



Sustentabilidade e desempenho térmico em Habitação de Interesse Social: aplicação da ferramenta ISMAS em Vitória-ES para vedações verticais

Sustainability and thermal performance in social housing: ISMAS tool application in Vitória-ES for vertical sealings

Sostenibilidad y rendimiento térmico en vivienda de interés social: aplicación de la herramienta ISMAS en Vitória-ES para muros verticales

MACHADO, Jéssica de Mello ¹

SIRTULI, Bruna Perovano ²

RODRIGUES, Edna Aparecida Nico ³

ALVAREZ, Cristina Engel de ⁴

¹ Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil. jessicadmm@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-3392-6964

² Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil. brunapsirtuli@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8907-4943

³ Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil. ednanr@terra.com.br
ORCID: 0000-0002-0905-1723

⁴ Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro de Artes, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória - ES, Brasil. engelalvarez@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-3898-8515

Recebido em 12/12/2018 Aceito em 20/02/2020



Resumo

Com o número crescente de investimentos em edificações de interesse social, cresce também a preocupação com o conforto térmico dos usuários, uma vez que estes imóveis estão sendo replicados em diferentes regiões do país, sem a devida preocupação com a diversidade climática e com a utilização de materiais mais adequados, especialmente quando se deseja utilizar sistemas passivos para a criação de ambientes termicamente mais confortáveis. Assim, objetivou-se comparar o nível de sustentabilidade e de desempenho térmico dos materiais comumente utilizados nas vedações verticais de habitações de interesse social multifamiliares, ventiladas naturalmente em Vitória-ES. Para esta finalidade, foram realizadas simulações computacionais com o software *DesignBuilder* versão 3.4.0.041, adotando-se para a análise de sustentabilidade dos materiais o ISMAS, que consiste em uma ferramenta de suporte para a seleção de materiais construtivos, pautada no conceito de sustentabilidade. Os resultados apontaram que nem sempre a utilização de materiais com classificação mais alta de sustentabilidade apresentam melhores resultados quanto ao desempenho térmico, sendo necessário analisar outros parâmetros para a melhor decisão projetual.

Palavras-Chave: Desempenho térmico; Sustentabilidade; ISMAS; Simulação termo energética; *DesignBuilder*

Abstract

With the increasing number of investments in social interest buildings, the concern with the thermal comfort of the users also grows, since these properties are being replicated in different regions of the country, without due concern with the climatic diversity and with the use of more suitable materials, especially when it is aimed to use passive systems to create comfortable environments. Thus, the objective was to compare the level of sustainability and thermal performance of the materials commonly used in the vertical fences of multifamily social housing, naturally ventilated in Vitória-ES. For this purpose, computer simulations were performed with DesignBuilder software version 3.4.0.041, adopting ISMAS for the materials sustainability analysis, which consisted of an assist tool for the selection of construction materials based on the concept of sustainability. The results indicated that the use of materials with a higher sustainability rating does not always perform better results in terms of thermal performance, requiring further analysis of other parameters for the design decision.

Key-Words: Thermal performance; Sustainability; ISMAS; Thermo energy simulation; *DesignBuilder*

Resumen

Con el creciente número de inversiones en edificios de interés social, también aumenta la preocupación por el confort térmico de los usuarios, ya que estas propiedades se están replicando en diferentes regiones del país, sin la debida preocupación por la diversidad climática y el uso de materiales más adecuados, especialmente cuando se desea utilizar sistemas pasivos para crear ambientes térmicamente más cómodos. Por lo tanto, el objetivo fue comparar el nivel de sostenibilidad y el desempeño térmico de los materiales comúnmente utilizados en los muros verticales de viviendas de interés sociales, ventiladas naturalmente en Vitória-ES. Para este propósito, se realizaron simulaciones con el software DesignBuilder versión 3.4.0.041, adoptando ISMAS para el análisis de sostenibilidad de materiales, que es una herramienta de apoyo para la selección de materiales de construcción, basada en el concepto de sostenibilidad. Los resultados mostraron que el uso de materiales con una calificación de sostenibilidad más alta no siempre presenta mejores resultados en términos de rendimiento térmico, por lo que es necesario analizar otros parámetros para la mejor decisión de diseño.

Palabras-clave: Desempeño térmico; Sostenibilidad; ISMAS; Simulación de termoenergía; *DesignBuilder*

1. Introdução

Nas últimas décadas o Brasil tem apresentado um alto déficit habitacional, estimado em aproximadamente 6,18 milhões de moradias (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2018). Em contrapartida, foi lançado em 2009 pelo governo federal, o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), cuja proposta foi incentivar a compra da casa própria, com a oferta de edificações de baixo e médio custo, a fim de reduzir o déficit habitacional do país (MORORÓ et al., 2016).

Diante desse contexto, o processo de execução geralmente é realizado em larga escala e de forma generalizada, muitas vezes sem considerar as particularidades climáticas, sociais e tecnológicas de cada região, e tampouco as desejáveis medidas que promovam a eficiência energética (BODACH; HAMHABER, 2010). No entanto, com o surgimento do Selo Casa Azul no ano de 2010, e da NBR 15575 em 2013, consideradas importantes ferramentas para a sustentabilidade e desempenho das edificações, houve uma melhoria na qualidade da produção destas construções, no entanto, ainda não suficientes para proporcionar o conforto ideal aos seus usuários (FASTOFSKI; GONZÁLEZ; KERZ, 2017).

Tal fato deve-se, principalmente, às limitações orçamentárias disponíveis para o número significativo de unidades a serem construídas (TUBELO et al., 2018), o que frequentemente resulta em baixa qualidade construtiva, alto consumo de energia e em um desempenho térmico insatisfatório (DÖRFLER; KRÜGER, 2016). No entanto, a construção de habitações sustentáveis, não necessita obrigatoriamente de tecnologias inovadoras ou de objetivos extremos para redução no consumo de energia, podendo ser utilizadas estratégias como a seleção mais adequada e a racionalização do uso de materiais, para que a construção seja viável economicamente (MORORÓ et al., 2016). Nesse sentido, constatou-se uma lacuna de conhecimento que leve à proposição de soluções para melhoria do desempenho térmico, levando em consideração a especificação de materiais mais sustentáveis para esse tipo de empreendimento (SANTESSO et al., 2017), visto que as habitações devem atender às necessidades de seus usuários proporcionando segurança e conforto ao longo de sua vida útil, independentemente do tipo de edificação (SORGATO et al., 2014).

Para garantir o adequado desempenho térmico dos sistemas construtivos, existem normas que atuam como ferramentas importantes para a tomada de decisões projetuais (LAMBERTS et al., 2005), como a NBR 15220 e a NBR 15575. O conjunto de normas da NBR 15220 prescreve o zoneamento bioclimático brasileiro e recomenda diretrizes construtivas e estratégias de condicionamento térmico passivo para cada uma das zonas estabelecidas (ABNT, 2005). Já o conjunto da NBR 15575 determina, entre outros aspectos, os requisitos mínimos de desempenho para os sistemas de vedações verticais e horizontais das edificações (ABNT, 2013). Além das normas nacionais citadas, ressalta-se ainda a norma internacional da *American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers* - ASHRAE 55, que aborda a temática do conforto adaptativo no interior das edificações para a ocupação humana (ASHRAE 55, 2010).

