DESEMPENHO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIO COM SISTEMAS DE CONTROLE SOLAR CONVENCIONAIS E USO DAS CORTINAS VERDES NA ZONA BIOCLIMÁTICA 2 [1]

SCHERER, M. J., Universidade Federal de Santa Maria, Campus Cachoeira do Sul, email: mineiaarq@gmail.com; FEDRIZZI, B., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, email: beatrizfedrizzi@gmail.com

ABSTRACT

Green curtains are characterized as an option for solar control in architecture, where vine vegetation develops with the aid of supports in front and away from the vertical surfaces of the building. Used as an alternative to conventional solar protection systems, the vegetation can provide other benefits, as far as it responds dynamically to changes in the weather and the seasons, does not absorb heat, besides being a natural and low environmental impact element. Therefore, this study aims to compare performance of different solar control systems – internal shutters, brise soleil and green curtains, on the energy performance of an office building, located on Bioclimatic Zone 2. The methodology was based on computer simulations, with modeling of a building base without solar control element and, later, with the inclusion of different shading options for openings, searching for a comparative analysis of energy consumption results with cooling systems, heating and lighting. Results evidenced that, in general, green curtains performance as a solar control element is favorable when compared to conventional systems with internal shutters or blinds.

***Keywords**: Green curtains. Vegetation. Solar control. Energy efficiency.*

1 INTRODUÇÃO

Conceber edificações que ofereçam conforto térmico aos ocupantes, com baixo consumo de energia, depende do alinhamento entre variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, de modo que as soluções tirem partido das potencialidades do clima local. Desta forma, pode-se reduzir a necessidade de equipamentos de climatização e o consequente consumo de energia para obtenção de conforto.

A maior parte do território brasileiro possui grande incidência de radiação solar, umidade e altas temperaturas o ano todo. Nestes casos, o arranjo arquitetônico precisa conciliar o acesso à ventilação natural sem, no entanto, permitir excesso de insolação aos interiores, o que provoca indesejável ofuscamento e carga térmica. A solução, na maioria das vezes, pode ser obtida com a adoção de dispositivos de controle solar nas áreas transparentes de fachada, de forma a bloquear, minimizar ou redirecionar a incidência dos raios solares.

O uso da vegetação constitui uma alternativa para este propósito, uma vez que, de forma semelhante aos sistemas de controle solar convencionais, possui capacidade de bloquear os raios solares através de sua estrutura de

[1] SCHERER, M. J.; FEDRIZZI, B. Desempenho energético em edifício de escritório com sistemas de controle solar convencionais e uso das cortinas verdes na zona bioclimática 2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

galhos e folhas. O sistema denominado cortina verde é, assim, caracterizado como um tipo de proteção solar onde espécies de vegetação trepadeira desenvolvem-se, com auxílio de suportes, posicionadas em frente e afastadas das superfícies verticais da edificação (DUNNETT; KINGSBURY, 2004).

Diversas pesquisas a nível mundial vêm investigando os benefícios térmicos proporcionados pelo uso da vegetação na fachada das edificações, através de estudos experimentais (PAPADAKIS, TSAMIS; KYRITSIS, 2001; STEC, PASSEN E MAZIARZ, 2005; COMA et al, 2017; PERINI et al, 2017) ou com ferramentas de simulação (WONG et al, 2009; PERÉZ, 2010). No contexto brasileiro, os estudos acerca do tema são ainda escassos, baseados em estudos de caso ou experimentos (SCHERER, FEDRIZZI, 2015; MATHEUS et al, 2016).

Assim, considerando a relevância e o reduzido número de investigações sobre o uso das cortinas verdes no Brasil, este artigo tem por objetivo comparar o desempenho de diferentes sistemas de controle solar – persianas internas, *brise soleil* e cortinas verdes, no desempenho energético de um edifício de escritórios, inserido na Zona Bioclimática 2, com base em simulações computacionais.

