

PAREDES VERDES: INTERFERÊNCIA NO GANHO TÉRMICO POR SUPERFÍCIES VERTICAIS NO PERÍODO DE INVERNO

JORGE, Gabriela Bandeira¹
PIACENTINI, Rafael Venturin²
JORGE FILHO, Heitor Othelo³
SOUZA, Samuel Nelson Melegari de⁴
PRIOR, Maritane⁵

RESUMO

O objetivo do estudo é avaliar a interferência do jardim vertical no ganho térmico, por superfícies verticais no período de inverno. Foi realizado um estudo exploratório e quantitativo, com uso de análise computacional dos dados – onde se utilizou os *softwares Excel e SPSS Statistics*, para realizar o teste de estatística descritiva, teste de normalidade – *Korolgomov- Smirnov* e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada foi a temperatura média, a qual foi comparada com outras três variáveis, umidade interna, transmitância e resistência térmica. Construiu-se 4 módulos, sendo 2 de alvenaria convencional e 2 de *steel frame* aplicado a parede verde, coletou-se os dados ao longo do período de inverno, de 21 de junho a 21 de setembro de 2021, em Cascavel-PR. Entre os principais resultados, observou-se que a parede verde interfere no ganho térmico da edificação, reduzindo o mesmo. Contudo os resultados estatísticos das variáveis observadas, não apresentam correlação entre si, o que reforça que o elemento de redução de ganho térmico é precisamente o jardim vertical. A pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras, uma vez que apresenta, não apenas resultados, mas um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em vários cenários o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

PALAVRAS-CHAVE: Arquitetura. Conforto térmico. Eficiência energética. Jardim vertical.

GREEN WALLS: INTERFERENCE IN THERMAL GAIN BY VERTICAL SURFACES IN THE WINTER PERIOD

ABSTRACT

The aim of the study is to evaluate the interference of the vertical garden on thermal gain by vertical surfaces in the winter period. An exploratory and quantitative study was carried out, using computer analysis of data - using Excel and SPSS Statistics software to perform the descriptive statistics test, normality test - Korolgomov-Smirnov and the mean test using the T test paired, where the independent variable fixed was the mean temperature, which was compared with three other variables, internal humidity, transmittance and thermal resistance. Four modules were built, 2 of conventional masonry and 2 of steel frame applied to a green wall. Data were collected over the winter period, from June 21 to September 21, 2021, in Cascavel-PR. Among the main results, it was observed that the green wall interferes with the thermal gain of the building, reducing it. However, the statistical results of the variables observed do not correlate with each other, which reinforces that the element for reducing thermal gain is precisely the vertical garden. The research contributes as a reference material for future research, as it presents not only results, but a method that can be replicated under different conditions, to observe in various scenarios the behavior of the vertical garden in relation to the thermal gain of buildings.

KEYWORDS: Architecture. Thermal comfort. Energy efficiency. Vertical garden.

¹ Discente de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: gabi_bandeira@hotmail.com

² Bacharel em Administração pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná; Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pelo Centro Universitário FAG; Especialista em Projeto de Arquitetura: Gestão e Sustentabilidade pela Universidade Paranaense. E-mail: rafael.venturin@gmail.com

³ Discente de Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: heitorjorge@hotmail.com

⁴ Docente do Mestrado e Doutorado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: samuel.souza@unioeste.br

⁵ Docente orientadora do Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. E-mail: maritane.prior@unioeste.br

1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética se tornou requisito de competitividade econômica, social e ambiental – as três esferas da sustentabilidade. Diversas pesquisas apresentam resultados relevantes quanto a esse aspecto. Contudo, no Brasil, ainda são necessários mais estudos nessa área, uma vez que grande parte da energia se perde na cadeia produtiva desta (ERBER *et al*, 2019).

Uma área de estudo que podem contribuir com as questões de eficiência energética, se refere as edificações. A termodinâmica nas edificações é bastante complexa, uma vez que depende de múltiplas variáveis desde geográficas – como orientação solar, clima e microclima, latitude do sítio onde o edifício está localizado – até questões físico-químicas, como espessura de paredes, quantidade de camadas, composição química dos materiais, etc. (RORIZ, 2013). Diante disso algumas pesquisas realizadas demonstram que a utilização de vegetação nas superfícies de uma edificação, podem interferir no conforto térmico e conseqüentemente no desempenho energético desta, minimizando o ganho de calor (MORELLI, 2016).

O estudo se justifica devido ao fato de que na latitude realizada (24° sul), sendo na cidade de Cascavel-PR, as estações do ano são bem definidas, de modo que no período de inverno, é importante manter o calor dentro da edificação. Uma estratégia positiva para isso é reduzir a transmitância térmica por meio de paredes mais espessas e aumentar a resistência térmica por meio da mesma estratégia. Portanto, optou-se por realizar o estudo comparativo entre 4 diferentes módulos, sendo duas técnicas construtivas (alvenaria de bloco cerâmico convencional e *steel frame*) juntamente a aplicação de jardim vertical.

Nesse contexto apresenta-se o problema que a pesquisa pretende responder: Existe interferência, por parte do jardim vertical, no processo de troca térmica de uma superfície vertical? O objetivo do estudo é avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno. Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo exploratório, apoiado na metodologia quantitativa, com uso de análise computacional dos dados – onde se utilizou os *softwares Excel e SPSS Statistics*, para realizar o teste de estatística descritiva, com foco nas médias (de temperatura e umidade interna) e variância, teste de normalidade – onde adotou-se o teste *Korolgomov- Smirnov* (K-S) e o teste de médias por meio do teste T pareado, onde a variável independente fixada, foi a temperatura média interna a qual foi comparada com outras três variáveis: umidade interna, transmitância e resistência térmica.

Para realizar este estudo, construíram-se quatro módulos, como já descrito onde se observou durante o período de inverno (21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021) as temperaturas e umidade relativas internas diárias do período estudado. Os dados referentes a transmitância e

resistência foram calculados por meio das equações convencionais de conforto térmico para este processo, contudo ressalta-se que os dados do *steel frame* – referente a condutibilidade dos materiais – foram fornecidos pelo fabricante, uma vez que varia de uma marca para outra.

