



ENTAC 2018

XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios da Inovação no Ambiente Construído
Foz do Iguaçu, 12 a 14 de novembro de 2018

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO EM CONTEINER EM CURITIBA/PR¹

CAMPANHARO, Maressa, Universidade Federal do Paraná, e-mail: ma.campanharo@gmail.com; ROSSI, Francine A., UFPR, e-mail: rossi@ufpr.br

ABSTRACT

In the search for new materials to reduce environmental impacts in construction, architects and engineers have used the containers for residential, commercial and service use. Considering that the container is a metallic box made of Corten steel, thermal and acoustic insulation is of extreme importance to the comfort of the users. The use of simulation programs anticipates conflicts and problems regarding thermal performance. The goal of this work is to analyze the thermal comfort of a container located in Curitiba/PR, considering two different situations, one without insulation and one with insulation. In general, the insulation tested helped to increase the thermal comfort in all season, with exception of the summer. For the winter the insulation was not sufficient to ensure comfort regarding the window faced south. In this situation, the cold discomfort could be explained by the window orientation, because there is little incidence of solar radiation in this façade.

Keywords: Thermal comfort. Thermal simulation. Container.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é uma das atividades menos sustentáveis, que consome 50% dos recursos mundiais (EDWARDS, 2008). Como alternativa de reuso de materiais na construção civil, tem-se a utilização de contêineres. Os primeiros projetos utilizando contêineres foram em construções de escritórios, hotéis e habitações estudantis no início da década de 90 na Holanda, Inglaterra e Japão (SANTOS; CÂNDIDA; FERREIRA, 2010). Atualmente há exemplos de construções utilizando contêineres em diversas áreas, como em habitações, comércios, estações de pesquisas e projetos sociais.

No Brasil a utilização dos contêineres na construção civil está crescendo. Como caixa de transporte marítimo pode ser utilizado até 10 anos, após esse período, há a possibilidade de serem utilizados como edificações. Segundo Figuerola (2013) para serem utilizados como habitações, os contêineres precisam ser analisados em relação às questões químicas, biológicas e físicas, avaliando assim seu estado de conservação. Também é necessária a

¹CAMPANHARO, M.; ROSSI, F. Análise do conforto térmico de contêiner em Curitiba/PR. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

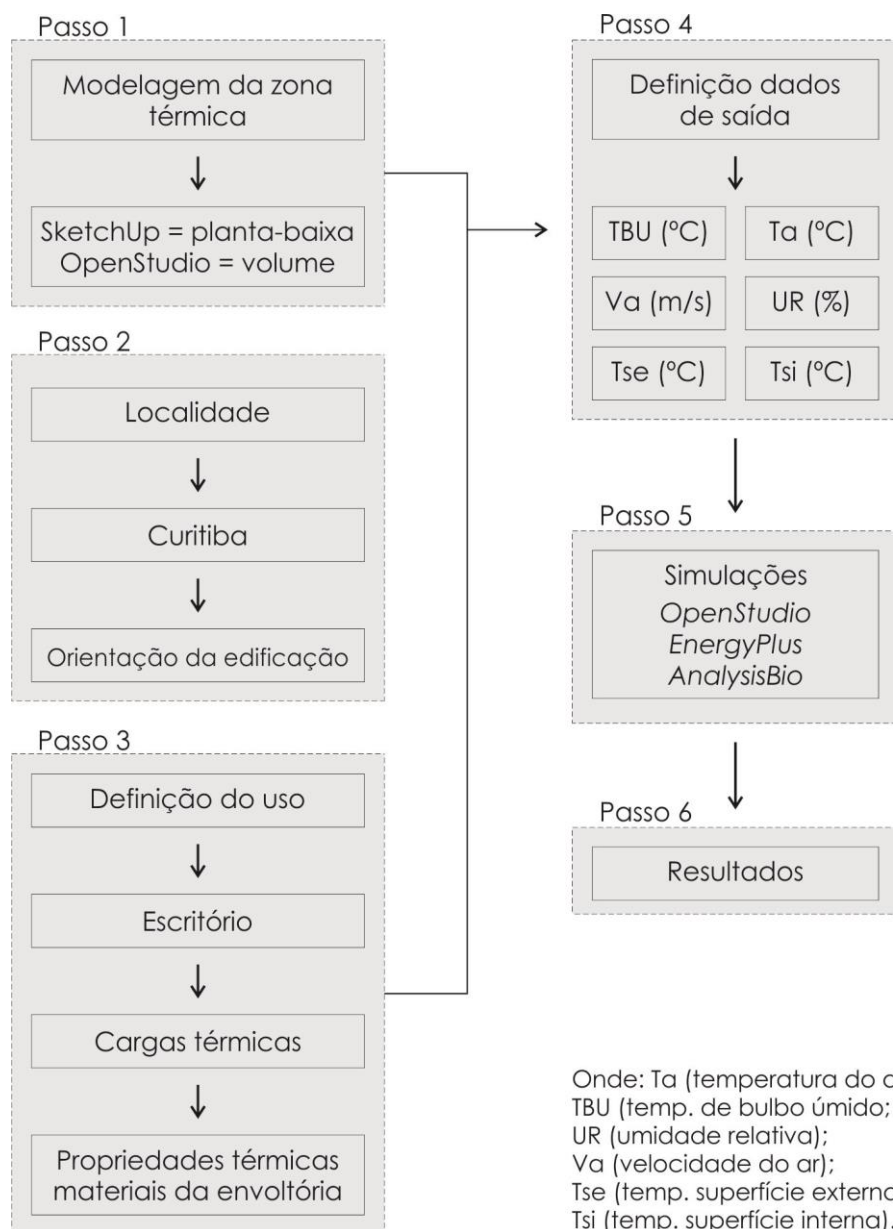
avaliação do contêiner em relação ao desempenho térmico, para que seu uso seja eficiente (FOSSOUX; CHEVRIOT, 2013).

