



A Influência da Abertura de Janelas na Eficiência Energética de Edifícios de Escritórios

The Influence of Window Openings on the Energy Efficiency of Office Buildings

La influencia de la apertura de ventanas en la eficiencia energética de los edificios de oficinas

Rangel Girardelo Vidmar

Mestrando em Arquitetura e Urbanismo, ATITUS Educação, Brasil.
rangelvidmar@gmail.com

Eduardo Grala da Cunha

Professor Doutor, UFPel, Brasil.
eduardogralacunha@yahoo.com.br

Lauro André Ribeiro

Professor Doutor, ATITUS Educação, Brasil.
lauro.ribeiro@atitus.edu.br

Tháisa Leal da Silva

Professora Doutora, ATITUS Educação, Brasil.
thaisa.silva@atitus.edu.br



RESUMO

O setor da construção civil é responsável por uma significativa parcela do consumo energético e das emissões de gases de efeito estufa. Por isso, é crucial desenvolver iniciativas que identifiquem e reduzam o consumo de energia dos edifícios desde a fase de planejamento, contribuindo para a sustentabilidade dessas construções. Nesse contexto, este estudo objetiva examinar a influência do tamanho da abertura das janelas em um modelo de edifício de escritórios situado em Passo Fundo – RS, na Zona Bioclimática 2 (ZB2). Para tanto, foram realizadas seis simulações computacionais utilizando o software Energy Plus em um modelo de edifício de escritórios, considerando as janelas ocupando 25%, 50% e 100% do tamanho da fachada do edifício. Também foram feitos testes utilizando vidros simples e duplos. Os resultados revelaram que quanto maior a abertura das janelas, maior é o consumo energético para manter o ambiente em conforto térmico, chegando a representar um aumento de 11,36% de consumo para o caso com 100% de abertura de janelas em comparação ao caso com 25% de abertura. Assim, o tamanho da abertura das janelas possui um impacto significativo no consumo energético do modelo de edifício de escritórios analisado.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho térmico. Edifícios estufa. Simulação computacional. Abertura de janelas.

SUMMARY

The construction sector is responsible for a significant portion of energy consumption and greenhouse gas emissions. Therefore, it is crucial to develop initiatives that identify and reduce energy consumption in buildings from the planning stage, contributing to the sustainability of these constructions. In this context, this study aims to examine the influence of window opening size in a model of an office building located in Passo Fundo, RS, in Bioclimatic Zone 2 (ZB2). To this end, six computer simulations were performed using Energy Plus software in a model of an office building, considering windows occupying 25%, 50% and 100% of the building's façade size. Tests were also performed using single and double glazing. The results revealed that the larger the window opening, the greater the energy consumption to maintain thermal comfort in the environment, representing an increase of 11.36% in consumption for the case with 100% window opening compared to the case with 25% opening. Thus, the size of the window opening has a significant impact on the energy consumption of the office building model analyzed.

KEYWORDS: Thermal performance. Greenhouse buildings. Computer simulation. Opening windows.

RESUMEN

El sector de la construcción es responsable de una parte importante del consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ello, es crucial desarrollar iniciativas que identifiquen y reduzcan el consumo energético de los edificios desde la fase de planificación, contribuyendo a la sostenibilidad de estos edificios. En este contexto, este estudio tiene como objetivo examinar la influencia del tamaño de las aberturas de las ventanas en un edificio modelo de oficinas ubicado en Passo Fundo – RS, en la Zona Bioclimática 2 (ZB2). Para ello, se realizaron seis simulaciones informáticas utilizando el software Energy Plus sobre un modelo de edificio de oficinas, considerando las ventanas que ocupan el 25%, 50% y 100% del tamaño de la fachada del edificio. También se realizaron pruebas utilizando acristalamientos simples y dobles. Los resultados revelaron que cuanto mayores son las aberturas de las ventanas, mayor es el consumo de energía para mantener el ambiente en confort térmico, representando un aumento del 11,36% en el consumo para el caso con una apertura de ventana del 100% respecto al caso con una apertura del 25%. Por tanto, el tamaño de las aberturas de las ventanas tiene un impacto significativo en el consumo de energía del modelo de edificio de oficinas analizado.