Os resultados obtidos, de modo geral e no contexto da pesquisa, demonstram que existe interferência no desempenho térmico de uma edificação com jardim vertical. Os resultados obtidos pelas análises estatísticas de médias e teste T reafirmam isso. Contudo os testes de correlação demonstram que não há correlação forte entre nenhuma das variáveis – resistência térmica, transmitância térmica, temperatura e umidade interna – em nenhum dos módulos observados, o que indica que se essas variáveis não têm relação entre si, apesar do desempenho superior dos módulos com cobertura vegetal, este elemento apresenta, então, desempenho positivo no controle térmico das edificações. Ressalta-se que a pesquisa possui limitações geográficas, pois analisa um fenômeno que ocorre em um determinado local com suas próprias condicionantes. Outra limitação é a de tempo, pois avalia apenas a interferência do jardim vertical em superfícies no período de inverno. As contribuições deste estudo estão na compreensão de que a utilização de vegetação em superfícies verticais pode contribuir com o desempenho térmico e energético de uma edificação, demonstrando que não há correlação entre certas variáveis observadas, confirmando que a existência de superfícies verdes possui resultado positivo em alguns parâmetros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A energia está estreitamente relacionada ao trabalho do homem, desta forma, a importância de que ocorram discussões inter-relacionadas entre os assuntos, é indiscutível. A matriz energética mundial é composta, sobretudo, por fontes não renováveis. Cerca de 31,5% são de petróleo e derivados; 26,9% carvão mineral; 9,3% biomassa; 4,9% nuclear; 2,5% hidráulica e 2,0% outros. Já as fontes renováveis (solar, eólica, geotérmica) representam somente 2% da matriz energética do mundo (BEN, 2020).

O uso de novas tecnologias leva a consideráveis ganhos de eficiência no uso das energias utilizadas. No Brasil, uma proporção significativa da biomassa usada para fins energéticos, ainda é processada em usinas muito menos eficientes do que aquelas que podem ser alcançadas com tecnologias disponíveis. Há espaço suficiente para aumentar a eficiência no uso dos diferentes tipos de suprimentos de energia, priorizando o desafio de usar adequadamente o portfólio de fontes disponíveis. Tais objetivos podem e devem ser complementares e sinérgicos para melhor atender às necessidades de energia do país em termos econômicos, sociais e ecológicos (ERBER *et al.*, 2019).

A eficiência energética é um requisito básico para a competitividade econômica e para o

cumprimento das obrigações ecológicas e sociais. Em vários países, os resultados recentes têm sido relevantes, graças à mobilização de diversos agentes. No entanto, eles poderiam ser mais significativos, inclusive no Brasil, onde cerca de 2/3 da energia primária necessária é dissipada ao longo das diversas cadeias energéticas, desde as fontes primárias até a extração de energia útil (ERBER *et al*, 2019).

O conforto térmico é o mais afetado pelo clima. As alterações físicas no ser humano, respondem às mudanças no tempo atmosférico e às condições que levam ao fato de que algumas doenças são causadas pelo clima. Esses elementos climáticos são: radiação, temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica (RODRIGUES *et al*, 2010).

A produção térmica é muito complexa, abrange todo o edifício e está totalmente relacionada com as suas condições de implementação, como a posição do sol da manhã ou da tarde, em que se encontra. O desempenho térmico das paredes de vedação, e demais propriedades, que estão diretamente relacionadas às condições de conforto e de moradia no edifício, devem ser avaliadas levando em consideração os demais componentes de vedação verticais e horizontais (RORIZ, 2013).

Para que se possa obter resultados favoráveis nos projetos de arquitetura, quanto ao conforto térmico dos ambientes, algumas estratégias podem ser utilizadas, como por exemplo, a utilização de jardins verticais, telhado verde, vegetações no envoltório das edificações para minimizar o ganho de calor, proporcionando melhores condições no conforto térmico das mesmas (MORELLI, 2016).

No que diz respeito à eficiência energética e ganhos de calor, segundo Frota e Schiffer (2009), também deve ser enfatizada a inércia térmica, que influencia diretamente no comportamento da construção no verão e no inverno, pois afeta a capacidade de absorção da construção no verão. A temperatura sobe pela transferência de calor e, no inverno, a inércia define a capacidade de aproveitar a luz do sol. Ou seja, a inércia é uma capacidade pronunciada de variações internas de calor que reduz a transmissão e a transferência do mesmo, episódio que ocorre devido à sua capacidade de concentrar calor em materiais e elementos estruturais e à aceleração de transferência, que define sua inércia.

As mudanças no clima advindas da urbanização, que acabou por substituir a cobertura vegetal natural por edifícios e ruas pavimentadas, através do calor gerado por máquinas e pessoas e combinado com o fluxo de energia, causam um balanço térmico especial nos centros urbanos, que é visível em muitas cidades, chamada de domo urbano, e também conhecida como ilha de calor. Esse fenômeno cria uma circulação de ar peculiar que faz com que a cidade pareça uma ilha quente, cercada por ambientes mais frios. Os efeitos negativos da ilha de calor urbana resultam em baixa qualidade do ar e aumento da temperatura no ambiente urbano (ROMERO *et al*, 2019).

A técnica construtiva, arquitetura bioclimática, visa incorporar conceitos sustentáveis e energeticamente eficientes ao projeto, através da adaptação dos edifícios às condições climáticas do meio em que se encontra e do emprego de elementos construtivos que reduzam o consumo de energia durante a utilização do espaço (CONSOLI *et al*, 2017).

Os estudos sobre conforto térmico visam analisar e criar condições necessárias para a avaliação e dimensionamento de um ambiente térmico adequado às atividades humanas, bem como métodos e princípios para uma análise térmica detalhada de um ambiente (LAMBERTS *et al*, 2016).

O paisagismo é a ponte de equilíbrio para as pessoas, criando uma conexão entre o ambiente urbano e a natureza. Segundo Goulart (2018), o equilíbrio ecológico do meio urbano depende cada vez mais do projeto paisagístico, uma vez que o mesmo pode ser fortalecido por meio do desenvolvimento e manutenção de espaços verdes.

Através da arquitetura é possível influenciar direta ou indiretamente o tratamento dos indivíduos, pois ambientes, paisagismo e cores, definidas corretamente, tem efeitos positivos na vida das pessoas e uma melhoria significativa na saúde mental do indivíduo e, portanto, na vida profissional e relações interpessoais. As pessoas tendem a se sentir confortáveis em determinados ambientes, principalmente aqueles que lembram a sensação de estar em casa, o que torna o tratamento psicológico mais eficaz e agradável (STOUHI, 2019).

A vegetação nas suas múltiplas formas e tipologias isoladas, como cobertura vegetal ou em mistura em zona verde, intervém precisamente no controle da qualidade ambiental, seja ao nível do conforto acústico, térmico ou luminoso. O ambiente urbano refere-se a uma parte da cidade de acordo com seu microclima, afetando a paisagem, mudando sua aparência e a noção de conforto inserida em seus projetos, para estimular os profissionais a identificarem o desejo das pessoas por práticas sustentáveis (BESTETTI, 2014).

As fachadas verdes são caracterizadas por possuírem espécies vegetativas anexas as mesmas, por meio de raízes, diretamente fixas na alvenaria, ou através de estrutura específica, nomeada de parede verde, que compõe pelos módulos especiais para o desenvolvimento das plantas, através de painéis de tecido, vasos ou blocos com abertura para comportar o substrato, abstendo o contato entre raiz e solo na base estrutural (FEDRIZZI *et al*, 2014).

