

## **Avaliação de um telhado verde como isolante térmico para redução do uso energia elétrica em uma sala comercial**

### **Evaluation of a green roof as thermal insulator to reduce the use of electricity in a commercial room**

DOI:10.34117/bjdv8n12-160

Recebimento dos originais: 10/11/2022

Aceitação para publicação: 14/12/2022

#### **Marcus Vinícius Leivas Azevedo**

Graduado em Engenharia de Energia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Instituição: Engenharia de Energia - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul – RS, Brasil

E-mail: marcus.leivas@gmail.com

#### **Elton Gimenez Rossini**

Doutor em Engenharia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Instituição: Engenharia de Energia - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul – RS, Brasil

E-mail: elton-rossini@uergs.edu.br

#### **José de Souza**

Doutor em Engenharia

Instituição: Fundação Liberato

Endereço: Rua Inconfidentes, 395, Primavera, Novo Hamburgo – RS, Brasil

E-mail: josesouza@liberato.com.br

#### **Alfonso Rizzo**

Doutorado em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Instituição: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul – RS, Brasil

E-mail: rizzo@iph.ufrgs.br

#### **Alexandre Beluco**

Doutor em Engenharia pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Instituição: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS)

Endereço: Porto Alegre, Rio Grande do Sul – RS, Brasil

E-mail: albeluco@iph.ufrgs.br

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma avaliação do comportamento térmico e uma estimativa da redução de gastos na fatura de energia elétrica, devido à instalação de um telhado verde extensivo em uma sala comercial, onde são prestados serviços de telemarketing. A sala tem 127 m<sup>2</sup>, é ocupada nas 8760 h do ano, e a cobertura verde corresponde a uma área de pouco mais de 17 % da área total do telhado. O programa Energyplus foi utilizado para realizar as simulações nas 8760 h do ano. Estabeleceu-se uma comparação entre o telhado atual e o telhado verde, a partir da avaliação do comportamento térmico e da variação das temperaturas internas e das temperaturas externas. Foram avaliados resultados para os dias 24 de janeiro e 19 de maio, que correspondem, respectivamente, aos dias em que são registradas a máxima e a mínima temperatura de bulbo seco do ano. Os resultados da simulação indicam que o telhado verde apresenta melhor isolamento térmico com maiores temperaturas no inverno, e com menores temperaturas no verão. Para avaliar a redução com os gastos de energia, considerou-se o melhor enquadramento tarifário e a menor tarifa. Nessas condições é observada uma pequena redução no gasto anual com energia elétrica, de pouco mais de R\$ 123,00 ao ano, resultado que corresponde a um parâmetro de mínima economia pela instalação do telhado verde.

**Palavras-chave:** telhado verde, eficiência energética, EnergyPlus.

## ABSTRACT

This paper presents an analysis of the energy and thermal efficiency by simulating the application of extensive green roof to a telemarketing service room located in Campo Bom. The Energyplus program was used to perform the simulations in the service room. With the simulations information obtained, the results were discussed. After discussing the results and comparing the different types of roof, current and green roof, the second acted as a thermal insulator, bringing warmer internal temperatures in winter, with an average increase of 0.61 °C on May 19, and cold in summer, with an average difference of 0.98 °C on January 24. Consequently, reducing the consumed energy by R\$ 123.47 in the climate of the building. With the observed results, it is possible to conclude that the green roof should not be used, in this case, aiming only at the energy saving in the climatization due to its thermal insulation. However, also the several benefits that it brings that can minimize the environmental impacts in urban environments.

**Keywords:** green roof, energy efficiency in buildings, EnergyPlus.

## 1 INTRODUÇÃO

O uso de energia elétrica para climatização teve um grande aumento, quando comparado a qualquer outro uso final, mais que triplicando entre 1990 e 2016 [1 IEA, 2018]. Esse crescimento significativo ocorreu, em parte, porque as áreas construídas com sistemas centralizados de ar condicionado aumentaram em diversas regiões [2 Zang, 2020]. Nesse contexto é relevante em investigar o impacto da aplicação de metodologias de eficiência energética, como por exemplo, a substituição dos modelos de condicionadores de ar menos eficientes [3 Krati, 2020].