PALABRAS CLAVE: Rendimiento térmico. Edifícios de invernadero. Simulación por ordenador. Apertura de ventanas.



1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas e suas variabilidades influenciam de diversas maneiras as condições de habitabilidade na Terra. A busca pelo conforto térmico acompanha os seres vivos desde os primórdios, quando os humanos procuravam locais para se proteger do frio ou do calor. Com a evolução da sociedade, o conforto térmico passou a ser avaliado em termos de projetos arquitetônicos aplicados nos ambientes onde as pessoas vivem e trabalham (Soares, 2014).

Com o surgimento de novos materiais como o concreto e o aço, os conceitos bioclimáticos na arquitetura foram impactados. Esses materiais substituíram as construções tradicionais de pedra e alvenaria, permitindo a construção de edifícios "estufas" em locais com climas diversos, sem a necessidade de grandes adaptações no local da obra. Na década de 1950, o conceito de edifícios revestidos com cortinas de vidro se espalhou pelo mundo (Lamberts, Dutra e Pereira, 2014, p.13).

A chamada "crise do petróleo", ocorrida na década de 70, causou uma crise mundial que impactou fortemente o setor energético e fez com que o consumo energético das edificações passasse a ter mais relevância. As fontes renováveis para a geração de energia evoluíram se tornaram-se mais viáveis, e vários países começaram a implementar políticas de eficiência energética. No Brasil, um apagão elétrico em 2001, que causou um prejuízo bilionário aos cofres públicos, pode ser considerado um marco para a implementação dessas políticas por meio de normas e leis (Soares, 2014).

No contexto global em que a energia se torna cada vez mais necessária e importante, o termo eficiência energética ganha destaque. Sua aplicação em edifícios é crucial, dado o grande percentual de consumo energético que representam. Um relatório da UNEP apontou que os edifícios representaram 37% do consumo global de energia elétrica em 2022. Para um edifício ser mais eficiente energeticamente do que outro, ele precisa proporcionar os mesmos resultados e características de conforto térmico e condições ambientais, mas com um consumo de energia menor (Lamberts *et al.*, 2014). Portanto, é essencial implementar medidas que reduzam o consumo de energia, promovendo a sustentabilidade. A conservação de energia em cada espaço é vital para evitar o uso desnecessário de dispositivos que consomem energia para manter o conforto (Allouhi *et al.*, 2015).

Manter a eficiência energética de uma edificação é crucial, pois reduz a necessidade de recorrer a fontes adicionais de energia para garantir o conforto ambiental. Nesse contexto, fatores como isolamento térmico, características das janelas e o uso adequado de cortinas influenciam diretamente a eficiência energética, podendo tanto equilibrá-la quanto comprometê-la. Reduzir o consumo sem comprometer o desempenho das edificações representa o principal desafio da eficiência energética (Lamberts *et al.*, 2004).

As superfícies vitrificadas desempenham um papel significativo na alteração do clima interno, pois transmitem e absorvem grandes quantidades de radiação solar. Isso resulta em um aumento considerável nas demandas de aquecimento e resfriamento do ambiente (Touma *et al.*, 2016).



A utilização de softwares computacionais para modelagem e simulação de ambientes demonstra uma eficiência notável, permitindo que projetistas calculem o consumo de energia tanto em novos edifícios quanto em estruturas existentes visando uma maior economia de energia sem comprometer o conforto dos ocupantes. Essas simulações consideram diversos elementos que nem sempre são levados em conta durante o processo de projeto, como as condições climáticas locais, a incidência de sombreamento, as dimensões das aberturas (como janelas) e o uso de sistemas de sombreamento nelas instalados. O EnergyPlus é um software de simulação energética criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) e é a ferramenta mais utilizada para essas simulações computacionais (Kirimtat *et al.* 2016). O EnergyPlus é amplamente utilizado para modelar o desempenho energético de edifícios, trabalhando com as características de aquecimento, ventilação e ar condicionado. Tem validação da norma ANSI/ASHRAE Standard 140 e também atende aos critérios estabelecidos na norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Uma construção é considerada mais eficiente quando requer menos iluminação e climatização artificial sem comprometer o seu conforto térmico. As variáveis arquitetônicas desempenham um papel crucial nesse aspecto. Ao tratar da eficiência energética, é essencial considerar tanto o consumo de energia para iluminação quanto para a climatização dos ambientes internos (Knop, 2012).

