XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Avaliação da influência do layout no desempenho termoenergético em edifício de escritórios

Evaluación de la influencia de la distribución en el desempeño termoenergético de un edificio de oficinas

Assessment of the influence of layout on the thermo-energetic performance of an office building

Eficiência energética / *Eficiencia energética / Energy efficiency*

Epiphanio da Rosa, Marcelo
Mestrando, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, marceloerosa20@gmail.com

Coutinho Bernardes, Luiza
Doutoranda, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil, luizacber@gmail.com

de Mesquita Duarte, Carolina
Doutoranda, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, carolinademesquitaduarte@hotmail.com

Silveira Baptista da Silva, Antônio César
Docente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, antoniocesar.sbs@gmail.com

Britto Correa, Celina Maria
Docente, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil, celinabrittocorrea@gmail.com

Resumo

O presente estudo investiga a influência do *layout* interno no desempenho termoenergético em um edifício de escritórios localizado no extremo sul do Brasil. Para isso, foram consideradas duas tipologias de *layout* interno: cenário de planta livre e cenário *layout* celular. Por meio de simulações computacionais realizadas no *EnergyPlus,* foram avaliados o consumo de energia e os sistemas de cada modelo. Os resultados da pesquisa apontam que, a configuração espacial em edifícios de escritórios com *layout* celular tem um papel significativo na distribuição de carga térmica e sistemas, resultando em um aumento na demanda energética para climatização artificial em 12,02%. Assim, esta pesquisa contribui para o entendimento sobre a organização espacial em ambientes de trabalho, uma vez que a dissipação do calor interno impacta no desempenho e na eficiência energética em edifícios de escritórios.

Palavras-chave: Edifício de escritórios. *Layout* celular. *Layout* livre. Simulação computacional. Eficiência energética.

Resumen

Este estudio investiga la influencia de la distribución interna en el rendimiento termoenergético de un edificio de oficinas situado en el extremo sur de Brasil. Para ello, se consideraron dos tipos de distribución interna: un escenario de planta libre y un escenario de distribución celular. El consumo energético y los sistemas de cada modelo se evaluaron mediante simulaciones por ordenador realizadas en EnergyPlus. Los resultados de la investigación muestran que la configuración espacial en edificios de oficinas con disposición celular desempeña un papel significativo en la distribución de la carga térmica y de los sistemas, lo que se traduce en un aumento de la demanda energética de climatización artificia en 12%. Así pues, esta investigación contribuye a la comprensión de la organización espacial en los entornos de trabajo, ya que la disipación del calor interno repercute en el rendimiento y la eficiencia energética de los edificios de oficinas.

Palabras clave: Edificio de oficinas. Distribución celular. Distribución libre. Simulación por computadora. Eficiencia energética.

Abstract

This study investigates the influence of the internal layout on the thermo-energetic performance of an office building located in the far south of Brazil. To this end, two types of internal layout were considered: a free-plan scenario and a cellular layout scenario. Energy consumption and the systems of each model were evaluated using EnergyPlus computer simulations. The results of the research show that the spatial configuration in office buildings with a cellular layout plays a significant role in the distribution of thermal load and systems, resulting in an increase in energy demand for artificial air conditioning by 12%. Thus, this research contributes to the understanding of spatial organization in work environments, since internal heat dissipation has an impact on performance and energy efficiency in office buildings.

Keywords: Office building. Cellular layout. Free layout. Computer simulation. Energy efficiency.

Introdução

Em âmbito global, segundo dados do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD, 2024), o ambiente construído é responsável por mais de 33% do consumo de energia. No Brasil, essa situação não é diferente. De acordo com os dados do Balanço Energético Nacional de 2024 - ano base 2023 (BEN, 2024), o consumo final de energia elétrica aumentou 5,2% no ano de 2023. Dessa maneira, uma das soluções para mitigar o impacto massivo do setor da construção civil é mudar a maneira como projetar e construir. Isso requer uma abordagem sistêmica que envolva todos os atores e tomadores de decisões envolvidos no planejamento, construção, ocupação e uso de edifícios (WBCSD, 2024).

