

15º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2024

UTILIZAÇÃO DE PLATAFORMA BIM COMO INSTRUMENTO DE COMPARAÇÃO NA EFICIÊNCIA TÉRMICA DE EDIFÍCIOS CONSTRUÍDOS

GABIELA O. CORREA¹, GUILHERME S. UEDA², NAIARA L. DE ASSIS KAIMOTI³

¹ Graduanda em Engenharia Civil, Bolsista PIBIC, IFSP, Câmpus Votuporanga, correa.g@aluno.ifsp.edu.br

² Doutor em Engenharia Urbana, Orientador, IFSP, Câmpus Votuporanga, ueda@ifsp.edu.br

³ Doutora em Tecnologia Ambiental, IFSP, Câmpus Votuporanga, naiaraluchini@gmail.com

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 6.04.03.01-2 Adequação Ambiental

RESUMO: A pesquisa teve como objetivo realizar uma análise da eficiência da cortina verde na redução de temperatura e sua influência sobre as condições de conforto térmico no edifício da biblioteca do câmpus Votuporanga do IFSP, com resultados gerados a partir de simulação com o *software* Revit®, considerando as propriedades físicas e condições climáticas no entorno da edificação. Para as simulações, foram realizadas duas modelagens de informação da biblioteca: uma com inserção da cortina verde como barreira contra a incidência solar direta na fachada oeste da edificação e outro sem. Como resultado, foi gerada uma base de dados comparativos entre os ambientes reafirmando as vantagens do uso e eficiência térmica da cortina verde com menor margem de erros considerando a complexidade de informações que a tecnologia BIM pode oferecer.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; eficiência térmica; edificações construídas; cortinas verdes; arquitetura

USE OF BIM PLATFORM AS A COMPARISON TOOL FOR ASSESSING THE THERMAL EFFICIENCY OF CONSTRUCTED BUILDINGS

ABSTRACT: The study aimed to analyze the effectiveness of a green curtain in reducing temperature and its influence on thermal comfort conditions in the library building at the IFSP Votuporanga campus. The analysis utilized simulation results from Revit® *software*, taking into consideration the physical properties and climate conditions around the building. Two simulations were conducted: one with the green curtain as a barrier against direct sunlight on the west facade of the building, and the other without it. The results provided a comparative database between the two environments, reaffirming the advantages of using a green curtain for thermal efficiency. This was achieved with a smaller margin of error, considering the complexity of information that BIM technology can offer.

KEYWORDS: BIM; thermal efficiency; constructed buildings; green facades; architecture

INTRODUÇÃO

Segundo Frota e Schiffer (2009), as edificações devem atender às necessidades humanas, sendo uma delas o conforto térmico. Para garantir isso, é fundamental utilizar as ferramentas da arquitetura, proporcionando conforto térmico dentro dos edifícios, independentemente das condições climáticas externas. Este conforto se denomina higrotermia e para alcançá-lo são consideradas duas variáveis que podem ser medidas diretamente, que são a temperatura do ar (°C) e a umidade relativa (%) (LAMBERTS, 2014). Além disso, outras características do local, como topografia, clima e regime de chuvas ajudam a definir as particularidades de cada região. Em áreas com clima muito quente, como Votuporanga-SP, onde se situa o objeto de estudo, uma solução comum é o uso da tecnologia moderna como ventiladores e aparelhos de ar-condicionado para controlar as condições interiores de um edifício, podendo gerar gastos desnecessários e desperdício de recursos. O bom desempenho térmico da construção está diretamente atrelado ao controle solar que, segundo Corbella e Corner (2011, p.61) é