Além da viabilidade econômica, é de fundamental importância considerar, ainda no processo projetual, a qualidade de vida dos usuários e a proteção ao meio ambiente, princípios fundamentais do conceito de sustentabilidade, que concilia aspectos ambientais com os econômicos e os sociais (AGOPYAN; JOHN, 2011). Nesse sentido, um dos fatores a ser considerado refere-se à etapa de seleção dos materiais a serem empregados nas vedações, pois estes exercem grande influência sobre as condições de conforto interno e sobre o consumo energético da edificação.

Para contribuir com esta etapa de seleção, foi desenvolvida a ferramenta ISMAS (Instrumento para a Seleção de Materiais mais Sustentáveis), especificamente para o estado do Espírito Santo, que realiza a avaliação de sustentabilidade dos materiais, permitindo auxiliar projetistas, entre outros profissionais da construção civil, de forma prática, simples e objetiva, pautado nos princípios da sustentabilidade

(BISSOLI-DALVI, 2014; BISSOLI-DALVI, 2016). De acordo com Gonçalves, Moura e Kuniuchi (2015), a tomada de decisão quanto aos materiais empregados pode ser melhor avaliada quando se aplica a simulação computacional, permitindo assim uma investigação mais criteriosa e com tempo reduzido para a seleção de alternativas construtivas e materiais mais eficazes quanto ao desempenho térmico, adequados aos condicionantes locais (SANTOS et al., 2017).

Assim, esta pesquisa se justifica pela constatação da necessidade de busca de soluções adequadas para os empreendimentos voltados para as habitações de interesse social, tanto no que diz respeito à busca de maior conforto térmico para os usuários, como também, na desejável busca da sustentabilidade no âmbito da construção civil.

Dessa forma, o objetivo foi comparar o nível de sustentabilidade e de desempenho térmico dos materiais comumente utilizados nas vedações verticais de habitações de interesse social multifamiliares, ventiladas naturalmente, na cidade de Vitória-ES.

2. Método

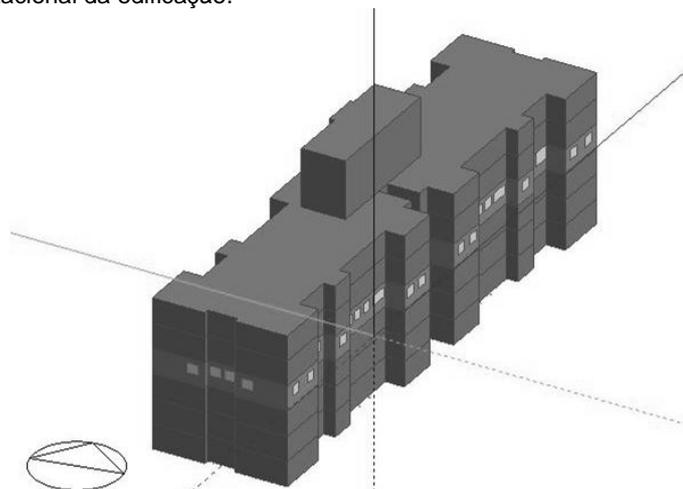
O método adotado para o alcance dos objetivos foi estabelecido a partir de cinco etapas principais: (1) Caracterização do sítio e do objeto de estudo; (2) Avaliação da sustentabilidade dos materiais por meio da ferramenta ISMAS; (3) Modelagem computacional da edificação e configuração dos elementos construtivos pelo *software DesignBuilder*; (4) Simulações e (5) Definição do método de análise do desempenho térmico.

2.1. Caracterização do sítio e do objeto de estudo

O objeto de estudo desta pesquisa consiste em um edifício residencial, situado em conjunto habitacional multifamiliar de padrão econômico, inserido nos objetivos do PMCMV, voltado a atender um público com renda familiar de até três salários mínimos.

O edifício caracteriza-se por possuir seis pavimentos tipo (Figura 1), contendo doze apartamentos de dois quartos por pavimento, com áreas que variam de 43 m² a 52 m², caracterizando-se como uma tipologia usual que vem se repetindo pelo território ao longo dos anos. As principais fachadas possuem aberturas direcionadas para as orientações Leste e Oeste, consideradas orientações críticas em relação à incidência solar para qualquer latitude do território brasileiro, destacado na NBR 15575 (ABNT, 2005).

Figura 1: Modelo computacional da edificação.



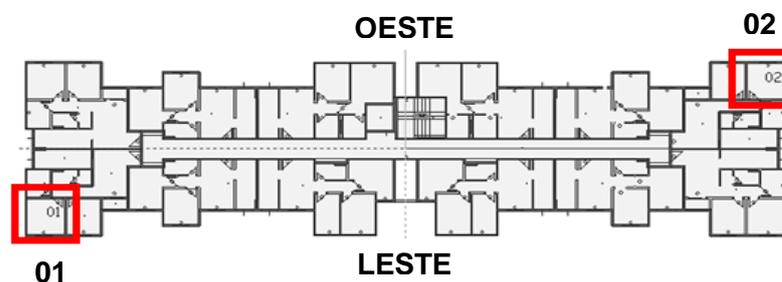
Fonte: Elaborado em *DesignBuilder* Versão 3.4.0.041 (2013).

Para efeitos de estudo, a edificação foi localizada na cidade de Vitória – ES, situada na Zona Bioclimática 8 (ZB8), caracterizada pelo clima tropical atlântico, com presença de estação chuvosa no

verão e seca no inverno, com temperaturas médias variando entre 18°C a 26°C e ventos incidentes com maior frequência de origem Nordeste e Norte para a grande parte do ano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Para a realização das simulações, foram selecionados dois ambientes localizados no quarto pavimento. Tal escolha justifica-se por ser um andar intermediário, não sofrendo influências diretas com as perdas térmicas através do solo e dos ganhos térmicos através da cobertura. Os ambientes selecionados estão situados na extremidade da torre. O ambiente 1 possui abertura voltada para a orientação Leste e parede adjacente voltada para Sul, enquanto o ambiente 2 possui abertura para Oeste e parede adjacente para Norte, ambos recebendo incidência solar de duas orientações simultaneamente (Figura 2), proporcionando maior interação dos fatores externos com a capacidade de desempenho dos materiais, bem como das condições internas para o conforto térmico.

Figura 2: Planta baixa esquemática do pavimento tipo com destaque para os ambientes simulados.



Fonte: Elaborado em *DesignBuilder* Versão 3.4.0.041 (2013).

2.2. Avaliação da sustentabilidade dos materiais

A avaliação de sustentabilidade dos materiais foi realizada utilizando-se a ferramenta ISMAS, que possui como características o uso simples, prático e rápido, sendo utilizado com mínimas instruções pelos projetistas, e de forma gratuita. O instrumento aponta sete critérios relacionados à avaliação dos materiais quanto aos impactos que estes proporcionam em diversas fases do ciclo de vida do material, abordando características que visam definir e medir o grau de sustentabilidade com foco na economia de matérias primas, geração e gestão de resíduos. Cada um desses critérios possui diferentes pesos, conforme Tabela 1, que apontam o maior ou menor grau de importância de cada critério em relação ao contexto de aplicação do material (BISSOLI-DALVI, 2016).

Tabela 1: Propriedades térmicas dos componentes das paredes.

	Critério	Peso
1	É possível ser aproveitado no todo ou em parte	1
2	É renovável	4
3	Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5
4	Possui elementos reciclados	2
5	A durabilidade independe de manutenção	1
6	Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	0,5
7	Favorece a baixa geração de resíduos	1

Fonte: BISSOLI-DALVI et al. (2017).