O impacto das questões energéticas nos setores relacionados a arquitetura é traduzido no estabelecimento de metas de redução do consumo em prol de condições adequadas de conforto ambiental, especialmente para edifícios de escritórios, uma vez que essa categoria é caracterizada por uma intensa geração de carga térmica interna devido à alta concentração de pessoas e equipamentos (Marcondes, 2010). Com a expansão dos centros urbanos e o aumento da poluição sonora, consolidou-se o uso de ambientes hermeticamente fechados, tornando indispensável o uso do ar-condicionado. Essa dependência, típica dos edifícios de escritórios, acarreta consequências diretas no consumo energético (Brugnera, 2018).

Sob uma perspectiva projetual, todas as decisões podem exercer impacto significativo no desempenho térmico e energético de uma edificação (Maciel *et al*., 2021). A escolha dos elementos construtivos e a tipologia interna em edifícios de escritórios são fatores determinantes para garantir a qualidade do ambiente interno e otimizar a eficiência energética, independentemente das condições ambientais externas (Pinto, 2023). Nesse sentido, a configuração do *layout* em escritórios coorporativos e os métodos de trabalho têm um impacto na qualidade ambiental interna e na produtividade dos usuários (Ghosn, 2017).

No que diz respeito à classificação interna de edifícios destinados a escritórios, uma das maneiras de categorizá-los é por meio de sua disposição espacial (Duffy, 1992; Gurgel, 2005). Segundo Gurgel (2005), existem essencialmente duas categorias: o escritório aberto (planta livre) e o escritório fechado (celular/privado). O primeiro oferece um amplo espaço compartilhado com estações de trabalho dispostas em um ambiente com divisórias baixas e modulares, permitindo a criação de áreas funcionais. Em contrapartida, o modelo fechado é organizado em salas individuais, proporcionando um ambiente que favorece a privacidade e a concentração (Gurgel, 2005).

Segundo Battle (2003), não há regras universais que garantam que um projeto de escritório alcance um alto desempenho energético e proporcionem um ambiente propício à produtividade e conforto. Existem, entretanto, algumas diretrizes que podem ser seguidas. Diante da complexidade em avaliar todos os fatores que integram uma construção, a simulação computacional é comumente empregada para identificar estratégias de desempenho (Coakley; Raftery; Keane, 2014). Isso porque, por meio de softwares de simulação, é viável analisar os projetos com base em suas características, elementos construtivos, sistemas de iluminação e climatização, bem como nas informações sobre o padrão de uso e ocupação do edifício (Didoné; Pereira, 2010).

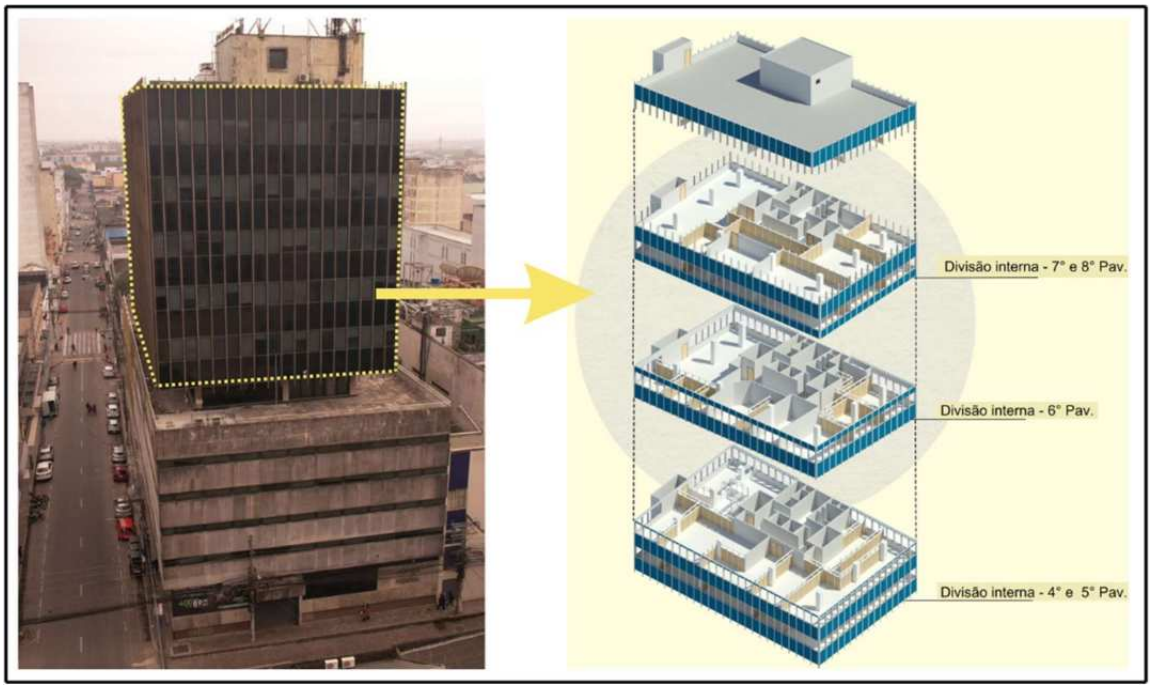
No entanto, até o momento, não foram observados trabalhos que tratem a correlação da transição da influência do *layout* interno em edifícios de escritórios, tendo em vista o impacto das divisórias internas no desempenho termoenergético. Dessa maneira, partiu-se da premissa de que edifícios com *layouts* distintos gerariam situações de conforto termoenergético também distintos. Sendo assim, este estudo tem como objetivo avaliar a influência do *layout* interno sob o ponto de vista do desempenho termoenergético em um edifício de escritórios, localizado no extremo sul do Brasil a partir de dois cenários distintos, *layout* de escritório privado e *layout* de escritório de planta livre.