estratégia fundamental “barrar, sempre que possível, a incidência direta da radiação solar nas paredes, ou pelo menos em parte de suas superfícies, seja em edificações climatizadas ou não”. A tecnologia BIM otimiza processos e promove a colaboração interdisciplinar na construção civil. Além da modelagem 3D, os *softwares* que utilizam a tecnologia oferecem soluções com objetos paramétricos que permitem atualizações automáticas e abrangem todo o ciclo de vida do empreendimento (ARAÚJO et al., 2017). Ao realizar projetos de edificações visando a sustentabilidade, é possível usufruir de métodos capazes de proporcionar conforto térmico ao usuário. Com base nesses fatos, como solução alternativa e sustentável, o projeto propõe o uso de cortina verde - que não depende do uso de energia elétrica para o resfriamento da temperatura ambiente - para que se possa atingir os parâmetros definidos pelo conforto térmico.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida na edificação da biblioteca do câmpus Votuporanga do IFSP (Figura 1). O município de Votuporanga está localizado na região noroeste do Estado de São Paulo e possui um clima tropical com chuvas concentradas no verão e seca no inverno, segundo a classificação climática de Köppen–Geiger.

De acordo com Theodosiou (2003), em ambientes úmidos, a evapotranspiração é reduzida, e a vegetação assume um papel crucial na proteção das camadas inferiores, proporcionando sombreamento e alta inércia térmica. Além disso, o autor destaca que a umidade relativa é o fator climático mais relevante, uma vez que em ambientes secos há maior evapotranspiração e, conseqüentemente, melhor capacidade de resfriamento. Esses dados evidenciam a importância das condições climáticas no desempenho térmico de coberturas verdes e dispositivos termorreguladores. Com base nessas informações, tem-se que um método eficiente para avaliar a eficiência térmica deve considerar a umidade relativa do ar e os fatores climáticos da região em estudo. Estes dados podem ser obtidos por uma estação meteorológica automática. Como no presente projeto a estação meteorológica mais próxima do objeto de estudo está situada a 9,98km de distância, isso pode vir a invalidar ou ocasionar diferença nos dados obtidos na simulação.

Dessa forma, optou-se por se utilizar dois aparelhos *datalogger* RC-4HC com sensores posicionados estrategicamente no interior da fachada oeste da biblioteca – a qual recebe a cortina verde – para se coletar dados de temperatura e umidade com maior precisão e compreender as condições reais dos usuários do edifício e assim avaliar as variáveis relativas às condições de conforto térmico. Os dois sensores foram calibrados em seu próprio *software* denominado ElitechLogWin para atender às normas de precisão padronizadas pela norma ISO 7726:1998, a qual trata sobre ergonomia do ambiente térmico e estabelece características recomendadas para instrumentos de medição de grandezas físicas. Os aparelhos registraram automaticamente leituras em intervalos de 15 minutos durante a data 05 de abril de 2024 a 05 de junho de 2024, totalizando dois meses. Esses dados foram registrados automaticamente em planilhas eletrônicas.

Para comprovar a eficiência térmica da cortina verde, foram propostos dois cenários: um sem a cortina verde e outro com a cortina verde. O objetivo de comparar os dois cenários aplicando a tecnologia BIM em situações de edifícios já construídos – e não em projeto – é promover um comparativo com resultados de redução de calor obtidos em pesquisas realizadas no câmpus Votuporanga do IFSP, onde a técnica utilizada foi o uso de cortinas verdes como barreira à insolação direta em laboratório do Bloco F. O objetivo desta pesquisa é, a partir de simulação do edifício da biblioteca, avaliar a eficácia de cortina verde em fachada de maior insolação, neste caso, a oeste.

A biblioteca em estudo possui elementos particulares de acordo com sua geometria, como portas, janelas, estruturas metálicas, vidraças e cobertura. Como o Revit® permite desenvolver e modelar elementos de forma criteriosa, caracterizando os mesmos de acordo com o detalhamento da construção e permitindo a atribuição de propriedades físicas, químicas, térmicas, estéticas e estruturais, para realizar a modelagem 3D com maior grau de precisão e mais próximo da realidade no Revit® foram coletadas medidas *in loco* da edificação por completo junto a fotografias da mesma. Assim, tendo a modelagem finalizada, foi possível aplicar o estudo do modelo analítico da biblioteca e gerar resultados necessários para a pesquisa.