No Brasil, apenas no setor residencial, estima-se que a posse de condicionadores de ar tenha mais que duplicado entre 2005 e 2017 e que o consumo de energia elétrica devido aos condicionadores de ar tenha mais que triplicado entre 2006 e 2018, atingindo 18,7 TWh em 2017 [4 EPE, 2018]. Essa crescente demanda por condicionadores de ar foi impulsionada pelo crescimento econômico, populacional e pela urbanização. A necessidade de climatização está relacionada à satisfação de certos parâmetros de conforto térmico, que podem ser identificados e avaliados nos ambientes construídos de diferentes regiões [5 Vecchi et al, 2017, 6 Buonocore et al, 2020]. Em alguns casos, também pode evidenciar um desempenho bioclimático insuficiente da edificação, avaliado a partir de indicadores [7 Omar et al, 2020].

Técnicas arquitetônicas, que integram vegetação à edificação, são capazes de aperfeiçoar o seu desempenho bioclimático. A vegetação pode estar integrada ao entorno da edificação, como as envoltórias vegetadas [8 Sherer et al, 2018], ou integrada à fachada, como as cortinas verdes e telhados verdes [9 Tese - Sherer, 2014].

Os telhados verdes se diferenciam de acordo com o tipo de vegetação, substrato, finalidade do projeto, profundidade do meio de crescimento, etc. Geralmente são identificados três tipos: intensivos, semi-intensivos e extensivos. As coberturas do tipo extensivo contam com uma profundidade que variam entre 5,0 cm e 15 cm, com menor sobrecarga à estrutura das edificações e exigindo menos manutenção [10 Dissertação - Liberalesso, 2018].

O desempenho térmico de telhados verdes extensivos varia para diferentes tipos de clima, precipitação e com as diferentes horas do dia [11 Bau-Show Lin et al., 2013]. A instalação de coberturas verdes em edificações sem isolamento térmico pode causar uma redução na carga térmica de resfriamento e redução do uso de energia para condicionamento térmico [12 Jim, 2014].

Diversos modelos de simulação foram desenvolvidos [13 Sailor, 2008] e amplamente empregados como ferramentas para fornecer estimativas do desempenho de telhados verdes em diferentes regiões [14 Khotbehsara et al, 2019] ou para estabelecer comparações entre tipos de telhados [15 He et al, 2020]. Simulações também são empregadas para avaliar o potencial de redução do uso de energia, indicando que a instalação de cobertura verde pode reduzir a temperatura da superfície externa do edifício e melhorar a temperatura ambiente do telhado e do entorno da edificação [16 Zhang et al, 2017]. O *EnergyPlus* é um software amplamente utilizado para simular diferentes tipos de telhados [17 Krebs, 2021]. Os resultados quantitativos das simulações são importantes

para fornecer um indicativo de comportamento do telhado verde, em certas condições específicas. De forma geral, a confiabilidade dos resultados das simulações tem forte dependência com a qualidade dos dados de entrada e, no caso dos telhados verdes, de parâmetros relacionados ao meio e às espécies vegetais [18-Gargari, 2016].

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise preliminar de um telhado verde extensivo, fornecendo uma estimativa da mínima economia com os gastos de energia elétrica, pela menor utilização do condicionador de ar, em uma sala comercial. São estabelecidas comparações entre o telhado atual e o telhado verde, analisando as variações de temperatura interna e externa em diferentes condições. Todos os resultados são obtidos a partir das medições e características do ambiente, utilizados como dados de entrada para simulações computacionais com o software *EnergyPlus*.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A economia mínima na conta de energia elétrica é calculada pela redução do tempo de uso do condicionador de ar nas seguintes condições: o melhor dimensionamento para climatização do ambiente, o melhor enquadramento tarifário e a menor tarifa. O comportamento dos telhados é analisado pelas variações da temperatura interna e da temperatura e externa em duas situações extremas.