A pontuação dos critérios é realizada por três níveis de resposta, sendo que cada nível possui um determinado valor numérico: 1 para o atendimento do critério, 0 para o atendimento parcial e -1 para o não atendimento. Por meio de uma média ponderada, a ferramenta transforma os valores numéricos dos níveis de resposta e dos pesos em uma pontuação final, determinando assim, o índice de sustentabilidade atingido pelo material. Para cada um dos critérios mencionados, baseando-se no desempenho do material em relação a cada critério, foi definida uma escala de classificação associada

a uma paleta de cores representativas, com variações que vão do muito baixo ao elevado (BISSOLI-DALVI, 2016).

2.3. Modelagem computacional e configuração dos elementos construtivos

Para esta etapa da pesquisa foi selecionado o *software DesignBuilder*, versão 3.4.0.041 (2013), que atua por meio da modelagem e configuração dos elementos do edifício, permitindo uma verificação dos dados obtidos em função de cada especificação, da orientação da edificação, dos materiais constituintes da envoltória, das aberturas e estratégias para a ventilação natural, entre outros itens que melhor se adequam com a realidade local na busca pelo conforto térmico. Além disso, possui uma interface amigável, com fácil inserção de geometrias, dispondo ainda da base de dados algorítmicos do *software EnergyPlus* para a realização dos cálculos das simulações.

Para a análise das condições climáticas utilizou-se o arquivo climático em formato EPW - *EnergyPlus Weather*, para a cidade de Vitória-ES (LABEEE, 2015). O modelo foi configurado considerando a edificação conforme dimensão, especificação e orientação solar originais de projeto, alternando apenas os materiais de vedação. Para a especificação dos diferentes sistemas de fachadas, foi utilizado o critério de desempenho térmico, com base nos requisitos descritos na NBR 15575-4 (ABNT, 2013). O critério adotado foi o valor de transmitância térmica (U) máxima de 3,7 W/m².K para paredes com absorvância de até 0,6. Neste estudo estão sendo consideradas paredes de cor clara, com absorvância equivalente a 0,2.

De acordo com o critério estabelecido, foram selecionados os sistemas de vedação com blocos de concreto e blocos cerâmicos vazados, por serem os materiais mais utilizados neste tipo de edificação para a cidade de Vitória, conforme Michel, Laranja e Nico-Rodrigues (2018). Outro material utilizado para a investigação foi o bloco cerâmico maciço, que apresenta grande disponibilidade no mercado, facilidade na execução e baixo custo relativo. Além desses, também foi selecionado o sistema em *Light Steel Framing* (LSF), que apesar de não ter uma utilização expressiva para este tipo de edificação no estado do Espírito Santo, tem sido muito utilizado em outras regiões por apresentar maior rapidez de execução e menor percentual de perdas (CALDAS *et al.* 2016).

As paredes constituídas por blocos foram configuradas com 13,5 cm de espessura, revestidas externamente com reboco e pintura texturizada de cor clara e internamente com gesso liso e massa PVA (Poliacetato de Vinila) de cor branca. O sistema em LSF foi configurado com 11,5 cm de espessura, considerando os mesmos acabamentos internos e externos daqueles compostos por blocos. Para o piso considerou-se a laje em concreto armado, com acabamento somente no contrapiso e gesso liso utilizado como acabamento de teto. Para a cobertura adotou-se laje em concreto armado com telhas em fibrocimento, por serem materiais usuais para este tipo de edificações (Tabela 2).

Tabela 2: Propriedades térmicas dos componentes das paredes.

(continua)	
Detalhamento das paredes e suas propriedades	
Parede em bloco de concreto	
Alvenaria com blocos de concreto de 2 furos retangulares (9x19x39 cm), com acabamento interno em gesso com espessura de 2 cm e reboco externo com 2,5 cm de espessura	13,5 cm de espessura
Transmitância térmica (U)	2,72 W/(m ² .K)
Parede em bloco cerâmico	
Alvenaria com blocos cerâmicos de 6 furos quadrados (9x14x24 cm), com acabamento interno em gesso com espessura de 2 cm e reboco externo com 2,5 cm de espessura	13,5 cm de espessura
Transmitância térmica (U)	2,37 W/(m ² .K)
Parede em bloco cerâmico maciço	

Alvenaria com blocos cerâmicos maciços (9x5x19 cm) com acabamento interno em gesso com espessura de 2 cm e reboco externo com 2,5 cm de espessura	13,5 cm de espessura
Transmitância térmica (U)	3,52 W/(m ² .K)
Parede em Light Steel Framing	
(conclusão)	
Light Steel Framing (9 cm) com acabamento interno em placa de gesso com espessura de 1,25 cm e externo em placa cimentícia com espessura de 1 cm e isolamento termoacústico em lã de rocha (9 cm)	11,5 cm de espessura
Transmitância térmica (U)	0,38 W/(m ² .K)
Laje entre pavimentos	
Laje em concreto armado	10 cm de espessura
Transmitância térmica (U)	3,73 W/(m ² .K)
Cobertura	
Cobertura em telhas de fibrocimento com camada de ar de 20 cm e laje maciça em concreto com 10 cm de espessura	-
Transmitância térmica (U)	2,06 W/(m ² .K)

Fonte: INMETRO – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros (2013).

Os dados referentes às variáveis de ocupação do edifício e da zona foram baseados nas características do ambiente para uma rotina típica de ocupação (Tabela 3).

Tabela 3: Parâmetros de ocupação e metabolismo.

Ocupação	Uso
Usuário	8h00 – 18h00 = 0% de ocupação
	18h00 – 21h00 = 50% de ocupação
	21h00 – 8h00 = 100% de ocupação
Parâmetros Humanos	
Vestimenta	Verão = 0,5 clo
Metabolismo	Leitura = 0,90 met
Padrão de ocupação	2 pessoas

Fonte: As autoras (2018).

As aberturas possuem dimensões de 1,20m x 1,00m x 1,10m (L x A x P), e são constituídas por esquadrias em alumínio com uma folha em veneziana vazante e outra em vidro incolor de 3mm, com sistema de abertura de correr em duas folhas, permitindo a abertura de 50% da área da janela para ventilação natural, não possuindo quaisquer elementos de proteção solar (Tabela 4).

Tabela 4: Características da abertura.

Características	Dimensões
Área do ambiente	8,58 m ²
Dimensões da janela	1,20x1,00x1,10m
Área da janela	1,2m ²
Área de ventilação	0,6m ²
Modelo da janela	Controle da abertura
Esquadria em alumínio com uma folha em veneziana vazante e outra folha em vidro incolor	8h00 – 21h00 = janela aberta (50% do vão aberto)
	21h00 – 8h00 = janela fechada (entrada de ar pela veneziana vazante)
Propriedades térmicas dos materiais da janela	
Transmitância térmica do quadro de alumínio (U)	5,88 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do vidro 3mm incolor (U)	5,89 W/(m ² .K)

Fonte: As autoras (2018).

2.4. Simulações

As simulações foram realizadas em quatro etapas utilizando-se o mesmo modelo de edificação, alternando apenas os materiais constituintes da envoltória. A primeira etapa consistiu na avaliação do modelo com adoção do bloco de concreto como principal elemento da envoltória - modelo 1 (M1). Na segunda etapa foi realizada a avaliação adotando-se os blocos cerâmicos com furos - modelo 2 (M2), enquanto para a terceira e quarta etapas foram adotados, respectivamente, bloco cerâmico maciço – modelo 3 (M3) e o sistema em LSF com placa cimentícia - modelo 4 (M4), apresentados na Tabela 5. As aberturas foram mantidas iguais em todos os modelos, variando-se somente o elemento de vedação vertical.

Tabela 5: Modelos adotados para realização das simulações.