Figura 1. Biblioteca IFSP-VTP, fotografada (a), e modelada no Revit® (b).



(a) (b)
 Fonte: Coordenação IFSP (a) e autores através do *software* Revit® (b).

Figura 2. Tumbérgia-azul como cortina na biblioteca, fotografada (a), e modelada no Revit® (b).



(a) (b)
 Fonte: Autores, 2024.

A caracterização dos elementos modelados e suas propriedades foram definidas com base nos valores indicados pela NBR 15220 e Anexo Geral V da PORTARIA INMETRO N° 50/2013, que se referem às dimensões e propriedades térmicas e físicas dos substratos e camadas aplicadas em elementos estruturais. Ademais, para maior precisão, foram consideradas as dimensões e especificações descritas no Memorial Descritivo do projeto da Fase I do Câmpus Votuporanga e na NBR 7200. Assim, foi possível criar uma base de dados contendo informações sobre os materiais e revestimentos das paredes, os tipos de vidros e metais usados nas esquadrias, elementos importantes para o estudo térmico do ambiente pois possuem um impacto significativo no desempenho térmico do edifício. Essas superfícies são responsáveis por bloquear, limitar ou absorver o calor da radiação solar que é transmitida para o interior da edificação, podendo alterar o parâmetro ideal de conforto térmico interno do ambiente. Desta forma diferentes materiais e composições, incluindo camadas de regularização e acabamento, são elementos determinantes da eficiência térmica de um ambiente. No que se refere a cortina verde, os valores e propriedades seguiram o material de referência indicado por Tavares (2017).

Tabela 1. Espessura dos elementos construtivos.

ELEMENTO	ESPESSURA (cm)
Cobertura metálica	0,5
Estruturas metálicas	[variado]
Mureta (bloco)	14
Parede (bloco)	19
Reboco	1,5
Chapisco	0,5
Vidro	0,4
Cortina verde	10

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 2. Propriedades térmicas dos elementos construtivos.

ELEMENTO	Condutibilidade térmica (w/[m·k])	Calor específico (j/[g·°c])	Densidade (kg/m ³)	Emissividade
Estruturas metálicas	15,9	0,49	8000	0,15
Bloco de concreto / Concreto	1,75	1,00	2300	-
Reboco	1,15	1,00	1800	-
Chapisco	0,7	0,84	1200	-
Vidro	1,1	0,84	2480	0,95
Cortina verde	0,03	4,00	1100	0,96

Fonte: Autores, 2024.

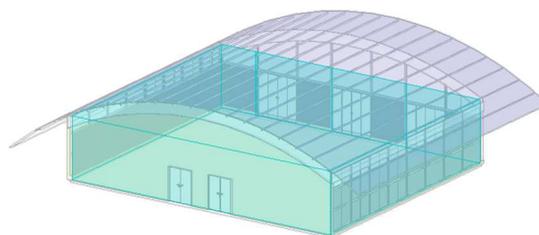
Ao finalizar a modelagem e definir as características dos elementos, os dados são parametrizados, permitindo que o Revit® disponibilize a funcionalidade de pré-configurações da análise térmica [*Configurações de Energia*]. Dentro disso foram preenchidos, de acordo com as informações do ambiente de estudo, fatores importantes como: percentual de vidraça do alvo, tipologia da estrutura, horários de funcionamento da edificação, modelo do sistema de arrefecimento, entre outros.

A partir das informações inseridas e das configurações definidas, foi criado um modelo energético que considera todos esses aspectos. A leitura do modelo é realizada dentro do próprio Revit®, sendo gerado um relatório de análise. Assim, é possível analisar os dados e comparar os relatórios, sendo um proveniente de uma simulação com modelo analítico sem a cortina verde, e o outro, com a cortina verde

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo analítico (Figura 3) foi necessário para servir de base para realizar a análise dos dois cenários propostos.

