

Adaptação de container para uso como câmara climática em Belo Horizonte/MG

Container suitability for use as a climate chamber in Belo Horizonte/MG

Isabella da Silva Filipe, Engenheira de Produção Civil, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG.

isabella.filipe@hotmail.com

Raquel Diniz Oliveira, Doutora e Professora Adjunta, CEFET-MG.

raqueldiniz@cefetmg.br

Cristina Guimarães Cesar, Doutora e Professora Titular, CEFET-MG.

cristinagcesar@gmail.com

Resumo

O reuso de *containers* para fins acadêmicos possibilita recriar o ambiente construído em escala real. Nesse contexto, investigou-se as estratégias aplicáveis para adaptar um *container* como câmara climática em Belo Horizonte - MG, com foco no seu desempenho térmico. Por meio de modelo termoenergético, aplicou-se os parâmetros normativos para adequar o *container* original para o novo uso. Os resultados da simulação indicaram a necessidade de adotar cor clara, isolamento térmico nas paredes (lã de vidro), além de cobertura verde. Caso a adaptação ocorra em etapas, seria possível compatibilizar os custos da aplicação dessas estratégias com a verba institucional.

Palavras-chave: Desempenho térmico; Simulação Termoenergética; Adequação climática; Custos.

Abstract

Containers reused for academic purposes can recreate the built environment on a real scale. Thus, the authors aim at adapting a container as a climate chamber in Belo Horizonte (Brazil) considering its thermal performance. Through a container thermoenergetic model the normative parameters were set to adapt it for this new use. The simulation results pointed out some changes such as light color and walls thermal insulation (glass wool) as well as a green roof. If this adaptation occurs in stages, it would be possible to make these strategies' costs suitable to the institutional budget.

Keywords: *Thermal performance; Thermoenergetic Simulation; Climatic suitability; Costs.*

1. Introdução

A recriação do ambiente construído para pesquisas experimentais se mostra como um obstáculo relevante. Além das questões de cunho financeiro, inexistem, muitas vezes, laboratórios e/ou meios no cenário acadêmico que permitam investigar questões como o desempenho térmico de edificações, as condições de conforto dos ocupantes e/ou outros parâmetros relativos ao uso e operação do espaço, em dimensões próximas à escala real [1].

Adicionalmente, o acesso às edificações existentes para acompanhamento em pesquisas não se mostra simples ou viável, em muitos casos. Nesse contexto, a aplicação de câmaras

climáticas para pesquisas experimentais, possibilita a investigação de ambientes em escala real, além de possibilitar o controle de variáveis envolvidas no processo de simulação e/ou calibração de modelos termoenergéticos [1].

Todavia, o elevado custo dos aparatos tecnológicos de uma câmara climática pode inviabilizar o acesso a esse equipamento [1], em realidades com recursos financeiros limitados como ocorre, muitas vezes, nas universidades públicas. Desta forma, a adoção de técnicas que possibilite reduzir o seu custo se mostra relevante para a realidade brasileira.

A utilização de construções em *containers* como câmara climática se mostra uma opção para a redução de custos, sendo necessária uma maior investigação sobre o comportamento desses *containers* quando submetidos às variações de parâmetros climáticos [1]. Essa atenção maior ao comportamento dessas câmaras se deve ao fato de serem constituídas basicamente por chapas de aço, um material com alta condutibilidade térmica [2].

Conforme Rupp, Vásquez e Lamberts (2015), as câmaras climáticas são ambientes sobre os quais os pesquisadores possuem total controle das variáveis [3]. Complementando, Trevisan (2019) define as câmaras climáticas como volumes fechados que permitem a simulação de ambientes reais e possibilitam o controle de variáveis, tais como: a temperatura interna e a umidade do ar [4]. Ademais, essas câmaras podem ser montadas *in loco* ou pré-fabricadas, expostas às condições externas ou instaladas no interior de edificações.

