ANAIS
IV EURO ELECS
2021

ARTIGO

DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS A PARTIR DE DIFERENTES SOLUÇÕES DE FACHADAS ENVIDRAÇADAS



SCHMALFUSS, Ludimila Mallmann
(ludimila.engcivil@hotmail.com)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

RUIVO, Roseana Bonotto
(roseanabonotto@hotmail.com)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

PASSUELLO, Ana
(ana.passuello@ufrgs.br)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Brasil

CORREA, Celina Maria Britto
(celinab.sul@terra.com.br)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

CUNHA, Eduardo Grala da
(eduardogralacunha@yahoo.com.br)
Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Brasil

PALAVRAS-CHAVE:

Desempenho energético, fachadas envidraçadas, eficiência energética, simulação computacional, energia operacional.

RESUMO

A utilização de fachadas envidraçadas em edifícios de escritórios é prática consolidada no Brasil, impactando diretamente no consumo energético da edificação. Uma importante alternativa na busca por edificações mais sustentáveis e eficientes energeticamente é a escolha adequada do tipo de fachada, a fim de equilibrar o consumo de energia para climatização e iluminação artificial. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar, através de simulação computacional no software *EnergyPlus*, o desempenho energético de diferentes tipologias de fachadas envidraçadas em um edifício de escritórios situado no grupo climático 5 (GCL-05), de acordo com Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). O edifício, chamado de Caso Referência, com fachada semi-cortina (peitoril em alvenaria + revestimento de vidro absorvente cinza), foi comparado a mesma tipologia com vidro do tipo *low-e* (CA) e a uma fachada cortina tradicional (CB). Os resultados demostraram que alterar o tipo de vidro de uma fachada semi-cortina, CA, proporcionou uma redução no consumo para climatização de 20,63% quando comparado ao Caso Referência, sendo capaz de melhorar o desempenho energético final do edifício em 3,18%, considerando climatização e iluminação de forma integrada. Já o CB, com fachada cortina tradicional, aumentou significativamente o consumo para ar-condicionado, 27,10% quando comparado ao Caso Referência, todavia, ofereceu uma economia de 7,59% quando combinado climatização e iluminação artificial, uma vez que a maior área envidraçada favoreceu o acesso a luz natural. Portanto, quando observado do ponto de vista da eficiência energética, a fachada cortina apresentou desempenho energético superior, demonstrando ser a solução construtiva mais eficiente energeticamente, dentre os casos analisados. Assim, este trabalho busca contribuir para a escolha de estratégias arquitetônicas que buscam a racionalização de energia operacional, visando a sustentabilidade do ambiente construído.

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios, juntamente com o setor da construção civil são responsáveis por 36% do consumo final global de energia e por quase 40% do total das emissões diretas e indiretas de dióxido de carbono (CO_2) (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2019).

Além disso, o aumento da população mundial representa uma maior demanda de edificações e, consequentemente, do consumo energético, deixando nítida a necessidade de alternativas que visem minimizar o consumo energético das edificações. Pereira *et al.* (2017) ainda estimam um aumento na demanda de eletricidade na ordem de 200% no Brasil até o ano 2050. Portanto, os edifícios apresentam potencial de redução do consumo de energia por meio da eficiência energética, aliada à escolha de materiais de reduzido impacto ambiental.

No contexto climático brasileiro, devido às diversas zonas climáticas, cada região exige soluções construtivas específicas. O desconhecimento sobre essas especificidades vem sendo responsável pela construção de edifícios com baixo desempenho térmico e, por consequência, elevado consumo de energia, pois a adoção de soluções idênticas ou semelhantes para todo o país provoca consumo desnecessário de energia elétrica (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Para Meusel (2016), uma das maneiras de se alcançar edifícios mais eficientes ocorre pela inserção de conceitos de eficiência energética durante as etapas iniciais do processo de projeto. Essas, estão diretamente relacionadas ao consumo energético das edificações, pois, segundo Marcondes (2010), 22% do consumo total de uma edificação está associado à definição do envelope.