Programas de simulação de desempenho térmico podem auxiliar na escolha dos materiais de isolamento, cor da pintura externa, orientação da edificação, dentre outros, permitindo avaliar as melhores estratégias para seu uso. O objetivo desse artigo é apresentar resultados de conforto térmico de um contêiner sem isolamento e com isolamento térmico localizado em Curitiba/PR.

2 MÉTODO

A pesquisa foi realizada em seis etapas, conforme apresentado na Figura 1 e descrito na sequência.

Figura 1 – Etapas da pesquisa



Fonte: os autores

2.1 Modelagem da zona térmica

Foi modelado em um módulo de contêiner da categoria *Dry Standard* de 20 pés de 2,43 metros de largura, 6,06 metros de comprimento e 2,59 de altura. Foi definida uma janela com estrutura metálica e vidro de 6 mm com dimensões de 5,06 m x 1,20 m. A porta é a do próprio contêiner (aço corten) com dimensões de 1,10 m x 2,50 m, conforme a Figura 2. A modelagem foi feita no programa *SketchUp* e a zona térmica definida no *OpenStudio*.

Figura 2 – Configuração do contêiner simulado



Fonte: CAMPANHARO (2017)

2.2 Definição das características climáticas

A localidade de implantação é a cidade de Curitiba. De acordo com a classificação Köppen-Geiger Curitiba tem clima Cfb, o que corresponde à zona climática 2A definida pela ASHRAE *Climate Zone* (U.S. DEPARTMENT..., 2011) (classificação utilizada pelos programas *EnergyPlus* e *OpenStudio*).

A NBR 15220/parte 3 (ABNT, 2005) classifica Curitiba na zona bioclimática 1, tendo como principais recomendações construtivas: (1) aberturas de dimensões médias, permitindo sol no inverno; (2) sombreamento das aberturas; (3) vedações externas com inércia térmica leve, sendo a coberturas com isolamento.

2.3 Definição do Uso, das Cargas Térmicas e das Propriedades Térmicas do Material Construtivo do Contêiner

A ocupação foi definida como escritório e o horário de utilização das 8h às 18h. As cargas térmicas utilizadas estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Cargas Térmicas para o uso escritório

Número de pessoas	0,05 pessoa/m ²
Carga de iluminação	9,68 W/m ²
Carga de Equipamentos elétricos	5,81 W/m ²

FONTE: *OpenStudio* (2017)

Os materiais da envoltória e suas propriedades térmicas, analisados na

simulação sem isolamento térmico e com isolamento, são mostrados no Quadro 3. A lã de rocha e as placas de *drywall* foram utilizadas somente nas simulações com isolamento térmico. A pintura externa é branca.