A implantação de jardins verticais ajuda a mitigar os efeitos causados pelo efeito ilha de calor - a vegetação intercepta e absorve a radiação solar, reduz a temperatura da superfície vertical e do ar circundante, proporcionando resfriamento por meio do processo de evapotranspiração (PERINI *et al*, 2012).

As fachadas dos edifícios estão expostas a variações extremas de temperatura, sol e vento, dependendo da altura, orientação, localização do próprio edifício e da época do ano. Usando

estruturas como jardins verticais, é possível moderar a temperatura. No verão, a radiação solar é absorvida pela vegetação, o que diminui o fluxo de calor pela fachada do prédio. Por outro lado, atuam como mantenedores da temperatura interna do edifício no inverno. Cada mudança na temperatura dentro do edifício altera o próprio consumo de energia em até 8%. O objetivo desta cobertura é reduzir ou retardar a transferência de calor entre o interior e o exterior do edifício (OTTELÉ, 2011).

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em paredes externas e/ou internas dos edifícios, que são cobertas por vegetação através de técnicas especializadas. São também chamados de parede verde, sistemas verticais de vegetação, sistema de esverdeamento direto e indireto ou ainda *biowalls*, quando utilizado no interior dos espaços, com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO *et al*, 2015).

Segundo estudos de OLIVEIRA *et al*, 2019, testando o isolamento térmico, com o auxílio de uma estrutura de suporte de garrafas PET, com vegetação, uma caixa geradora de calor e um termômetro infravermelho digital, foi possível detectar uma flutuação da temperatura externa de 9,5 ° C, ao passo que oscilou 4,1 ° C dentro da estrutura, mostrando que o jardim vertical pode atuar como isolante de calor e a viabilidade do jardim vertical pode também contribuir para redução do escoamento superficial.

Estudos desenvolvidos por Seixas (2019), em Londrina, Paraná, examinando a influência do uso da parede verde, constataram que o uso associado à alvenaria convencional apresentou redução da temperatura interna de até 6,72°C, em comparação com a área sem parede verde, no final do verão. E, em comparação com a temperatura externa, a redução de 13,15°C foi ainda maior. Aconteceu também, que ambos os modelos com e sem a parede verde tiveram temperaturas abaixo da temperatura externa na maior parte do período monitorado, levando à conclusão de que esse fato se deve ao amortecimento térmico proporcionado pelo bloco cerâmico.

Os resultados do estudo com a parede verde de Matheus *et al*, (2016), em edificações do sudeste brasileiro, mostram um relaxamento da temperatura interna dos ambientes, devido à presença da trepadeira na fachada. As temperaturas da superfície da parede com a vegetação, apresentaram defasagem térmica média de até 2°C nos horários mais quentes do dia. A presença de vegetação no envoltório do edifício, criado pelo uso de coberturas vegetais, tem a capacidade de mitigar, em várias escalas, os extremos de temperatura observados em regiões com climas tropicais e subtropicais, e de deslocar os picos da temperatura da superfície interna para horários mais amenos.

De acordo com os resultados de MUÑOZ (2019), em um estudo que objetivou reduzir a atenuação da radiação solar de fachadas verdes indiretas com três diferentes espécies, no Campus da Universidade Estadual Paulista de Bauru- SP, resultando que quanto maior for o potencial de

sombreamento da espécie, maior será sua capacidade de atenuar a radiação solar. No que diz respeito à influência no microclima de uma área de transição, os melhores desempenhos foram registrados para as variáveis temperatura do ar e temperatura média de radiação, que foram reduzidas em 4 e 2,8 ° C e 19 e 11,2 ° C no clima frio e quente.

O projeto desenvolvido por Cruciol (2019), objetivou determinar efeitos de um jardim vertical com "paredes vivas contínuas", na redução das temperaturas superficiais e do microclima do seu entorno, em diferentes condições meteorológicas, através de desenvolvimento de um jardim experimental, com a delimitação de uma parcela de controle. Os resultados mostraram influência significativa do jardim nas temperaturas da superfície e o mecanismo de sombreamento foi responsável por uma redução da temperatura da superfície externa de 9,4 ° C e 10,6 ° C e de 2,8 ° C e 2,9 ° C da interna. O jardim também obteve redução térmica, para as temperaturas da superfície da porção protegida em comparação com a porção de controle, de até 8,4 ° C e 8,6 ° C para as temperaturas externas da superfície, e 2,7 ° C para temperatura interna, nas mesmas condições climáticas. Ademais, o entorno imediato sofreu influência do jardim, mantendo o ponto a 0,50 m de distância com maiores valores de umidade absoluta e mantendo as temperaturas do ar e da radiação média mais baixas em relação à parede, durante o tempo sem luz solar direta.

3. METODOLOGIA

A pesquisa possui caráter de modo experimental com a utilização do jardim vertical, destacando suas variáveis e maneira de monitoramento, juntamente com comparativo entre módulos com ausência e presença de cobertura vegetal vertical, e ainda a diferença entre os materiais de execução – *Steel frame* e bloco cerâmico convencional. Foi ordenada pelo Método Tipológico, uma vez que se pretendeu obter um modelo tido como ideal. Este tipo ideal, segundo Marconi e Lakatos (2005), se caracteriza por não existir no mundo real servindo de modelo para análise de casos reais. Por meio da classificação e comparação com a realidade, determina-se as características principais do modelo, estabelecendo a caracterização ideal a ser aplicada. Dentro deste contexto, a presente proposta também apresentou o perfil descritivo, uma vez que visou traçar um perfil real da parcela pesquisada, trazendo à tona discussões sobre o processo de produção e suas consequências.

O trabalho teve ainda como uma de suas características, a pesquisa qualitativa, pois incidiu sobre a elaboração de modelo avaliando a qualidade de vida e condições para o pleno desempenho dos atores envolvidos, proporcionando conforto e eficácia. Intencionou coletar dados, que foram tabulados em planilhas no programa *Excel* as quais formaram a base de dados analisada pelo *software SPSS*, suscitando diretrizes norteadoras dos resultados e discussões, juntamente com a pesquisa

comparativa, com intuito de obter resultados comparativos entre os objetos de estudo. Tal feito, respondeu se a utilização de cobertura verde, favoreceu ou não na amenização da temperatura interna dos ambientes, e ainda, se há diferença entre a utilização de materiais de construção da obra, para contribuir com o baixo gasto energético.