Tais dados, confirmam-se com o estudo de Huang e Niu (2015), que cerca de 80% dos estudos apresentados na literatura assinalam que a otimização do envelope construtivo está relacionada à redução do consumo energético da edificação.

Dessa forma, edificações com fachadas de grandes áreas envidraçadas tem se consolidado como um estilo da arquitetura contemporânea de escritórios brasileiros. Estes elementos podem contribuir para o aumento significativo da carga térmica interna da edificação, contribuindo para o desconforto, elevando assim o consumo com climatização artificial e consequentemente aumentando o seu consumo energético na fase operacional. Nesse sentido, estudos como os de Andreis; Besen; Westphal (2014), Oliveira e Marques (2017), Brugnera *et al.* (2019), demostraram a importância da escolha adequada do tipo de vidro, assim como, da tipologia da fachada como uma forma de fomentar o desempenho energético dos edifícios.

Nesse contexto, a análise do consumo de energia de uma edificação deve ser considerada tão importante quanto qualquer outro processo, no projeto ou na construção. Alternativas para redução do consumo são fundamentais para se atingir o equilíbrio energético em edifícios, cabendo aos arquitetos e demais projetistas a concepção de projetos mais eficientes, que busquem o conforto do usuário e o uso racional de energia.

Assim, com este estudo pretende-se auxiliar os projetistas na tomada de decisão do processo de projeto, no que diz respeito a escolha do tipo de fachada para edificações comerciais mais eficientes energeticamente, que traga menos impactos ambientais negativos, levando em consideração sua fase operacional.

2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é analisar, através de simulação computacional, o desempenho energético de diferentes tipologias de fachadas envidraçadas em um edifício de escritórios situado no grupo climático 5 (GCL-05), de acordo com a INI-C (BRASIL, 2021), levando em consideração sua fase operacional.

3. MÉTODO

O estudo adotou como método de análise a simulação computacional dinâmica. Os *softwares* utilizados foram o *SketchUp Make* 17, com plugin *Euclid* versão 0.9.3 para modelagem e simulação, no *software EnergyPlus* 8.7.0 (USDOE,2019).

O trabalho foi desenvolvido em um processo de quatro etapas principais: i) definição do objeto de estudo (Caso Referência); ii) modelagem, configurações e simulação computacional do Caso Referência, com fachada semi-cortina (peitoril em alvenaria + revestimento de vidro absorvente cinza), e Casos com fachadas de mesma tipologia com vidro do tipo *low-e* (CA) e a uma fachada cortina tradicional (CB); iii) análise de resultados de desempenho termoenergético e iv) conclusões.

3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO (CASO REFERÊNCIA)

Foi definido como objeto deste estudo um edifício de fachada envidraçada representativo da arquitetura corporativa. O mesmo, apresenta planta livre e 11 pavimentos sendo constituído por dois volumes principais, uma base com fechamento de painéis de concreto e o corpo do edifício composto por uma fachada semi-cortina (peitoril em alvenaria + revestimento de vidro). Assim, a partir da definição do objeto de estudo, iniciou-se a configuração do modelo computacional desse edifício, que serviu como Caso Referência para as simulações computacionais de desempenho termoenergético. Para as simulações foi utilizado o arquivo climático da região de estudo desenvolvido por Leitzke *et al.* (2018).

3.2 MODELAGEM, CONFIGURAÇÕES E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO CASO REFERÊNCIA E CASOS CA E CB

A edificação foi dividida em 63 zonas térmicas, sendo separadas em zonas de uso transitório e zonas de uso permanente, consideradas espaços de permanência contínua, destinada a escritórios.