Modelos	Materiais	Abertura
M1	Bloco de concreto	Janela em alumínio com duas folhas de correr, uma em vidro e outra em veneziana vazante
M2	Bloco cerâmico com furos	
M3	Bloco cerâmico maciço	
M4	Light Steel Framing com placa cimentícia	

Fonte: As Autoras (2018).

A partir desses dados, foi definido o método de avaliação para os modelos estabelecidos.

2.5. Definição do método para análise do desempenho

A análise de desempenho térmico dos ambientes foi estabelecida a partir da metodologia de avaliação proposta por Nico-Rodrigues (2015), avaliando as alterações da temperatura operativa para cada hora do dia, no período do verão, por ser essa a estação mais crítica para o território brasileiro. Esse método estabelece o vínculo entre os indicadores de Frequência de Desconforto Térmico (FDT), com os Graus-horas de desconforto térmico (GhDT), considerando a ventilação natural como condicionante para a obtenção de melhores condições de conforto.

O indicador FDT equivale ao percentual de tempo, considerado em hora inteira, em que a temperatura operativa apresentou-se acima do valor máximo da temperatura de conforto, quantificando as horas em desconforto na unidade de porcentagem, correspondendo à frequência máxima de 100% de FDT para cada dia. O indicador GhDT é determinado pelo somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura máxima de conforto térmico, quando a temperatura operativa assume valores acima da temperatura de conforto. O valor de referência máximo aplicado a esta pesquisa é resultante do maior valor de GhDT obtido nas simulações.

Para a representação e análise desses indicadores utilizou-se o diagrama de fluabilidade (Figura 3), que relaciona os dados em um gráfico de dispersão dividido em quatro zonas distintas, considerando a avaliação da frequência nos níveis temporário e frequente; e a condição de intensidade para os graus-horas nos níveis leve e intenso, sendo a melhor condição aquela que tende a origem dos eixos.

Figura 3: Diagrama de fluutuabilidade dos indicadores FDT e GhDT.



Nico-Rodrigues et al. (2015) propõem ainda um intervalo de confiança para identificação dos dias com desconforto térmico, estatisticamente calculado para o período de um ano, onde para cada mês é determinada uma faixa limite de temperatura de conforto, fundamentados na ASHRAE 55, utilizada como base para a análise do conforto térmico. A determinação da faixa limite foi realizada a partir de uma simulação inicial do sítio, para a obtenção das temperaturas mensais externas, a partir das quais foram calculadas as temperaturas mínimas e máximas de conforto para cada mês.

Essas temperaturas podem ser obtidas por meio da Equação 1, onde a temperatura neutra (T_n) é a resultante da soma entre a temperatura mensal externa (T_e) e o fator multiplicador (0,31), adicionado ao valor 17,8. Para a definição da temperatura de conforto máxima é necessário acrescentar ao valor da temperatura neutra, obtida pela Equação 1, o valor de tolerância ao calor de + 2,5, enquanto para o valor de tolerância ao frio subtrai-se 2,5 do valor da temperatura neutra, referentes ao percentual de 90% para a aceitabilidade dos usuários.

$$T_n = 0,31 (T_e) + 17,8 \tag{1}$$

Onde:

T_n = Temperatura Neutra (°C)

T_e = Temperatura Externa (°C)

Com a obtenção da faixa limite de conforto para cada mês, foi realizada uma nova simulação, para obtenção da temperatura diária externa para todos os dias do verão. Os dias em que as temperaturas estiveram dentro da faixa limite foram considerados válidos para a análise. Deste modo, esta pesquisa realizou simulações para os 21 dias determinados pelo intervalo de confiança proposto para o período do verão (Tabela 6).

Tabela 6: Dias definidos a partir do intervalo de confiança para o verão.

Meses	Dias analisados
Dezembro	21
Janeiro	05 06 17 22
Fevereiro	01 08 09 10 17 19 20 21 25 26
Março	01 03 06 09 10 11

Fonte: Adaptado de Nico-Rodrigues et. al (2015).

As temperaturas operativas limites, para a análise do conforto térmico de cada mês do período do verão, foram resultantes de uma simulação inicial do sítio, onde foram obtidos os valores médios mensais de temperatura do ar externo (Tabela 7), correlacionados com o modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55, para posteriormente definir o quanto de desconforto térmico ocorreu em

cada ambiente no período analisado, considerando 90% de aceitabilidade para os ambientes estudados.

Tabela 7: Temperatura limite de conforto para o verão.

Meses	Temperatura limite de conforto
Dezembro	28,61°C
Janeiro	28,45°C
Fevereiro	28,27°C
Março	28,55°C

Fonte: Adaptado de Nico-Rodrigues et al. (2015).

A partir destas informações foi possível avaliar comparativamente o desempenho e a sustentabilidade dos materiais selecionados.

3. Análise dos resultados

Os resultados foram estruturados em três partes: a primeira consistiu na avaliação da sustentabilidade dos materiais; a segunda, na determinação do índice de desconforto térmico, que serviu como base para a análise dos dados gerados nas simulações; e a terceira, com os resultados obtidos nas simulações, apresentados por meio de gráficos e diagramas que indicaram as condições internas do ambiente de acordo com cada material selecionado.

3.1. Avaliação de sustentabilidade dos materiais

A avaliação da sustentabilidade para os materiais selecionados, foi realizada definindo-se os níveis aparentes de sustentabilidade de cada material utilizado para os sistemas de vedação vertical e esquadria (Tabela 8).

Tabela 8: Avaliação de sustentabilidade dos materiais selecionados pela ferramenta ISMAS.

Uso	Material	Índice de Sustentabilidade ISMAS	
Vedação	Bloco de concreto	-0,40	Baixo
	Bloco cerâmico	0,35	Alto
	Bloco cerâmico maciço	0,65	Elevado
	Light Steel Framing com placa cimentícia	0,45	Alto
Esquadria	01 Folha em e vidro e 01 folha em veneziana vazante de Alumínio	0,30	Alto

Fonte: Elaborado a partir de Bissoli-Dalvi (2016).

Pela avaliação dos níveis de sustentabilidade para cada material de vedação, constatou-se que os blocos cerâmicos maciços alcançaram níveis elevados de sustentabilidade de acordo com os critérios estabelecidos por Bissoli-Dalvi (2016). Tal resultado deu-se, principalmente, em decorrência da possibilidade de reaproveitamento para a confecção de novos materiais e por dispensarem materiais adicionais para acabamento, como reboco, vernizes, dentre outros revestimentos, contribuindo assim para a economia de recursos naturais.

Os blocos cerâmicos vazados, constituídos da mesma matéria prima dos blocos maciços, atingiram um nível alto de sustentabilidade, porém com um índice mais baixo em relação aos blocos maciços, pois apesar de também poderem ser reaproveitados em partes, apresentam nesse caso, a necessidade de materiais adicionais para acabamento, como reboco, pintura e instalação de revestimentos, o que definiu uma pontuação mais baixa de acordo com o ISMAS.

Os materiais que compõem o sistema em LSF, que obteve alto índice de sustentabilidade, foram avaliados de forma conjunta, apresentando tanto, pontos positivos, quanto negativos. Observou-se que além de favorecer o desmonte dos perfis de aço visando o reaproveitamento, estes ainda podem ser

reutilizados de forma direta ou por meio de processamento industrial, favorecendo também a baixa geração de resíduos pela facilidade de desmontagem. Entretanto, esse sistema apresenta maior necessidade de manutenção e possui alguns materiais – como o gesso e o isolante térmico – que não podem ser reaproveitados. Apesar disso, alguns critérios da ferramenta atribuídos ao material, e que possuem maior peso, como a possibilidade de renovação, são características apresentadas pelo LSF, o que justifica sua alta classificação quanto a sustentabilidade.