Quadro 3 – Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa

	Aço corten ⁽¹⁾	Isolamento Lã de rocha ⁽²⁾	Vidro ⁽³⁾	Drywall ⁽⁴⁾	Piso madeira ⁽⁴⁾
Espessura (m)	0,0026	0,05	0,006	0,254	0,0254
Condutividade (W/m.K)	42,7	0,045	0,90	0,03	0,15
Densidade (Kg/m³)	8000	90	2500	43	608
Calor específico (J/Kg.K)	477	750	925	1210	1630

Fonte: (1) www.steelss.com; (2) NBR15220 (ABNT, 2003); (3) *EnergyPlus* (2017); (4) *OpenStudio* (2017)

2.4 Simulações

As simulações foram realizadas no *OpenStudio* e os dados lidos no *EnergyPlus*. Os diagramas de conforto foram plotados no programa *AnalysisBio* e assim geradas as porcentagens de conforto/desconforto e as estratégias bioclimáticas.

Foram realizadas simulações térmicas para as quatro estações do ano e para as quatro orientações (considerando a janela como referência). Para o verão foi considerado o mês de fevereiro, para o inverno escolheu-se julho, para o outono considerou-se o mês de abril e para a primavera, outubro.

3 RESULTADOS

A seguir apresentam-se os dados de conforto/desconforto (obtidos no *AnalysisBio*), das temperaturas internas (obtidas no *EnergyPlus*) e as estratégias bioclimáticas (obtidos no *AnalysisBio*).

3.1 Análise das porcentagens de conforto/desconforto

Na Tabela 1, estão as porcentagens para as quatro estações do ano. O verão e o outono nas orientações norte e leste tiveram maiores porcentagens de desconforto para o calor. O inverno e a primavera tiveram maior porcentagem de conforto térmico em todas as estações. O desconforto para o frio foi maior no inverno e nas situações sem isolamento térmico. No verão houveram duas situações de aumento do desconforto para o frio, janela na fachada norte e na fachada oeste (células azuis). O desconforto para o calor também aumentou com o uso do isolamento na fachada norte, no outono e inverno (células laranja).

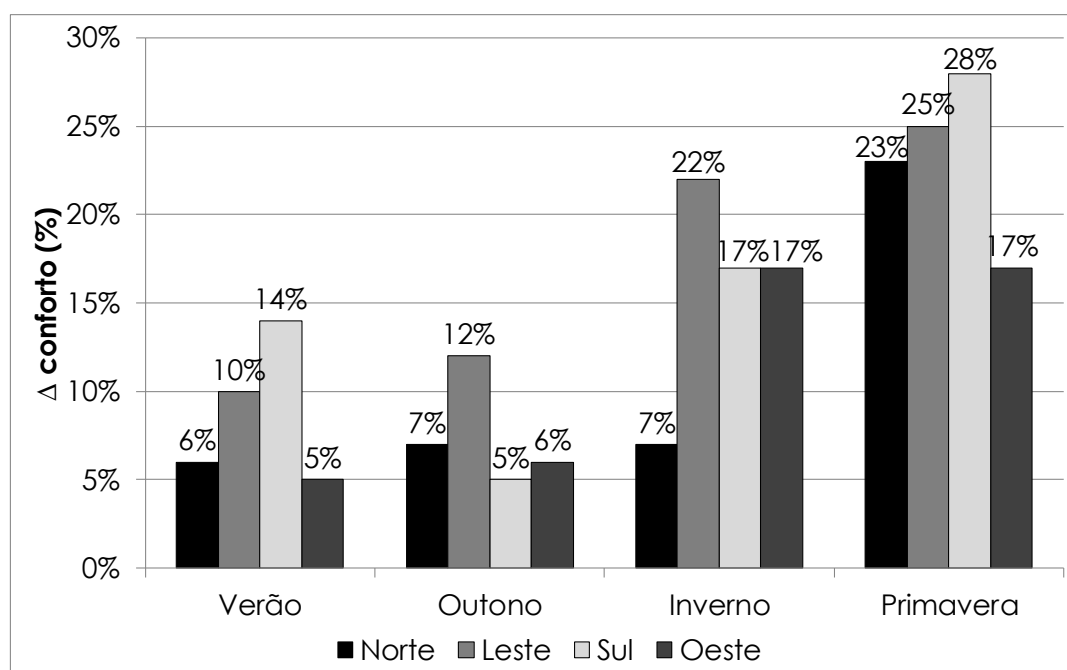
Tabela 1 - Porcentagem de conforto/desconforto para o escritório