Em relação aos casos CA e CB, considerando que dentre as vantagens das fachadas envidraçadas estão o maior acesso a luz do dia, a transparência e a integração com o ambiente externo, o CA manteve todas as características presentes no Caso Referência, substituindo o vidro absorvente cinza existente por um vidro de baixa emissividade, *low-e*. A escolha por esse vidro se deu por favorecer o aproveitamento lumínico ao mesmo tempo em que limita as transferências de calor pela baixa emissividade da face interna. Assim, o CA, buscou compreender se apenas o uso de um vidro mais eficiente é capaz de equilibrar o acesso à luz do dia com menor consumo energético. Já no CB, é proposta a extensão da área de vidro da fachada do Caso Referência, eliminando seu peitoril. Essa escolha foi pautada pelo seu uso recorrente em edificações de escritórios, possibilitando uma discussão sobre o impacto da ausência do peitoril interno, observando se há vantagem no aproveitamento da luz natural, no sentido de potencializá-la e qual a sua interferência na carga térmica da edificação.

A Figura 1, apresenta o modelo tridimensional e cortes esquemáticos do Caso Referência e dos casos CA e CB, em que foram configuradas a localização do edifício, a orientação solar, as características construtivas, além dos padrões de uso e ocupação, equipamentos, sistemas de iluminação e ventilação.

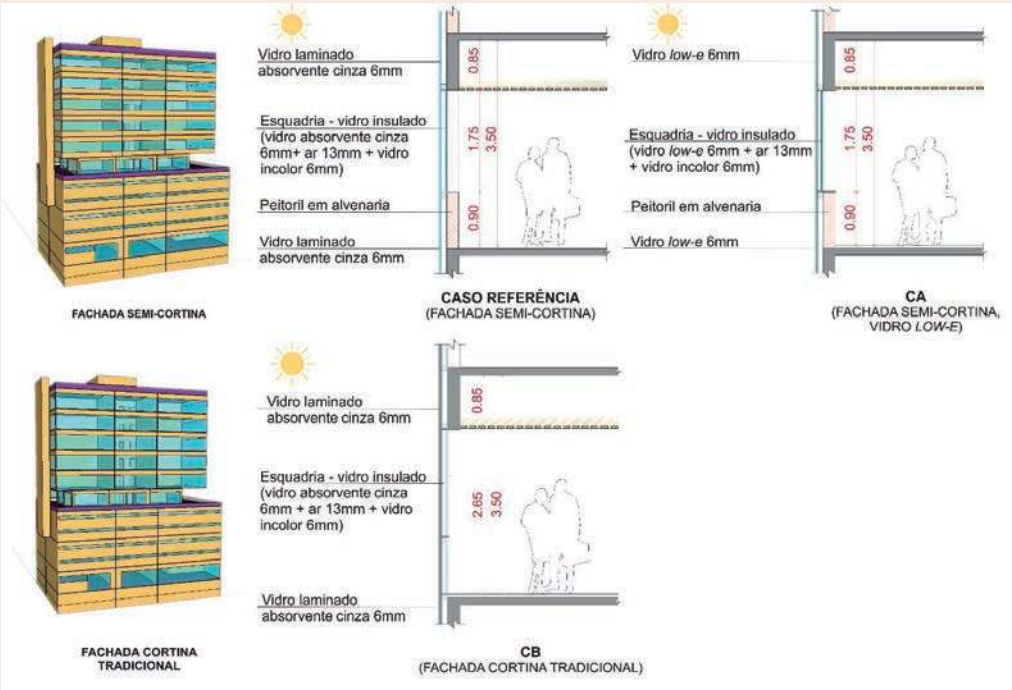


Figura 1. Modelos tridimensionais e cortes esquemáticos do Caso Referência e dos Casos CA e CB.

3.2.1 Configuração do envelope construtivo

As características construtivas do edifício, são apresentadas na Tabela 1. Para configuração dos casos com fachada semi-cortina (Caso Referência e CA), foi utilizado o campo *Surface Control: Movable Insulation* que permite considerar a resistência do ar que ocorre entre a superfície translúcida da fachada e o peitoril de alvenaria. Para isso, um elemento chamado de "vidro translúcido", correspondente ao mesmo vidro existente na fachada, porém com a sua condutividade térmica alterada foi configurado com o intuito de representar o efeito estufa que ocorre nesta tipologia.