A configuração da edificação pode influenciar a ventilação, a iluminação natural e os fluxos térmicos de forma positiva ou negativa. A ventilação e a iluminação podem ser integradas ao projeto arquitetônico, agregando valor estético à construção. Por meio do desenho arquitetônico e considerando fatores como localização, clima e orientação solar, é possível melhorar as condições de habitabilidade sem a necessidade de técnicas ou sistemas tecnológicos adicionais (Cunha *et al.* 2006).

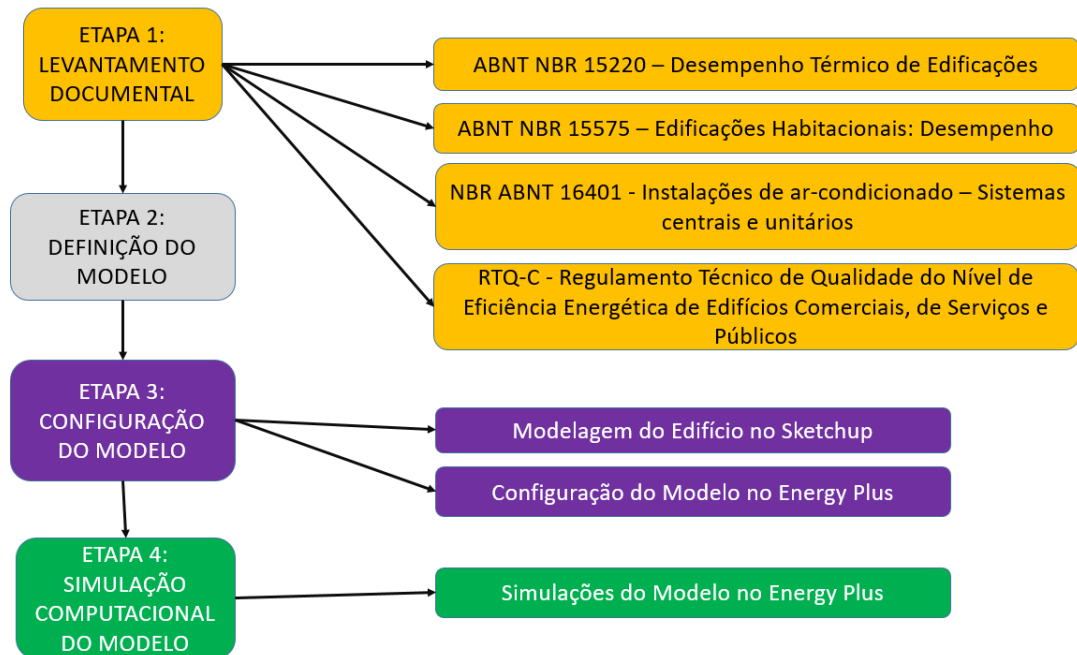
As trocas térmicas mais significativas ocorrem através dos fechamentos transparentes, como vidros e plásticos, que permitem a entrada de luz solar. Isso aquece os componentes internos e promove a transmissão de calor pelas superfícies internas. Suas propriedades térmicas facilitam o fluxo de calor, com alta transmitância térmica e baixa resistência térmica, resultando em perdas de calor durante as estações mais frias e ganhos de calor nas estações mais quentes, o que nem sempre é ideal. As cores das fachadas externas podem aumentar ou reduzir a absorção de calor, dependendo do seu coeficiente de absorção. Cores claras, como branco e amarelo claro, têm baixo coeficiente de absorção, refletindo grande parte da radiação solar e absorvendo pouca energia. Em contraste, cores escuras têm alto coeficiente de absorção, absorvendo a maior parte da radiação solar e refletindo muito pouco (Lamberts *et al.*, 2004).