Metodologia

Para se obter o desempenho termoenergético dos cenários mencionados, efetuaram-se simulações computacionais dinâmicas utilizando um arquivo climático representativo do clima da cidade de Pelotas, desenvolvido por Leitzke *et al*. (2018). Os *softwares* adotados foram o *SketchUp Make* 17, com o *plugin Euclid* versão 0.9.4.3 para a modelagem tridimensional e a simulação foi conduzida no software *EnergyPlus* 9.4. O método da pesquisa foi dividido em cinco etapas: i) definição do objeto de estudo; ii) caracterização e modelagem dos cenários; iii) configuração computacional do envelope construtivo e sistemas; iv) análise dos resultados e v) conclusão.

O objeto desta pesquisa é um edifício de escritórios que passou por uma readequação interna, com a inserção de divisórias nas plantas livres, para atender às necessidades funcionais da Justiça Federal na cidade. Para isso, foram projetados três *layout*s diferentes (Figura 1): o quarto e o quinto pavimento apresentam *layout* semelhante; o sexto apresenta outra configuração distinta, e o sétimo e o oitavo pavimento apresentam *layout* semelhante.

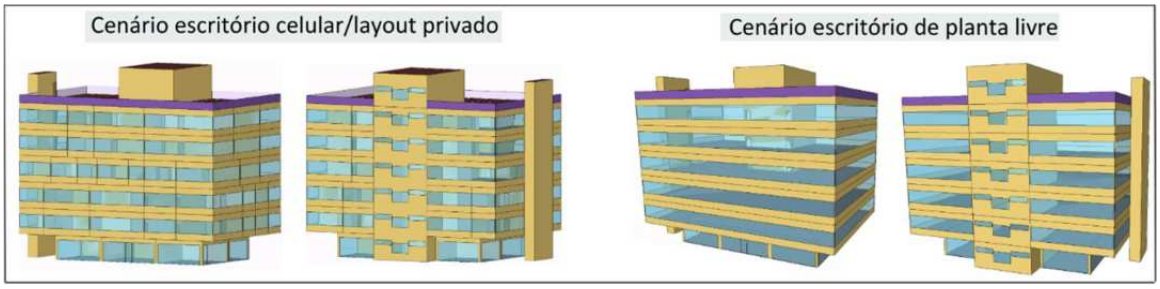
Figura 1: Imagem edifício (à esquerda) e caracterização tridimensional dos *layouts* (à direita).



Fonte: Autores (2025).

