

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**PAREDE TROMBE: ANÁLISE DO IMPACTO ESTÉTICO E TÉRMICO EM UMA RESIDÊNCIA**

**TROMBE WALL: ANALYSIS OF THE AESTHETIC AND THERMAL IMPACT ON A RESIDENCE**

Joice Eloisa Wille, Roberta Mulazzani Doleys Soares e Fernanda Cristine Bruinsma

**RESUMO**

A parede Trombe é um sistema solar passivo desenvolvido na França em 1957 mediante estudos do engenheiro Felix Trombe e do arquiteto Jacques Michel. O sistema consiste em uma face envidraçada, câmara de ar e uma parede com alta inércia térmica (parede acumuladora). Esta estratégia auxilia no aquecimento dos ambientes, pois acumula calor durante o dia e libera-o gradativamente para o interior da edificação. Deste modo, o objetivo desta pesquisa é estudar os diferentes modelos e materiais da parede Trombe, adequando-a em modelo de residência localizada na Zona Bioclimática Brasileira 2, a fim de analisar o impacto estético do sistema na edificação, além de avaliar, por meio de simulação computacional com o *software EnergyPlus*, a sua influência no comportamento térmico dos ambientes. A pesquisa permitirá análises compositivas e dados concretos a partir da aplicação da parede Trombe na residência, determinando o real efeito desta estratégia de aquecimento passivo.

**Palavras-chave:** Parede Trombe, aquecimento solar passivo, simulação computacional.

**ABSTRACT**

The Trombe wall is a passive solar system developed in France in 1957 by studies of the engineer Felix Trombe and the architect Jacques Michel. The system consists of a glazing face, air chamber and a wall with high thermal inertia (accumulating wall). This strategy assists in the heating of the surroundings, as it accumulates heat during the day and releases it gradually into the interior of the building. In this way, the objective of this research is to study the different models and materials of the Trombe wall, adapting it in a residence model located in the Brazilian Bioclimatic Zone 2, in order to analyze the aesthetic impact of the system in the building, besides evaluating, through simulation with the EnergyPlus software, its influence on the thermal behavior of the environments. The research will allow composite analysis and concrete data from the application of the Trombe wall in the residence, determining the real effect of this passive heating strategy.

**Keywords:** Trombe wall, passive solar heating, computer simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos o consumo energético no setor residencial tem aumentado significativamente. Assim, com objetivo de minimizar as consequências desse aumento, torna-se fundamental adotar medidas que contribuam para uma utilização mais eficiente da energia (MARTINS, 2010).

O uso de sistemas passivos de aquecimento e arrefecimento nos edifícios é uma das medidas de construção sustentável que pode contribuir de forma substancial para a redução do consumo de energia. Esses sistemas consistem em tecnologias construtivas integradas ao edifício, no qual o condicionamento térmico ocorre por meios naturais.

Nesse contexto, tem-se a parede Trombe, ou parede de Michel-Trombe, que compreende um sistema de energia solar passiva, em que os ganhos de energia ocorrem de forma indireta. Foi desenvolvido na França, no ano de 1957 pelo engenheiro Felix Trombe e pelo arquiteto Jacques Michel (CAVALCANTI, 2013). Resumidamente, o sistema é composto por uma superfície envidraçada posicionada do lado externo da edificação e uma parede alta inércia térmica, costumeiramente pintada com cor escura, para auxiliar na absorção da radiação solar. Esta estrutura é orientada à Norte (no hemisfério Sul), e é de grande valia para locais com invernos rigorosos, pois tem capacidade de armazenamento térmico.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é analisar a influência estética da parede Trombe, a partir de estudos dos materiais e modelos, aplicando-a em um modelo de residência localizada na Zona Bioclimática Brasileira 2 (ZB 2), além de avaliar o impacto do sistema no comportamento térmico dos ambientes.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRIA DA PAREDE TROMBE

Edward Morse foi o primeiro a patentear o conceito de parede Trombe no ano de 1881. Porém, somente em 1957, na França, foi desenvolvido e popularizado o projeto de uma parede Trombe por Félix Trombe e Jacques Michel. Em 1967, os pesquisadores construíram em Odeillo, na França, a primeira casa que possuía o sistema integrado a fachada (Figura 1).