Fora a revisão bibliográfica nacional e internacional, utilizou-se como instrumento de pesquisa a comparação por meio de modelos reduzidos de edificações com dois sistemas construtivos diferentes, ambas com e sem a utilização da cobertura vegetal vertical, analisando-as quanto ao conforto térmico e eficiência energética, sendo considerado pelo período de inverno compreendido entre 21 de junho de 2021 a 21 de setembro de 2021, em Cascavel-PR.

A meta principal foi desenvolver o levantamento de dados de temperatura e umidade do ar, no interior dos quatro protótipos, coletados diariamente nos horários 06:00, 08:00, 10:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00, 20:00, 22:00 e 00:00; para que pudesse posteriormente tabular dos dados e desenvolver a análise quantitativa, com auxílio dos cálculos para aferição da sua consistência estatística. Outras variáveis observadas foram a umidade relativa do ar interna, índices de resistência e transmitância térmica das superfícies.

De posse dos resultados da pesquisa, os dados foram organizados para análise e verificação da sua coerência, cada um com seus elementos de representatividade dentro do projeto de arquitetura, que foram entendidos como diferenciais de qualidade. Os dados coletados foram tabulados em base em *Excel*. Os testes estatísticos foram realizados com auxílio do *software SPSS Statistics*. Os tratamentos usados foram a análise de absorção de calor em 4 diferentes protótipos, os quais se caracterizam como objetos a serem testados, conforme descrito na tabela 01.

Tabela 01 – Descrição dos módulos usados no experimento

| Tratamentos | DESCRIÇÃO |
|-------------|--|
| 0 | |
| 01 | Parede em <i>steel frame</i> sem cobertura vegetal |
| 02 | Parede em <i>steel frame</i> com cobertura vegetal |
| 03 | Parede em bloco cerâmico sem cobertura vegetal |
| 04 | Parede em bloco cerâmico com cobertura vegetal |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Estes módulos foram construídos para realizar o teste de hipótese, o qual foi chamado de H1 na qual a cobertura vegetal possui influência no ganho térmico da superfície da parede. Desta forma se testou H1 para todos os 4 módulos. Os testes realizados pelo *Excel* se limitaram aos testes

de estatística descritiva, onde adotou-se a média como medida de análise.

Quanto aos testes de correlação, avaliou-se a existência de correlação entre a variável dependente de cada módulo – onde se assumiu o coeficiente de absorção de cada superfície como valor – com as diferentes variáveis que influenciam no ganho térmico, sendo elas; Temperatura, umidade relativa do ar, datas e horários e latitude. Ressalta-se que a dimensão central de pesquisa é a absorção superficial, onde cada módulo pode ser compreendido como um construto de pesquisa que se ligam as variáveis já citadas. Objetivou-se encontrar valores entre -1 e 1 com o teste de correlação, sendo mais próximo de 1 uma forte correlação positiva indicando influência, e de -1 negativa, indicado também influência da variável dependente analisada.

Os resultados obtidos pelos testes foram apresentados tanto em texto –referente a estatística descritiva – gráficos e tabelas, bem como os valores obtidos e analisados, tomando como base resultados de experimentos anteriores e similares.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados, foram determinadas médias diárias de temperatura interna, sendo a mesma comparada com a externa, e umidade interna do ar. As médias diárias permitiram o cálculo das médias mensais com as quais se obteve as médias para a estação de inverno. Utilizou-se a média simples para realizar o cálculo ($M = \text{soma das temperaturas diárias} / \text{número de dias}$). Os resultados foram apresentados em um gráfico, na estação de inverno, com as medidas de cada mês que a compõe. Optou-se por este procedimento, uma vez que os conjuntos de dados são grandes, em função do número de obtenção das informações diárias. Os dados de temperatura e umidade externa ao ambiente foram obtidos através da central meteorológica da Fazenda Escola do Centro Universitário FAG. Diante a isso, optou-se pela adoção das médias, como média padrão, para realização dos testes de correlação.

Para confirmar a existência de correlação entre o elemento cobertura vertical vegetal, com o fenômeno temperatura interna, realizou-se o teste de correlação no *Excel* onde o resultado obtido foi de 0,99. Considerando que os valores de correlação variam entre -1 e 1, o resultado obtido demonstra que existe forte correlação entre as variáveis temperatura, destes módulos. Tal resultado permite a identificação de que a existência da cobertura vertical vegetal, contribui sim para a redução da temperatura interna. Na tabela 02 são apresentados o cálculo da média mensal.

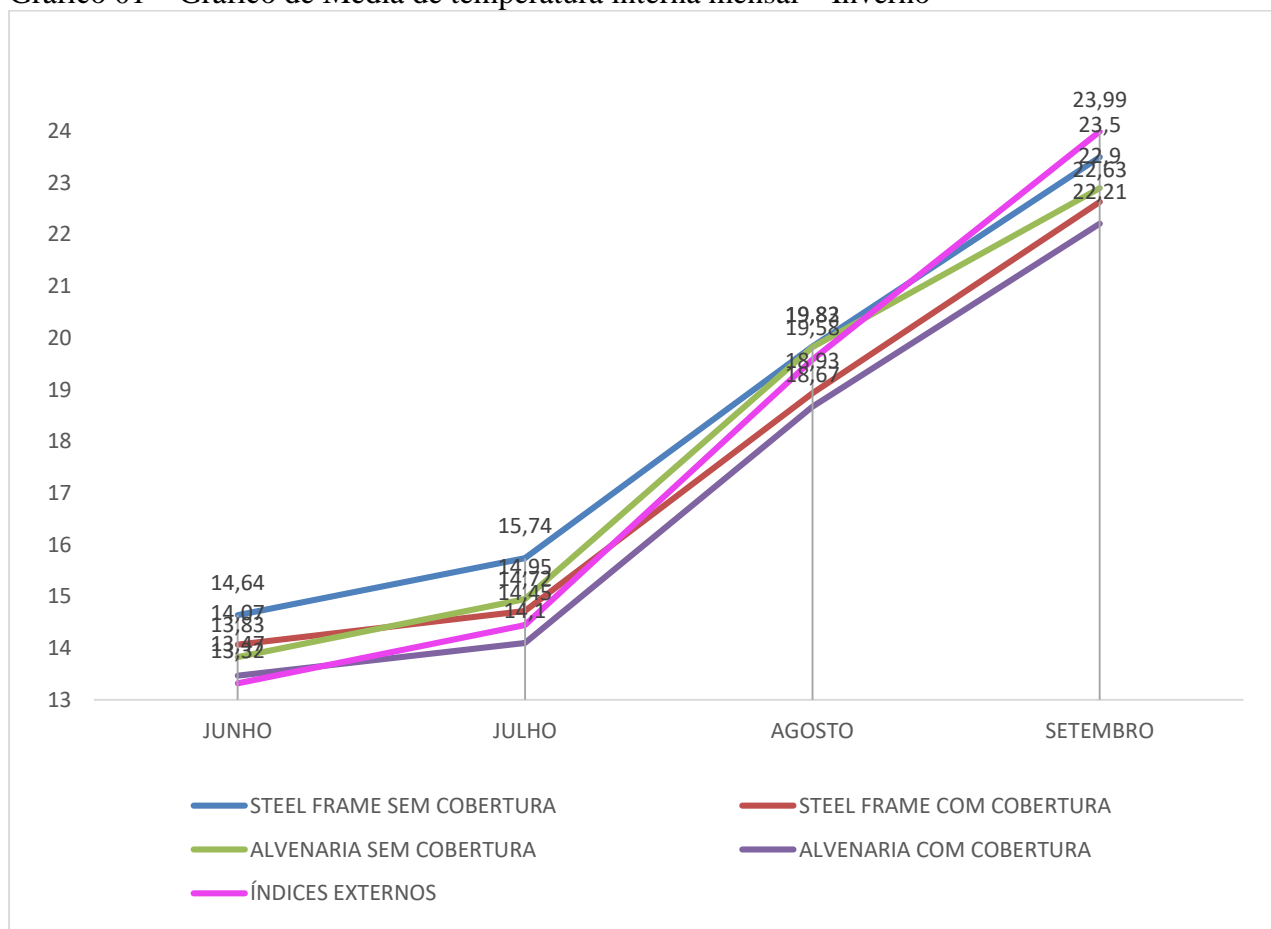
Tabela 02 – Média de temperatura interna mensal (° C) avaliadas no período de junho a setembro de 2021, relativas à estação de inverno