	Material	e	λ	ρ	c	U
		(m)	W/ (m.K)	kg/m3	J/ (kg.K)	W/ (m^2.K)
Paredes (Base do edifício)	Revestimento - placas de concreto	0,040	1,750	2200,000	1000,000	2,120
	Parede equivalente de alvenaria	0,290	0,900	451,500	920,000	
	Reboco interno	0,025	0,150	2000,000	1000,000	
Paredes (Corpo do edifício/ fachada semi-cortina)	Reboco externo	0,025	0,150	2000,000	1000,000	2,560
	Parede equivalente de alvenaria	0,160	0,900	784,640	920,000	
	Reboco interno	0,025	0,150	2000,000	1000,000	
Cobertura	Telha de fibrocimento	0,007	0,950	1900,000	840,000	0,3770
	Ar	ver nota[1]				
	Laje de concreto	0,100	1,750	2200,000	1000,000	
	Reboco	0,025	0,150	2000,000	1000,000	
	Lã de vidro	0,100	0,045	50,000	700,000	
	Forro – perfis de alumínio	0,015	230,000	2700,000	880,000	
Janelas (Caso Referência e CB)	Caixilhos de alumínio	ver tabela[2]				–
	Vidro absorvente cinza + ar 13mm+ vidro incolor					
Janelas (CA)	Caixilhos de alumínio	ver tabela[2]				–
	Vidro *low-e* + ar 13mm+ vidro incolor					
Pisos	Piso cerâmico	0,012	0,900	1600,000	920,000	4,146
	Argamassa de assentamento	0,010	1,150	2000,000	1000,000	
	Laje de concreto	0,100	1,750	2200,000	1000,000	

* e – espessura (m)
* λ – condutividade térmica (W/mK)
* ρ – peso específico aparente (kg/m^3)
* c – calor específico (J/kgK)
* U – transmitância térmica total (W/m^2K)
* C – capacidade térmica total (kJ/m^2K)

Nota 1: Resistência térmica do ar (R_{ar}) com direção do fluxo de calor descendente = 0,21

Tabela 1. Propriedades térmicas dos materiais construtivos.
Fonte: Adaptado de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005.

Para determinar as propriedades térmicas e ópticas dos vidros usados para o Caso Referência e Casos CA e CB, este estudo utilizou dados da biblioteca de vidros no programa WINDOW 7.7. (LBNL, 2021).

	V1	V2	V3	V4	V5
Espessura (mm)	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
Transmitância à radiação solar (incidência normal)	0,493	0,769	0,259	0,493	0,259
Refletância à radiação solar na face 1	0,06	0,074	0,381	0,06	0,381
Refletância à radiação solar na face 2	0,063	0,073	0,054	0,063	0,054
Transmitância à radiação solar no espectro visível	0,437	0,892	0,688	0,437	0,688
Refletância à radiação visível na face 1	0,058	0,084	0,071	0,058	0,071
Refletância à radiação visível na face 2	0,062	0,083	0,045	0,062	0,045
Emissividade em ondas longas na face 1	0,840	0,840	0,840	0,840	0,840
Emissividade em ondas longas na face 2	0,840	0,840	0,020	0,840	0,020
Condutividade (W/m.K)	0,68	0,68	1,000	0,503	0,511

V1 = Vidro laminado absorvente cinza (Ref. 2150 – LBNL, 2021); V2 = Vidro laminado incolor (Ref. 3068 – LBNL, 2021); V3= Vidro *low-e* (Ref. 3457 – LBNL, 2021); V4 = vidro V1 com condutividade térmica alterada; V5 = vidro V3 com condutividade térmica alterada.

Tabela 2. Parâmetros óticos dos vidros.

Fonte: LBNL (2021).

Desse modo, as esquadrias do Caso Referência e CB, ambos com vidro absorvente cinza + vidro incolor, apresentaram valores de transmitância visível valor igual a 39,0%, enquanto para o CA (vidro low-e + vidro incolor) foi de 61,6%.