Figura 1 – Primeira casa com sistema de parede Trombe



Fonte: Roland (2007).

### 2.2 FUNCIONAMENTO DA PAREDE TROMBE

Conforme Alves (2014), o funcionamento da parede Trombe é baseado nos fenômenos de transferência de calor, envolvendo radiação e convecção.

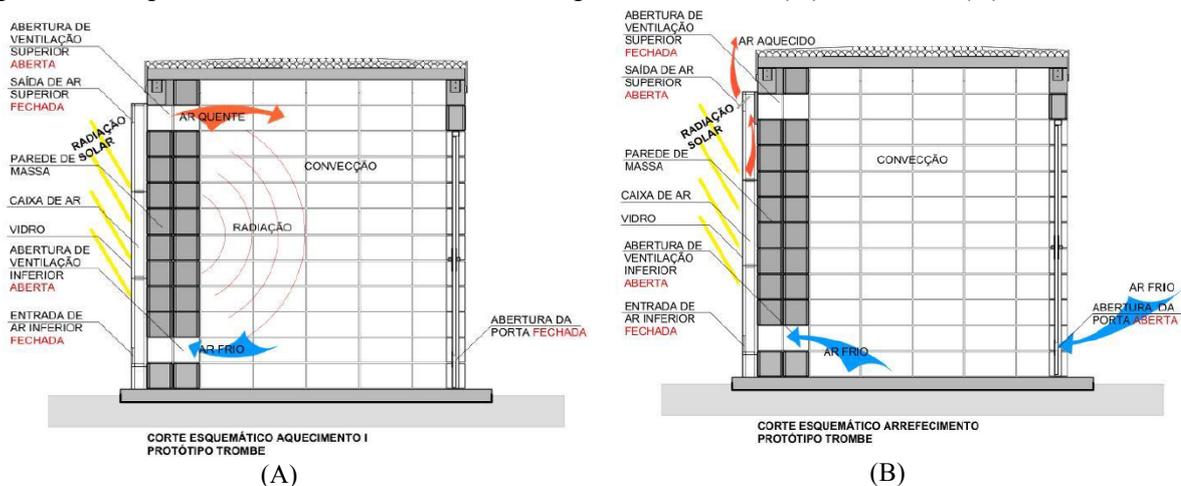
Bianco (2016) descreve em seu trabalho que o modelo clássico de parede Trombe é constituído por uma parede acumuladora, cujo material deve apresentar elevada capacidade de armazenamento térmico, podendo ainda sua superfície externa ser pintada de uma cor escura, o que potencializa a absorção de calor.

Na parte externa da edificação tem-se uma área envidraçada que é separada da parede acumuladora por uma caixa de ar. O calor irá atravessar a área envidraçada e se acumulará na caixa de ar, criando o efeito estufa. Será então absorvido pela parede acumuladora e transferido gradativamente ao interior do edifício aquecendo o ambiente (ALVES, 2014).

Suzuki, Krüger e Matoski (2012) complementa que no inverno a energia acumulada é utilizada para o aquecimento dos ambientes internos, já no verão, a câmara de ar externa pode ser ventilada naturalmente, a fim de amenizar os ganhos de calor no interior do edifício, pois a superfície envidraçada deve estar afastada de 10 a 15cm da parede acumuladora, evitando assim a condução de calor.

A transferência de calor também pode ocorrer por meio de convecção, isso torna-se possível quando insere-se aberturas no topo e na base da parede. Ainda, segundo Suzuki, Krüger e Matoski (2012) a energia que incide na parede é transferida para o interior pelas aberturas, porém, com esta situação o sistema é considerado solar passivo para aquecimento, demandando mais cuidado com sombreamento no verão (Figura 2).