O uso de câmaras climáticas como ambientes experimentais iniciou-se na década de 1960 na Dinamarca, tendo sido utilizada, posteriormente, em estudos de outras partes do mundo [5 e 6]. No Brasil, existem câmaras climáticas destinadas à experimentos [4]. Entretanto, não existem câmaras dedicadas a estudos relacionados a questões térmicas. Nesse contexto, as pesquisas desenvolvidas em Curitiba - PR [1, 4 e 7] representam uma inovação por propor a construção de uma Câmara Bioclimática de Baixo Custo (CBBC) utilizando *container*.

Trevisan (2019) defende ainda a construção de câmaras climáticas com o uso de *container* em dois módulos [4]. Dessa forma, seria possível realizar ensaios simultâneos em condições climáticas similares, por intermédio de pesquisas comparativas entre o módulo de controle (com características inalteradas) e o experimental (modificado). Além disto, trata-se de uma opção sustentável e de replicação internacional da câmara climática.

Os estudos nacionais sobre a avaliação do desempenho térmico de *containers* para adequação de câmaras climáticas ainda se mostram incipientes [1, 4 e 7]. No que tange às normativas acerca da adequação climática e construtiva tem-se em vigor apenas a NBR 15.575 [9], direcionada as habitações em geral ou a NBR15.220 [10 e 11], focada nas habitações de interesse social. Todavia, na ausência de um referencial mais específico diversos estudos aplicaram essas normativas para definição de estratégias construtivas para adequação de outros tipos construtivos, como *containers* [2, 4 e 8].

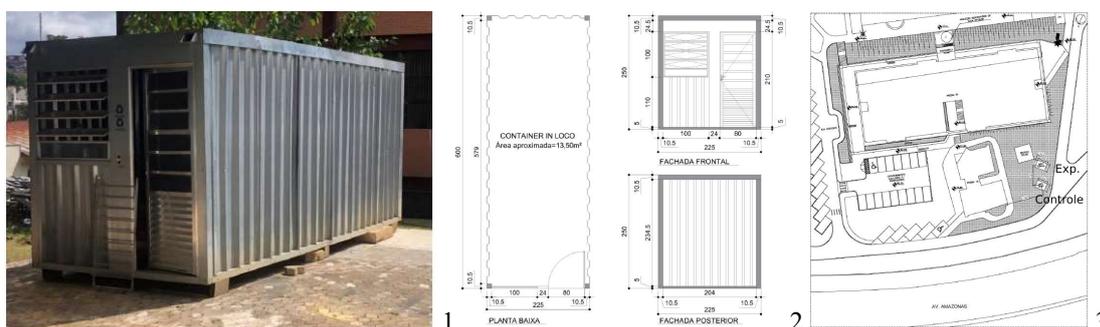
O presente estudo insere-se, portanto, neste cenário, com objetivo de investigar, por meio de simulação computacional, as estratégias para adequação do desempenho térmico aplicáveis a um *container* com destinação de uso em pesquisas, por meio da sua transformação em uma câmara climática. De forma complementar, verificou-se a compatibilidade financeira entre o custo e a verba disponível para a aplicação de estratégias necessárias para adequar um *container* existente, proporcionando uma análise econômica dos recursos fundamentais para a sua adequação e transformação em uma câmara climática.

2. Procedimentos Metodológicos

Para o presente estudo, realizou-se quatro etapas metodológicas, a saber: 1) Escolha e caracterização do objeto de estudo; 2) Criação do modelo termoenergético e simulação computacional; 3) Verificação de melhoria dos protótipos modificados; 4) Verificação de compatibilidade financeira. Os programas utilizados na etapa 2, atendem aos requisitos estabelecidos no método de simulação computacional da NBR 15.575 [9], além de serem amplamente utilizados pela literatura [1, 2, 4 e 7].