3.2.2 Configuração do sistema de iluminação, padrão de ocupação, equipamentos e sistema de climatização

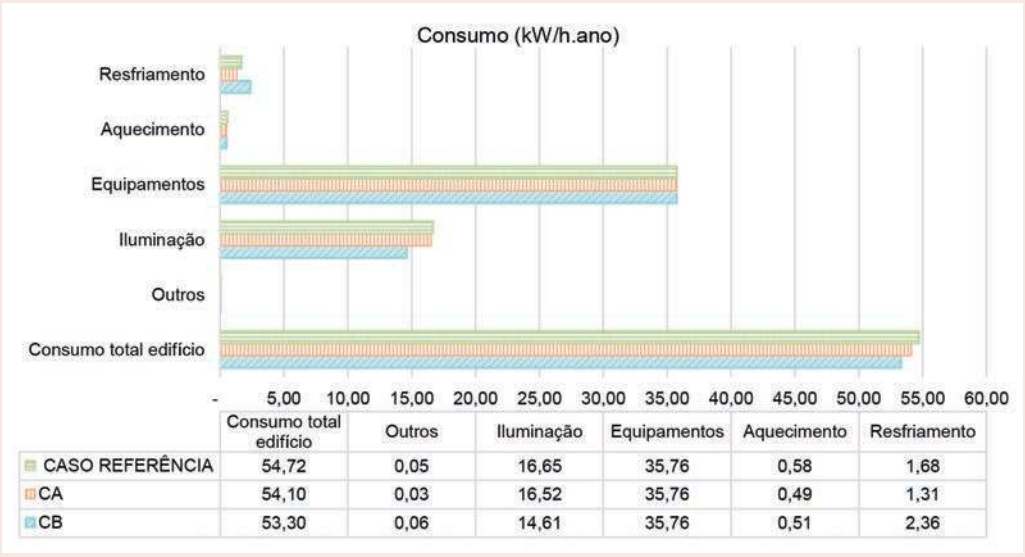
A agenda de funcionamento do edifício foi estabelecida durante os dias da semana das 8h às 12h e das 13h30min às 18h, já aos sábados foi configurada para o funcionamento das 8h às 12h.

Com o intuito de avaliar o impacto que a inclusão de uma segunda camada de vidro no consumo de energia para iluminação, foi configurado um sistema de iluminação dimerizável, sendo essa a única forma de considerar a influência da iluminação natural no desempenho termoenergético da edificação no *software EnergyPlus*. Assim, esse sistema foi configurado para acionar a iluminação artificial, quando a iluminância mínima a ser mantida em edifícios de escritórios de 500 lux, conforme a NBR 8995-1 (ABNT, 2013), não for atingida somente com luz natural. Os sensores de luz natural foram posicionados no eixo central de cada zona térmica. Para configuração das cargas internas foram utilizados os valores de 8,70 W/m^2, 10 m^2/pessoa e 15,00 W/m^2 referentes à iluminação artificial, ocupação e equipamentos, respectivamente, conforme tabelas A.1 e B.III.3 da INI-C.

Para a configuração do sistema de climatização nas zonas térmicas de uso permanente, foi utilizado um sistema de ventilação híbrido, ou seja, que alterna ventilação natural e sistemas de climatização artificial (CBE, 2017). O funcionamento da ventilação híbrida foi definido de acordo com critérios de conforto adaptativo estabelecidos pela ASHRAE 55 (2013). No que diz respeito ao sistema de climatização artificial foram configurados condicionadores de ar de ciclo reverso do tipo *Variable Refrigerant Flow* (VRF), nível A, com capacidade ≥19 e < 40 kW, e valores de coeficiente de performance de 4,28W/W para resfriamento e aquecimento respectivamente, segundo a tabela 7.4 da INI-C. O *setpoint* foi definido como 20°C e 24°C, para aquecimento e resfriamento respectivamente.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este trabalho buscou compreender a influência de diferentes tipologias de fachadas envidraçadas, no desempenho energético de um edifício de escritórios situado no grupo climático 5 (GCL-05), de acordo com a INI-C, levando em consideração sua fase operacional. Assim, a partir dos dados de saída da simulação computacional realizada no *software EnergyPlus*, obteve-se o diagnóstico de desempenho energético por usos finais de sistemas de condicionamento de ar, iluminação artificial e equipamentos, Caso Referência e dos Casos CA e CB, conforme valores observados na Figura 2.