As avaliações foram realizadas com os dados de uma sala de atendimento de uma empresa de telemarketing, situada no bairro Santa Lucia, na cidade de Campo Bom, no estado do Rio Grande do Sul. A metodologia foi desenvolvida nas seguintes etapas: visita técnica, levantamento de dados, simulação computacional, análise comparativa entre a estrutura atual do telhado e o modelo de cobertura verde, análise dos resultados.

O edifício utilizado pela empresa possui dois andares, contando com diversos ambientes: sete banheiros, sete salas de reunião, quatro salas com finalidades administrativas, quatro salões direcionados para o atendimento, três salas de treinamento, um auditório. Dentro destes espaços, são utilizados 48 sistemas de climatização do tipo split. A área total do telhado é de 736 m<sup>2</sup>.

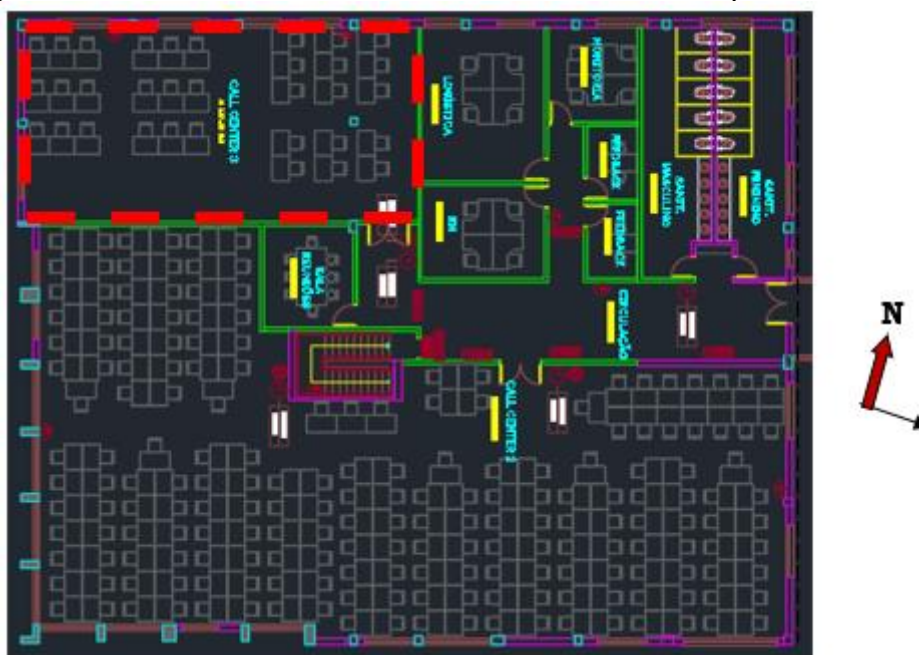
A Figura 1 mostra uma imagem de satélite com a localização do prédio, destacando em contorno pontilhado vermelho, a área completa do pavilhão, onde se encontra o salão de atendimento analisado no presente trabalho.

Figura 1. Imagem de satélite do Google Maps.



A Figura 2 mostra a disposição de salas e aberturas do segundo andar da edificação, destacando em contorno pontilhado vermelho, a área da sala, disponível para instalação de uma cobertura verde.

Figura 2. Planta baixa do edifício, destacada, circundada em vermelho, para a sala em estudo.



O espaço disponível para avaliação da instalação do telhado verde é usado como salão de atendimento do *call center* e tem uma área de 127 m<sup>2</sup>, que corresponde a pouco mais de 17% da área total do pavilhão.