Diante deste contexto, este estudo tem como objetivo analisar a influência do tamanho da abertura das janelas no consumo de energia elétrica de um modelo de edifício de escritórios localizado em Passo Fundo – RS, Zona Bioclimática 2 (ZB2), por meio de simulações computacionais.

2 METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi dividida em quatro etapas principais que podem ser observadas no fluxograma da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de Etapas da Metodologia



Fonte: Os autores (2024).

2.1 Etapa 1: Levantamento Documental

Nesta etapa, um levantamento foi realizado com o intuito de mapear todas as normas nacionais referentes aos temas de conforto térmico e eficiência energética.

O INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) possui o RTQ-C - Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, que abrange uma variedade de aspectos da construção, incluindo o controle de qualidade dos materiais e a adequação das técnicas construtivas.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui a NBR ABNT 15220 - Desempenho Térmico de Edificações, a NBR ABNT 15575 - Desempenho de Edificações Habitacionais e a NBR ABNT 16401 - Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários que tratam dos temas de eficiência energética e conforto térmico.

Esses quatro documentos foram fundamentais para a elaboração do modelo. A partir deles, foram extraídas todas as informações sobre as propriedades dos materiais, as temperaturas de ocupação, as especificações de iluminação e outras referências técnicas.

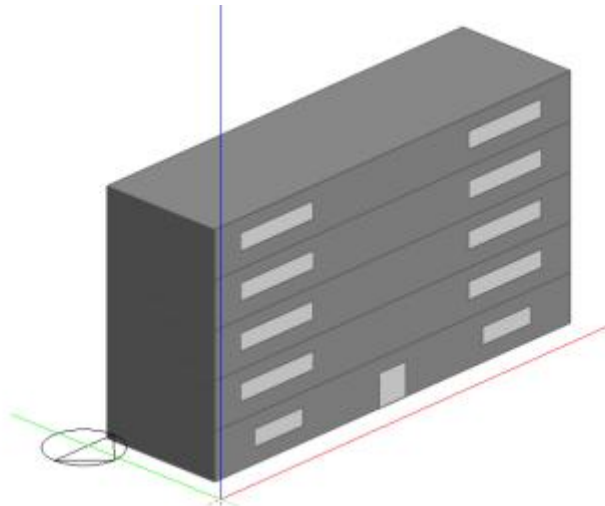
2.2 Etapa 2: Definição do Modelo

O modelo adotado foi desenvolvido com base no trabalho de Carlo (2008). A autora analisou volumetrias típicas de atividades comerciais por meio de um levantamento fotográfico,

resultando na criação do modelo denominado "grandes escritórios", conforme apresentado na Figura 2. Este modelo é descrito como uma edificação vertical com 5 pavimentos, em formato retangular, com dimensões de 27 m de comprimento, 7,8 m de largura e 15 m de altura.

Para a construção do modelo, foi empregado o software SketchUp (SketchUp, 2022), juntamente com o plugin Legacy Open Studio (EUCLID, 2016). As simulações foram realizadas utilizando o software Energy Plus (EnergyPlus, 2022).

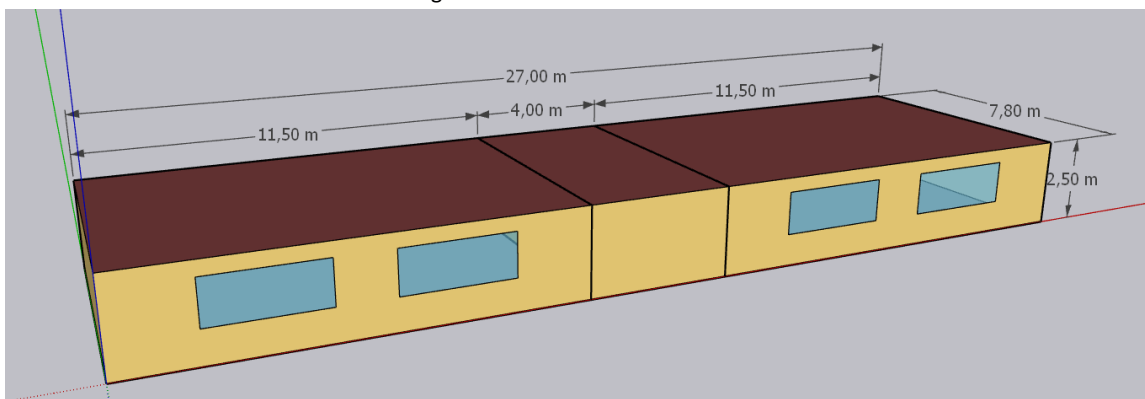
Figura 2 – Edificação vertical do modelo de Carlo (2008).