A modelagem geométrica do edifício (Figura 2) abrangeu do 3º ao 8º pavimento. Sendo assim, esses pavimentos foram divididos em zonas térmicas que totalizaram cento e duas zonas com pé-direito de 3,50 m, subdivididas em zonas de uso permanente (escritórios) e zona de uso transitório (circulações verticais, e banheiros). O 3º pavimento do edifício foi dividido em sete zonas, todas sendo consideradas de uso transitório. O 4º e o 5º totalizaram quarenta e quatro zonas térmicas, oito de uso transitório e trinta e seis de uso permanente. O 6º pavimento foi modelado em dezenove zonas térmicas, sendo consideradas duas de uso transitório e dezessete de uso permanente. Por fim, o 7º e 8º pavimento, foram modeladas trinta e duas zonas térmicas, quatro de uso transitório e vinte e oito para uso permanente. Com o intuito de considerar o cenário com o *layout* de planta livre, foi criado um segundo modelo alternativo adotando essa tipologia. Para isso, o edifício de *layout* livre foi dividido em dezoito zonas térmicas ao total: seis zonas de permanência prolongada representando os escritórios, e doze zonas correspondentes ao uso transitório como as circulações verticais e banheiros.

Figura 2: Modelos tridimensionais dos cenários.



Fonte: Autores (2025).

O envelope construtivo da edificação é composto por dois tipos de parede externa. As circulações externas, possuem paredes de alvenaria de tijolo 6 furos com reboco em ambos os lados. As paredes com pele de vidro, possuem paredes de alvenaria de tijolo 6 furos com vidro na face externa, e uma camada de ar entre o peitoril e o vidro. Em relação as paredes internas (divisórias) existem três tipos: parede de gesso acartonado, parede de MDF amadeirado e parede de MDF branco.

Tabela 1: Propriedades térmicas dos materiais construtivos.

MATERIAL	Espessura (m)	Condutividade térmica (W/m.K)	Densidade (Kg/m³)	Calor específico (J/Kg.K)	Emissividade	Absortância
PAREDE						
Tijolo cerâmico*	0,16	0,90	784,65	920	0,95	0,80
Reboco	0,025	1,15	2000	1000	0,95	0,40
MDF amadeirado	0,10	0,15	550	2300	0,95	0,70
MDF branco	0,10	0,15	550	2300	0,95	0,20
Gesso acartonado	0,0125	0,21	700	1000	0,95	0,20
COBERTURA						
Piso cerâmico	0,012	0,90	1600	920	0,95	0,80
Laje de concreto	0,10	1,75	2200	1000	0,95	0,80
Reboco	0,025	1,15	2000	1000	0,95	0,40
Lã de rocha	0,10	0,45	50	700	0,95	0,20
Forro alumínio	0,015	230	2700	880	0,10	0,10
PISO						
Piso cerâmico	0,012	0,90	1600	920	0,95	0,80
Laje de concreto	0,10	1,75	2200	1000	0,95	0,80
ESQUADRIAS						
Perfis	0,09	56	-	-	0,90	0,90
MDF amadeirado	0,005	0,15	550	2300	0,95	0,70
MDF branco	0,005	0,15	550	2300	0,95	0,20

Fonte: NBR 15220 (2022); NBR 10456 (2022) e *Ruivo (2021)

Com relação a cobertura, o edifício possui dois tipos distintos de fechamento superior. O primeiro é formado por uma cobertura em telha de fibrocimento localizado na lateral esquerda da cobertura e o segundo é composto por um terraço situado no lado direito. O entrepiso é composto por piso cerâmico e laje de concreto em todos os pavimentos. Com relação as portas internas, o edifício apresenta duas tipologias: porta em MDF amadeirado, e porta em MDF branco. Já as janelas da edificação possuem perfil de alumínio formadas por vidro insulado, vidro monolítico incolor interno 6mm, câmara de ar 50mm e vidro externo laminado *low-e* azulado de 8,38mm. As propriedades térmicas dos materiais que compõe os elementos construtivos do edifício foram estipulados de acordo com a NBR 15.220-2 (ABNT, 2022) e NBR 10456 (ABNT, 2022) e podem ser visualizadas na Tabela 1.

A respeito da pele de vidro, o edifício possui elemento translúcido posicionado paralelamente ao peitoril, criando uma câmara de ar de 50mm. Dessa maneira, para considerar o efeito estufa na simulação computacional ocasionado pela camada de ar entre o peitoril e o vidro externo, seguiu-se os procedimentos conforme os *inputs* adotados por Pinto (2017); Brugnera (2018) e Ruivo (2021), onde foi configurado um recurso do *EnergyPlus* em *Advanced Construction*, *Surface*, *Zone Concepts*, conhecido como *SurfaceControl*: *MovableInsulation*, um elemento de vidro, operado por um *schedule* de funcionamento. Segundo Pinto (2017), essa configuração fornece isolamento à perda de calor sem diminuir drasticamente a transmitância de energia solar, sendo a forma de modelagem encontrada que melhor condiz com a realidade deste tipo de composição de paredes.