Constatou-se ainda que os blocos de concreto atingiram um nível muito inferior em relação aos demais tipos de materiais analisados, devido principalmente à dificuldade de reaproveitamento do material e à alta geração de resíduos no processo construtivo, de acordo com o ISMAS.

3.2. Índice de desconforto térmico

Os resultados das temperaturas operativas dos ambientes avaliados (Tabela 9), foram submetidos a procedimentos estatísticos para determinar os maiores valores de GhDT diário para cada orientação do período analisado, sendo este o valor utilizado como referência para a análise das propostas de modelos com a utilização dos materiais selecionados.

Os valores de GhDT para os blocos cerâmicos maciços e com furos, bem como o de concreto apresentaram-se muito próximos, e as máximas aconteceram nos mesmos dias, tanto para a orientação Leste quanto para Oeste. No entanto, o valor máximo de GhDT ocorreu no dia 22 de janeiro para a orientação Leste, para o sistema em LSF, sendo este o valor adotado como referência para análise e comparações das simulações dos modelos propostos.

Tabela 9: Valores máximos de GhDT, para o período do verão, com destaque para o valor adotado.

Estação do Verão – 4° Pav. (Máx. GhDT = 1386,42°C.h/dia = 21 dias x 66,02°C.h/dia)			
Modelo	Material	Leste	Oeste
M1	Bloco de concreto	08 Fev. GhDT = 34,37°C.h/dia	11 Mar. GhDT = 32,94°C.h/dia
M2	Bloco cerâmico com furos	08 Fev. GhDT = 35,65°C.h/dia	11 Mar. GhDT = 33,05°C.h/dia
M3	Bloco cerâmico maciço	08 Fev. GhDT = 31,92°C.h/dia	11 Mar. GhDT = 31,96°C.h/dia
M4	Light Steel Framing	22 Jan. GhDT = 66,02°C.h/dia	08 Fev. GhDT = 55,84°C.h/dia

Fonte: As Autoras (2018).

3.3. Resultados das Simulações

Os resultados das simulações demonstraram as condições internas dos ambientes selecionados, indicando os níveis de desconforto térmico, apresentando valores referentes ao GhDT e ao FDT obtidos para cada dia, por meio dos diagramas de flutuabilidade. É possível observar na Figura 4, que os resultados para todos os modelos (M1, M2, M3 e M4) indicaram três níveis de sensações de desconforto térmico: dias com desconforto temporário e leve (zona 1), dias com desconforto frequente e leve (zona 2) e dias com desconforto frequente e intenso (zona 4).

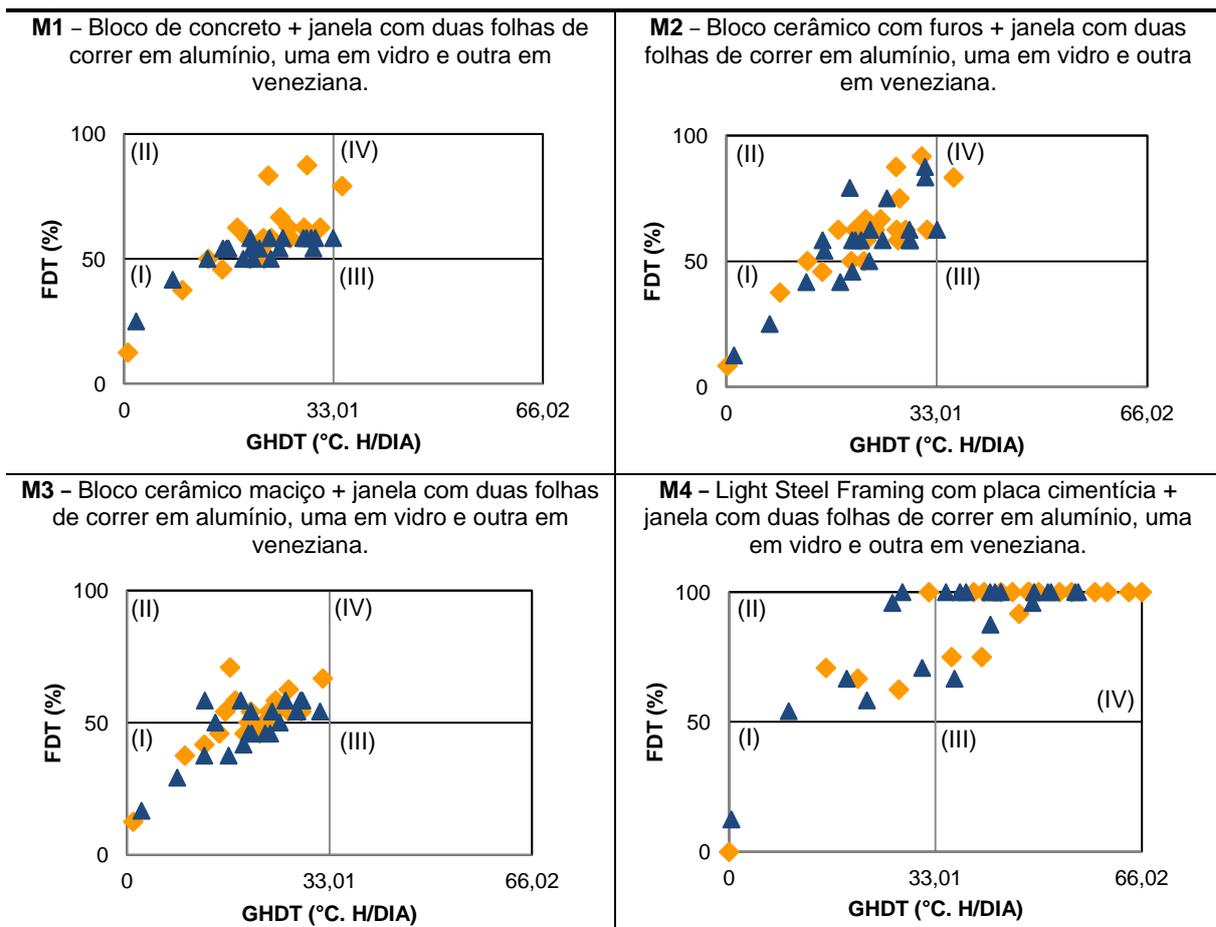
Nota-se que o M4 foi o modelo que apresentou os piores resultados dentre os modelos avaliados (Figura 4), com valores elevados tanto para GhDT quanto para FDT, apresentando 95,24% dos dias com FDT superiores à 50% tanto para a orientação Leste quanto para Oeste. A maior concentração de dias em desconforto situou-se nas zonas 4 e 2 respectivamente, caracterizando o desconforto térmico como frequente e intenso em 71,43% e frequente e leve durante 23,81% dos dias analisados. Avaliando cada orientação para o M4, observou-se cerca de 4,76% de desconforto temporário e leve tanto para a orientação Leste quanto para Oeste (zona 1), desconforto frequente e leve em 19,05% dos dias para a orientação Leste e 28,57% para a Oeste (zona 2). Além disso, verificou-se um grande percentual com desconforto térmico frequente e intenso (zona 4) para ambas as orientações, sendo a

Leste com 76,19% e a Oeste com 66,67%. Os resultados para o M4 mostraram-se ligeiramente piores para a orientação Leste, provavelmente em decorrência do posicionamento da abertura em relação à direção do vento predominante (NE), dificultando assim a dissipação do calor proveniente da radiação solar recebida através da parede voltada para a orientação Sul, considerada uma orientação crítica por receber maior incidência solar no verão, mesmo tendo um ângulo de incidência menor em relação às demais.