| Meses | Stell frame sem cobertura | Stell frame com cobertura | Bloco cerâmico sem cobertura | Bloco cerâmico Com cobertura | Índices externos |
|----------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------|
| Junho | 14,64 | 14,07 | 13,83 | 13,47 | 13,32 |
| Julho | 15,74 | 14,72 | 14,95 | 14,1 | 14,45 |
| Agosto | 19,83 | 18,93 | 19,82 | 18,67 | 19,58 |
| Setembro | 23,5 | 22,63 | 22,9 | 22,21 | 23,99 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Observa-se no gráfico 01, que a temperatura média possui tendência de aumento conforme a passagem do inverno e a aproximação com a próxima estação. Contudo é necessário observar, como essas médias se comportam entre si nos períodos analisados.

Gráfico 01 – Gráfico de Média de temperatura interna mensal – Inverno



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Nota-se que no primeiro período analisado, referente ao mês de junho, todos os quatro módulos apresentaram temperatura interna superior a externa, contudo, ao se observar os demais períodos da estação, nota-se que no segundo, julho, o módulo de alvenaria com cobertura vegetal vertical, apresentou desempenho térmico interno inferior ao externo, e o mesmo ocorreu com o módulo de *steel frame* com cobertura vegetal vertical, no terceiro período. E, já ao fim do período de inverno, em setembro, todos os módulos apresentaram temperatura interna média, inferior a temperatura externa. Contudo, ao se avaliar apenas o desempenho térmico interno, tabela 03, percebe-se que ambos os módulos sem cobertura vegetal vertical, apresentam melhores médias, quando comparadas aos demais e a temperatura externa média do período.

Tabela 03: Média de temperaturas internas de cada protótipo

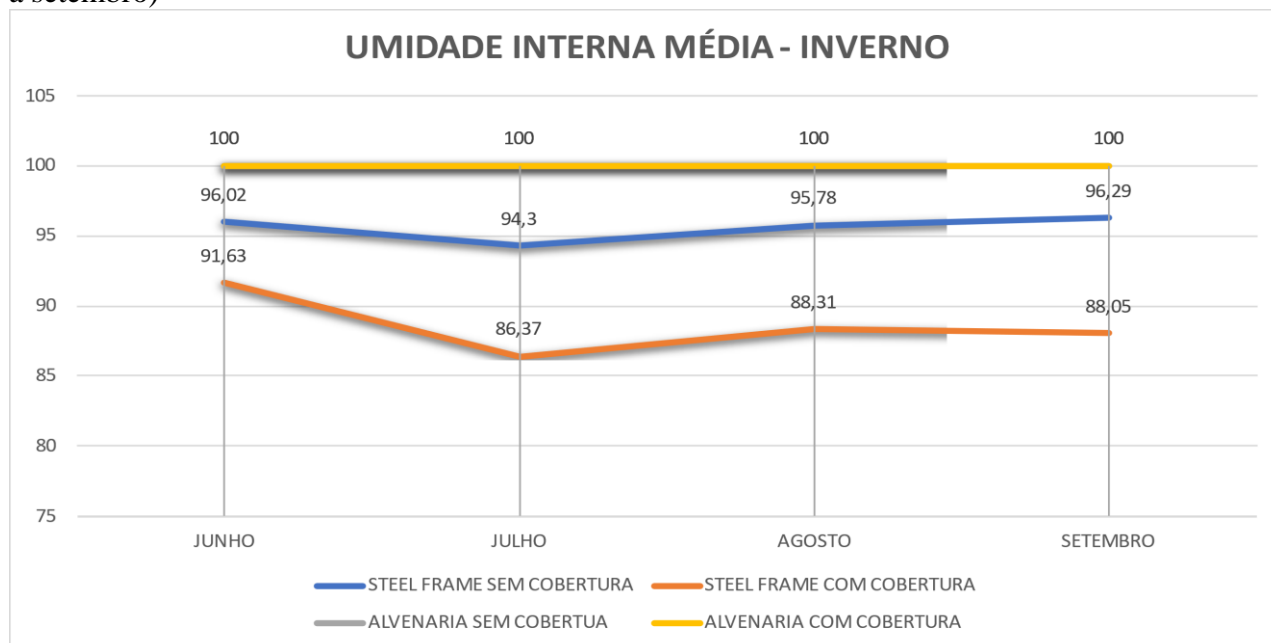
| PROTÓTIPO | MÉDIA GERAL TEMPERATURA INTERNA |
|----------------------------------|--|
| <i>Steel frame</i> sem cobertura | 18,43 |
| <i>Steel frame</i> com cobertura | 17,59 |
| Alvenaria sem cobertura | 17,69 |
| Alvenaria com cobertura | 17,19 |
| Índices externos | 17,84 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

No gráfico 02, são observados o comportamento da umidade relativa do ar no período compreendido de inverno. Observou-se que a média da umidade interna para ambos os módulos de alvenaria foi a mesma – de 100% - em todos os períodos avaliados na estação.

Percebe-se, pela sobreposição das linhas referentes aos módulos de alvenaria, que no inverno, a cobertura vegetal vertical não interferiu na umidade relativa interna. Contudo nos módulos em *steel frame* observa-se que há variação na umidade relativa do ar, onde o módulo com a presença de cobertura vegetal vertical, apresentou menores índices de umidade interna.