A Figura 3 mostra a disposição das 33 mesas ocupadas por atendentes. A sala tem uma porta interna constantemente aberta para ambiente condicionado; duas paredes

internas, voltadas para ambientes condicionados; duas paredes externas e sete janelas externas numeradas nas direções indicadas na figura. A sala é ocupada nas 24 h do dia, com troca de turmas, comportando até 40 pessoas, entre atendentes, supervisores e coordenadores. A maior ocupação ocorre entre às 8 h e 17 h, com ocupação máxima nos intervalos entre às 8 h e às 10 h e entre às 14 h e 17 h. A menor ocupação ocorre entre 0 h e 6 h, com turmas de até 8 atendentes. Para climatização do ambiente estão instalados quatro condicionadores de ar *split*: três aparelhos com capacidade de 18 000 Btu/h e um aparelho com capacidade de 21 000 Btu/h.

A modelagem do salão foi efetuada com o uso do software *SketchUp*, versão 17.2.2555. Para a leitura do modelo 3D da edificação foi necessária a utilização da extensão *OpenStudio* (versão 2.8), um *plug-in* do *SketchUp*.

Figure 3. Sala com janelas externas numerada.



A cobertura verde escolhida é do tipo extensiva, porque resulta em menor sobrecarga à estrutura do prédio, com sistema alveolar grelhado, disponível comercialmente, com uma altura de 12 cm sem vegetação e feita para telhados com inclinação de 20° a 30°. O custo do telhado projetado para esta simulação, incluindo o material e a instalação é de R\$ 250,00 por metro quadrado. Portanto, o investimento inicial é de, aproximadamente, R\$ 31.750,00 para a área do salão em estudo.

Para simulação no software *EnergyPlus* são necessários diversos dados de entrada, como por exemplo: (a) os dados da edificação, como materiais, área, posição das aberturas, entre outros; (b) os dados de funcionamento da edificação, horas de uso, número de pessoas, entre outros.

Os dados climáticos foram retirados do site do laboratório de eficiência energética em edificações [17 LABEEE, 2019]. Como os dados do município de Campo Bom, não

estavam disponíveis foram utilizados dados climáticos da cidade de Porto Alegre, acerca de 42 km.

Os dados de arquivo climático são baseados no método estatístico TMY2 (*Test Meteorological Year*), versão 2, que determina um ano representativo, a partir de uma série histórica de dados de 10 anos ou mais. O arquivo contém dados de radiação solar, altitude, direção e velocidade dos ventos, entre outros. Também podem ser extraído os dados das temperaturas: de solo, de bulbo seco e de orvalho. Os dados foram convertidos para o formato de arquivo que usa a extensão *epw* (*EnergyPlus Weather*).

Para esta simulação foi empregada a atividade *office activity*, que representa a atividade de escritório padrão, indicada pelo software, sendo a mais próxima da atividade realizada pelos atendentes de telemarketing. Essa atividade corresponde a 132 W/pessoa. O valor de fração radiante de ganho de calor utilizado foi o padrão do software, igual a 0,3, resultando em 0,7 para a fração convectiva.

Para os dados de materiais construtivos, foi utilizada a biblioteca de construções e materiais disponível pelo próprio software, para o tipo de construção “189.1-2009 - CZ2 – Office”, que corresponde a uma construção padrão de escritório para a zona climática dois dos Estados Unidos, com dados mais próximos da construção em Campo Bom. Os parâmetros de materiais que não constavam na biblioteca do programa foram inseridos segundo a norma [20 NBR 15220-2, 2008] onde são encontradas as características térmicas de diversos materiais. O software permite a simulação pela adição da camada de telhado verde acima do telhado existente, mas foram efetuadas alterações somente na construção do telhado da sala, substituindo o telhado regular pelo telhado verde. Também é necessário incluir dados da cobertura viva, tais como à altura das plantas, índice de área foliar, refletividade das folhas, emissividade das folhas e absorção solar. A Tabela 1 apresenta os dados da cobertura viva do telhado, disponíveis no software como valores padronizados para telhado verde extensivo, exceto a altura das plantas, cujo valor foi obtido a partir de consulta técnica com a empresa especializada na área.

Tabela 1. Dados do modelo de telhado verde.