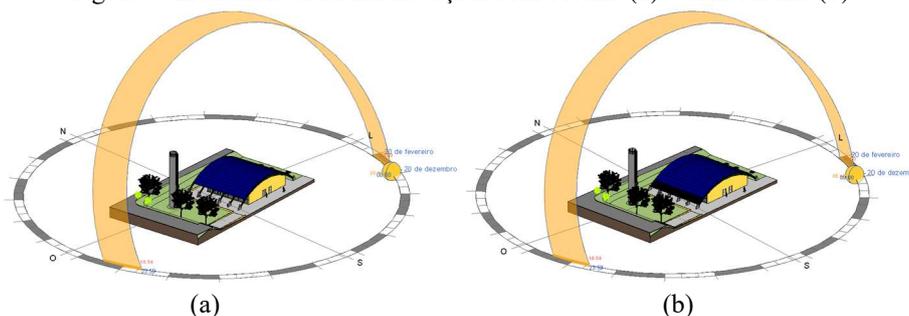
Figura 3. Modelo analítico indicando ambiente analisado.



Fonte: Autores, 2024.

Além disso, também foi relevante considerar a localização exata do edifício usando suas coordenadas geográficas no Revit® para que o *software* permitisse posicionar a construção de acordo a trajetória do sol, colaborando na análise de como os raios solares incidem sobre a biblioteca (Figura 4).

Figura 4. Incidência solar nas situações sem cortina (a) e com cortina (b).



Fonte: Autores, 2024.

Apesar da modelagem da cortina verde (vegetação) ter sido realizada (Figura 2.b), o *software* não oferece uma ferramenta de criação voltada exatamente para tal tipo de elemento construtivo. Portanto, para realizar o estudo, a cortina verde foi modelada a partir da ferramenta de aplicação de paredes. Contudo, para que o Revit® compreendesse com maior precisão, foram inseridos dados específicos sobre a cortina verde em sua caracterização, fundamentados em artigos e pesquisas que buscaram aproximar ao máximo o elemento criado no *software* ao de uma cortina verde real (TAVARES, 2017).

A execução das simulações nas duas situações [sem e com a presença da cortina verde] proporcionou valores de umidade média do ambiente e carga de resfriamento da zona, expostos na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados por simulação.

Simulação	Umidade média (%)	Carga de resfriamento da zona (W)
Sem cortina	55,08	7994,08
Com cortina	55,18	7974,30

Fonte: Autores, 2024.

Os resultados indicam que a cortina verde contribuiu com uma redução 19,78W na carga de resfriamento da zona, proporcionando um aumento de 0,10% na umidade interna do ambiente. Pela redução do valor da carga de resfriamento, entende-se que a cortina reduziu a temperatura do ambiente pois a simulação com cortina verde indica que o ambiente necessita de menos carga de resfriamento para garantir o conforto térmico. A implementação da cortina verde acarreta uma melhoria nos índices de conforto térmico, especialmente nos períodos de maior insolação. A discussão aborda a correlação entre a densidade da vegetação, a orientação das fachadas e os níveis de aumento do conforto térmico do usuário do ambiente.

A planilha gerada a partir da coleta de dados *in loco* realizada pelos *dataloggers*, forneceu variáveis importantes para o presente estudo, como temperatura e umidade média da biblioteca. Segundo a Tabela 4, ao comparar os resultados de umidade obtidos pelo aparelho *datalogger* com os resultados da simulação para a biblioteca sem a cortina verde, foi observado uma proximidade significativa entre os dados. Essa variação pode ser atribuída às limitações do modelo de simulação, que não considera todas as variações ambientais presentes no ambiente real, como por exemplo a influência do efeito de fontes de calor internas, como lâmpadas e equipamentos eletrônicos que geram calor, afetando a umidade relativa do ar.