Os modelos M1, M2 e M3 apresentaram valores semelhantes de FDT (Figura 4), em sua maioria superiores a 50%, e valores mais baixos de GhDT, quando comparados ao M4. Esses modelos apresentaram maior concentração de dias presentes nas zonas 1 e 2, caracterizado como desconforto térmico temporário e leve e frequente e leve, respectivamente.

Considerando a zona 1 para desconforto temporário e leve, o modelo M1 apresentou, em média, 21,43% de desconforto para a orientação Leste e 19,05% para a orientação Oeste. O M2 obteve cerca de 21,43% de desconforto para a orientação Leste e 26,19% para a orientação Oeste. Já o M3 alcançou 38,09% de desconforto para a orientação Leste e 47,62% para a orientação Oeste (Figura 4). Para a zona 2 classificada com desconforto frequente e leve, o modelo M1 apresentou 73,81% de desconforto para a orientação Leste e 80,95% para Oeste. O M2 apresentou 73,81% de desconforto para a orientação Leste e 69,05% para Oeste, e o M3 obteve 61,90% de desconforto para a orientação Leste e 52,38% para Oeste.

Figura 4: Diagramas de fluvariabilidade dos modelos M1, M2, M3 e M4 para o verão.



Legenda:

▲ Oeste ◆ Leste

(I) Zona 1: desconforto temporário e leve / (II) Zona 2: desconforto frequente e leve

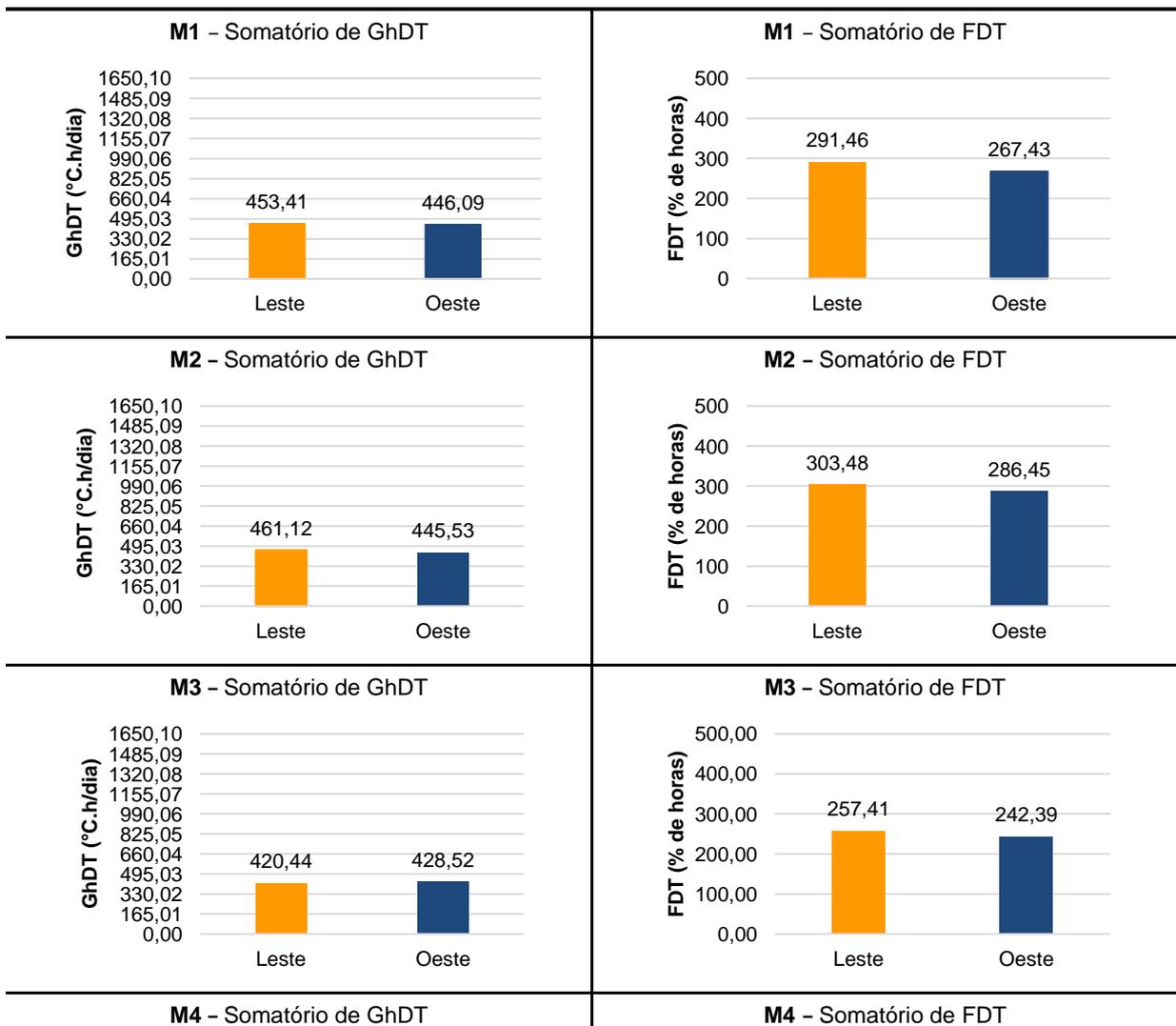
(III) Zona 3: desconforto temporário e intenso / (IV) Zona 4: desconforto frequente e intenso

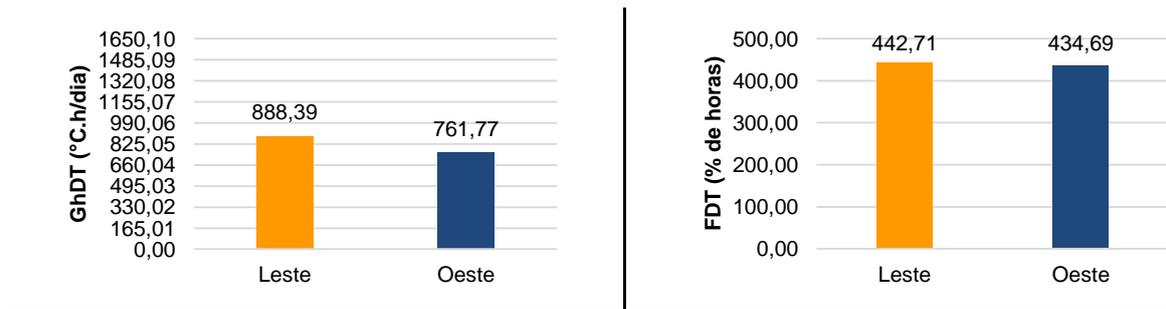
Fonte: As autoras (2018).

De acordo com a Figura 5, foi possível constatar o quantitativo de GhDT, bem como o percentual de horas em desconforto (FDT) para todos os modelos avaliados. O M4 apresentou os piores resultados em relação aos demais modelos tanto para GhDT quanto para FDT. Assim, os valores de GhDT (888,39 para Leste e 761,77 para Oeste) e FDT (442,71 para Leste e 434,69 para Oeste) relativo ao M4, foram utilizados como valores de referência (100%) para quantificar o percentual de desconforto dos demais modelos, a fim de criar parâmetros comparativos. Considerando o GhDT para o M1, os resultados foram de 51,04% de desconforto para a orientação Leste e 50,21% para a orientação Oeste. Para o M2, os valores de GhDT foram de 51,91% de desconforto para a orientação Leste e 50,15% para a orientação Oeste. Já os resultados de GhDT para o M3 foram de 47,32% de desconforto para a orientação Leste e 48,24% para a orientação Oeste, sendo todos em comparação ao M4.