Nome	GreenRoof
Altura das plantas (m)	0,12
Índice de área foliar	1,00
Refletividade das folhas	0,22
Emissividade das folhas	0,95
Resistência Estomatal Mínima (s/m)	180
Nome da camada de solo	Green Roof Soil
Espessura (m)	0,12
Condutividade de Solo seco (W/m.K)	0,35
Densidade do solo seco (kg/m <sup>3</sup> )	1100
Calor Específico do Solo Seco (J/kg.K)	1200
Absorção térmica	0,90
Absorção Solar	0,70

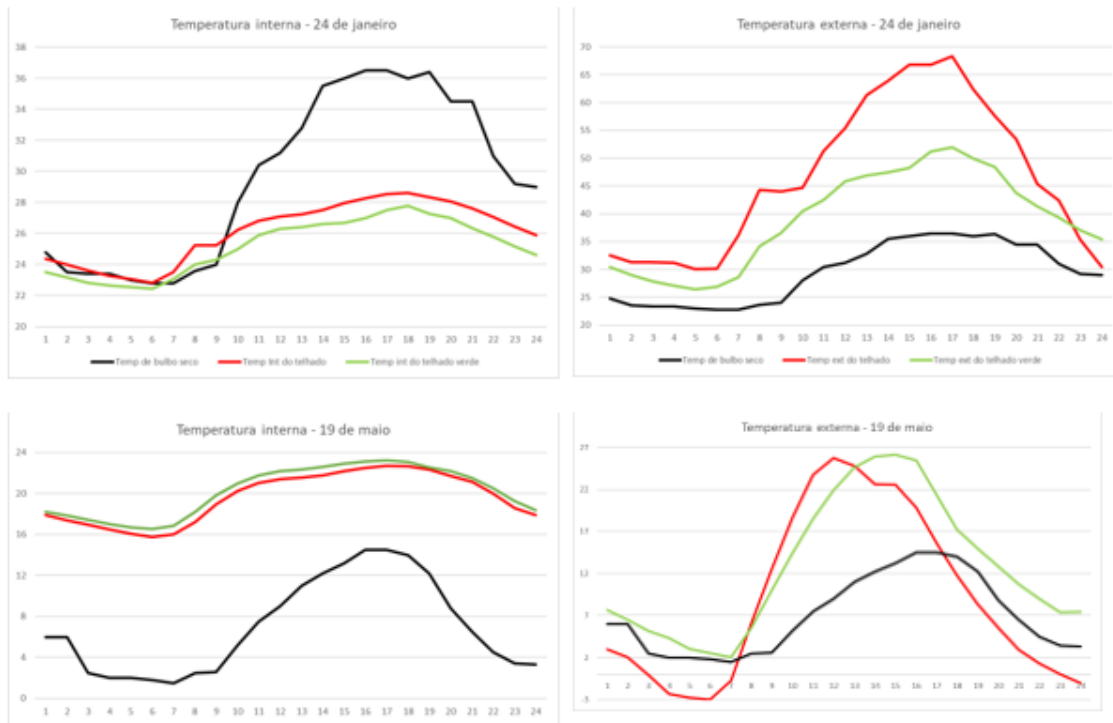
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise comparativa entre a aplicação do telhado verde e o telhado atual, foram efetuados cálculos de temperatura interna e externa do ambiente, durante um ano, com dados fornecidos de hora em hora. No total foram simuladas 8.760 horas, correspondente ao número de horas de um ano, havendo ocupação do salão de atendimento durante todo o tempo de simulação, já que ele é frequentado 24 horas por dia.

Devido à necessidade de uma análise mais minuciosa dessa grande base de dados, foi observado o comportamento das estruturas para os dias que registraram a máxima e mínima temperatura de bulbo seco dentro do período de simulação. Essas condições extremas correspondem aos dias 24 de janeiro e 19 de maio. Os dados foram comparados e apresentados nos gráficos da Figura 4.



Figura 4. Valores de temperatura. (a) Gráfico para a temperatura interna para o dia 24 de janeiro; (b) Gráfico para a temperatura externa para o dia 24 de janeiro; (c) Gráfico para a temperatura interna para o dia 19 de maio; (d) Gráfico para a temperatura externa para o dia 19 de maio.