Fonte: Carlo (2008).

Para o presente estudo, foi utilizado um pavimento do modelo desenvolvido por Carlo (2008). Este pavimento está situado em uma posição intermediária, o que implica que não recebe luz solar diretamente no teto e não está em contato direto com o solo na parte inferior. A modelagem foi realizada com o software SketchUp, em combinação com o plugin Legacy Open Studio (Figura 3).

Figura 3 – Modelo de Referência



Fonte: Os autores (2024).

2.3 Etapa 3: Configuração do Modelo



Na etapa de configuração do modelo foram definidas todas as variáveis que influenciam nas características construtivas que interferem na simulação.

2.3.1 Agenda de Ocupação

A agenda de ocupação seguirá um padrão diário de edifícios de escritórios, com início às 8:00 horas e fim de expediente às 18:00 horas de segunda-feira a sábado.

2.3.2 Características Construtivas dos Materiais Utilizados

Todos os materiais selecionados para o modelo foram configurados no Energy Plus com base nas tabelas da norma NBR ABNT 15220 – Desempenho Térmico de Edificações (ABNT, 2004). Os valores de densidade de massa aparente, condutividade térmica e calor específico foram extraídos da norma conforme a Tabela 1 e incorporados na configuração do software.

Tabela 1 - Propriedades dos Materiais Utilizados no Modelo

MATERIAL	DENSIDADE DE MASSA APARENTE (ρ) (Kg/m ³)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (λ) (W/(m*K))	CALOR ESPECÍFICO (c) (KJ/(Kg*K))
Concreto normal	2400	1,75	1,00
Concreto reboco interno e parede	2200	1,75	1,00
Telha de cerâmica	2000	1,05	0,92
Gesso cartonado	700	0,25	0,84
Madeira porta	1000	0,29	1,34

Fonte: Adaptado da NBR 15220 (2005).

2.3.3 Zonas Térmicas

O modelo é composto por 3 zonas térmicas distintas. No centro, está a zona térmica de circulação, que funciona como a entrada do edifício e conecta as duas salas de escritório. Esta zona de circulação tem dimensões de 4 metros de comprimento por 7,8 metros de largura e dispõe de duas portas de acesso.

As outras duas zonas térmicas são as salas de escritório, localizadas de cada lado da circulação. Ambas têm as mesmas dimensões, com 11,5 metros de comprimento e 7,8 metros de largura. Cada sala possui uma porta de acesso à circulação e quatro janelas.

2.3.4 Iluminação

Para a iluminação, foi selecionada a luminária com refletores parabólicos para lâmpadas fluorescentes T5, conforme especificado na Tabela 2. Utilizando uma tabela fornecida no manual do software Energy Plus, foram obtidos os valores base para fração de ar de retorno, fração radiante e fração visível dessas luminárias. Esses valores foram inseridos na configuração do software para considerar todos os efeitos da lâmpada utilizada nas 3 zonas térmicas do modelo.



Tabela 2 - Propriedades dos Materiais da Iluminação

MATERIAL	FRAÇÃO DE AR DE RETORNO	FRAÇÃO RADIANTE	FRAÇÃO VISÍVEL
Refletores Parabólicos para Lâmpadas Fluorescentes T5	0,54	0,13	0,20

Fonte: Adaptado do Manual Input Output Reference (2016).

Para a agenda de iluminação foi considerada a mesma situação da agenda de ocupação: início às 8:00 horas e fim de expediente às 18:00 horas de segunda a sábado.

2.3.5 Equipamentos e Pessoas

Assim como o corpo humano influencia a temperatura do ambiente, os principais equipamentos utilizados em escritórios também têm um impacto térmico. Através da norma NBR 16401 – Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários, foi possível determinar a densidade típica de carga dos equipamentos usados em escritórios.