Considerando-se ainda FDT para o M1, observou-se um desconforto frequente durante maior parte do dia, refletindo nos percentuais registrados nas orientações Leste e Oeste, sendo para Leste 65,84%, e para Oeste, 60,41%. Para o M2, obteve-se um valor no FDT de 68,55% para a orientação Leste e 64,70% para o Oeste. Já para o M3, observou-se um FDT de 58,14% para Leste e 54,75% para a orientação Oeste, em comparação ao M4, considerado a pior situação.

Figura 5: Resultado do somatório de GhDT e FDT para os modelos M1, M2, M3 e M4.





Fonte: As autoras (2018).

Por meio dos resultados das simulações, foi possível verificar que o M4 apresentou os maiores índices de desconforto térmico dentre todos os modelos avaliados para as orientações Leste e Oeste. Sendo assim, adotou-se os valores de GhDT e FDT do M4 como referenciais para fins de comparação de melhoria entre os modelos (Tabela 10).

Analisando o GhDT para o M1, os resultados de melhoria das horas em desconforto foram de 47,94% para a orientação Leste e 51,11% para a orientação Oeste. Para o M2, os resultados de melhoria no GhDT foram de 46% de melhoria para Leste e 49,94% para Oeste. Para o M3, os resultados de GhDT foram de 51,65% de melhoria nas horas em desconforto para a orientação Leste e 52,35% para Oeste.

Verificando os valores do FDT para cada modelo, observou-se uma melhoria para o M1 de 45,45% para a orientação Leste e 38,47% para o Oeste. Para o M2 houve uma melhoria de 31,45% para a orientação Leste e 34,10% para o Oeste. Para o M3 verificou-se uma melhoria de 41,85% para Leste e 44,23% para Oeste, quando relacionados ao M4.

Dentre os modelos analisados, o que apresentou o maior percentual de redução para o GhDT foi o M3 com bloco cerâmico maciço para a envoltória, com redução de 52,35% de GhDT para a orientação Oeste. Quanto ao FDT, o maior percentual de redução foi para o sistema com blocos de concreto (M1), com 45,45% de melhoria em relação ao M4 para a orientação Leste.

Tabela 10: Síntese dos resultados das simulações associado à avaliação de sustentabilidade.

Modelo	Materiais	GhDT	FDT (valor total de 504 hrs.)	Percentual de melhoria				Índice ISMAS
				GhDT		FDT		
				Leste	Oeste	Leste	Oeste	
M4	Light Steel Framing com placa cimentícia + Janela em vidro e veneziana.	66,02°C	24hrs	Referência (100%)		Referência (100%)		0,45 Alto
M1	Bloco de concreto + Janela em vidro e veneziana.	34,37°C	21hrs	47,94%	51,11%	45,45%	38,47%	-0,40 Baixo
M2	Bloco cerâmico + Janela em vidro e veneziana.	35,65°C	22hrs	46%	49,94%	31,45%	34,10%	0,35 Alto
M3	Bloco cerâmico maciço + Janela em vidro e veneziana.	31,92°C	17hrs	51,65%	52,35%	41,85%	44,23%	0,65 Elevado

Fonte: As autoras (2018).

A partir dessas análises foi possível averiguar que o desempenho térmico dos materiais variou inversamente aos valores das transmitâncias térmicas, ou seja, os materiais que apresentaram as menores transmitâncias foram aqueles que mostraram pior desempenho térmico. Os modelos M1, M2 e M3 obedeceram a essa regra com pouca variação entre eles. Já o modelo M4, obteve resultados

muito piores aos demais, em decorrência das propriedades térmicas do material. Diante do exposto, ressalta-se que mesmo que a transmissão de calor seja mais lenta para o interior dos ambientes, este fator também acontecer no procedimento inverso, possuindo a mesma dificuldade para se dissipar do ambiente para o meio externo. Destaca-se ainda que o tempo de abertura das janelas é maior durante o período do dia, ou seja, durante o período mais quente, facilitando a entrada de calor, enquanto à noite, as janelas são fechadas, diminuindo o fluxo de vento, apesar do sistema de venezianas vazantes possibilitarem a ventilação permanente. Pode-se inferir que as trocas de ar proporcionadas pelas venezianas não são suficientes para eliminar o calor absorvido durante o dia, ressaltando ainda a falta de ventilação cruzada no interior dos ambientes durante o período noturno.

Os resultados de desempenho dos materiais apresentaram-se contrários ao que é recomendado para a ZB8, de acordo com a NBR 15220, que são paredes com transmitâncias mais baixas. Isso evidencia a necessidade de uma combinação de fatores, tais como o sombreamento das aberturas; a ventilação cruzada; e a adequada implantação das edificações para que o material desempenhe adequadamente suas funções térmicas.

4. Considerações Finais

A partir da definição das condicionantes e dos parâmetros necessários para a realização das simulações, foi possível compreender o comportamento térmico com base nas flutuações diárias da temperatura operativa dos ambientes, proporcionada pelos materiais em questão, por meio da metodologia adotada.

Dentre os materiais analisados, o sistema em LSF apresentou um alto índice de sustentabilidade, no entanto, obteve o pior desempenho térmico dentre os modelos avaliados, o que sugere que a ferramenta utilizada para a avaliação pode ser aprimorada, levando-se em consideração fatores relacionados ao desempenho térmico proporcionado pelo uso do material construtivo.

Os sistemas compostos por blocos de concreto e blocos cerâmicos (maciço e com furos) não mostraram diferença significativa entre si quanto ao desempenho térmico, porém ambos se mostraram mais eficientes do que o sistema em LSF. Em relação à análise de sustentabilidade, estes materiais apresentaram índice de sustentabilidade baixo para o sistema com blocos de concreto e elevado para os sistemas com blocos cerâmicos, tanto o com furos quanto o maciço. Assim, constatou-se que os blocos cerâmicos podem ser considerados uma melhor opção quanto à sustentabilidade quando comparado aos blocos de concreto.

Já o sistema composto por blocos cerâmicos maciços, além de apresentarem elevado índice de sustentabilidade, também obteve o maior percentual de melhoria na redução da carga térmica. Apesar de mostrar-se mais eficiente quanto ao desempenho térmico, ainda é necessária a realização de intervenções para a melhoria do desempenho térmico, seja no tamanho, modelo ou posicionamento das aberturas, na inserção de elementos sombreadores e uso de estratégias que favoreçam a ventilação natural, a fim de reduzir ainda mais a carga térmica no interior dos ambientes.

De maneira geral, os resultados permitiram concluir que, considerando a amostragem avaliada, a utilização de materiais com índices mais altos de sustentabilidade é considerada uma boa estratégia para reduzir a carga térmica no interior dos ambientes.

A utilização da ferramenta ISMAS, demonstrou que a avaliação de sustentabilidade considera somente o uso dos materiais, desde a extração da matéria-prima até o reaproveitamento, sendo necessário avaliar os efeitos que o emprego desses materiais promove no ambiente interno com relação ao desempenho térmico da edificação e ao conforto dos usuários. Além disso, a utilização do instrumento



depende do conhecimento prévio do profissional com relação aos materiais que pretende avaliar quanto a sustentabilidade, sendo que a falta de conhecimento dessas informações pode acarretar em um resultado equívoco.