2 MATERIAIS E MÉTODO

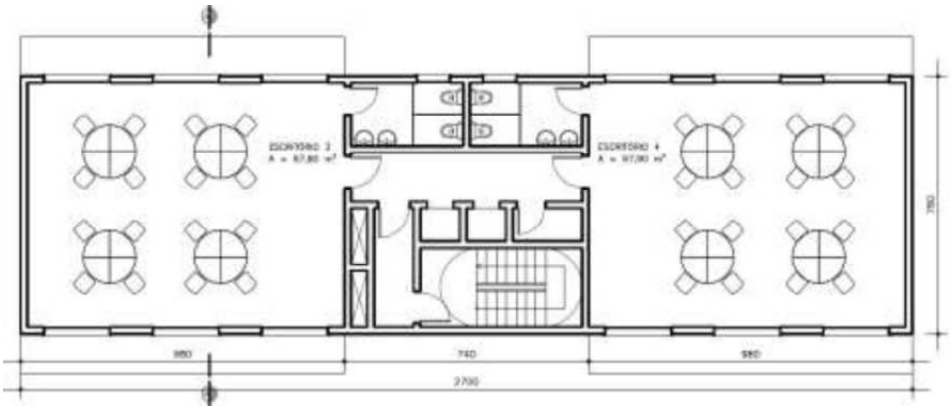
As simulações que buscam antecipar o desempenho energético da edificação analisada foram realizadas utilizando-se o software Design Builder, versão 3.4.0.041 (2014), com o arquivo climático da cidade de Santa Maria, representativo da Zona Bioclimática 2.

2.1 Definição e modelagem do edifício base

O edifício base foi definido com cinco pavimentos, sendo um pavimento térreo e quatro pavimentos tipo (Figura 1). As aberturas foram simuladas com proporção de 20% e 45% da área do piso, com orientação solar em duas condições: Norte-Sul e Leste-Oeste. Neste primeiro modelo não foram inseridos e elementos de proteção solar (Figura 2).

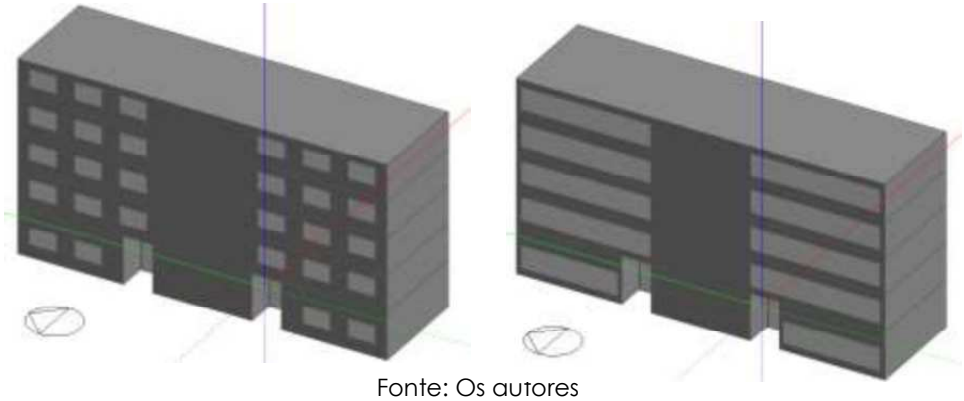
As características construtivas, padrões de uso e ocupação, sistema de iluminação e condicionamento artificial são resumidas no Quadro 1.

Figura 1: Planta baixa do pavimento tipo, sem escala



Fonte: Os autores

Figura 2: Modelagem da geometria, com 20% e 45% de área de aberturas



Fonte: Os autores

Quadro 1 – Resumo dos principais parâmetros configurados na simulação do edifício base