Escritório		Verão		Outono		Inverno		Primavera	
		sem isol.	com isol.	sem isol.	com isol.	sem isol.	com isol.	sem isol.	com isol.
Norte	Conforto	40%	46%	53%	56%	55%	62%	56%	79%
	Desconforto frio	10%	12%	15%	10%	45%	24%	26%	11%
	Desconforto calor	50%	42%	33%	35%	0%	14%	18%	10%
Leste	Conforto	35%	45%	55%	67%	53%	75%	58%	83%
	Desconforto frio	9%	7%	14%	6%	47%	25%	24%	7%
	Desconforto calor	56%	49%	31%	28%	0%	1%	18%	11%
Sul	Conforto	41%	55%	54%	59%	52%	69%	57%	85%
	Desconforto frio	10%	10%	15%	11%	48%	31%	26%	11%
	Desconforto calor	49%	34%	31%	30%	0%	0%	17%	4%
Oeste	Conforto	39%	44%	54%	60%	52%	69%	56%	73%
	Desconforto frio	9%	12%	14%	11%	48%	29%	25%	12%
	Desconforto calor	52%	43%	31%	30%	0%	2%	18%	15%

Fonte: os autores

A figura 3 mostra as diferenças nas porcentagens de horas de conforto (com isolamento – sem isolamento). Verifica-se que houve melhora em todas as situações analisadas.

Figura 3 – Diferença entre conforto com isolamento e sem isolamento térmico

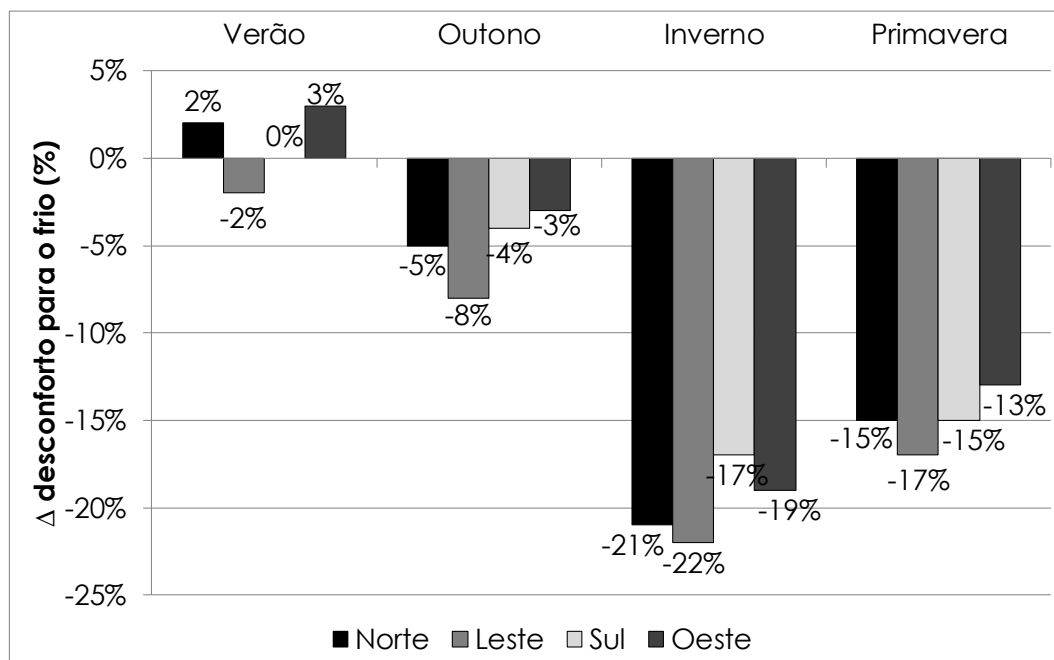


Fonte: os autores

Em relação ao desconforto para o frio, o isolamento diminuiu a quantidade de horas em desconforto em todas as situações. No verão, para a janela

norte e oeste houve piora no nível de desconforto. O inverno é a estação com melhor desempenho do isolamento (Figura 4).

