

## Comparação de cargas térmicas solares por simulação em fachada envidraçada para análise em eficiência energética

As atuais crises de energia fazem com que pesquisas relacionadas à Eficiência Energética (EE) estejam cada vez mais em discussão. Nesse contexto e, com propósito de possibilitar que sejam tomadas decisões de projeto que melhorem a EE de uma Edificação (EEE), o objetivo desse trabalho foi analisar o comportamento térmico de uma edificação envidraçada, em uma cidade de clima Tropical. Para a análise foi projetado um ambiente com uma vedação em vidro, com o piso e a cobertura sem alterações em suas dimensões e nem nos materiais. Assim foram realizadas simulações através de um software termo-energético, em alternância simultânea de 4 variáveis da edificação: 4 tipos de vidros, 4 porcentagens de abertura envidraçada, 5 orientações solares, e o uso ou não de persiana. As simulações resultaram em informações técnicas sobre carga térmica gerada no ambiente, possibilitando decisões de projeto que melhoram a EEE. As análises dos resultados comprovaram a EE dos vidros Laminado (LA), Piro-lítico (PI) e a Vácuo (VC) em relação ao vidro Temperado (VT). No uso dos demais vidros analisados, o PI e o VC, apesar de possuírem valores de mercado superiores ao do LA, não apresentam uma diminuição de carga térmica significativa em relação ao VT.

**Palavras-chave:** Eficiência energética; Carga térmica solar; Simulação em edificação.

## Comparative analysis of solar thermal loads in glazed façade for energy efficiency studies

The current energy crises make research related to Energy Efficiency (EE) increasingly under discussion. In this context, and with the purpose of enabling design decisions to be taken to improve the EE of a Building (EEE), the objective of this paper was to analyze the thermal behavior of a glazed building, in a city with a tropical climate. For the analysis, an environment with a glass fence was designed, with the floor and roof without changes in their dimensions or materials. Thus, simulations were carried out through a thermo-energy software, in simultaneous alternation of four building variables: four types of glass, four percentages of glazed opening, five solar orientations, and the use or not of blinds. The simulations resulted in technical information about the thermal load generated in the environment, enabling design decisions that improve the EEE. The analysis of the results confirmed the EE of Laminated (LA), Pyrolytic (PI) and Vacuum (VC) glasses in relation to Tempered (VT) glass. In the use of the other analyzed glasses, the PI and the VC, despite having higher market values than the LA, do not present a significant decrease in the thermal load in relation to the VT.

**Keywords:** Energy efficiency; Solar thermal load; Simulation in building.

Topic: **Construções e Arquitetura Sustentáveis**

Received: **06/05/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Approved: **26/05/2022**

**Octávio Ferreira Loureiro de Almeida** 

Universidade do Porto, Portugal

<http://lattes.cnpq.br/5202012310105987>

<http://orcid.org/0000-0003-0774-1701>

[arquitetooctavio@gmail.com](mailto:arquitetooctavio@gmail.com)

**Andréa Teresa Riccio Barbosa** 

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Brasil

<http://lattes.cnpq.br/4025767578391844>

<http://orcid.org/0000-0002-2021-1310>

[andrea.barbosa@ufms.br](mailto:andrea.barbosa@ufms.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0007

### Referencing this:

ALMEIDA, O. F. L.; BARBOSA, A. T. R.. Comparação de cargas térmicas solares por simulação em fachada envidraçada para análise em eficiência energética. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.13, n.5, p.79-93, 2022. DOI:

<http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2022.005.0007>

## INTRODUÇÃO

Atualmente, pesquisas relacionadas à Eficiência Energética (EE) estão em desenvolvimento, gerando discussões importantes, com preocupação, principalmente, em relação aos problemas de escassez e aumento de demanda de energia. Dentre outros fatores que intensificam essa preocupação, observa-se a complicada situação econômica brasileira e o aumento nos custos energéticos. Isso faz com que pesquisas em Eficiência Energética na Edificação (EEE) se tornem cada vez mais necessárias.

Lamberts et al. (2015) informam em seus estudos que do consumo total da energia nacional, 23,3% são destinados às edificações residenciais, sendo que 15,4% referem-se aos edifícios comerciais e 8,0% aos edifícios públicos. Do total de energia consumida em edifícios comerciais, quase a metade (47,0%) se destina ao uso de condicionador de ar. Entretanto, essa porcentagem aumenta nos edifícios públicos, onde há o consumo de 48,0% de energia para esse fim, demonstrando a crescente utilização de energia para o condicionamento de ar.