Figura 2 – Esquema de funcionamento de uma parede Trombe (A) inverno e (B) verão



Fonte: Bianco, 2016.

É de fundamental importância que a decisão de inserir a parede Trombe aconteça na etapa de projeto de uma residência, para garantir que esta obtenha o desempenho desejado. Também é necessário ter conhecimento das capacidades de armazenamento térmico do material que irá constituir a parede acumuladora (VETTORAZZI, RUSSI E SANTOS, 2010).

### 2.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMA

A Tabela 1 nos mostra as vantagens e desvantagens da aplicação da parede Trombe em uma residência.

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens da parede Trombe

Vantagens	Desvantagens
<p>Redução do consumo de energia nos períodos de inverno.</p> <p>Proteção contra os raios ultravioleta e maior privacidade no interior do ambiente.</p> <p>Sistema de baixa manutenção.</p> <p>Poucas oscilações de temperatura no ambiente, aumentando o conforto térmico no interior das edificações.</p>	<p>Superaquecimento no verão, caso não sejam implantados técnicas de sombreamento eficazes.</p> <p>Espessura maior da parede, diminuindo a área útil dos ambientes.</p> <p>No sistema ventilado, o funcionamento eficaz não é fácil de ser implementado junto aos usuários.</p> <p>Falta de iluminação natural.</p>

Fonte: Adaptado Gomes (2011, p. 78).

### 3 METODOLOGIA

O método compreende quatro etapas: apresentação da residência objeto de estudo, parâmetros da simulação, composição arquitetônica e avaliação do comportamento térmico.

#### 3.1 MODELO DE RESIDÊNCIA

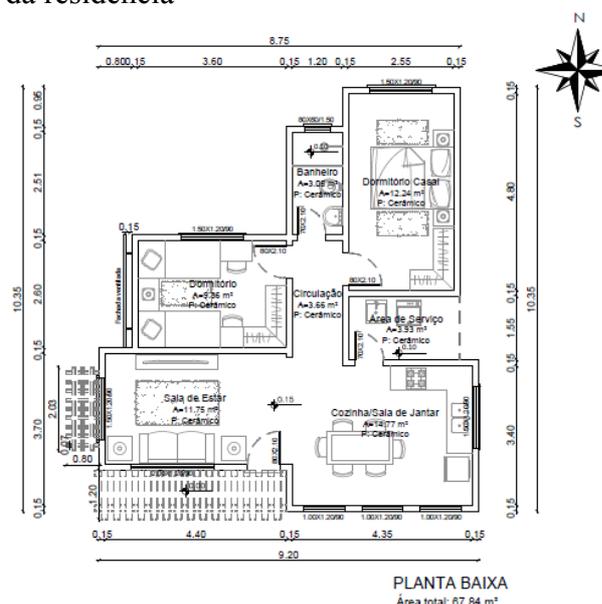
A residência objeto de estudo é uma casa térrea (Figura 3) com área de 67,84m<sup>2</sup>, constituída dos seguintes ambientes: varanda, sala de estar, sala de jantar e cozinha integradas, dois dormitórios, um banheiro e área de serviço (Figura 4).

Figura 3 – Vista isométrica frontal e posterior



Fonte: autoras.

Figura 4 – Planta baixa da residência



Fonte: autoras.

### 3.2 PARÂMETROS PARA SIMULAÇÃO

Baseado nas especificações do método de simulação do RTQ-R (INMETRO, 2012), será utilizado o programa computacional *Designbuilder* versão 2.4.2.016 para a modelagem da edificação e obtenção dos dados da condição real do modelo. Contudo, para a simulação da residência com a parede Trombe, serão exportadas todas as informações na extensão IDF para o *software Energyplus*, propiciando a implementação do modelo com a inserção do sistema.