	Consumo total edifício	Outros	Iluminação	Equipamentos	Aquecimento	Resfriamento
CASO REFERÊNCIA	54,72	0,05	16,65	35,76	0,58	1,68
CA	54,10	0,03	16,52	35,76	0,49	1,31
CB	53,30	0,06	14,61	35,76	0,51	2,36

Figura 2. Gráfico de consumo energético em kWh/m^2.ano.

Observou-se que, o consumo total do Caso Referência, CA e CB foram de 54,72 kWh/m^{2}ano, 54,10 kWh/m^{2}ano e 53,30 kWh/m^{2}ano, respectivamente. Quando analisadas as três soluções construtivas, a principal diferença se mostrou principalmente no consumo para iluminação artificial, devido as diferentes tipologias de fachadas envidraçadas (semi-cortina e cortina tradicional) e a diferença na transmitância visível entre a combinação dos vidros insulados (absorvente cinza + incolor) e (*low-e* + incolor), 39,0% e 61,6% respectivamente.

O consumo para equipamentos se manteve constante, 35,76 kWh/m^{2}ano, por apresentar a mesma configuração, não sofrendo influência da solução construtiva. O mesmo, impactou o consumo do edifício em 65,35%, 66,09% e 67,09% para os Casos Base, CA e CB, consecutivamente.

Em seguida destacou-se o consumo de iluminação artificial, com 16,65 kWh/m^{2}ano, 16,52 kWh/m^{2}ano e 14,61 kWh/m^{2}ano para os Casos Base, CA e CB, respectivamente, correspondendo a uma parcela significativa do consumo energético do edifício, na ordem de 30,44%, 30,53% e 27,40%, o que demonstra a importância da escolha adequada do sistema construtivo de forma a propiciar o acesso adequado a luz natural e assim, minimizar consumo de energia para iluminação artificial.

Os resultados do consumo para iluminação do edifício demonstraram que, no que diz respeito ao desempenho lumínico, os Casos CA e CB, apresentaram vantagem em relação ao Caso Referência, propiciando uma redução no consumo energético de 0,81% e 12,29%, respectivamente. Assim, foi possível observar que o CB, apresentou o maior benefício em termos de iluminação em função do seu maior PAF, o que favoreceu o acesso a luz natural e consequentemente a redução do consumo de energia para iluminação artificial. Além disso, o tipo de vidro influenciou diretamente o consumo de energia para iluminação artificial. Esse fato pode ser comprovado quando observados os resultados dos casos com fachada semi-cortina, em que o CA representou uma economia de energia para iluminação, quando comparado ao Caso Referência, em função da maior transmitância visível do vidro *low-e*.

No que diz respeito à climatização artificial, o aumento no consumo aponta a interferência dos componentes construtivos no desempenho energético do edifício. O Caso Referência apresentou um consumo para aquecimento de 0,58 kWh/m^2.ano e 1,68 kWh/m^2.ano para resfriamento, representando 4,13% do consumo total da edificação. Já para o CA, o consumo de aquecimento foi de 0,49 kWh/m^2.ano e de resfriamento igual a 1,31 kWh/m^2.ano, representando 3,31% do consumo total do edifício, enquanto o CB, o consumo para aquecimento foi de 0,51 kWh/m^{2}ano e resfriamento de 2,36 kWh/m^{2}ano, equivalendo a 5,39% do consumo total.