No tocante às edificações envidraçadas, percebe-se que os fabricantes dos vidros para usos em fachadas envidraçadas fornecem tabelas técnicas, com suas propriedades térmicas, para possibilitar uma melhor leitura da EEE. Dessa forma, no primeiro momento, poderia se concluir que essas propriedades seriam suficientes para definir qual o vidro mais eficiente. Entretanto, somente considerar as propriedades térmicas fornecidas pelos fabricantes dos vidros, não são suficientes para a definição final de EE no tocante à carga térmica no ambiente. Assim, em certos momentos, fica difícil a compreensão de qual vidro é o mais eficiente energeticamente. Santos (2002), já acrescentava que as envoltórias em vidros, em países de clima quente, podem se tornar um problema, pois quando recebem as irradiações solares, o vidro pode contribuir consideravelmente para a elevação da temperatura no ambiente interno.

Várias pesquisas de âmbito internacional têm surgido para promover a utilização do vidro em fachadas prediais na edificação tais como: utilização de barreiras opacas/sombreamentos (CHAIYAPINUNT et al., 2014; GOMES et al., 2014; IYI et al., 2014; KHERZI, 2013; MORETTI et al., 2015; PARRA et al., 2015); proporções das aberturas envidraçadas para o meio externo (HEUSLER, 2014; HUIFEN, 2013; JANIKI et al., 2013); orientações solares e tipologia climática dessas fachadas (BRANDL et al., 2014; CHEDWAL, 2015; FOREST, 2015; FAVOINO et al., 2015; HILLIAHO et al., 2015; LARSEM et al., 2015; MERTIN et al., 2014; SADEGHIFAMA, 2015; XU, 2014); pesquisas sobre vidros de vedação (GRYNNING, 2015; ILLGUT et al., 2015; QU, 2014; LAI et al., 2015; ZANG, 2015) e até mesmo sistemas inovadores da EE em vidros (IBRAHIM, 2014; QAHTAN et al., 2014) .

No Brasil, tem-se observado também o incremento relacionado às pesquisas de EE em temperatura do ar em edifícios, como: em uso público ou com muita movimentação de pessoas, como hospitais e hotéis, (BUORO, 2008; BATISTA et al., 2011; KRUGER et al., 2012; LIMA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2013; CAMPOS, 2013; MELO et al., 2014) também em edificações residenciais de caráter social (VENDRAMIN et al., 2009; NOGUEIRA et al., 2010; TRIANA et al., 2015; INVIDIATA et al., 2016).

Entretanto, por mais atual que o assunto transcenda, até o momento não foi encontrada nenhuma

pesquisa em EE relacionada às envoltórias de vidro para a cidade de Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul (MS), localizada na Zona Bioclimática 6. Nota-se a importância deste estudo para projetistas e construtores de edificações que necessitam de iluminação natural para o conforto de seus usuários, mas que são submetidos invariavelmente ao ganho de calor. Com isso surge a necessidade de maiores pesquisas relacionadas à redução do consumo de energia, justificando-se a importância desse trabalho.

Desta maneira, para promover a discussão e pesquisa na EEE brasileira e na capital do Mato Grosso do Sul, esse trabalho teve como objetivo geral, realizar um estudo comparativo de carga térmica solar, com alteração de variáveis de uma edificação em um ambiente envidraçado, para a cidade de Campo Grande (MS). Desta forma, este trabalho visou analisar o ganho de carga térmica solar nessa edificação envidraçada, dependendo de certas condições construtivas e de orientação solar, resultando em maiores valores de consumo de energia elétrica, com condicionamento de ar, para manter a temperatura ambiente sempre em 24 °C, para um melhor conforto térmico. Para tal, foram utilizadas 4 variáveis nas simulações e em cada variável foram alterados alguns parâmetros, totalizando, assim, 160 simulações que representam a carga térmica e, conseqüente, consumo de energia. Utilizou-se o *software EnergyPlus*, que possibilitou a simulação de um ambiente, com variação das variáveis e de alguns parâmetros que podem contribuir com o aumento ou a diminuição do seu calor interno.