2.1. Seleção e caracterização do objeto de estudo

A seleção do estudo de caso se deu pela facilidade de acesso aos dados. Dessa forma, considerou-se um *container* existente (Figura 1 e 2), localizado em Belo Horizonte, dentro do *Campus Nova Gameleira* do CEFET-MG, situado na Zona Bioclimática (ZB) 3 [11], na latitude -19,85, longitude -43,95, altitude igual a 785m. Conforme se observa na Figura 3, considerou-se, hipoteticamente um novo posicionamento do *container*, ponderando a facilidade de acesso, a incidência de insolação (após estudo do entorno das 8h00 às 17h00 ao longo dos solstícios de verão e inverno), a direção predominante do vento na região (leste), bem como, a sua divisão em dois módulos (experimental, em vermelho e de controle, em azul), com 300cm de comprimento cada, afim de possibilitar, futuramente, a realização de ensaios simultâneos em pesquisas comparativas, conforme sugerido por Trevisan (2019) [4].



Figuras 1, 2 e 3: *Container* selecionado, suas dimensões e Implantação do módulo experimental e de controle. Fonte: elaborado pelos autores.

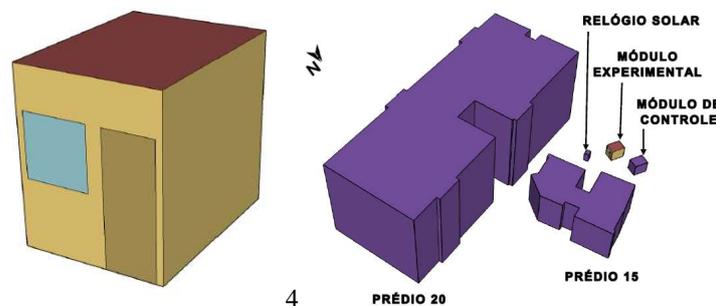
Quanto ao uso do espaço como ambiente laboratorial e, em função do tempo de ocupação, considerou-se os parâmetros municipais mínimos definidos para escritórios [12]. Desta forma, foi necessário considerar um pé-direito maior passando as dimensões do *container* para 225x300x275,5cm (largura x comprimento x altura), e área total de 6,75m², de modo a atender o pé-direito mínimo de 260cm. As suas demais características foram preservadas.

2.2. Criação do modelo termoenergético e simulação

A modelagem termoenergética do *container* foi elaborada com auxílio do *software SketchUp Make 2016*, em conjunto com a extensão *Euclid 0.9.3*. Para o modelo real, considerou-se as características construtivas do *container* original, enquanto para o modelo de referência, considerou-se as especificações estabelecidas na NBR 15575-1 [9], para a localidade em questão. Como dados de entrada, considerou-se o arquivo climático de Belo Horizonte-Pampulha do tipo *Solar and Wind Energy Resource Assessment - SWERA*, os

materiais construtivos referentes ao objeto de estudo, além das rotinas de uso e ocupação, as cargas térmicas referentes aos ocupantes, equipamentos e iluminação previstas na norma [9].

Nas Figuras 4 e 5 são mostradas, respectivamente, a geometria do *container* original, dos seus módulos divididos juntamente com o seu entorno imediato, com as diferenças de nível acrescidas na altura real dos prédios 15 e 20 e relógio solar existente.



Figuras 4 e 5: *Container* original, módulos e entorno. Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a simulação computacional, utilizou-se o software *EnergyPlus*, em sua versão 8.7.0, bem como o método previsto em [9] para obter a média anual da temperatura externa de bulbo seco (TBSm) e as temperaturas operativas anuais da área de permanência prolongada (ToAPP), considerando o modelo real e de referência, naturalmente ventilado. Com base nesses dados, determinou-se o intervalo a ser considerado para o clima do local do estudo e, subsequentemente, a faixa de temperatura operativa a ser adotada. Isto possibilitou calcular o percentual de horas de ocupação do APP dentro da faixa de temperatura operativa (PHFT APP) e as temperaturas operativas anuais máximas e mínimas da UH (Tomax UH e Tomín UH), conforme estabelecido na NBR 15575-1 (2021). Desta forma, verificou-se o atendimento aos critérios normativos de desempenho térmico [9] do *container* original.