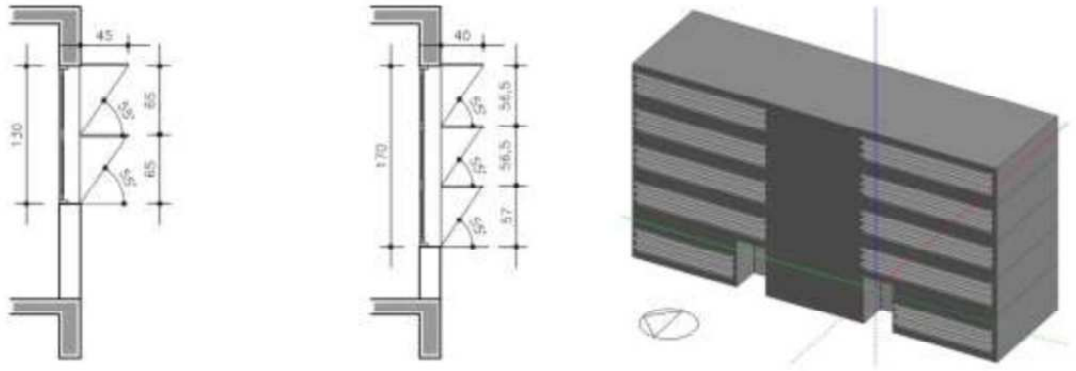
Item	**Especificação**	**Valores adotados**
Paredes externas e internas	Blocos de concreto vazados, rebocada dos dois lados	Transmitância térmica = 2,39 W/m²K Absortância = 0,35
Cobertura	Fibrocimento com poliestireno expandido, sobre laje de concreto	Transmitância térmica = 1,17 W/m²K Absortância = 0,60
Aberturas	Alumínio padrão maxi-ar, vidro transparente 4mm	Fator solar = 0,82
Densidade de ocupação		0,28 pessoas/m² Metabolismo de 120 W/pessoa
Padrão de uso		Cinco dias na semana, de segunda a sexta-feira, das 8h às 18h.
Sistema de iluminação	Controle dimerizado	20,0 W/m²
Sistema de condicionamento artificial	Split Reverso	COP = 3,21 W/W
Temperatura de set point para aquecimento		18°C
Temperatura de set point para resfriamento		24°C

Fonte: Os autores

2.2 Variações no edifício base

Foram realizadas alterações no edifício base quanto ao tipo de proteção solar: com persiana interna, brise horizontal e com uso das cortinas verdes. A persiana interna adotada foi de alumínio, com alta refletividade e controle de fechamento de acordo com a incidência de radiação solar (limite de 300 W/m²). No caso dos brises, adotou-se somente elementos horizontais e seu dimensionamento foi padronizado, levando em consideração uma situação intermediária de eficiência no sombreamento, para as diferentes orientações solares consideradas nas simulações. Assim, o elemento é composto de lâminas horizontais, resultando em um ângulo de altura solar limite de a = 55°, de modo a proporcionar sombra nos períodos mais quentes do ano (primavera e verão) e nos horários de incidência solar mais intensa (final da manhã e início da tarde), conforme detalhado na Figura 3.

Figura 3: Detalhamento dos brises horizontais propostos e modelagem do edifício com brise horizontal



Fonte: Os autores

Na opção com as cortinas verdes, a modelagem contou com a adição de um "componente" em frente às aberturas, que recebe uma série de configurações específicas, conforme Quadro 2 e Quadro 3. Os valores adotados de transmissão solar foram os obtidos no experimento realizado por Scherer e Fedrizzi (2015), para quatro espécies de trepadeiras, adaptadas ao clima da região Sul do País: *Wisteria floribunda* (Glicínia) e *Campsis grandiflora* (Trombeta-chinesa), que possuem folhagem decídua; *Lonicera japonica* (Madressilva-creme) e *Trachelospermum jasminoide* (Jasmim-leite), que são perenes.