É possível, portanto que as simulações para este projeto possam auxiliar profissionais a elaborarem trabalhos ou a realizarem projetos de *retrofit*, que minimizem, em seus projetos, a utilização dos condicionadores de ar. Observa-se ainda que, as edificações cujas envoltórias sejam em vidro, só será possível que haja uma EE quando o profissional souber alinhar conhecimento das tecnologias do vidro e de suas fachadas, com a orientação solar, com o projeto, com o *design* e com a tecnologia da edificação.

Saliente-se que em um contexto energético mais atual, esse trabalho poderá auxiliar também a desenvolver melhores subsídios em torno do Programa Nacional de Etiquetagens (PNE) ao demonstrar algumas variáveis construtivas que amenizam o calor de um ambiente, provenientes da energia solar.

Desta maneira, ao se aprofundar no estudo de uma edificação cujas variáveis abrangem o aumento da iluminação natural e a minimização do uso do ar-condicionado, mais preciso será o cálculo da envoltória para seu uso eficiente.

## REVISÃO TEÓRICA

Várias pesquisas de âmbito internacional têm surgido para promover a utilização do vidro em fachadas prediais tais como: utilização de barreiras opacas para sombreamentos em fechadas (CHAIYAPINUNT et al., 2014; MORETTI et al., 2015; PARRA et al., 2015); proporções das aberturas envidraçadas para o meio externo (HEUSLER, 2014; HUIFEN, 2013); orientações solares da fachada envidraçada e da tipologia climática dessas fachadas (CHEDWAL, 2015; FOREST, 2015; FAVOINO et al., 2015; MERTIN et al., 2014; SADEGHIFAMA, 2015), pesquisas sobre vidros de vedação predial (GRYNNING, 2015; ILLGUT et al., 2015; QU, 2014; LAI et al., 2015; ZANG, 2015), entre outros.

Nos contextos das pesquisas, Qu (2014) estudou revestimentos de fachadas utilizados como isolantes térmicos considerados satisfatórios em EE para uso em vidros, pesquisando suas propriedades térmicas, elétricas e de desgaste. Suas conclusões definiram a eficiência desses materiais nos vidros e a sua boa resistência ao desgaste natural.

Chaiyapinunt et al. (2014) estudaram sobre a instalação de persiana em um pano de vidro (janela sem a opção de abertura para o meio externo) na transmissão de calor solar para o ambiente interno, comparando um modelo matemático desenvolvido em experimentos anteriores sobre o assunto, para a validação de seus estudos. Eles definiram e compararam a variação do coeficiente de ganho de calor solar (SHGC) com os parâmetros da persiana (propriedades óticas, espaçamento entre as haletas, distância entre a janela de vidro, ângulo do perfil das haletas e ângulo do perfil solar). Foram estudadas a variação do SHGC pelas ondas curtas e longas de radiação solar com os parâmetros da persiana. O entendimento dessas variações proporcionou, segundo os autores, informações importantes para o estudo do conforto térmico para uma pessoa que fica perto do pano de vidro.

Na área do *design* sobre fachadas em vidro, Heusler (2014), ao descrever em seu artigo sobre a importância do uso de vidro nas fachadas das edificações para a arquitetura, a tecnologia e o seu uso pelas pessoas, afirma que existe um grande desafio em conciliar esses parâmetros à elegância do *design* da fachada. Em seguida, ele apresentou critérios para se avaliar a eficiência funcional da fachada (térmica, acústica e lumínica) considerando a proporção da área de vidro na fachada. Com isso, o estudo apresentou os critérios que influenciam na elegância do *design* e na eficiência das fachadas. Assim, discute-se, nesse trabalho, o *design* do vidro, assim como seu tipo e formas de arranjo nas fachadas, sendo elas retas ou curvas. Em outro estudo, Mertin et al. (2014) descreveram sobre o uso de películas térmicas coloridas em fachada de vidro, sendo opacas para o olho humano, mas altamente transparentes para a energia solar, permitindo, segundo os autores, uma perfeita integração na arquitetura da edificação. As propriedades óticas desses revestimentos foram determinadas por elipsometria espectroscópica e espectrofotometria. Os padrões de cores também foram definidos seguindo critérios do ângulo de visão das pessoas ao olhar para as fachadas. Foi comprovada que a cor das vidraças definidas pela película pode ser combinada com as cores de janelas comerciais. Em comparação com os painéis de vidro não revestidos, os autores afirmaram que as amostras coloridas apresentadas para as películas, têm certas perdas de energia na incidência solar normal, e que essa diferença se reduz para maiores ângulos de incidência.