Tabela 2: Propriedades ópticas dos elementos transparentes.

	Vidro interno monolítico	**Vidro externo laminado**
Espessura	6mm	4mm + 0,38 PVB incolor + 4mm
Transmitância a radiação solar	0,88	0,30
Refletância a radiação solar na face 1	0,9	0,39
Refletância a radiação solar na face 2	0,9	0,45
Transmitância a radiação solar visível	0,91	0,59
Refletância a radiação visível na face 1	0,9	0,22
Refletância a radiação visível na face 2	0,9	0,22
Emissividade em ondas longas na face 1	0,84	0,89
Emissividade em ondas longas na face 2	0,84	0,89
Condutividade [W/m.K]	1	0,856
Condutividade alterada [W/m.K]	-	0,3438

Fonte: WINDOW 7.8 (LBNL, 2024).

As condições de contorno internas, como ocupação, iluminação e equipamentos, foram configuradas segundo a INI-C (2024), utilizando a tipologia de escritório. Assim, foi estabelecida uma ocupação de 10m² por pessoa, com 10 horas de uso diário e 260 dias de ocupação anual. Para a densidade de potência de iluminação (DPI), foi utilizado 14,1 W/m². Com relação a densidade de potência de equipamentos (DPE) foi configurada com 15 W/m². Os valores de iluminação e equipamentos só serão considerados durante a ocupação da edificação.

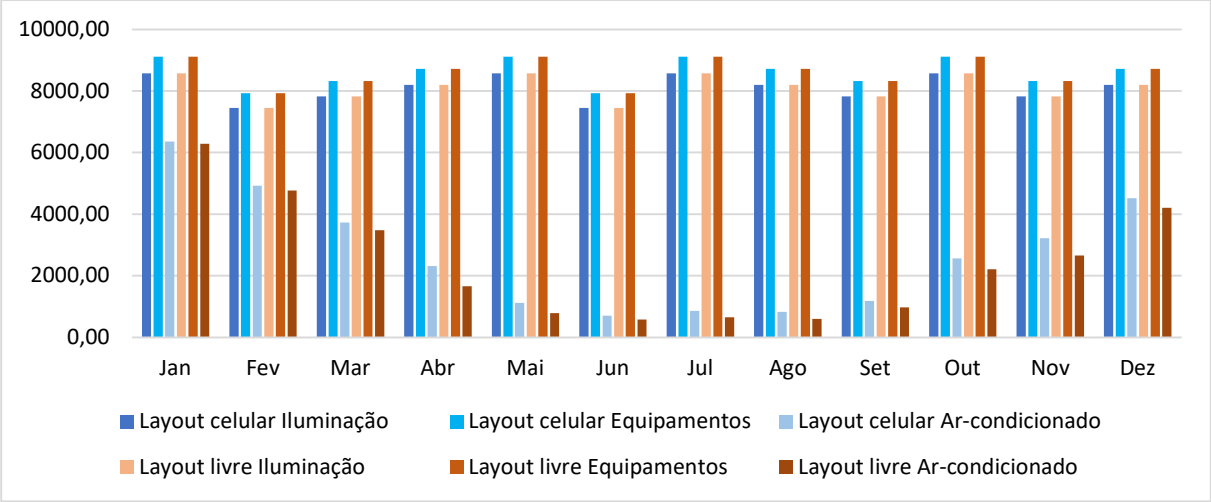
Foi utilizado um sistema de ventilação híbrida com o objeto *"Availability Manager: Hybrid Ventilation",* para considerar a condição real de utilização da edificação, em que a ventilação natural ou o ar-condicionado podem ser utilizados em condições distintas. Essa configuração só é ativada no período de ocupação da edificação, fora desse período, a edificação é considerada sem ventilação. Sendo assim, a ventilação natural foi configurada como prioridade, nos objetos *"Airflow Network: Simulation Control", "Airflow Network: Multi Zone: Zone", "Airflow Network: Multi Zone: Surface" e "Airflow Network: Multi Zone: Component: Simple Opening"*. A abertura das janelas ocorre quando a temperatura interna da zona é igual ou superior à temperatura de *setpoint* do termostato ($T_{interna} \geq T_{termostato}$ 20°C), e quando a temperatura interna for superior à temperatura externa ($T_{interna} \geq T_{externa}$). O termostato foi definido em 20°C, para evitar conflitos com o sistema de ar-condicionado, e melhorar o funcionamento da ventilação híbrida.