As Figuras 4 (a) e 4 (b) mostram o comportamento da temperatura interna e da temperatura externa no dia 24 de janeiro. Observa-se que a temperatura interna do telhado verde permaneceu menor durante todo o dia. A temperatura interna do telhado verde se manteve em média  $0,98^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura interna do telhado comum, com a diferença máxima de  $1,28^{\circ}\text{C}$  às 21 h e mínima de  $0,39^{\circ}\text{C}$  às 6 h. A temperatura externa do telhado verde permaneceu menor, exceto para o intervalo entre 23 h e 1 h. Considerando o intervalo entre a 1 h e às 23 h, observou-se que em média a temperatura externa ficou  $7,48^{\circ}\text{C}$  abaixo da temperatura externa do telhado atual. Durante esse período, a maior diferença entre as temperaturas externas foi de  $18,58^{\circ}\text{C}$  às 15 h e a menor diferença foi de  $2,19^{\circ}\text{C}$ , à 1 h. No máximo da temperatura de bulbo seco, essa diferença foi de  $16,32^{\circ}\text{C}$  às 17 horas.

As Figuras 4 (c) e 4 (d) mostram o comportamento da temperatura interna e da temperatura externa no dia 19 de maio. Ao longo desse dia, temperatura interna do telhado verde se manteve superior, quando comparada ao telhado atual, com uma média no aumento de  $0,61^{\circ}\text{C}$ . A menor diferença entre as temperaturas foi de  $0,22^{\circ}\text{C}$  e a maior diferença de  $1^{\circ}\text{C}$ . Nesse dia, a superfície externa do telhado verde ficou abaixo da temperatura do telhado atual para o intervalo entre às 7 h 30 min e 13 h. Ao longo do dia, observa-se uma média de acréscimo para a cobertura verde de  $3,65^{\circ}\text{C}$ , sendo maior em

75% do tempo. A maior diferença entre as temperaturas externas é de 8,5°C às 24 h e a menor diferença é de 5,22°C, observada pela manhã, às 11 h.

No dia 24 de janeiro são observadas menores temperaturas e menores variações de temperatura. No dia 19 de maio, as temperaturas correspondentes ao telhado verde serão maiores, durante a maior parte do tempo. Como resultado, essas comparações indicam que o telhado verde será menos dependente desta condição externa.

Com a finalidade de considerar somente a influência do telhado verde sobre a sala, foi efetuada uma simulação sem nenhum equipamento elétrico nem ocupação de pessoas no salão. Os resultados de temperatura para o dia 24 de janeiro foram de uma diminuição média de 1,53°C, tendo a maior diferença em 1,79°C às 20 h e a menor em 0,72°C às 6 h. Para o dia 19 de maio foi de um aumento médio de 0,58°C, tendo a maior diferença em 0,91°C às 16 h e a menor em 0,17°C às 5 horas. Havendo uma redução maior da amplitude térmica no dia que registrou as temperaturas mais altas, e menor durante o dia de temperaturas baixas, do que quando contabilizada a carga térmica das pessoas e equipamentos elétricos.

Para verificar a diferença de gasto com energia elétrica na edificação, ao ambiente ocupado e com outros equipamentos elétricos, foi efetuada a adição de um ar-condicionado ideal, ou seja, com as características ideais de dimensionamento para resfriar o local, programado para manter a temperatura entre 20 °C e 23 °C. Com isso observou-se uma redução de 147,22 kWh durante um ano de utilização do equipamento de climatização ideal, representando um total de 0,89% do consumo total de energia anual. Segundo o site da Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE, essa diferença de consumo acarretaria a economia anual mínima de aproximadamente R\$ 124,00. Esta estimativa leva em consideração uma instalação residencial comum em bandeira tarifária verde, com ICMS de 30% e PIS/Cofins médio de 5% no consumo informado [21 CEEE, 2019].