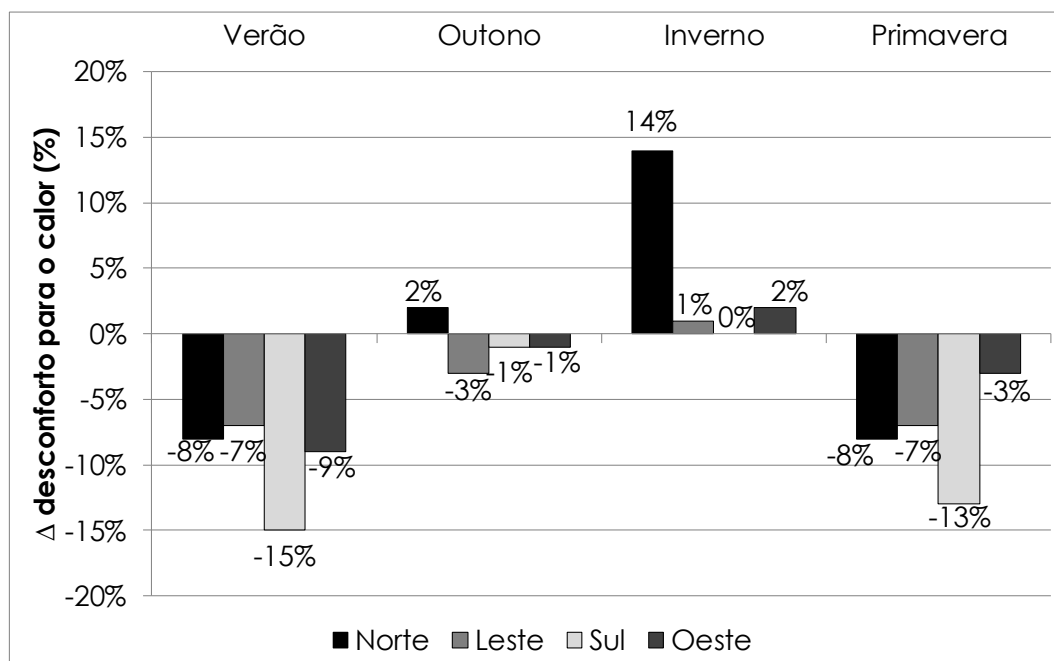
Figura 4 – Diferença entre desconforto para o frio com isolamento e sem isolamento térmico



Fonte: os autores

Em relação ao desconforto para o calor (Figura 5), houve melhora no conforto. No inverno houve piora nas quatro orientações, sendo que a janela orientada para norte teve o pior desempenho.

Figura 5 – Diferença entre desconforto para o calor com isolamento e sem isolamento térmico