O ar-condicionado foi configurado nos objetos *"HVAC Template: Thermostat", "HVAC Template: Zone: VRF",* e *"HVAC Template: System: VRF*", como um VRF (*Variable Refrigerant Flow*) do tipo central de expansão direta possuindo diversas unidades evaporadoras. Para a configuração, primeiramente foi realizada uma simulação no modo *"autosize"* a fim de o *EnergyPlus* dimensionar a capacidade ideal para o funcionamento do sistema. De acordo com a INI-C (2024), o sistema foi configurado com um COP de 4,28, com temperatura de *setpoint* de 24°C para refrigeração e 20°C para aquecimento.

Resultados

Por meio dos resultados apresentados na Figura 3, observa-se o diagnóstico do desempenho do consumo de cada sistema, iluminação, equipamentos e ar-condicionado (VRF), com relação aos diferentes *layout*s. O *layout* celular apresenta a cor azul em três tonalidades, e o *layout* livre apresenta a cor laranja.

Figura 3: Diferença de consumo por tipo de gasto de energia entre *layout* celular x *layout* livre

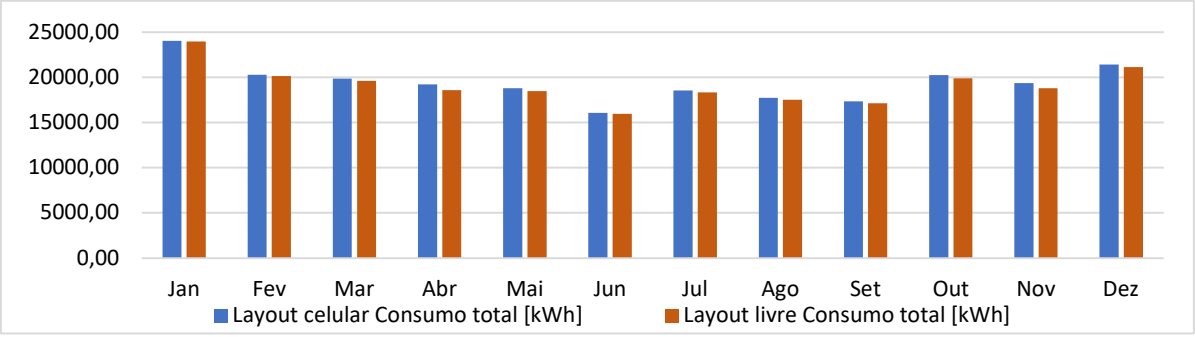


Fonte: Autores (2025).

O consumo de iluminação e equipamentos foi semelhante, totalizando 97.179,95 kWh e 103.382,61 kWh, respectivamente, devido à mesma configuração dos modelos em relação a estes sistemas. No consumo total anual, o edifício de *layout* celular registrou 232.841,51 kWh, enquanto o de planta livre teve 229.379,97 kWh. O consumo ligeiramente maior no *layout* celular sugere influência da configuração espacial, afetando a distribuição de cargas térmicas e a eficiência do sistema de ar-condicionado.

A Figura 4 apresenta a diferença de consumo total de energia com climatização artificial.