O método escolhido para a pesquisa, mostrou-se eficaz no que diz respeito a avaliação de desempenho térmico e de sustentabilidade dos materiais. No entanto, constatou-se que a utilização de apenas uma ferramenta para avaliação da sustentabilidade não é suficiente para orientar a escolha de materiais, sendo necessário também que a ferramenta utilizada considere em sua avaliação não apenas a questão ambiental, mas também o âmbito social e econômico, que não vem sendo abordado.

É de fundamental importância, que para essa escolha seja também considerado o desempenho dos materiais assim como outros parâmetros da edificação, tais como a implantação, o tamanho e modelo das aberturas e a inserção de elementos sombreadores. Somente por meio de uma avaliação ampla é possível definir qual material é mais adequado para cada situação em que se deseja aplicá-los.

Para estudos futuros, sugere-se averiguar a utilização de outras ferramentas de sustentabilidade para fins de comparação, bem como a avaliação de outros métodos construtivos quanto ao desempenho térmico e sustentabilidade para edificações de interesse social uni e multifamiliares.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. As autoras agradecem também à Fundação de Amparo à Pesquisa e inovação do Espírito Santo (FAPES).

6. Referências

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. Volume 5. São Paulo: Blucher, 2011.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS 55. **ASHRAE 55**: Thermal Environmental Conditions for human Occupancy. Atlanta, 2010.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BISSOLI-DALVI, M. **ISMAS**: a sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais. 2014. 194 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidad del Bio-Bio, Concepción, Chile, 2014. <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/tese_marcia-bissoli.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2018.

BISSOLI-DALVI, M.; NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de; FUICA, G. E. S.; MONTARROYOS, D. C. G. The sustainability of the materials under the approach of ISMAS. **Construction and Buildings Materials**, v. 106, p. 1-7, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815306930>>. Acesso em: 04 fev. 2020.

BISSOLI-DALVI, M.; FERRES, S. C.; ALVAREZ, C. E.; FUICA, G. E. S. Avaliação da sustentabilidade da madeira por meio da ferramenta ISMAS. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 357-363, 2016. Disponível em: <http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/a_sustentabilidade_da_madeira_avalizada_1.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2018.



BODACH, S.; HAMHABER, J. Energy efficiency in social housing: opportunities and barriers from a case study in Brazil. **Energy Policy**, v. 38, n° 12, p. 7898–7910, 2010. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421510006890>>. Acesso em: 02 out. 2018.

CALDAS, L. R.; M.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e do desempenho térmico de uma habitação de Light Steel Framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, p. 1-14, dez./jun. 2016. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/37863>>. Acesso em: 17 out. 2018.

DESIGN BUILDER SOFTWARE LTDA. DesignBuilder Software Ltda. Version 3.4.0.041. 2013.

DÖRFLER, M.; KRÜGER, E. Simulações de desempenho térmico de moradias do PMCMV em diferentes zonas bioclimáticas quanto aos aspectos de implantação, materialidade e sombreamento de aberturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2016, São Paulo. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < http://www.infohab.org.br/entac/2016/ENTAC2016_paper_212.pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.

FASTOFSKI, D. C.; GONZÁLEZ, M. A. S.; KERN, A. P. Sustainability analysis of housing developments through the Brazilian environmental rating system Selo Casa Azul. **Habitat Internacional**. P. 44-53. 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.ez43.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0197397516305203?via%3Dihub#bib8>> Acesso em: 10 dez. 2018.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2015 – Resultados preliminares**. Belo Horizonte, 2017. Disponível em:< <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/856-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-20151810/file>>. Acesso em: 22 out. 2018.

GONÇALVES, J. C. S.; MOURA, N. C. S.; KUNIOCHI, E. M. U. Avaliação de desempenho, simulação computacional e o projeto arquitetônico. In: GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. **Edifício ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. p. 298-312.

INMETRO. **Portaria n° 50, de 01 de fevereiro de 2013**. Anexo geral V: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. 2013. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001961.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

LABEEE - LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. Seção Downloads. Arquivos climáticos em formato EPW. Disponível em: < <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 17 jul. 2017.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. PROCEL, 3ª edição. São Paulo: PW Editores, 2014. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf>. Acesso em: 06 ago. 2017.

LAMBERTS, R.; MENDES, N.; NETO, J. A. B. C.; WESTPHAL, F. S. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 47-68, out./dez. 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282716114_Uso_de_instrumentos_computacionais_para_analise_do_desempenho_termico_e_energetico_de_edificacoes_no_Brasil. Acesso em: 16 out. 2018.



MICHEL, M. V.; LARANJA, A. C.; NICO-RODRIGUES, E. A. Paredes utilizadas recentemente em edifícios residenciais em Vitória. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE URBANA - 14ª Jornada Urbenere e 2ª Jornada Cires, 2018, Vila Velha. **Anais eletrônicos...** Disponível em: < https://www.dropbox.com/s/z5ulz7nary69fho/Vol_2%20-%20Sustentabilidade%20Urbana.pdf?dl=0>. Acesso em: 10 dez. 2018.

MORORÓ, M. S.; M.; ROMCY, N. M. S.; CARDOSO, D. R.; NETO, J. P. B. Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 27-44, out./dez. 2016. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000400027&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 08 out. 2018.

NICO-RODRIGUES, E. A. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. 202 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, Construção e Desenho. Universidade de Bío Bío, Concepción, Chile, 2015. Disponível em: < http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/tese_final_nico-rodrigues_0.pdf>. Acesso em: 28 out. 2018.

NICO-RODRIGUES, E. A.; ALVAREZ, C. E. de; SANTO, A. D.; PIDERIT, M. B. Quando a janela define a condição de desempenho térmico em ambientes ventilados naturalmente: caso específico das edificações multifamiliares em Vitória, ES. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 2, p. 7-23, abr./jun. 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ac/v15n2/1678-8621-ac-15-02-0007.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2018.

SANTESSO C. A.; MORAES, C. S. B.; SANTARINE, G. A.; GONÇALVES, J. C. Economia de energia através de estratégias passivas e ativas: um estudo para habitação de interesse social. **Espacios**. v. 38, n. 4, p. 23-38, 2017. Disponível em: < <http://www.revistaespacios.com/a17v38n23/a17v38n23p23.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2018.

SANTOS, L. G. R.; DANTAS, P. R.; MACIEL, A. C.; CALDAS, L. R.; CHRISTAKOU, E. D.; SPOSTO, R. M. Simulação computacional termoenergética na arquitetura: avaliação do desempenho térmico de uma edificação de ensino localizada em Brasília DF. **Arquitextos**. abr. 2017. Disponível em: < <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.203/6525>>. Acesso em: 26 out. 2018.

SICURELLA, F.; EVOLA, G.; WURTZ, E. A statistical approach for the evaluation of thermal and visual comfort in free-running buildings. **Energy and Buildings**, v. 47, p. 402-410, 2012. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815306930>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

SORGATO, M. J. *et al.* Análise do Procedimento de Simulação da NBR 15575 Para Avaliação do Desempenho Térmico de Edificações Residenciais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre. v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S167886212014000400007&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 25 out. 2018.

TUBELO, R.; RODRIGUES, L.; GILLOTT, M.; SOARES, J. C. G. Cost-effective envelope optimisation for social housing in Brazil's moderate climates zones. **Building and Environment**, v. 133, p. 213-227, abr. 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132318300507>>. Acesso em: 14 out. 2018.