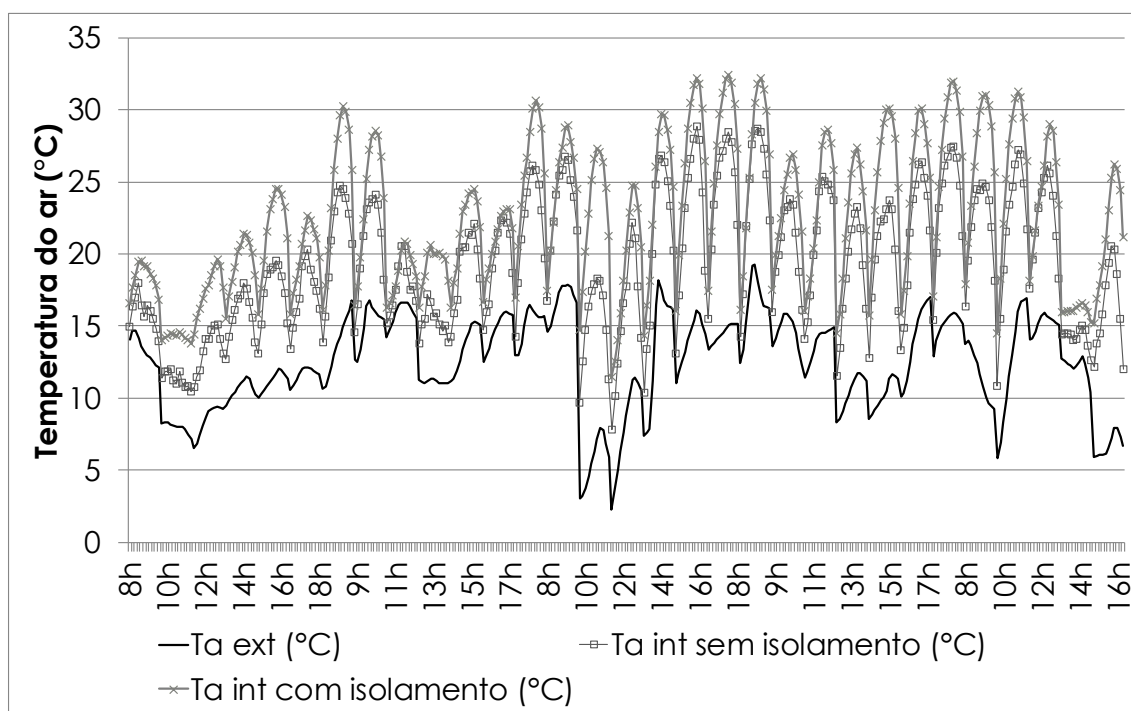
Fonte: os autores

Apesar do uso do isolamento ter auxiliado no aumento do nível de conforto, três situações se destacam: (1) 14% no desconforto para o calor no inverno para a janela orientada para norte, (2) 49% de desconforto para o calor no verão com a janela para leste e (3) 31% de desconforto para o frio no inverno com janela para sul.

3.2 Análise da temperatura do ar interna

Os valores de temperatura interna (simuladas no *EnergyPlus*) com e sem isolamento térmico mostra que o isolamento em todas as situações manteve as temperaturas internas mais altas. Isso pode explicar o aumento do desconforto para o calor no inverno para a janela voltada para o norte. Nessa situação o isolamento aumentou a temperatura interna em média em 3°C, chegando a uma diferença máxima de 10°C nos dias mais frios. Com isolamento 35% das horas analisadas registraram temperaturas superiores a 25°C, enquanto que sem isolamento apenas 14% das horas têm Ta acima de 25°C (Figura 6).