Gráfico 02 – Comportamento médio da umidade do ar interna no período de inverno de 2021 (junho a setembro)



Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Ressalta-se que o volume médio de chuvas na estação foi baixo, 2,33mm (CEDETEC, 2021). Tal fenômeno pode estar relacionado com os materiais usados, visto que se nota diferença entre os módulos em alvenaria e os módulos em *steel frame* na ordem de 4,4%, no módulo sem cobertura vegetal, e de 11,16%, no módulo com cobertura vegetal. Ao se observar a tabela 04, que apresenta as médias gerais do inverno, o resultado torna-se mais evidente.

Tabela 04 – Valores médios de umidade do ar geral, no período de inverno (junho a setembro de 2021)

| PROTÓTIPO | MÉDIA DO PERÍODO - INVERNO |
|----------------------------------|----------------------------|
| <i>Steel frame</i> sem cobertura | 95,6 |
| <i>Steel frame</i> com cobertura | 88,59 |
| Alvenaria sem cobertura | 100 |
| Alvenaria com cobertura | 100 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Uma importante variável para continuar os testes estatísticos é a transmitância térmica. Para obter este dado, utilizou-se o cálculo de transmitância térmica que considera o coeficiente de transmitância dos materiais de cada camada, bem como da sua área. Primeiramente foi encontrada a condutividade, uma constante, dos materiais de cada parede e então aplicado a fórmula $R = \frac{L}{\lambda}$ onde: Resistência térmica (R)= Espessura da camada (L)/ condutibilidade (λ). Desse modo, para o módulo

de alvenaria sem cobertura foi calculado então a resistência para reboco, tijolo e argamassa, conforme tabela 05, abaixo:

Tabela 05 – Cálculo da resistência térmica das camadas de alvenaria

| ETAPA DE CÁLCULO | CÁLCULO |
|------------------|--|
| Reboco | $R = 0,015/1,15 = 0,013\text{m}^2\text{K/W}$ |
| Argamassa | $R = 0,011/1,15 = 0,10\text{m}^2\text{K/W}$ |
| Tijolo | $R = 0,11/0,70 = 0,16\text{m}^2\text{K/W}$ |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Após o cálculo da resistência, é necessário encontrar a área referente aos materiais, de acordo com o sentido de fluxo de calor, no caso de paredes, é horizontal. Nesta situação, existe fluxo tanto pelos tijolos quanto pela argamassa, o que evidencia a necessidade de se conhecer a área destes, conforme observado na tabela 06. O cálculo segue a forma padrão de área para retângulos (área= lado x lado), onde se considerou a medida do tijolo de 6 furos (19cm x 6cm) e argamassa em 2 sentidos – horizontal e vertical – onde cada sentido compõe um retângulo.

Tabela 06 – Cálculo da resistência térmica e áreas das camadas de alvenaria

| ETAPA DE CÁLCULO | CÁLCULO |
|-------------------|--|
| Reboco | $R = 0,015/1,15 = 0,013\text{m}^2\text{K/W}$ |
| Argamassa | $R = 0,011/1,15 = 0,10\text{m}^2\text{K/W}$ |
| Tijolo | $R = 0,11/0,70 = 0,16\text{m}^2\text{K/W}$ |
| Área do tijolo | $A = 0,19 * 0,06 = 0,011\text{m}^2$ |
| Área da argamassa | $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026\text{m}^2$ |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Como esse módulo é composto por uma camada heterogênea, ou seja, por mais de um material, é necessário então calcular a resistência para esse tipo de fechamento. A fórmula para isso é expressa como: $R = Aa + Ab + \dots An / ((Aa/Ra) + (Ab/Rb) + \dots (An/Rn))$ - onde: R: resistência; Aa: área da camada a; Ab: área da camada b; An: área das n camadas; Ra: Resistência da camada a; Rb: resistência da camada b; Rn: resistência da camada n; ou seja, a soma das áreas de cada camada de cada material, dividida pela soma dos coeficientes entre a área de cada material e a resistência deste.

Com esses dados então, se calculou a resistência total da parede, que é composta por uma camada de reboco externa e uma camada heterogênea (argamassa e tijolo cerâmico), além destes dois fatores também se somou as resistências interna e externa da parede, que são coeficientes constantes de valores 0,04 e 0,13 respectivamente. Para o cálculo da transmitância térmica (transmitância = 1/resistência total ou $U = 1/R$) os cálculos podem ser observados na tabela 07.

Tabela 07: Apresentação do resultado de resistência e transmitância térmica da alvenaria

| ETAPA DE CÁLCULO | CÁLCULO |
|-------------------------------|--|
| Reboco | $R = 0,015/1,15 = 0,013 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Argamassa | $R = 0,011/1,15 = 0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Tijolo | $R = 0,11/0,70 = 0,16 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Área do tijolo | $A = 0,19 * 0,06 = 0,011 \text{ m}^2$ |
| Área da argamassa | $A = (0,01 * 0,20) + (0,01 * 0,06) = 0,0026 \text{ m}^2$ |
| Resistência total das camadas | $R = 0,011 + 0,0026 / ((0,011/0,16) + (0,0026/0,10)) = 0,14 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Resistência total da parede | $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 = 0,44 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Transmitância | $U = 1/0,44 = 2,27 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Para calcular resistência e transmitância do módulo em alvenaria com a cobertura vegetal, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67.

Sendo assim, a camada de vegetação indica $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Sendo este valor adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,04 + 0,3 = 0,74 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi feito, $U = 1/0,74 = 1,23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

O mesmo processo foi aplicado para determinar os valores de transmitância e resistência dos módulos em *steel frame*. Estes módulos são compostos por 5 camadas sendo elas: OSB – placa cimentícia – ar+estrutura em alumínio – placa cimentícia – OSB. Os dados para efeito de cálculo foram fornecidos pelo fabricante. Os resultados podem ser observados na tabela 08.

Para calcular resistência e transmitância do módulo em *steel frame* com a cobertura vegetal, conforme já citado, assumiu-se o valor de condutividade encontrado por Carvalho, Souza e Makino (2013), sendo este 0,67.