Tabela 4. Comparativo de umidade média.

Elemento de análise	Umidade média (%)
<i>Datalogger</i>	59,20
Simulação sem cortina	55,18

Fonte: Autores, 2024.

CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, a plataforma BIM se prova, através do Revit®, que é possível simular os efeitos de eficiência térmica garantidos por cortinas verdes em ambientes construídos. Esse fato se comprova a partir da redução de carga de resfriamento da zona encontrada no modelo simulado com cortina verde, indicando um fomento na eficiência térmica e energética do ambiente. Assim, é possível reforçar as vantagens sustentáveis da cortina verde em conjunto com a aplicação da metodologia BIM.

A umidade relativa é o fator climático mais relevante, uma vez que em ambientes secos há maior evapotranspiração e, conseqüentemente, melhor capacidade de resfriamento. A análise realizada no Revit® apresentou níveis de umidade maiores no ambiente com cortina verde em relação ao ambiente

que carece dela, suplementando o fato da influência dos sistemas vegetais em amplificar as condições de conforto térmico e qualidade do ar em ambientes construídos.

Ao comparar os resultados obtidos pelo *datalogger* com os da simulação, observa-se uma proximidade significativa entre os dados. Essa correspondência valida o uso da plataforma BIM como uma ferramenta confiável para simulações ambientais, reforçando sua aplicabilidade no planejamento e otimização de projetos na construção civil.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Gabriela O. Correa: coleta e levantamento de dados *in loco*, pesquisa, análise de dados, modelagem, elaboração do manuscrito, discussão dos resultados, revisão.

Guilherme S. Ueda: metodologia, elaboração do manuscrito, discussão dos resultados, revisão.

Naiara L. de Assis Kaimoti: conceitualização, metodologia, elaboração do manuscrito, discussão dos resultados, revisão.

AGRADECIMENTOS

Aos orientadores, juntamente aos colaboradores do IFSP-VTP pelo material cedido e pelo estímulo e apoio ao PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) do órgão CNPq.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, A.M.F; CRIPPA, J.; UEHARA, L.K.S.; LOPES, T.V.; SCHEE, S. Interoperabilidade de ferramentas BIM e avaliação do ciclo de vida de edificações. **1º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção**. 10º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Fortaleza, CE. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321978096_Interoperabilidade_de_Ferramentas_para_BIM_e_Avaliacao_do_Ciclo_de_Vida_de_Edificacoes. Acesso em 15 mar. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: **Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT/cb-02- Comitê Brasileiro de Construção Civil, 2003. 66 p.

CORBELLA, Oscar; CORNER, Viviane. **Manual de Arquitetura Bioclimática Tropical**. Rio de Janeiro: Revan, 2011. 107 p.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2009. KYOCERA GROUP. **What is a green curtain?** [S.l.]: Kyocera, [201-]. Disponível em: . Acesso em 15 mar. 2024.

GONÇALVES, L. **Utilização de Plataforma BIM como Instrumento Comparativo na Eficiência Energética com Cortina Verde Aplicada em Edifício Construído**. REGRASP (ISSN 2526-1045), v. 6, n. 4, dez. 2021. Disponível em: <https://regrasp.spo.ifsp.edu.br/index.php/regrasp/article/view/970/797>. Acesso em: 02 set. 2023.

ISO 7726 (1998) –Thermal environments – Instruments and methods for measuring physical quantities.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Ed. Disponível em: . Acesso em 15 mar. 2014.

MAGNO, C. P. M.; KAIMOTI, N. L. D. A.; VALDAMBRINI, A. C. **O conforto térmico da cortina verde**. 8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP – 2017. Acesso em: 24 out. 2023.

THEODOSIOU, T. G. Summer Period Analysis of the Performance of a Planted Roof as a Passive Cooling Technique. **Journal of Energy and Buildings**, Amsterdam, v. 35, p.909 - 917, 2003.