Considerando que há um posto de trabalho a cada 7,7 m² e que cada posto inclui um computador com monitor e uma impressora, o modelo é classificado como de carga alta, com uma densidade de carga de 21,5 W/m².

2.3.6 Arquivo Climático

O trabalho utilizará os dados da cidade de Passo Fundo - RS para fundamentar as simulações em um arquivo climático existente. Passo Fundo é uma cidade brasileira que fica localizada na parte norte do estado do Rio Grande do Sul. Possui latitude 28°15' S e longitude 52° 24' W e está localizada a 684 metros de altitude em relação ao nível do mar. A cidade pertence a Zona Bioclimática 2.

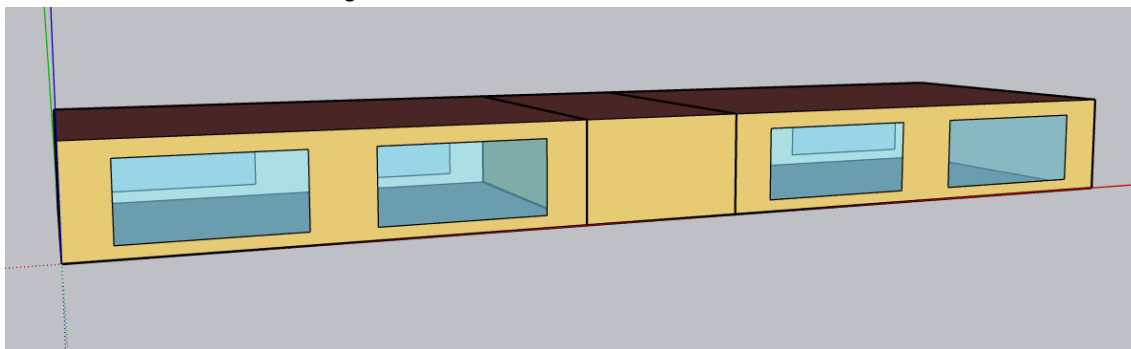
2.4 Etapa 4: Simulação Computacional do Modelo

2.4.1 Roteiro de Simulação

O modelo de referência apresentado na Figura 3 possui abertura de janela correspondente a 25% do tamanho da parede. Esse modelo será o ponto de partida no roteiro de simulações e servirá como base de comparação para as demais simulações.

Na sequência, o modelo a ser simulado possui abertura de janela equivalente a 50% do tamanho total da parede, e é ilustrado pela Figura 4.

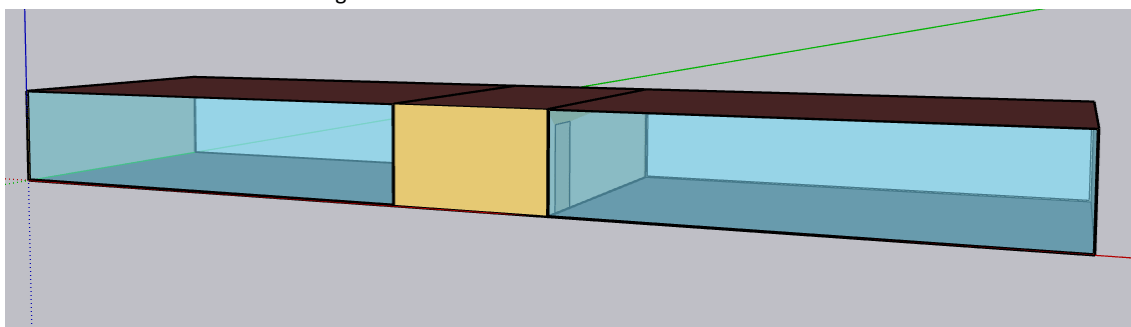
Figura 4 – Modelo com 50% de Abertura de Janela



Fonte: Os autores (2024).

Após, o modelo a ser simulado está representado na Figura 5 e possui 100% de abertura de janela.

Figura 5 – Modelo com 100% de Abertura de Janela.



Fonte: Os autores (2024).