Quadro 2 – Resumo das propriedades térmicas utilizadas nas cortinas verdes

Item	**Valores adotados**	**Fonte de referência**
Resistência térmica da camada de vegetação	R=0,36 m².K/W	Susorova et al (2013)
Emissividade da folha	0,96	Oke (1978, apud PEREZ, 2010)
Absotividade da folha	70% (radiação solar global) 85% (radiação solar na faixa do visível)	Oke (1978, apud PEREZ, 2010)

Fonte: Os autores

Quadro 3 – Valores de PTS adotados nas simulações, para cada espécie e em cada mês do ano

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Glicínia	0,05	0,05	0,04	0,04	0,06	0,78	0,86	0,84	0,38	0,10	0,08	0,07
Trombeta-chinesa	0,57	0,58	0,82	0,86	0,87	0,93	0,94	0,93	0,34	0,07	0,07	0,30
Madressilva-creme	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
Jasmim-leite	0,50	0,46	0,44	0,47	0,48	0,45	0,49	0,48	0,51	0,42	0,50	0,48

Fonte: Os autores

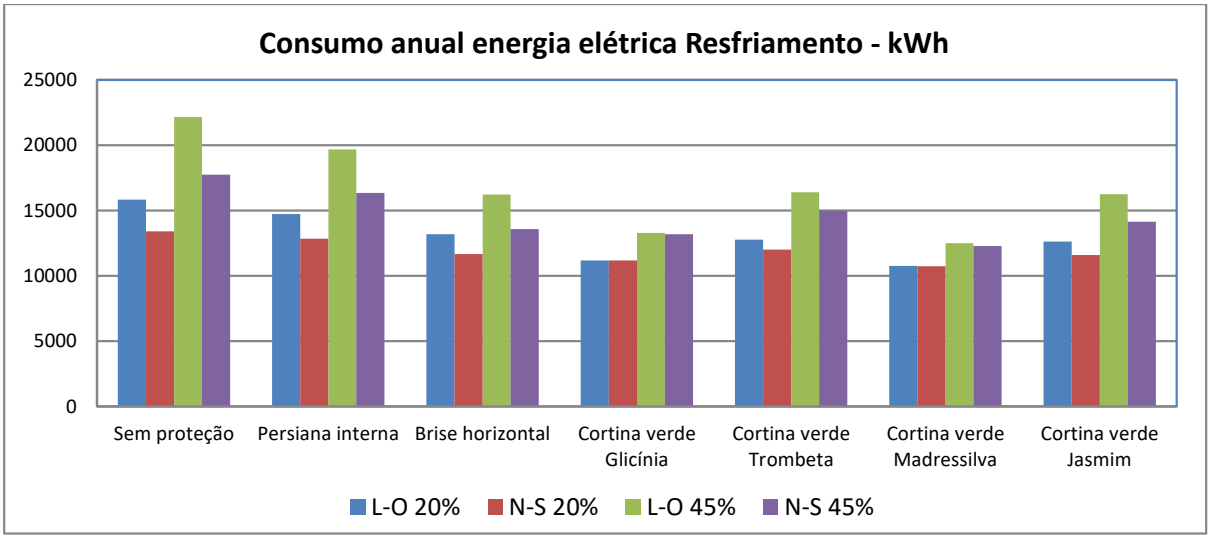
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das simulações para a Zona Bioclimática 2 (ZB2) encontram-se ilustrados pelos gráficos que seguem. As Figuras 4, 5 e 6 apresentam os dados de consumo anual de energia para resfriamento, aquecimento e iluminação da edificação. Já a Figura 7 relaciona o consumo total anual.

Em uma análise geral, pode-se verificar que a maior porcentagem de consumo de energia elétrica será destinada ao sistema de condicionamento artificial para resfriamento da edificação (Figura 4), para fins de manter a temperatura interna nas condições de conforto. O uso das cortinas verdes, se comparado ao edifício base sem proteção, diminui em média o consumo em 30% com a espécie Glicínia; 19% com a Trombeta-chinesa; chegando aos 33% com a Madressilva-creme e aos 21% com o Jasmim-leite. A situação comparativa com os brises horizontais também é favorável: o uso de cortina verde com Glicínia reduziu o consumo em média 11% e com a Madressilva-creme 15%.