Sendo assim, a camada de vegetação indicou $R = 0,20/0,67 = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$. Esse valor foi adicionado ao cálculo da resistência total $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 + 0,3 = 0,67 \text{ m}^2\text{K/W}$. E por fim o cálculo da transmitância para o módulo com cobertura também foi feito, $U = 1/0,67 = 1,49 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tabela 08 – Resultados da resistência térmica e áreas das camadas do *steel frame*

| ETAPA DE CÁLCULO | CÁLCULO |
|-------------------------------|---|
| OSB | $R = 0,011/0,12 = 0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Placa cimentícia | $R = 0,010/0,95 = 0,01 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Ar | $R = 0,12/0,16 = 0,75 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Estrutura em alumínio | $R = 0,12/205 = 0,00006 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Área de ar | $A = 0,5 * 1 = 0,5 \text{ m}^2$ |
| Área da estrutura metálica | $A = (0,12 * 0,5) + (0,12 * 1) = 0,18 \text{ m}^2$ |
| Resistência total das camadas | $R = 0,5 + 0,18 / ((0,05/0,75) + (0,18/0,00006)) = 0,000023 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Resistência total da parede | $R = 0,13 + 0,09 + 0,09 + 0,01 + 0,01 + 0,000023 + 0,04 = 0,37 \text{ m}^2\text{K/W}$ |
| Transmitância | $U = 1/0,37 = 2,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

É interessante observar que os módulos com cobertura verde apresentam menor transmitância térmica e maior resistência, que seus respectivos pares sem a cobertura. Isso pode ser um indicativo de que a aplicação de cobertura verde em superfícies de paredes, interfere no ganho térmico de uma edificação. Com estas informações, seguiu-se então para realização dos testes estatísticos por meio do *software SPSS statistics*. Primeiramente, foi realizado o teste de normalidade para as variáveis temperatura média e umidade média. Não se realizou estes testes para transmitância e resistência térmica, pois estes valores são constantes. Os testes foram realizados para cada um dos 4 módulos em separado. Os valores do teste *Korogomo-Smirnov* (K-S), um teste de normalidade disponível no *software* e que foi adotado como parâmetro de análise dos dados, para o módulo de *steel frame* sem cobertura vegetal.

Como para ambos os valores obtidos no teste K-S, são inferiores a 1,96 o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de *Asymp Sig.*, que para confirmar a normalidade, devem apresentar valor superior a 0,05 e se obteve como resultados 0,173 e 0,559 respectivamente, o que evidencia a normalidade. Nesse caso o teste mais indicado para análise de médias é o teste T pareado, que também foi gerado por meio do *software*, os resultados obtidos podem ser observados na tabela 09.

Tabela 09 – Resultados do teste T pareado para *steel frame* sem cobertura vegetal

| VARIÁVEL DEPENDENTE | VARIÁVEL INDEPENDENTE | CORRELAÇÃO | SIGNIFICÂNCIA |
|---------------------------|-----------------------|------------|---------------|
| Temperatura interna média | Umidade interna média | 0,307 | 0,003 |
| | Transmitância | 0,00 | 0,00 |
| | Resistência | 0,00 | 0,00 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Observa-se que nenhuma das variáveis analisadas apresenta valores de significância nem correlação, que determinem relação entre as variáveis no módulo de alvenaria sem cobertura vegetal. De modo que se deu sequência nos testes para o módulo de *steel frame* com cobertura vegetal. Primeiro foi realizado o teste K-S para determinar a normalidade dos dados, que pode ser observado na tabela 10.

Assim como no teste do módulo de *steel frame* sem cobertura vegetal, os valores obtidos são inferiores a 1,96, o que indica que os dados possuem distribuição normal a 95% de confiança. Isso se reafirma pelos valores de *Asymp Sig.*, que para confirmar a normalidade devem apresentar valor superior a 0,05 onde se obteve 0,784 para ambos. Desse modo realizou-se então o teste T pareado.

Tabela 10 – Resultados do teste T pareado para alvenaria sem cobertura vegetal

| VARIÁVEL DEPENDENTE | VARIÁVEL INDEPENDENTE | CORRELAÇÃO | SIGNIFICÂNCIA |
|---------------------------|-----------------------|------------|---------------|
| Temperatura interna média | Umidade interna média | 0,187 | 0,073 |
| | Transmitância | 0,00 | 0,00 |
| | Resistência | 0,00 | 0,00 |

Fonte: Elaborado pelos autores, 2021.

Os mesmos testes foram aplicados aos dados referentes aos módulos de alvenaria com e sem cobertura vegetal. Contudo como já apresentado anteriormente, o valor da umidade interna foi constante (100%) de modo que se torna desnecessário fazer um teste de normalidade. Diante a este fato, realizou-se o teste K-S apenas para a variável temperatura média, onde o resultado obtido foi de 0,67 e o *Asymp. Sig.* 0,761 o que indica a normalidade de distribuição dos dados.

Apesar da distribuição normal, quando gerado o teste T pareado, para o módulo de alvenaria sem cobertura verde, o resultado para as 3 variáveis dependentes (umidade, resistência e transmitância) foi igual a zero, tanto para o valor de sigma como para correlação, indicando que não há correlação entre as variáveis. Dessa forma, o último teste de normalidade gerado foi para o módulo de alvenaria com a cobertura vegetal, onde se obteve os resultados de 0,74 para o teste K-S e 0,648 para *Asymp. Sig.*, também indicando a normalidade de distribuição dos dados. Pelo resultado do teste K-S os dados referentes ao módulo de alvenaria com cobertura verde, também apresentam

distribuição normal, contudo mais uma vez o resultado do teste T pareado em todas as variáveis dependentes foi de zero, indicando que não há correlação.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O jardim vertical é uma intervenção paisagística em edificações. Também chamado de parede verde, são utilizados com intuito de melhorar o meio ambiente (MANSO *et al*, 2015). Com essa premissa entende-se que a aplicação de jardins verticais pode trazer conforto visual, espacial e consequentemente térmico. Estudos anteriores e citados no referencial teórico desta pesquisa, como o de Matheus *et al*, (2016), demonstram que a utilização de vegetação pode reduzir o ganho térmico de uma edificação e, com base nesses referenciais, se propôs o objetivo deste estudo, avaliar se há interferência do jardim vertical no ganho térmico por superfícies verticais (paredes) no período de inverno.

Apesar dos resultados de médias indicarem que a aplicação de vegetação nas paredes contribui para redução de ganho térmico das edificações, ressalta-se que os testes T pareados não encontraram relação entre as demais variáveis observadas, podendo então se concluir que o elemento que contribuiu para essa redução foi o jardim vertical. Apesar do estudo se tratar de ensaio prático foram encontradas algumas limitações de pesquisa. A primeira são as condicionantes geográficas, como clima, microclima e orientação solar, o que indica que o resultado obtido é um fenômeno local e que não necessariamente se repetirá em condições diferentes das existentes nesse estudo.

Outra limitação observada é referente ao período de realização do estudo, uma vez que foi realizada no período do inverno, o que indica que nas demais estações pode ocorrer comportamento diferente, mesmo dentro das mesmas condicionantes. Contudo, mesmo diante as limitações, reforçam que a pesquisa contribui como material de referência para pesquisas futuras uma vez que apresenta não apenas resultados, mas também um método que pode ser replicado em diferentes condicionantes, para se observar em outros cenários, o comportamento do jardim vertical em relação ao ganho térmico das edificações.

