultados da bibliografia. Através do estudo da transferência de calor na chaminé solar, nota-se que, a temperatura do fluxo de ar na chaminé é sensível à radiação solar, assim, a temperatura aumenta linearmente em todos os componentes da chaminé à medida que a radiação solar aumenta. O fluxo de ar na chaminé sofre aumento ligeiramente também à medida que o espaço entre a superfície de vidro e o absorvedor é aumentado. Os resultados indicam ainda que, o efeito chaminé que induz o ar ascendentemente como efeito do empuxo é influenciado, principalmente, pela largura da chaminé solar, seguido pelo ângulo de inclinação e pelo espaço entre as superfícies da chaminé. O modelo de chaminé com abertura de 0,3 m e altura de 1,6 m representou uma configuração construtiva com resultados de fluxo de ar induzido cerca de 29,6% e 60,5% maior em comparação com os modelos de 0,2 m e 0,1 m de abertura, respectivamente.

**REFERÊNCIAS**

ABDALLAH, A. S. H.; YOSHINO, H.; GOTO, T.; ENTERIA, N.; RADWAN, M. M.; EID, M. A. Integration of evaporative cooling technique with solar chimney to improve indoor thermal environment in the New Assiut City, Egypt. **International Journal of Energy and Environmental Engineering**, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 1–15, 2013. Disponível em: <<http://www.ijeee.com/content/4/1/45>>. Acesso em: 11 nov. 2020.

ABDEEN, A.; SERAGELDIN, A. A.; IBRAHIM, M. G. E.; EL-ZAFARANY, A.; OOKAWARA, S.; MURATA, R. Solar chimney optimization for enhancing thermal comfort in Egypt: An experimental and numerical study. **Solar Energy**, [s. l.], v. 180, p. 524–536, 2019.

ANDERSEN, K. T. Theoretical considerations on natural ventilation by thermal buoyancy. In: ASHRAE TRANSACTIONS 1995, **Anais...** [s.l.: s.n.]

BANSAL, N. K.; MATHUR, R.; BHANDARI, M. S. Solar chimney for enhanced stack ventilation. **Building and Environment**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 373–377, 1993.

IMPERIAL, L. C.; PEREIRA, O. S. ANÁLISE DO POTENCIAL DO RECURSO SOLAR NA BAHIA A PARTIR DE SOFTWARE DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA BASEADO NA WEB. In:

V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR 2014, **Anais...** [s.l: s.n.]

JOHN A. DUFFIE, W. A. B. **Wiley: Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition - John A. Duffie, William A. Beckman.** [s.l: s.n.].

KALOGIROU, S. A. **Solar Energy Engineering: Processes and Systems: Second Edition.** [s.l: s.n.].

MATHUR, J.; BANSAL, N. K.; MATHUR, S.; JAIN, M.; ANUPMA. Experimental investigations on solar chimney for room ventilation. **Solar Energy**, [s. l.], v. 80, n. 8, p. 927–935, 2006.

MATHUR, J.; MATHUR, S.; ANUPMA. Summer-performance of inclined roof solar chimney for natural ventilation. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 38, n. 10, p. 1156–1163, 2006.

NEVES, L. de O.; RORIZ, M. Procedimentos estimativos do potencial de uso de chaminés solares para promover a ventilação natural em edificações de baixa altura. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 177–192, 2012.

ONG, K. S. A mathematical model of a solar chimney. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 28, n. 7, p. 1047–1060, 2003.

ONG, K. S.; CHOW, C. C. Performance of a solar chimney. **Solar Energy**, [s. l.], v. 74, n. 1, p. 1–17, 2003.

PETELA, R. Exergy of undiluted thermal radiation. **Solar Energy**, [s. l.], v. 74, n. 6, p. 469–488, 2003.

TRASHORRAS, A. J. G.; LÓPEZ, M. J. S.; MARIGORTA, A. M. B.; MARIGORTA, E. B. EXERGETIC FLUID DYNAMICS OF A BUILDING VENTILATION SOLAR CHIMNEY. **Energy Conversion and Management**, [s. l.], v. 96, p. 1–11, 2009.