Por fim, considerando que as 3 simulações iniciais consideram vidros simples para a edificação, outras 3 simulações são realizadas, desta vez considerando vidros duplos para a edificação, totalizando assim 6 simulações listadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Roteiro das Simulações realizadas

Simulações Utilizando Vidros Simples		Simulações Utilizando Vidros Duplos	
1ª Simulação	Caso de Referência (25% de abertura)	4ª Simulação	Caso de Referência (25% de abertura)
2ª Simulação	50% de abertura de Janelas	5ª Simulação	50% de abertura de Janelas
3ª Simulação	100% de abertura de Janelas	6ª Simulação	100% de abertura de Janelas

Fonte: Os autores, 2024.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos nas primeiras três simulações. Nessas simulações o modelo foi trabalhado com a proposta de vidros simples.

Tabela 4 – Simulações de Consumo Energético Realizadas com Vidros Simples (em kWh)

Simulações	Caso de Referência	50% de abertura de janela	100% de abertura de janela
Aquecimento	421,49	278,05	168,67



Refrigeração	2843,70	3771,06	5290,42
Ventiladores	71,43	95,13	133,47
Iluminação	6862,05	6862,05	6862,05
Equipamentos	9642,75	9642,75	9642,75
Consumo Total	19841,42	20649,04	22096,36
Diferença de consumo para o Caso de Referência (%)	Não Aplicável	+4,07%	+11,36%

Fonte: Os autores (2024).

O simples aumento da abertura da janela de um edifício é capaz de apresentar resultados significativos em seu consumo de energia elétrica. Como pode ser observado na Tabela 4, quanto maior a abertura da janela, pior é o desempenho energético do modelo de escritórios. Os valores de energia elétrica consumidos para o aquecimento do ambiente diminuem com o aumento da abertura da janela. Isso ocorre porque o aquecimento é utilizado durante o inverno, e uma passagem maior de radiação solar faz com que o ambiente se aqueça naturalmente com mais facilidade.

Em contrapartida, os valores de energia elétrica consumidos para a refrigeração do modelo de escritórios aumentam significativamente conforme aumenta a abertura de janela, e, conseqüentemente, a entrada da radiação solar. Para as três simulações que acrescentaram vidros duplos no modelo de edifício de escritórios, os resultados encontram-se na Tabela 5. A partir desta tabela, os valores em porcentagem são apresentados em comparação aos mesmos casos com vidros simples.

Tabela 5 – Simulações de Consumo Energético Realizadas com Vidros Duplos (em kWh)

Simulações	Caso de Referência	50% de abertura de janela	100% de abertura de janela
Aquecimento	363,40	185,49	52,04
Refrigeração	2849,29	3921,76	5975,56
Ventiladores	69,42	97,37	148,24
Iluminação	6862,05	6862,05	6862,05
Equipamentos	9642,75	9642,75	9642,75
Consumo Total	19786,90	20709,42	22680,65
Diferença de consumo para o Caso com Vidros Simples (%)	-0,27%	+0,29%	+2,64%

Fonte: Os autores (2024).

De forma geral, a adição de vidros duplos para a simulação do modelo de escritórios apresentou melhoria para os valores de energia elétrica consumidos para o aquecimento do ambiente. Para a refrigeração do ambiente, os vidros duplos apresentaram um aumento de energia elétrica a ser consumida.

O somatório final destes valores faz com que os vidros duplos sejam timidamente positivos para o caso de referência, onde a abertura de janela era de apenas 25%.

Para os casos com abertura de janela de 50 e 100%, os vidros duplos acabaram sendo prejudiciais no contexto geral. Isto ocorreu de forma tímida para o caso de 50%, mas para o caso



com abertura de janela de 100%, o valor de aumento de consumo de energia elétrica em 2,64% é consideravelmente alto.

Por fim, a contribuição do presente estudo está na disponibilização de dados do papel da abertura de janela em edifícios comerciais através das situações apresentadas nas 6 simulações realizadas no contexto geográfico da cidade de Passo Fundo - RS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência energética de um modelo de edifício de sala de escritórios através de simulações computacionais com intervenções nos tamanhos das aberturas de janelas. Neste contexto, foram realizadas simulações com três tamanhos diferentes de janelas, totalizando 6 simulações, sendo 3 com vidros simples e 3 com vidros duplos.