De acordo com os resultados das simulações, o telhado verde possibilita que a sala permaneça mais aquecido no inverno e mais resfriado durante o verão, devido a menor transferência de calor do ambiente externo para o ambiente interno. Entretanto, os valores da diferença térmica entre os telhados ficaram abaixo dos resultados obtidos em outros estudos [14-15], isso se deve aos critérios de avaliação adotados e às diferenças entre as condições específicas do local de estudo.

A temperatura externa do telhado, com a redução da amplitude térmica, representa um resultado importante, pois está relacionado com a maior estabilidade térmica,

contribuindo para um significativo aumento da vida útil do telhado. Este e outros benefícios também podem ser considerados para uma comparação com outras tecnologias. Por outro lado, uma das dificuldades para a disseminação de telhados verdes é o seu maior custo de instalação [22 Lopes, 2007].

#### 4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma avaliação dos efeitos de uma cobertura verde extensiva, para ser instalada no telhado de um salão de atendimento de telemarketing. O software *Energyplus* foi empregado nas simulações para fornecer resultados comparativos entre o telhado atual e um telhado verde. Os resultados concordam com resultados da literatura, confirmando que os telhados verdes podem atuar como isolante térmico, mas que dependem das condições climáticas, condições de ocupação da edificação, entre outras.

Simulações foram desenvolvidas para obtenção de um parâmetro da condição menos favorável, que neste caso pode ser estimada considerando um equipamento idealmente dimensionado e a bandeira tarifária menos onerosa. Por outro lado, não foram considerados os gastos com a manutenção da cobertura verde. Nessas condições, o menor tempo de uso do ar condicionado foi capaz de fornecer uma pequena redução no uso de energia elétrica, de 147 kWh durante o ano, e uma redução anual de aproximadamente R\$ 124,00 ao ano. Cenários mais favoráveis podem ser avaliados, nos quais a instalação do telhado verde apresentará maior redução de gastos com a climatização da sala.

Nas condições específicas deste trabalho, onde o gasto com a instalação do telhado verde é comparado apenas com a redução do custo mensal de energia elétrica, a substituição do telhado atual não se justifica. Entretanto, esse resultado é esperado, considerando que os telhados verdes modernos não foram desenvolvidos com essa finalidade. De modo geral, os telhados e envoltórias verdes cumprem funções arquitetônicas e urbanísticas que estão além do escopo desta avaliação. Outros benefícios podem ser levados em consideração para a substituição de um telhado convencional. A aplicação da cobertura vegetal numa edificação comercial pode trazer benefícios, tanto para o espaço interno quanto para o entorno, tais como: melhorar o ambiente de trabalho, aumentar a durabilidade da cobertura, reduzir a poluição sonora no ambiente interno, melhorar a qualidade do ar, reduzir ilhas de calor em ambientes urbanos com mais edificações, aumentar a retenção e promover o aproveitamento da água da chuva, entre

outros. Em algumas situações, o espaço do telhado verde também poderá agregar uma instalação fotovoltaica.

### **AGRADECIMENTOS**

Este estudo faz parte dos projetos de um grupo de pesquisadores do Brasil. O grupo de pesquisa não recebe nenhum financiamento para apoiá-lo.

## REFERÊNCIAS

IEA - International Energy Agency. The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. OECD/IEA: Paris, 2018.

Zhongjun Zhang, Yufeng Zhang & Adnan Khan (2020) Thermal comfort of people in a super high-rise building with central air-conditioning system in the hot-humid area of China, *Energy and Buildings*, Vol. 209, N. 15, pp DOI: 10.1016/j.enbuild.2019.109727

M. Krarti & Nicholas Howarth (2020) Transitioning to high efficiency air conditioning in Saudi Arabia: A benefit cost analysis for residential buildings, *Journal of Building Engineering*, Vol. 31, n. DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101457

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética - Epe. Ministério de Minas e Energia. Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. No EPE-DEA-NT-030/2018-r0, Brasília, 2018a. 43 p.