Os resultados da Figura 3, demonstram que quando comparados com o Caso Referência, o CA apresentou uma redução no consumo de energia para climatização artificial de 20,63%, enquanto o CB apresentou um acréscimo neste consumo de 27,10%. Em relação ao CA isso aconteceu, uma vez que o vidro *low-e* apresenta baixa emissividade, o que limita as trocas térmicas entre os ambientes interno e externo, reduzindo consequentemente a necessidade de condicionamento artificial. Já no CB, a maior área envidraçada favoreceu o aumento do consumo para resfriamento da edificação. Tais resultados confirmam com os estudos de Andreis; Besen; Westphal (2014), que assinalam que a escolha do vidro influencia diretamente no desempenho energético das edificações.

Neste sentido, quando analisado do ponto de vista da climatização artificial, os resultados demonstraram que a utilização de uma fachada semi-cortina se mostrou mais vantajosa do que uma fachada cortina tradicional devido ao menor percentual de abertura. Por outro lado, a fachada cortina tradicional favoreceu o aumento da carga térmica para resfriamento da edificação, uma vez que apresenta maior

transparência a radiação solar e consequentemente maior transmitância térmica, elevando dessa forma, o consumo para condicionamento artificial no edifício.

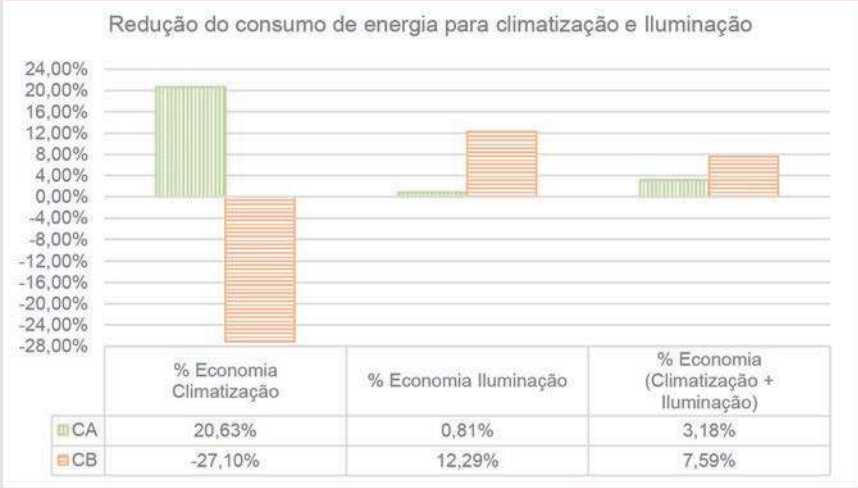


Figura 3. Gráfico da economia do consumo energético.

Diante disso, quando se fala em sustentabilidade e eficiência energética a análise do desempenho energético global do edifício é fundamental para a escolha adequada de um sistema construtivo. Desse modo, foram avaliados os dados de iluminação e climatização artificial de forma integrada, como forma de determinar o caso que apresenta maior acesso a luz natural e menor consumo de energia para ar-condicionado.

Assim, foi possível identificar que o CB, com fachada cortina tradicional, se mostrou o mais vantajoso por apresentar o melhor desempenho energético global, propiciando uma economia de energia de 7,59%, em comparação ao Caso Referência, quando combinados os resultados de iluminação e climatização artificial. É importante destacar, que esse sistema fomentou o consumo para ar-condicionado em 27,10%, no entanto a economia de energia

para iluminação na ordem de 12,29% foi capaz de compensar esse aumento no consumo. No que diz respeito ao CA, os resultados foram próximos ao Case Base, ainda assim, apenas a substituição do vidro foi capaz propiciar uma economia de energia de 3,18%.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho buscou avaliar o impacto de diferentes tipologias de fachadas envidraçadas, no desempenho energético de um edifício de escritórios, considerando o grupo climático 5 (GCL-05) da INI-C, durante a fase operacional da edificação. Os resultados foram comparados com um Caso Referência com fachada semi-cortina.