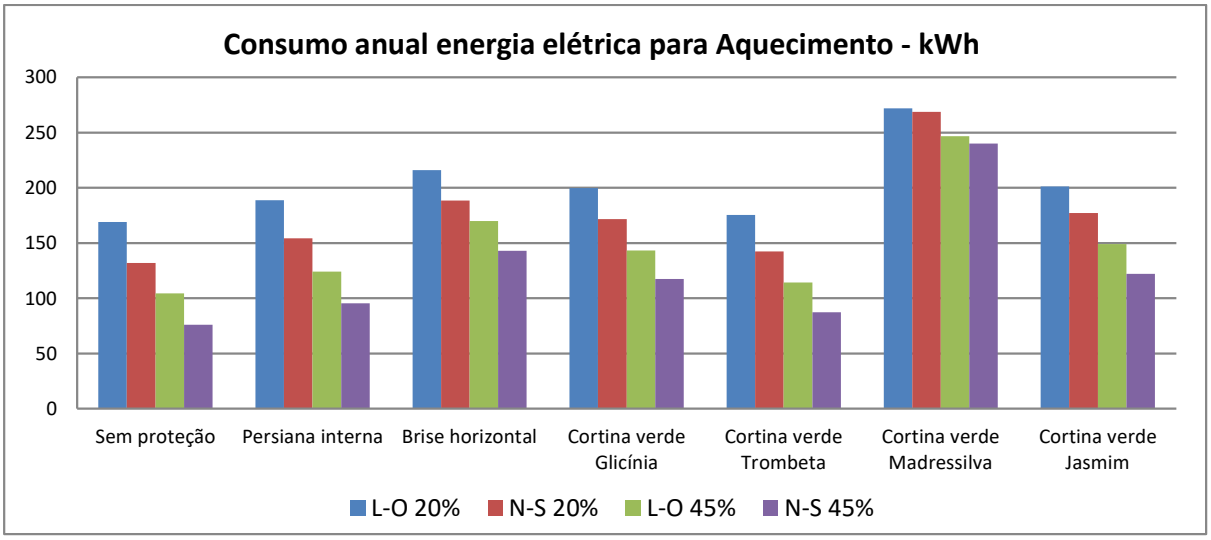
Sobre a necessidade de aquecimento da edificação (Figura 5), as opções de cortinas verdes com espécies decíduas ou de menor densidade são as mais favoráveis.

Figura 4: Consumo anual de energia elétrica para resfriamento, na ZB2



Fonte: Os autores

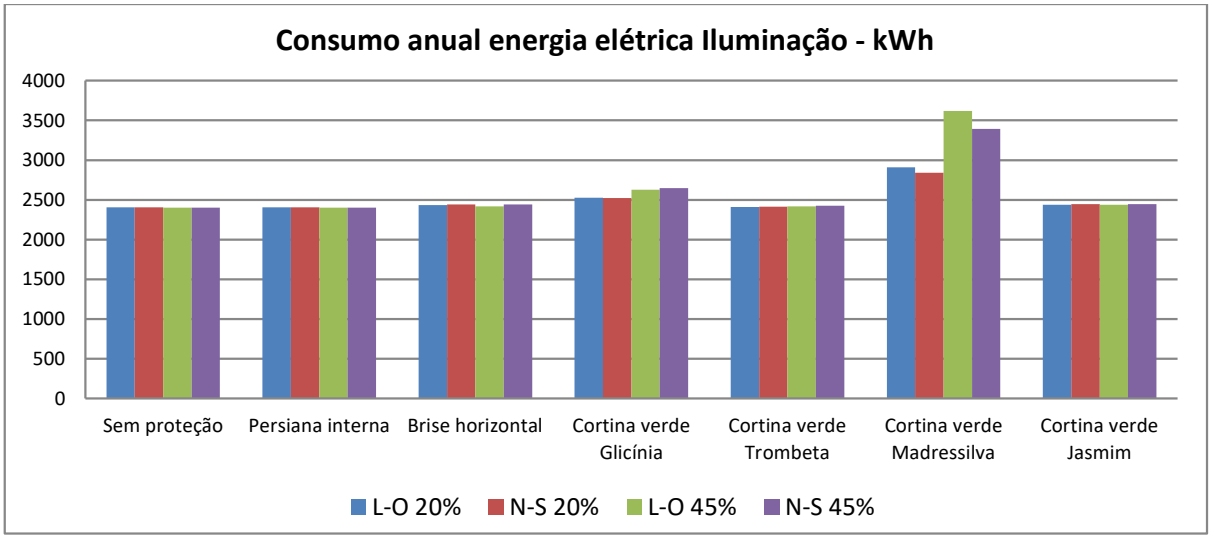
Figura 5: Consumo anual de energia elétrica para aquecimento, na ZB2