2.3. Verificação de melhorias dos protótipos modificados

Na hipótese do não atendimento dos limites da NBR 15.575 [9], considerou-se modificações no modelo. Essa etapa constitui-se, portanto, da modelagem termoenergética e simulação de protótipos virtuais desenvolvidos a partir das estratégias recomendadas pela NBR 15.220-3 [11] para a zona bioclimática do estudo (ZB3), com a finalidade de determinar aquela (s) mais efetiva (s) para melhorar o desempenho térmico do *container*.

Cumprir destacar que o condicionamento térmico passivo não foi considerado, uma vez que a implantação idealizada já contemplaria tal estratégia. Já as aberturas de ventilação foram mantidas inalteradas uma vez que Viana (2018) [2] observou que tal modificação não seria significativa para promover diminuição da temperatura interna em um *container* e, por consequência, o aperfeiçoamento do desempenho térmico. Assim, para o estudo das alternativas de adequação do desempenho térmico do *container* para obtenção do nível de desempenho térmico mínimo, propõem-se a criação e simulação computacional de protótipos virtuais (PVs) que levem em conta: a cor das fachadas (I: clara $\alpha = 0,3$; II: média $\alpha = 0,5$ ou III: escura $\alpha = 0,7$), inclusão de uma placa de gesso acartonado de 1,25cm na vedação vertical mais um isolante (IV: 3cm de lã de rocha; V: 3cm de lã de vidro; VI: 1,5cm de poliuretano expandido (EPS) ou VII: 3cm de câmara de ar) e inclusão de componente extra sobre a cobertura original do *container* em aço (VIII: telha sanduíche com EPS de 5,1cm ou IX: telhado verde: 5cm de grama, 15cm de terra argilosa, 3cm de argila expandida, 0,5cm de membrana betuminosa e 0,5cm de betume asfáltico), e X: agrupamento das opções com

maior $PHFT_{UH}$ em um único protótipo, conforme alternativas construtivas descritas em [2 e 11] e propriedades térmicas estabelecidas em [11].

Na sequência, verificou-se o atendimento ou não do desempenho térmico dos protótipos virtuais dos *containers* simulados contendo as estratégias investigadas, seguindo o mesmo procedimento descrito anterior. Nesse momento, os modelos que não atenderem ao desempenho térmico ao menos mínimo serão descartados, ao passo que os modelos que atenderem esse desempenho serão submetidos aos processos subsequentes. É importante ressaltar que, no cenário de nenhuma das simulações atenderem ao desempenho, a pesquisa é finalizada, concluindo que não é possível adequar o *container* original.

Assim, os resultados gerados pela simulação do *container* original e dos protótipos virtuais dos *containers* simulados contendo as estratégias investigadas são analisados com objetivo de determinar a estratégia isolada ou o conjunto de estratégias a serem empregada(s) para promover a melhoria desejada.

2.4. Verificação de compatibilidade financeira

Esta etapa que consiste no levantamento dos insumos necessários para a implementação da etapa anterior e, a consequente orçamentação via composições de serviços e materiais do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI para o mês de setembro de 2022 [13], de acordo com a composição não desonerada, tendo por referência a estratégia de menor custo de implementação definida.

Por fim, efetuou-se o estudo da compatibilidade financeira entre o custo da adaptação do *container* e a verba institucional disponível para tal. Para isso, levou-se em conta os recursos de custeio para apoiar o desenvolvimento das atividades acadêmicas e científicas de programas de pós-graduação fornecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) via Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) [14], como a verba disponível para a realização da adaptação do *container*.

Esse estudo de compatibilidade financeira foi realizado a fim de que o produto proposto no presente trabalho possa ser explorado, futuramente, em modelo real, servindo para pesquisas acadêmicas dos diversos cursos do CEFET-MG, em diversas esferas do conhecimento (técnico, graduação e pós-graduação).

3. Resultados

3.1. Verificação do atendimento normativo e possíveis melhorias

Com base nos valores de saída da simulação para os critérios normativos [9], verificou-se que o *container*, em sua composição construtiva original, não atendeu ao nível de desempenho térmico mínimo (Tabela 1).

Tabela 1: Análise do desempenho térmico do *container* original.