No que se refere a climatização artificial, o CA apresentou melhor desempenho energético em relação aos casos CA e CB, sendo a melhor alterativa para minimizar

problemas de superaquecimento comuns em fachadas envidraçadas. No entanto, analisar o edifício como um todo é imprescindível quando se busca a eficiência energética em edificações, neste sentido, o CB, com fachada cortina tradicional se mostrou a alternativa mais vantajosa por apresentar o melhor desempenho energético global, favorecendo a redução do consumo de energia em 7,59%, quando comparada ao Caso Referência. Isso aconteceu, pois embora essa tipologia construtiva proporcionou o acréscimo do consumo para condicionamento artificial, a redução no consumo para iluminação artificial foi capaz de reverter esse aumento no consumo final.

Além disso, observou-se que a escolha do tipo de vidro pode impactar significativamente o consumo de energia nas edificações, uma vez que influencia nas transferências de calor e no acesso a luz natural para o ambiente interno, impactando diretamente as demandas de climatização e iluminação artificial.

Assim, a principal contribuição deste trabalho diz respeito a importância da análise do edifício como um todo, na busca por edifícios mais sustentáveis e eficientes energeticamente. Sugere-se para trabalhos futuros, estender essa pesquisa a outras tipologias de fachadas, combinando a análise energética a de desempenho lumínico, e avaliação dos impactos ambientais de diferentes soluções de envoltória.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERANT AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE Standart 55** – Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, USA: 2013.

ANDREIS, C.; BESEN, P.; WESTPHAL, F. S. Desempenho energético de fachadas envidraçadas em climas brasileiros. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído: Avanços no desempenho das construções - pesquisa, inovação e capacitação profissional, 2017, Maceió. **Anais [...]** Maceió, 2014, p. 926–935, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, RJ, 2005a.

_____.**NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, RJ, 2013.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Inmetro. **Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de2021. Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C).** Diário Oficial da União, Brasília - DF, 2021.

BRUGNERA, R. R; MATEUS, R.; ROSSIGNOLO, J. A.; CHVATAL, K. M. S. Escritórios de planta livre: o impacto de diferentes soluções de fachada na eficiência energética**. Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 19, n. 3, p. 295-315, jul./set. 2019.

CBE - CENTER FOR THE BUILT ENVIRONMENT. About mixed-mode. Disponível em: < https://cbe.berkeley.edu/mixedmode/index.html>. Acesso em: 13 mar. 2020.

HUANG, Y.; NIU, J. L. Optimal building envelope design based on simulated performance: History, current status and new potentials. **Energy and Buildings**, v. 117, p. 387–398, apr. 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Global Energy & CO2 Status Report 2019**. Disponível em: https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019. Acesso em: 20 mar. 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3.ed., Rio de Janeiro, RJ: Eletrobras/PROCEL/PROCEL Edifica, 2014.

LBNL Windows & Daylighting Software: WINDOW Version 7.7, Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL). 2021. Disponível em: https://windows.lbl.gov/software-release-window-7707. Acesso em: 03 mar. 2021.

LEITZKE, R.K.; FREITAS, J.R.; BELTRAME, C.M.; SEIXAS, J.N.; MACIEL, T.S.; CUNHA, E.G.; RHEIGANTZ, 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, 2018.

MARCONDES, M. P. **Soluções Projetuais de Fachadas para Edifícios de Escritórios com Ventilação Natural em São Paulo**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

MEUSEL, M. D. Z. VON. **Investigação da simulação computacional de desempenho energético integrada às etapas iniciais do processo de projeto**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2016.

OLIVEIRA, L. DE; HELENA, T.; MARQUES, T. Building Envelope Energy Performance of High-Rise Office buildings in São Paulo city, Brazil. **Procedia Environmental Sciences**, v. 38, p. 821-829, 2017.

PEREIRA, E. B. *et al*. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/atlas_solar.html. Acesso em: 3 mar. 2020.

USDOE. DEPARTMENT OF ENERGY USA. EnergyPlus Version 8.7 Documentation: Input Output Reference - The Encyclopedic Reference to EnergyPlus Input and Output. San Francisco, CA: NREL, 2019. Disponível em: https://energyplus.net/sites/all/modules/custom/nrel_custom/pdfs/pdfs_v8.7.0/InputOutputReference.pdf. Acesso em: 20 abr. 2020.