Figura 4: Consumo total de energia

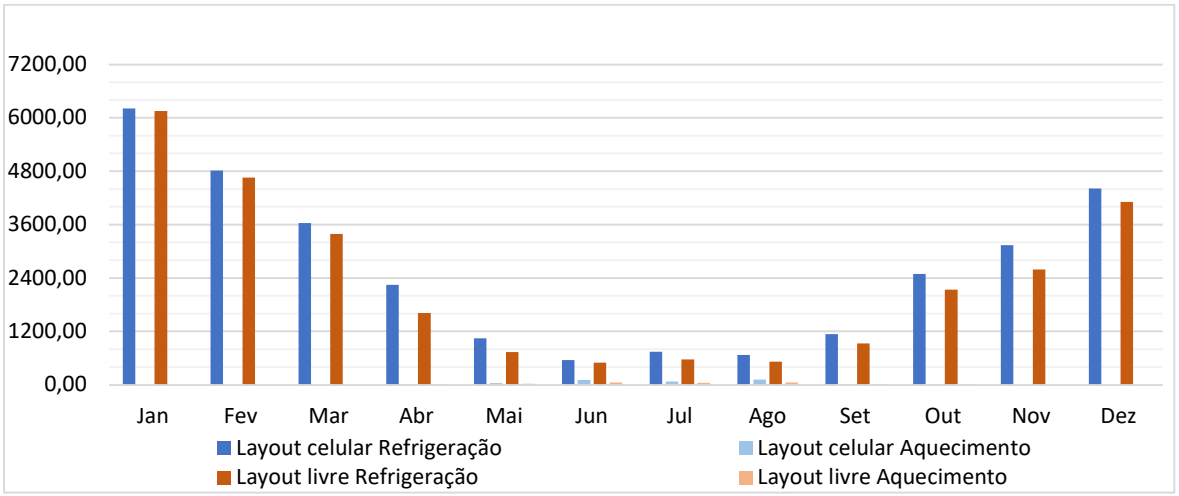


Fonte: Autores (2025).

Quanto ao consumo total do uso do ar-condicionado em cada modelo, observou-se que o edifício com o *layout* celular apresentou um valor mais elevado, alcançando 32.279,25 kWh

ao longo do ano, enquanto o *layout* livre registrou 28.817,10 kWh. A maior diferença entre os modelos ocorreu nos meses de outubro a dezembro, indicando um impacto mais significativo da configuração espacial sobre o consumo energético nesse período. Esse aumento na demanda por climatização artificial pode estar relacionado à elevação das temperaturas externas e à maior incidência de radiação solar, fatores que intensificam a necessidade de resfriamento dos ambientes. Na Figura 5 é possível observar a diferença do consumo do ar-condicionado com resfriamento e aquecimento

Figura 5: Consumo do ar-condicionado com resfriamento e aquecimento.



Fonte: Autores (2025).

O gráfico acima confirma a análise anterior, pois é possível observar maior consumo para resfriamento do que para aquecimento no *layout* celular entre outubro e dezembro. Esse modelo apresentou um acréscimo anual na demanda energética com ar-condicionado, totalizando 12,02% a mais no consumo anual em relação ao *layout* livre. Isso sugere que a organização dos espaços impacta a dissipação do calor interno e a eficiência da climatização.

Quando o *layout* é livre, o ar-condicionado está concentrado em um único ambiente por pavimento, o que permite que toda a sua capacidade seja direcionada para o resfriamento ou aquecimento do ambiente de forma mais eficiente. Esse fator contribui para uma climatização mais rápida e homogênea, reduzindo ciclos prolongados de operação e, consequentemente, reduzindo o consumo de energia elétrica. No entanto, na configuração com *layout* celular, o ar-condicionado precisa atender múltiplos ambientes simultaneamente. Como esses

ambientes podem apresentar demandas térmicas distintas, o sistema pode ter dificuldades em distribuir sua capacidade de maneira eficiente, levando a um maior consumo energético.

Além disso, a ventilação natural se mostrou mais eficiente no *layout* livre devido à maior disponibilidade de ventilação cruzada, em que o espaço único permite melhor circulação de ar por meio das janelas em diferentes orientações solares. Esse aspecto favorece a dissipação do calor interno sem a necessidade de acionar o sistema de ar-condicionado. No entanto, quando o edifício é dividido em múltiplos ambientes, a presença de paredes internas cria barreiras para o fluxo de ar, reduzindo a eficácia da ventilação natural e exigindo uma maior utilização do ar-condicionado. Por fim, a divisão da capacidade do ar-condicionado também é influenciada pelo tipo de configuração espacial do edifício. No *layout* livre, a variação térmica tende a ser menos expressiva, permitindo uma regulação mais estável do sistema de climatização em um único ambiente. Já no *layout* celular, pode haver oscilações na demanda térmica entre diferentes ambientes, com diferentes orientações solares, levando a um funcionamento menos eficiente do sistema de ar-condicionado e a um consequente aumento do consumo de energia.