Parâmetro	Critério	Modelo de referência	Modelo real	Valores do critério	Atendimento ao nível mínimo do modelo real
TBSm: 22,6°C / Faixa de TO: 18,0°C < T _{OAPP} < 26,0°C	PHFT _{UH} (%)	40,4	32,0	36,4	Não
	Tomá _{XUH} (°C)	37,2	38,0	38,2	Sim

Tomin _{UH} (°C)	13,0	9,8	12,0	Não
--------------------------	------	-----	------	-----

Fonte: Adaptado de NBR 15.575 (2021). Elaborado pelos autores.

Deste modo, após proceder com alterações de forma isolada, seguindo as recomendações aplicáveis indicadas por [2 e 11], verificou-se que a alteração apenas da cor da fachada, em suas três opções (clara, média ou escura) não foi suficiente para garantir o atendimento do desempenho térmico mínimo previsto na NBR 15.575 [9], conforme se observa na Tabela 2. Já o isolamento da vedação vertical (inclusão de placa de gesso + lã de rocha / vidro / EPS ou câmara de ar) em suas quatro opções, bem como as duas opções de alteração da cobertura (telha sanduíche ou telhado verde sob a cobertura original) possibilitaram alcançar apenas o critério de Tomá_{XUH}, que já havia sido atendido na condição original, conforme apresentado na Tabela 1. O atendimento do desempenho mínimo foi possível somente com a combinação das estratégias de I a IX, que possibilitaram os melhores resultados, incluindo as estratégias, I (cor clara), IV (lã de rocha) ou V (lã de vidro) e IX (telhado verde). Ambas as opções (IV e V), por terem propriedades térmicas similares propiciaram os mesmos resultados sendo indiferente, neste caso, a escolha de uma em detrimento a outra.

Tabela 2: Análise do desempenho térmico do container original Estratégias de I a IX.

Critério	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
PHFT _{UH} (%)	19,3	14,2	11,3	35,4	35,4	35,1	34,1	32,1	36,3	37,8
Tomá _{XUH} (°C)	40,3	41,8	43,0	36,7	36,7	36,8	37,0	37,7	37,2	36,1
Tomin _{UH} (°C)	10,3	10,1	9,9	10,7	10,7	10,6	10,5	10,4	11,0	12,8

Legenda: Os parâmetros atendidos foram destacados **em negrito**. Fonte: Elaborado pelos autores.

A alternativa combinada de estratégias para adequação do *container* original e atendimento do nível de desempenho térmico mínimo se mostrou, portanto, factível. Nesse contexto, os resultados obtidos no presente trabalho se mostraram coerentes com estudos similares [1, 4 e 7], tendo em vista a comprovação do potencial da adoção de estratégias de condicionamento passivo na aplicação de ventilação natural e na redução de temperaturas do *container* [2].

3.2. Verificação de compatibilidade financeira

O atendimento do desempenho térmico mínimo foi alcançado apenas com a estratégia denominada por X, que abrange a aplicação conjunta das seguintes alterações: adoção de cor clara nas fachadas; isolamento térmico das paredes (lã de rocha ou de vidro); inclusão de telhado verde sob a cobertura existente. Desse modo, considerou-se para o orçamento somente esse conjunto de alternativas que atenderiam os requisitos mínimos normativos [9].

No SINAPI verificou-se que existe apenas dados sobre lã de vidro, tornando necessário desconsiderar a aplicação de lã de rocha devido a inviabilidade do seu orçamento por meio dessa plataforma. Ademais, para contabilizar todos os custos para transformar o *container* em uma câmara climática, necessita-se orçar as despesas para dividi-lo em dois módulos (de controle e experimental) e, também, adequar o seu pé-direito à legislação vigente municipal [12]. Na Tabela 3 é apresentado o orçamento considerando os dados do mês de setembro de 2022, com uso da composição não desonerada do SINAPI [13].

Tabela 3: Orçamento para transformação de container em uma câmara climática.