Figura 6 – Comportamento da Ta para inverno, janela na fachada norte



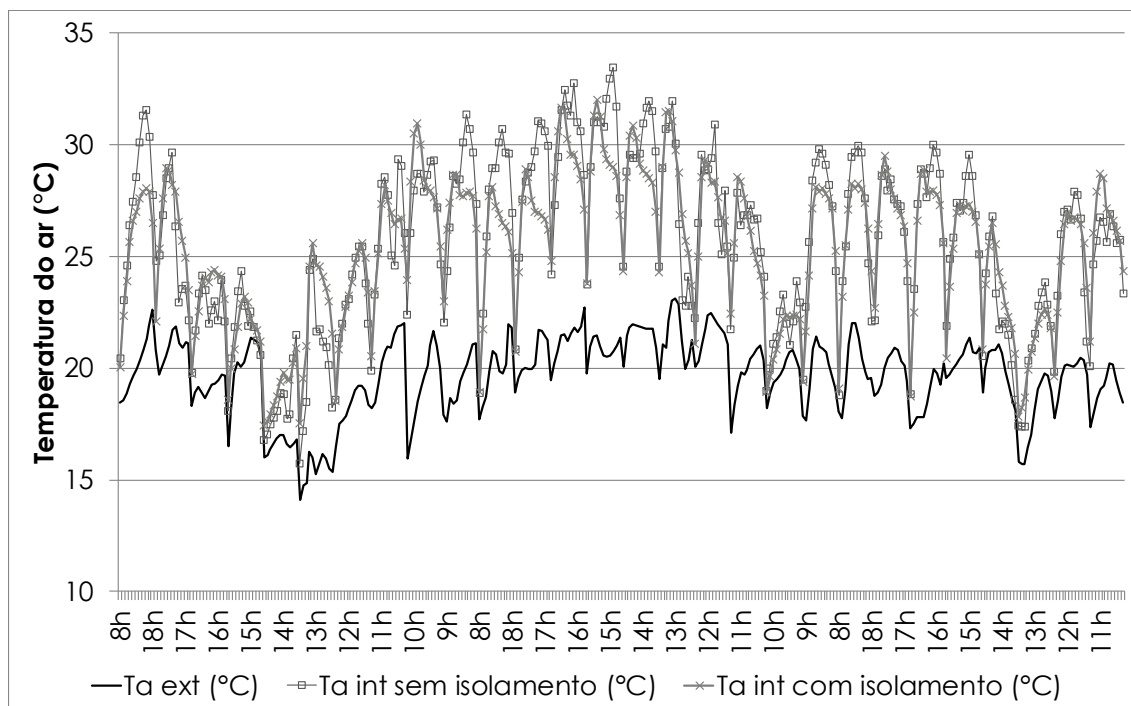
Fonte: os autores

Com a janela para leste no verão (Figura 7) observa-se que com o isolamento a Ta interna é mais baixa no período da tarde, tendo pouca diferença na parte da manhã. Na maior parte do período analisado (60%), ela fica acima dos 25°C, contribuindo para o desconforto para o calor.

No inverno com a janela para o sul e com o uso do isolamento o desconforto para o frio foi de 31%. Na Figura 8 observa-se que houve pouca diferença entre as Ta internas com e sem isolamento. Nesse caso, a orientação deve ter tido maior impacto no resultado, pois há pouca incidência de radiação

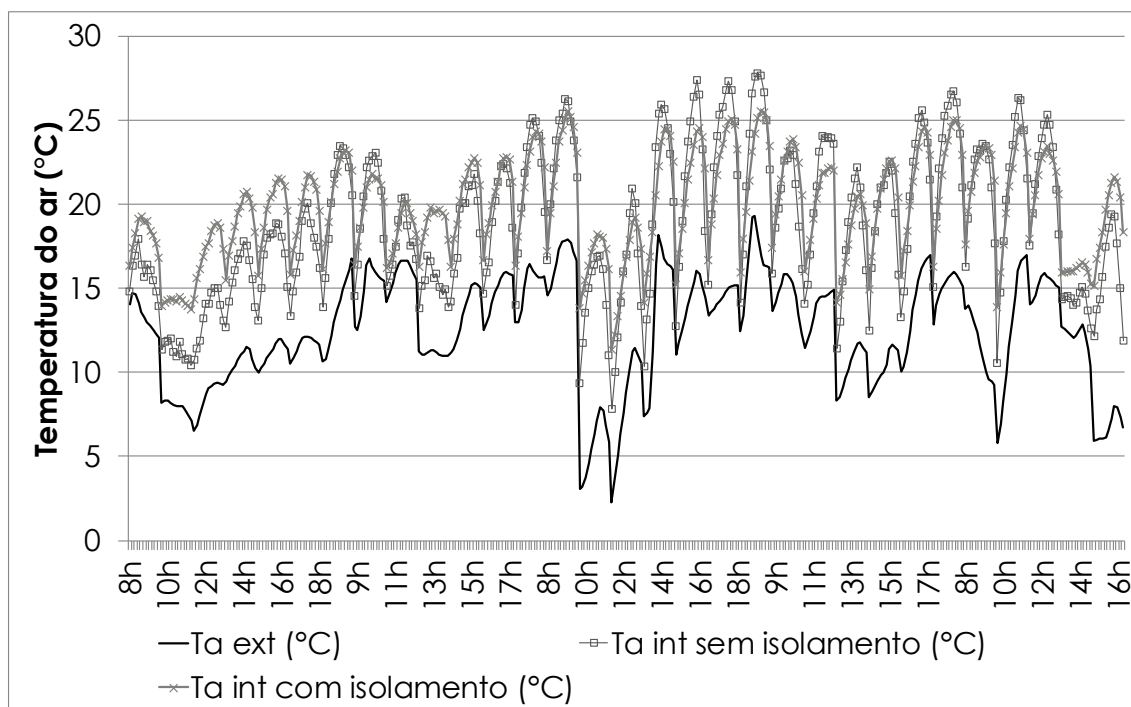
solar nessa fachada no inverno, e o isolamento, apesar de ter reduzido em 17% o desconforto, não foi suficiente para resolver o problema. Nota-se que grande parte das horas tem T_a interna abaixo de 25°C .