A partir dos resultados foi possível verificar que quanto maior a abertura das janelas do edifício analisado, maior o seu consumo de energia elétrica final.

Além disso, observou-se uma redução no consumo de energia elétrica necessária para o aquecimento do modelo analisado em todas as simulações. No entanto, houve um aumento no consumo de energia para a refrigeração, que se destacou como um fator predominante. O maior acréscimo registrado foi de 11,36%, correspondente ao cenário em que 100% da parede do edifício é composta por janelas.

Os vidros duplos melhoraram a eficiência energética do modelo de escritórios com relação a energia elétrica utilizada para o seu aquecimento. No entanto, os vidros duplos pioraram a eficiência energética quando a refrigeração foi analisada. Para o caso de 100% de abertura de janelas, a eficiência energética teve um aumento de 2,64%.

Assim, o presente trabalho apresentou uma contribuição para o tema de eficiência energética trazendo resultados de consumo energético de um modelo de edifício de salas de escritórios localizado na Zona Bioclimática 2.

Como trabalhos futuros, sugere-se que sejam realizadas simulações com diferentes tamanhos de aberturas de janela incluindo a inserção de brises solares e cortinas. Além disso, sugere-se a utilização do modelo completo de Carlo nas simulações computacionais.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da ATITUS Educação e à Fundação Meridional, os quais disponibilizaram os meios para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALLOUHI, A.; EL FOUH, Y.; KOUSKSOU, T.; JAMIL, A.; ZERAOU, Y.; MOURAD, Y. Energy consumption and efficiency in buildings: current status and future trends. *Journal of Cleaner Production*. p. 1-13, 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 15.220**. Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 15.575** Norma Brasileira de Edifícios habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. – **ABNT. NBR 16.401** Norma Brasileira de Instalações de Ar Condicionado – Sistemas Centrais e Unitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

CARLO, J. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações não Residenciais**. 2008. Tese de doutorado, Programa de PósGraduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CUNHA, Eduardo G. ZECHMEISTER, Doris. MELO, Evanisa Quevedo. MASCARÓ, Juan José. VASCONCELLOS, Luciano de. FRANDOLOSO, Marcos Antônio Leite. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. Porto Alegre: Masquatro, 2 ed, 2006.

ENERGYPLUS. Programa de simulação computacional termoenergética, versão 22.1.0. Disponível em: < <https://energyplus.net/downloads> >. Acesso em: 02/03/2024.

Kirimtat, A., Koyunbaba, B. K., Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). **Review of simulation modeling for shading devices in buildings**. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 53, 23–49. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.08.020>

KNOP, Stifany. Docente da UFPEL: **COMPORTAMENTO TERMOENERGÉTICO DE EDIFICAÇÃO HISTÓRICA COM NOVO USO NA CIDADE DE PELOTAS: O Caso do Casarão 02 – Secretaria Municipal da Cultura**. Pelotas, 2012. 143 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. **ELETROBRAS**. 3ª ed. 2015.

National Renewable Energy Laboratory. (2016). Legacy OpenStudio SketchUp Plug-in (versão 0.9.4.4). Disponível em: <https://www.openstudio.net/legacy-openstudio-sketchup-plugin>. Acesso em: 02 mar.2024.

SKETCHUP. Disponível em: <https://www.sketchup.com/pt-BR/products/sketchup-for-web>. Acesso em: 02 mar. 2024.

SOARES, Maicon Motta. Docente da UFPEL: **Avaliação Dos Parâmetros De Desempenho Térmico Da Nbr 15575/2013: Habitações De Interesse Social Na Zona Bioclimática 2**. Pelotas, 2014. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul, 2014.

TOUMA, A. Al.; GHALI, K.; GHADAR, N.; ISMAI, N. Solar chimney integrated with passive evaporative cooler applied on glazing surfaces. **Energy**, v. 115, part 1, p. 169–179, Nov. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.020>.

United Nations Environment Programme (2022). Emissões globais do setor de construção ainda são altas e continuam crescendo. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/emissoes-globais-do-setor-de-construcao-ainda-sao>