Ainda, seguindo as diretrizes do regulamento, serão considerados o padrão de uso da ventilação natural, condicionamento artificial, atividade, padrão de ocupação e padrão de uso da iluminação. Além dos parâmetros de modelagem do sistema de ventilação natural da edificação, como o coeficiente de rugosidade do entorno, os coeficientes de pressão superficial, o coeficiente de descarga para janelas e portas e o coeficiente do fluxo de ar por frestas.

#### 3.2.1 Temperatura do solo e arquivo climático

A temperatura do solo será determinada através do programa computacional *Slab*, que é um programa auxiliar do *software EnergyPlus*, para cálculo da temperatura média mensal do solo, baseando-se nos valores médios de temperaturas internas e externas da edificação para clima simulado.

Para representar a ZB 2 será usado o arquivo climático de Santa Maria/RS, possuindo os dados horários desenvolvidos por *Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA)*.

### 3.3 COMPOSIÇÃO ARQUITETÔNICA

Nesta etapa do trabalho serão desenvolvidos estudos de composição a partir da inserção da parede Trombe na face Norte da edificação. Para isso, será feita a escolha de materiais e acabamentos juntamente com o estudo da relação do sistema com a forma do edifício. Este processo permitirá análises do impacto da estratégia na estética da residência.

### 3.4 AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO

Compreende a avaliação do comportamento térmico dos ambientes que serão influenciados pela parede Trombe. Esta avaliação será realizada através do programa computacional *EnergyPlus* e consistirá na análise da temperatura do ar e do consumo de energia.

## 4 RESULTADOS ESPERADOS

Aprofundar os conhecimentos, técnicas, funções e aplicações que envolvem a parede Trombe, partindo de estudos bibliográficos sobre este sistema de aquecimento solar passivo desenvolvido no final da década de 50. Após serão realizados estudos da implantação dessa estratégia na envoltória de uma edificação de cunho social e, conseqüentemente, a realização de testes de composição formal. Este trabalho complementar as importantes linhas de pesquisa que visam reduzir o consumo de energia, melhores condições no ambiente interno e eficiência energética. Assim como, demonstrar diferentes soluções compositivas resultantes da aplicação da estratégia em um modelo de residência, possibilitando, dessa forma, análises do impacto na edificação.

## REFERÊNCIAS

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Handbook – Fundamentals**. Atlanta, 2009.

ALVES, João Filipe dos Santos. **Influência dos elementos de obstrução no desempenho térmico da parede Trombe**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2014.

BIANCO, Corina Faria. **Parede Trombe: estudo experimental comparativo de desempenho térmico para aquecimento e arrefecimento na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2016.

CAVALCANTI, Fernando Sá. **Parede Trombe no Brasil: Análise do potencial de utilização para aquecimento e refrigeração**. 2013. 122 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tese) – Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo - Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2013.

DE SÁ, Ana Cristina Briga. **Parede Trombe: Análise experimental e simulação de desempenho térmico**. Tese (Doutorado) – Universidade de Beira Interior, Covilhã, Portugal, 2011.

GOMES, Miguel António da Graça. **Construção sustentável - Contributo da utilização da parede trombe**. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011, 163p. Lisboa, Portugal, 2011.

INMETRO - INSTITUTO DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. Requisitos Técnicos da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – **RTQ-R**. Brasil. Rio de Janeiro, 2012.

MARTINS, Analisa Cavaleiro. **Contribuição da parede trombe na redução dos consumos energéticos dos edifícios**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, 2010.

ROLAND, G. **Maison Solaire**. 2007. Disponível em: <<http://www.panoramio.com/photo/6280278>> Acessado em: 05/05/2017.

SUZUKI, Eimi V.; KRÜGER, Eduardo L.; MATOSKI, Adalberto. **Avaliação do potencial de aquecimento/resfriamento de um protótipo com parede trombe**. XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Juiz de Fora, 2012. 1494p-1502p.

VETTORAZZI, Egon; RUSSI, Madalena; SANTOS, Joaquim C. Pizzutti dos. **A utilização das estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar**. Congresso Internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social. Porto Alegre, 2010.