Figura 7 – Comportamento da T_a para o período verão, janela na fachada leste



Fonte: os autores

Figura 8 – Comportamento da T_a para o período inverno, janela na fachada sul



Fonte: os autores

3.3 Apresentação das estratégias bioclimáticas

As estratégias bioclimáticas (obtidas no *AnalysisBio*) para as três situações com maior desconforto com o uso do isolamento são apresentadas na Tabela 2. Para o desconforto para o frio o uso de massa térmica e aquecimento solar seria a estratégia mais adequada para a melhora do conforto. Já para o desconforto para o calor no verão o uso de ventilação resolveria grande parte do desconforto. Observa-se que nas três situações o sombreamento também poderia auxiliar significativamente na melhoria do conforto.

Tabela 2 – Estratégias bioclimáticas para as três situações com maior desconforto com o uso de isolamento

	SUL INVERNO	NORTE INVERNO	LESTE VERÃO
Conforto	69%	62%	45%
Desconforto Frio	31%	24%	7%
Massa Térmica/Aquecimento Solar	28,7%	22,5%	6,5%
Aquecimento Solar Passivo	1,8%	0,9%	
Aquecimento Artificial	0,3%	0,3%	0,3%
Umidificação		0,3%	
Desconforto Calor	0%	14%	49%
Ventilação		12%	46,60%
Alta Inércia p/ Resfriamento		13,50%	20,10%
Resfriamento Evaporativo		14%	17,50%
Ar Condicionado			1,29%
Sombreamento	49%	64%	92%

Fonte: os autores

5 CONCLUSÕES

Os resultados apresentados mostram que o uso de isolamento melhorou o nível de conforto nas situações analisadas (acima de 55%), com exceção do verão. Para a situação da janela orientada para sul no inverno, o isolamento térmico não foi suficiente, indicando que a orientação da edificação pode contribuir para um melhor desempenho térmico. Ressalta-se que o uso de simulações térmicas na fase do projeto permite antecipar problemas e pode indicar estratégias para a melhoria do conforto.

Verifica-se que o sombreamento das aberturas, indicado pela NBR 15220/parte 3, seria necessário para a melhoria dos níveis de conforto, principalmente no verão (TABELA 2). Indicando que só o isolamento não é suficiente nessa situação. Em relação à NRB 15575/parte 4 (ABNT, 2013), os critérios de transmitância e capacidade térmica da simulação com isolamento, atenderam aos requisitos mínimos propostos pela referida norma.

Além das estratégias indicadas, outras análises poderiam ser conduzidas a

fim de indicar outras soluções projetuais, tais como: análise de diferentes isolantes térmicos, de diferentes espessuras de isolamento, de outros tipos de vidros e do uso de sombreamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15220-2**. Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15220-3**. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **NBR 15575-4**. Edificações habitacionais – Desempenho parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

CAMPANHARO, M. **Orientações de estratégias bioclimáticas para uso em contêiner em Curitiba por meio de análise computacional**. 2017. 88f. Monografia (Bacharelado em Expressão Gráfica). Setor de Exatas. Departamento de Expressão Gráfica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

EDWARDS, B. **O guia básico para a sustentabilidade**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008.

ENERGYPLUS. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. Acesso em: 13 abr. 2017.

FIGUEROLA, V. **Contêineres de navio se tornam matéria-prima para a construção de casas**. 2013. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/201/conteineres-de-navio-se-tornam-materia-prima-para-a-construcao-de-302572-1.aspx>>. Acesso em: 26 jan. 2017.

FOSSOUX, E.; CHEVRIOT, S. **Construir sua casa container**. 2. ed. Paris: Eyrolles, 2013.

OPENSTUDIO. Disponível em: <<https://www.openstudio.net/>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

SANTOS, H. N.; CÂNDIDA, A.; FERREIRA, T. K. S. Ações referentes a gestão de resíduos da construção civil em Araguari-MG. In: Encontro Nacional dos Geógrafos, 16, 2010, Porto Alegre. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre, 2010.

STEELSS. Carbon steel. Disponível em: <<http://www.steelss.com/Carbon-steel/>>. Acesso em: 17 set. 2017.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1- 2007 Final Determination Quantitative Analysis**. Pacific Northwest National Laboratory, 2011.