Fonte: Os autores

Já sobre os gastos com iluminação artificial (Figura 6), os valores são praticamente iguais nas diferentes opções de sombreamento, salvo no uso das cortinas verdes com a espécie Madressilva-creme que, por ter a folhagem muito fechada, acaba obstruindo a passagem de luz natural para o interior do prédio.

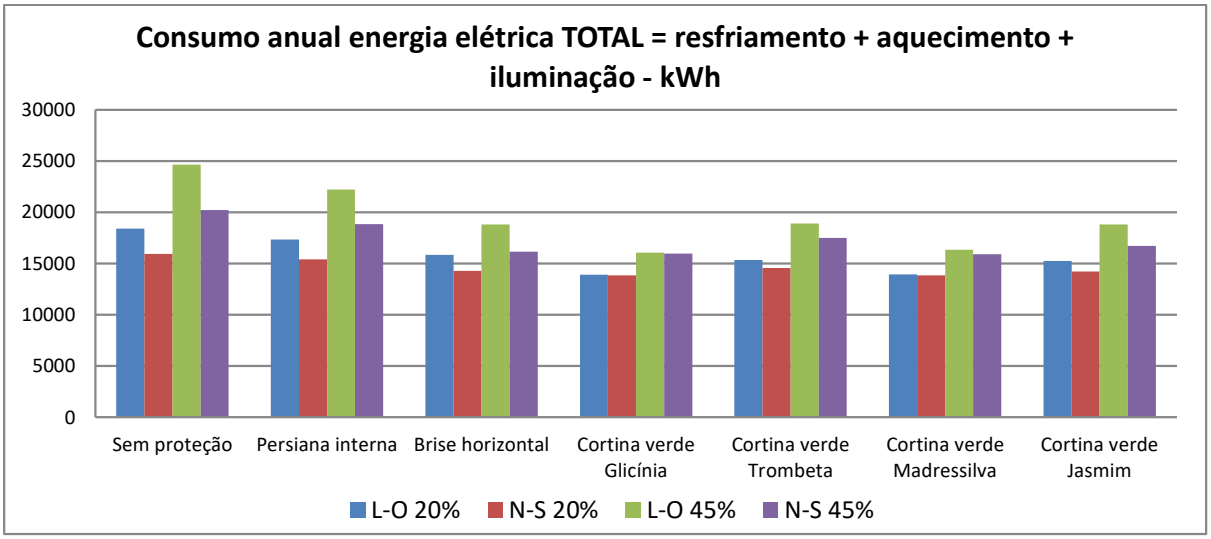
Figura 6: Consumo anual de energia elétrica para iluminação, na ZB2



Fonte: Os autores

No entanto, em um balanço de consumo total de energia (Figura 7), considerando os três sistemas analisados, podemos verificar que o desempenho das cortinas verdes obteve destaque. O consumo médio de energia diminuiu, em relação à edificação sem proteção, na ordem de 24% com a Glicínia ou a Madressilva-creme; e 17% com as outras duas espécies. Se a comparação for em relação ao uso dos brises horizontais, o consumo médio foi 8% menor com a Glicínia e a Madressilva-creme, ficando praticamente igual no caso das cortinas verdes com a Trombeta-chinesa e o Jasmim-leite.