Diante aos resultados, método desenvolvido e utilizado, além das limitações de pesquisa, indica-se a realização de estudos futuros em diferentes condicionantes e cenários, replicando o método. Outra indicação é a realização do estudo nas 4 estações do ano observando o comportamento do jardim vertical nesses diferentes períodos isoladamente e depois comparados entre si, para indicar o potencial máximo de interferência da vegetação no potencial de ganho térmico das edificações.

Certamente estes estudos não precisam, e nem devem, se manter restritos ao método de análise estatístico adotado nesta pesquisa, podendo ser utilizados outros recursos e modelos estatísticos para

análise dos dados, porém, indica-se a replicação de execução dos 4 módulos, de modo que estes estudos futuros possam ser comparados também entre si.

REFERÊNCIAS

BEN – **Balanco Energético Nacional 2020**. Relatório síntese/ Ano Base 2019. EPE:Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ. Maio, 2020. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-521/Relato%CC%81rio%20Si%CC%81ntese%20BEN%202020-ab%202019_Final.pdf Acesso em: 06 jan. 2021.

BESTETTI MLT. **Ambiência**: espaço físico e comportamento [tese]: São Paulo: FAUUSP; 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbgg/v17n3/1809-9823-rbgg-17-03-00601.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2020.

CARVALHO, Saulo Prado de; SOUZA, José Ricardo Santos de; MAKINO, Midori. **Observações e estimativas de propriedades térmicas do solo sob floresta e pastagem no leste da Amazônia**. Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2013, v. 28, n. 3. pp. 331-340. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>>. Epub 01 Out 2013. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300009>. Acesso em: 27 out. 2021.

CEDETEC - Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias. Dados meteorológicos Fazenda Escola – FAG, 2021. Cascavel-PR.

CONSOLI, I. O; CANTU, F. R. **Arquitetura bioclimática como um instrumento para o desenvolvimento de comunidades sustentáveis**. Revista Orbis Latina, Foz do Iguaçu, v. 7, n. 2, 2017. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/orbis/article/view/826>. Acesso em: 25 nov. 2021.

CRUCIOL BARBOSA, M. **Avaliação da Influência Térmica de um Jardim Vertical de Tipologia Parede Viva Contínua**. 2019. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru-SP, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190784?show=full>. Acesso em 24 nov. 2021.

ERBER, Pietro; MARQUES, Marcos José. **Eficiência energética**: Uma busca permanente. INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética. Novembro, 2019. Disponível em: http://inee.org.br/down_loads/eficiencia/Eficiencia_Pietro_Marcos.pdf Acesso em: 05 jan. 2020.

FEDRIZZI, Beatriz Maria; JOHANN, Minéia. **Jardins verticais**: potencialidades para o ambiente urbano. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 2, n. 2. Jan./jun. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/relainep.v2i2.37883>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/37883>. Acesso em: 24 nov. 2021.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**: arquitetura, urbanismo. — 8. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2009.

GOULART, I.C.G.R. **Introdução ao Paisagismo**. Jardineiro. Disponível em: <https://www.jardineiro.net/introducao-ao-paisagismo.html>. Acesso em: 07 set. 2021.

- LAMBERTS, R; DUARTE, V. C. P. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Apostila – Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Acesso em 25 de nov. 2021. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf
- MANSO, M.; CASTRO-GOMES, J. **Green wall systems: A review of their characteristics**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Covilhã, v. 41, p. 863-871, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.203>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/266078897_Green_wall_systems_A_review_of_their_characteristics. Acesso em: 23 nov. 2021.
- MATHEUS, C., CAETANO, F. D. N., MORELLI, D. D. de O., LABAKI, L. C. **Desempenho térmico de envoltórias vegetadas em edificações no sudeste brasileiro**, Ambiente Construído, Campinas, SP, v. 16, n. 1, p. 71–81, 2016. DOI:10.1590/s1678-86212016000100061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212016000100071&script=sci_arttext. Acesso em: 21 out. 2020.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. – 6ª edição – São Paulo Atlas, 2005.
- MORELLI, D.D.O. **Desempenho de paredes verdes como estratégia bioclimática**. Campinas, SP, 2016.
- MUÑOZ, Luiza Sobhie. **Potencial amenizador térmico de jardim vertical do tipo fachada verde indireta: estudos com diferentes espécies de trepadeiras** / Luiza Sobhie Muñoz, 2019 146 f. : il. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/190836>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- OLIVERIA, Amanda Simões Souza de; COSTA, Felipe da Silva; MARTINS, Phillipe Justino; OLIVEIRA, Janaina da Costa Perreira Torres de; OLIVEIRA, Valmir Torres de. **Jardim vertical: alternativa para atenuação dos efeitos de problemas ambientais urbanos**. (III Encontro Acadêmico da Engenharia Ambiental da EEL-USP -EnAmb), 2019. Disponível em: <https://enamb.eel.usp.br/system/files/2018/trabalho/292/jardimverticalalternativaparaatenuacaodosefeitosdeproblemasambientaisurbanos.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2021.
- OTTELÉ, M. **The green building envelope: vertical greening**. Delft: TU Delft., 2011. Disponível em: <http://resolver.tudelft.nl/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe-31496195b88d> .Acesso em: 07 set. 2021.
- PERINI, K., MAGLIOCCO, A. **The Integration of Vegetation in Architecture, Vertical and Horizontal Greened Surfaces**, 2012. International Journal of Biology, 4(2). Disponível em: <https://doi.org/10.5539/ijb.v4n2P79> Acesso em: 7 set. 2021.
- RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. **Influência do sombreamento e dos sistemas de resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras**. Agropecuária Científica no Semi-Árido. v.6, n.2, p.14-22, 2010.
- ROMERO, M. A. B.; BAPTISTA, G. M. M.; LIMA, E. A.; WERNECK, D. R.; VIANNA, E. O.; SALE, G. L. **Mudanças climáticas e ilhas de calor urbanas**. Editora ETB, Brasília, 2019.

RORIZ, Prof. Dr. Maurício. **Desempenho térmico e as paredes de concreto**. Disponível em: <<http://nucleoparededeconcreto.com.br/destaque-interno/desempenho-termico-e-as-paredes-de-concreto/>>. Acesso em: 20 dez 2020.

SEIXAS, C. D. S. **Efeito do uso de parede verde na temperatura interna de modelo construído com bloco cerâmico**, 2019. 50 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2019.

STOUHI, Dima. **Como a arquitetura pode ajudar a combater a ansiedade?** [How Can Architects Combat Anxiety with Interior Spaces]. ArchDaily Brasil. Out 2019 (Trad. LIBARDONI, Vinicius) Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/926786/como-a-arquitetura-pode-ajudar-a-combater-a-ansiedade>. Acesso em: 07 set. 2021.