Código da composição/ insumo	Descrição do item	Unidade	Preço Unitário (R\$)	QTD	Preço total (R\$)
100950	Guidauto hidráulico	H	280,03	8,00	2.240,24
99855	Serralheiro com encargos complementares	H	24,98	24,65	615,71
99855	Auxiliar de Serralheiro com encargos complementares	H	20,04	20,23	405,37
100766	Pilar metálico incluso mão de obra, transporte, içamento, fornecimento e instalação	Kg	14,94	1.042,80	15.579,43
11026	Chapa de aço galvanizada GSG 14, E=1,95mm	Kg	14,06	38,43	540,29
98746	Solda de topo em chapa de aço chanfrado, E=1/4"	M	72,37	19,32	1.398,19
94806	Porta em aço de abrir p/ vidro sem guarnição 87x210cm, incluso vidros	UN	647,33	1,00	647,33
94559	Janela de aço tipo basculante p/ vidros, c/ batente, ferragens e pintura anticorrosiva, incluso vidros, acabamento, alizar e contramarco	M ²	806,00	1,00	806,00
102161	Instalação de vidro liso incolor, E=3mm, em esquadria de alumínio	M ²	258,16	1,39	358,69
39744	Painel de lã de vidro sem revestimento PSI 40, E=25mm, de 1200x600mm	M ²	23,96	22,44	537,57
96370	Servente com encargos complementares	H	18,02	2,46	44,39
96371	Parede c/ placas de gesso acartonado (<i>drywall</i>) p/ uso interno	M ²	76,86	22,44	1.724,43
98557	Impermeabilização de superfície c/ emulsão asfáltica, 2 demãos	M ²	41,87	6,75	282,62
34549	Argila expandida granulometria 2215	M ³	1.119,88	0,20	226,78
7253	Terra Vegetal (granel)	M ³	222,85	1,01	225,64
103946	Gramma esmeralda ou São Carlos ou Curitiba em placas, sem plantio	M ²	12,75	6,75	86,06
98576	Impermeabilização c/ encargos complementares	H	25,14	0,18	4,58
103946	Servente c/ encargos complementares	H	18,02	1,06	19,02
103946	Jardineiro c/ encargos complementares	H	22,22	0,26	5,86
100753	Pintura c/ tinta acrílica de acabamento pulverizado sobre superfícies metálicas, 2 demãos	M ²	20,54	26,25	539,12
				Total:	26.287,32

Fonte: Adaptado de SINAPI (2022). Elaborado pelos autores.

Desta forma, considerando a disponibilidade de verba institucional que poderia ser destinada a este fim, apresentam-se os dados dos relatórios de gestão [14] dos últimos quatro anos exercício, 2018 a 2021, referente aos valores recebidos para o Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP). Assim, conforme pode ser observado no Gráfico 1, nota-se uma

redução expressiva nos valores recebidos nos últimos anos. Ainda assim, ao considerarmos o menor valor já recebido, podemos observar que o valor orçado para transformar o *container* em uma câmara climática (R\$ 26.287,32) corresponderia a cerca de 58% do último recebimento. Assim, diante da dificuldade em se aprovar de imediato esse montante expressivo para adequação do *container*, sugere-se dividir a execução da sua transformação em etapas de modo a viabilizar tal modificação, sem prejudicar o auxílio para compra de insumo de pesquisas em andamento e/ou auxílio para participação em eventos.

Gráfico 1: Valores recebidos para o PROAP 2018-2021.



Fonte: Adaptado de CEFET-MG (2022). Elaborado pelos autores.

Adicionalmente, sugere-se a busca por editais de fomento à pesquisa de instituições a fim de obter financiamento para a transformação do *container*. Outra opção para viabilizar essa transformação seria por meio de parcerias com empresas fornecedoras de insumos (materiais, mão de obra e/ou equipamentos) e/ou provedoras de recursos financeiros para executar e/ou custear o processo de modificação do *container*.