R. De Vecchi, C. Candido, R. de Dear & R. Lamberts (2017) Thermal comfort in office buildings: Findings from a field study in mixed-mode and fully-air conditioning environments under humid subtropical conditions, *Building and Environment*, Vol. 123, pp 672-683 DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.07.029

Carolina Buonocore, Renata De Vecchi, Veridiana Scalco & Roberto Lamberts (2020) Thermal preference and comfort assessment in air-conditioned and naturally-ventilated university classrooms under hot and humid conditions in Brazil, *Energy and Buildings*, Vol. 211, n.15 DOI: 10.1016/j.enbuild.2020.109783

Abdou Idris Omar, Damien David, Etienne Vergnault, Joseph Virgone & Abdoukader Ibrahim Idriss (2020) A new set of indicators to evaluate the bioclimatic performance of air conditioned buildings in a hot and humid climate, *Journal of Building Engineering*, Vol. 3, DOI: 10.1016/j.jobe.2020.101350

Minéia Johann Scherer; Thales Severo Alves; Janaína Redin. Envoltórias vegetadas aplicadas em edificações: benefícios e técnicas. *Revista de Arquitetura IMED*, Passo Fundo, v. 7, n. 1, p. 84-101, out. 2018. ISSN 2318-1109.

Minéia Johann Scherer (2014) Cortinas verdes na arquitetura: desempenho no controle solar e na eficiência energética de edificações. 187 p. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2014.

Tiago Liberalesso (2018) Telhados verdes extensivos: influência da composição do substrato na retenção hídrica e no desenvolvimento da vegetação, 139 p. Dissertação – Universidade Federal de Santa Maria.

Bau-Show Lin, Chin-Chung Yu, Ai-Tsen Su, Yann-Jou Lin (2013) Impact of climatic conditions on the thermal effectiveness of an extensive green roof. *Building and Environment*, v. 67, pp. 26-33, ISSN 0360-1323. DOI: 10.1016/j.buildenv.2013.04.026.

C. Y. Jim (2014) Air-conditioning energy consumption due to green roofs with different building thermal insulation, *Applied Energy* 128, pp. 49–59.

D. J Sailor (2008) A green roof model for building energy simulation programs. *Energy and Buildings*, v. 40, n. 8, pp. 1466-1478. ISSN 0378-7788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2008.02.001.

Elham Mehrinejad Khotbehsara, Abdollah Baghaei Daemei, Farzaneh Asadi Malekjahan (2019). Simulation study of the eco green roof in order to reduce heat transfer in four different climatic zones. *Results in Engineering*, v. 2, pp. 1-8.

Yang He, Hang Yu, Akihito Ozaki, Nannan Dong (2020). Thermal and energy performance of green roof and cool roof: A comparison study in Shanghai area. *Journal of Cleaner Production*, 267, pp. 1-15.

Linfang Zhang, Ming Jind, Jiying Liu, Linhua Zhang (2017). Simulated study on the potential of building energy saving using the green roof. 10th International Symposium on Heating, Ventilation and Air Conditioning, ISHVAC2017, 19-22 October 2017, Jinan, China, *Procedia Engineering* 205. pp. 1469–1476.

Lisandra Fachinello Krebs, Erik Johansson (2021). Influence of microclimate on the effect of green roofs in Southern Brazil – A study coupling outdoor and indoor thermal simulations. *Energy & Buildings*, v. 241, pp. 1-15.

Caterina Gargari, Carlo Bibbiani, Fabio Fantozzi, Carlo Alberto Campiotti (2016). *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, n. 8, pp. 628 – 636.

LABEEE (2019) Arquivos climáticos em formato TRY, SWERA, CSV e BIN. Available in: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220 – 2. Desempenho térmico de edificações Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.

CEEE. Companhia Estadual de Energia Elétrica (2019). Valor Simplificado da Conta. Available in: <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Component/Controller.aspx?CC=1248>.

Daniela Arantes Rodrigues Lopes (2007). Análise do comportamento térmico de uma cobertura verde leve (CVL) e diferentes sistemas de cobertura. Dissertação, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade de São Carlos, São Paulo