Conclusões

Em relação à transição do *layout* planta livre para o modelo *layout* celular, observou-se que o escritório com *layout* celular apresentou uma maior carga térmica ao longo do ano. Isso se deve ao fato de que esse tipo de *layout* oferece uma maior distribuição do espaço, resultando em um consumo mais elevado pelos sistemas. No que diz respeito ao consumo total de ar-condicionado, a categoria escritório privado celular apresentou maior consumo para climatização, com um aumento anual na demanda com ar-condicionado de 12,02% em comparação ao modelo edifício planta livre. Assim, os resultados indicam que a configuração espacial do edifício pode impactar o consumo de energia destinado à climatização. Os resultados desta pesquisa são significativos, uma vez que o fator chave para edifícios de escritórios alcancem um satisfatório índice de conforto ambiental e uma boa performance energética está ligado ao consumo de energia para condicionamento artificial. Profissionais da área da arquitetura e da construção civil envolvidos no processo de projeto de *layout*s, readequações internas e criação de ambientes de trabalho privados podem considerar estes resultados, aliados a outras pesquisas de desempenho ao desenvolver seus projetos. Um *layout* interno apropriado pode beneficiar tanto o processo de criação quanto trazer vantagens econômicas para investidores e empresas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10456:** Materiais e produtos de construção. Rio de Janeiro. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais – Desempenho. Emenda de Desempenho Térmico. Rio de Janeiro. 2021.

BATTLE, T. **The commercial offices handbook.** RIBA Enterprises (16 Jan. 2003): Londres, 2003.

BEN, 2024**. Balanço Energético Nacional 2024:** Ano base 2023 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024. Acesso em: 18 jan. 2025.

BRUGNERA, R. R. **Análise integrada de desempenho energético, impacto ambiental e custo: estudo de soluções de fachada para edifícios de escritórios no Brasil.** 2018. 282 p. Tese de Doutorado. Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

COAKLEY, D.; RAFTERY, P.; KEANE, M. A review of methods to match building energy simulation models to measured data. **Renewable and Sustainable Energy reviews**, v. 37, p. 123–141, 2014.

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139–154, out./dez. 2010.

DUFFY, F. **The Changing workplace.** Phaidon Press; First Edition (January 1, 1992). ISBN 185454120X. British Library. 1992, London, UK.

GHOSN, A. A. B. **Análise comparativa de *layout*s de espaços de trabalho em ambientes acadêmicos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

GURGEL, M. **Projetando espaços: guia de arquitetura de interiores para áreas comerciais.** Senac: São Paulo, 2005.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO. Instrução Normativa INMETRO Para a Eficiência Energética das Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – **INI-C**. Portaria Nº 309/2022, Nota Técnica 02/2024. Brasília: Ministério da Economia. INMETRO, novembro de 2024.

LBNL, Lawrence Berkeley National Laboratory. **Software WINDOW**. Disponível em: https://windows.lbl.gov/window-software-downloads. Acesso em: 30 novembro. 2024.

LEITZKE, R. K.; BELTRAME, C. M.; FREITAS, J. R.; SEIXAS, J. N.; MACIEL, T. S.; CUNHA, E. G.; RHEINGANTZ, P. A. Optimization of the Traditional Method for Creating a Weather Simulation File: The Pelotas.epw Case. **Journal of Civil Engineering and Architecture**, v. 12, n. 10, 2018.

MACIEL, T. S.; LEITZKE, R. K.; DUARTE, C. M.; SCHRAMM, F. K.; CUNHA, E. G. da. Otimização termoenergética de uma edificação escolar: discussão sobre o desempenho de quatro algoritmos evolutivos multiobjectivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 221-246, out./dez. 2021. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212021000400567

MARCONDES, M. P. **Soluções Projetuais de Fachadas para Edifícios de Escritórios com Ventilação Natural em São Paulo.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

PINTO, M. M. **Avaliação preditiva de conforto térmico em ambientes de escritórios climatizados próximos a fachadas com alto percentual de vidro.** 2023. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

PINTO, M. M. **Desempenho Energético de Edifícios de Escritório com Vidros Insulados em Climas Brasileiros**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

RUIVO, R. B. **Desempenho lumínico e termoenergético de diferentes tipologias de fachadas envidraçadas, em um edifício comercial, no sul do Brasil.** 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. **Transforming the Built Environment**. Disponível em: https://www.wbcsd.org/actions/transforming-the-built-environment/. Acesso em: 19 jan. 2025.