4. Conclusão ou Considerações Finais

A avaliação de *container* existente para transformação em dois módulos (de controle e experimental a ser utilizado como câmara climática), por meio de simulação indicou como resultado o não atendimento aos critérios mínimos estabelecidos pela NBR 15.575-1. Desse modo, constatou-se ser necessário adotar estratégias para adequar o seu desempenho térmico. Assim, aplicando-se as estratégias de condicionamento passivo indicadas pela NBR 15.220-3 para a ZB3, identificou-se como alternativas: alterar a cor das fachadas, adotar diferentes isolamentos térmicos nas paredes e modificar a cobertura. Contudo, a aplicação destas estratégias de forma isolada se mostrou ineficiente para propiciar o atendimento aos critérios de mínimos normativos.

Por outro lado, a adoção conjunta das estratégias que propiciaram maior PHFTUH (cor clara nas fachadas; isolamento térmico da vedação vertical com lã de rocha ou de vidro e inclusão de telhado verde sobre a cobertura existente), possibilitou o atendimento das condições mínimas.

Quanto ao custo, a adoção desse conjunto de estratégias de transformação do *container* em câmara climática, se mostrou exequível, considerando a limitação da verba de pesquisa do PROAP, desde que a execução seja dividida em etapas. O custo dessa transformação (R\$ 26.287,32) corresponde a cerca de 58% do menor valor já recebido nos últimos quatro anos exercício, 2018 a 2021. Espera-se que este trabalho possa contribuir para ampliar as possibilidades de experimentos e pesquisas *in situ*, direcionadas ao ambiente construído.

Referências

- [1] TREVISAN, L. Y. I.; SHIBATA, R.; CELLIGOI, G.; RIBEIRO, R. S.; AMARILLA, R. S. D. KRÜGER, E. L. Avaliação Pós-Ocupação de uma Câmara Bioclimática de Baixo Custo: a percepção térmica e acústica no diagnóstico de um ambiente construído. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 2, p. 285-303, abr./jun. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000200400>.
- [2] VIANA, F. S. **Análise de desempenho térmico em módulo de contêiner marítimo** (Dissertação). 2018. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.
- [3] RUPP, R. F.; VÁSQUEZ, N. G.; LAMBERTS, R. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and Buildings**, v. 105, 2015, p. 178-205. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.047>.
- [4] TREVISAN, L. Y. I. **Concepção, construção e verificação da aplicabilidade de uma câmara bioclimática de baixo custo em estudos de conforto ambiental** (Tese). 2019. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- [5] PISELLO, A. L.; PIGLIAUTILE, I.; ANDARGIE, M.; BERGER, C.; et al. Test rooms to study human comfort in buildings: A review of controlled experiments and facilities. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 149, 2021, p. 111359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111359>.
- [6] KIM, J., DE DEAR, R., PPARKINSON, T., CANDIDO, C., COOPER, P., MA, Z., SAMAN, W. Field study of air conditioning and thermal comfort in residential buildings. In: 9th Windsor Conference: Making Comfort Relevant. **Proceedings...** Windsor: Windsor Conference, 2016.
- [7] RIBEIRO, D. A. **Recomendações para a replicação de câmara bioclimática de baixo custo nas zonas bioclimáticas brasileiras** (Dissertação). 2019. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.
- [8] CAMPANHARO, 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, p. 603-612.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-1/Emenda 1:2021**. Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2021, 48p.
- [10] ABNT. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações. Parte 2 – Componentes e elementos construtivos das edificações — Resistência e transmitância térmica - Métodos de cálculo (ISO 6946:2017 MOD). Rio de Janeiro, 2022, 47p.
- [11] ABNT. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para Habitações de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005, 30p.

[12] PREFEITURA DE BELO HORIZONTE - PBH. **Lei nº 9725, de 15 de julho de 2009.** Disponível: <https://leismunicipais.com.br/codigo-de-obras-belo-horizonte-mg>. Acesso: 11 set. 2022.

[13] INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **SINAPI** - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=o-que-e>. Acesso: 07 set. 2022.

[14] CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS - CEFET MG. **Relatórios de Gestão.** Disponível: <https://www.cefetmg.br/instituicao/relatorios-de-gestao/>. Acesso: 10 nov. 2022.