Figura 7: Gráfico do consumo anual total de energia elétrica, na ZB2



Fonte: Os autores

4 CONCLUSÕES

Com base nos dados gerados com as simulações computacionais de consumo energético para uma edificação com atividade de escritório e com as características construtivas sugeridas, podemos concluir, de uma forma geral, que o desempenho do uso das cortinas verdes enquanto elemento de controle solar é favorável, se comparado aos sistemas convencionais com persiana interna ou brises horizontais.

Na maioria das combinações simuladas para a Zona Bioclimática 2, em diferentes orientações solares e área das aberturas, a performance na redução do consumo de energia elétrica para resfriamento ou aquecimento da edificação foi melhor quando o sistema de sombreamento adotado foi a vegetação.

Em relação às quatro espécies estudadas, podemos dizer que as que melhor repercutiram na redução de energia total, em um balanço que considerou o gasto com resfriamento, aquecimento e iluminação artificial, foram a Glicínia e a Madressilva-creme, por apresentarem menor PTS durante todo o ano ou nos meses com temperaturas mais altas.

Sobre os resultados de consumo com o sistema de iluminação, houve uma elevação, como era esperado, proporcional ao efeito de sombreamento causado pelas vegetações com folhagem mais densa. No entanto, este consumo é significativamente menor que o necessário para o resfriamento da edificação, não repercutindo nas particularidades de desempenho global das espécies.

Por fim, conclui-se ainda que, dentre as atuais e diversas tipologias de jardim vertical com aplicação em arquitetura, as cortinas verdes se destacam pelo aspecto funcional, e não somente pelo resultado estético. Além disso, é um sistema mais econômico e sustentável, uma vez que sua execução e manutenção são mais fáceis e menos dispendiosas em termos energéticos, de consumo de água para irrigação e insumos para manutenção da vegetação. Essas vantagens são condizentes com as premissas de uma arquitetura mais sustentável, com baixo impacto ao meio ambiente, eficiente energeticamente e saudável aos usuários.

REFERÊNCIAS

COMA, J., PERÉZ, G., GRACIA, A., BURÉS, S., URRESTARAZU, M., CABEZA, L. Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades. **Building and Environment**, n.111, p.228-237, 2017

DESIGN BUILDER. **Design Builder v. 3.4.0.041.** Design Builder Software Ltd, 2014. Disponível em <http://www.designbuilder.co.uk/>, acesso em 12 mai. 2014.

DUNNETT, Nigel; KINGSBURY, Noël. **Planting Green Roofs and Living Walls.** Portland: Timber Press, 2004.

MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. O., LABAKI, L. C. Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 1, p. 71-78, 2016.

PAPADAKIS, G.; TSAMIS, P.; KYRITSIS, S. An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. **Energy and Buildings**, n. 33, p.831-836, 2001.

PÉREZ, G. **Façanes vegetades:** estudi del seu potencial com a sistema passiu d'estalvi d'energia, en clima mediterrani continental. Tese (doutorado). Programa de Doctorado Ámbits de Recerca de la Construcció i l'Energía a l'Arquitectura. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 2010.

PERINI, K., BAZZOCCHI, F., CROCI, L., MAGLIOCCO, A. The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning: Field monitoring in Mediterranean climate. **Energy and Buildings**, n. 143, p.35-42, 2017.

SCHERER, M. J., FEDRIZZI, B. Desempenho das cortinas verdes no controle solar de edificações: um estudo experimental. **Cadernos PROARQ** (UFRJ), v.1, p.193 210, 2015.

STEC, W. J., PASSEN, A. H. C., MAZIARZ, A. Modelling the Double skin façade with plants. **Energy and Buildings**, n. 37, p. 419-427, 2005.

SUSOROVA, I.; ANGULO, M.; BAHRAMI, P.; STEPHENS, B. A model of vegetated exterior facades for evaluation of wall thermal performance. **Building and Environment**, n. 67, 1-13, 2013.

WONG, N. H.; et al. Energy simulation of vertical greenery systems. **Energy and Buildings**, n. 41, p. 1401-1408, 2009.