Pedrini et al. (2005) apresentaram um método para estimar a influência das decisões de *design* da arquitetura no desempenho energético de um edifício, durante os estágios iniciais do projeto. Seus estudos descreveram que as decisões iniciais de projeto são as mais importantes e, portanto, sugeriram um método de avaliação que não fosse específico para toda a geometria do edifício. O método foi baseado em uma interface gráfica criada pelos autores, vinculado a um banco de dados, utilizado para representar prédios de escritórios na cidade de Brisban, na Austrália (verão morno úmido e inverno suave). Essa interface gráfica permitiu o estudo qualitativo e quantitativo do efeito combinado de variáveis estéticas das fachadas dos prédios e a estimativa do desempenho do *design* no projeto a ser realizado.

No Brasil, tem-se observado o aumento de pesquisas relacionadas à EE em temperatura do ar em edifícios, em uso público ou com muita movimentação de pessoas, como hospitais e hotéis (BUORO, 2008; BATISTA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013) e em edificações residenciais de caráter social (VENDRAMIN et al., 2009; NOGUEIRA et al., 2010; INVIDIATA et al., 2016).

Batista et al. (2011) descreveram uma pesquisa abordando a aplicação do Regulamento de Qualidade Técnica de Avaliação de EE para Edifícios Comerciais, de Serviço e Governamentais (RTQ-C), a fim de verificar se o sistema de construção convencional para edifícios está em conformidade com esses requisitos. Seus estudos aplicaram o cálculo do RTQ-C em dois edifícios comerciais na cidade estudada para se calcular os níveis de eficiência de suas fachadas (denominados ‘envelopes’) e com possíveis propostas de alterações para atualizar seus desempenhos energéticos. As conclusões nos 2 estudos de caso indicaram que o RTQ-C adota requisitos técnicos não muito rigorosos. Com isso, seus estudos concluíram que estes requisitos devem ser revistos, a fim de torná-los mais restritivos e que se obtenha melhorias adicionais no ambiente para resultar em melhor EEE nas construções comerciais brasileiras.

Invidiata et al. (2016) avaliaram o desempenho energético de quatro sistemas de sombreamento para janelas (blocos de concreto perfurado, persianas duplas de alumínio, persianas de PVC e persianas duplas de madeira) em uma residência brasileira (Florianópolis-SC), utilizando análises de consumo de energia no ciclo de vida dessa residência, considerada de 63 anos. Os resultados mostraram que o uso de persianas de madeira e de PVC são as soluções mais adequadas para o sombreamento das janelas, em termos de menor consumo de energia e de custos, caso não fossem substituídas durante a vida útil do prédio. Esse artigo, segundo os autores, apontou a necessidade de usar a metodologia proposta para se garantir a escolha correta de estratégias de EE em edifícios.

Kruger et al. (2012) também estudaram o desempenho energético da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária por meio de RTQ-C, em diferentes Zonas Bioclimáticas brasileiras (ZB’s). Em apenas seis situações verificou-se que a envoltória do projeto padrão original não atingiu o nível “A”. Para esses casos, foram realizadas propostas de alterações que a classificassem com o nível “A”. Para avaliar o potencial de economia de energia elétrica do sistema de ar-condicionado com as alterações propostas, foram realizadas simulações em *software* considerando o projeto original e o projeto proposto. Os resultados, segundo os autores, mostraram que é possível que se tenha economias em até 30,5% nos edifícios se obtiverem o nível “A”.

## **METODOLOGIA**

Para realizar, na cidade de Campo Grande, uma análise sobre EEE em sala comercial envidraçada foram executadas simulações no *software* EnergyPlus, compiladas com quatro variáveis da edificação: orientação solar, porcentagem de abertura das paredes envidraçadas, tipo de vidro e uso de persianas internas. Com as alterações das variáveis no *software*, foi possível controlar e observar as propriedades que elas produziram no experimento, ou seja, em uma pesquisa de causa e efeito.

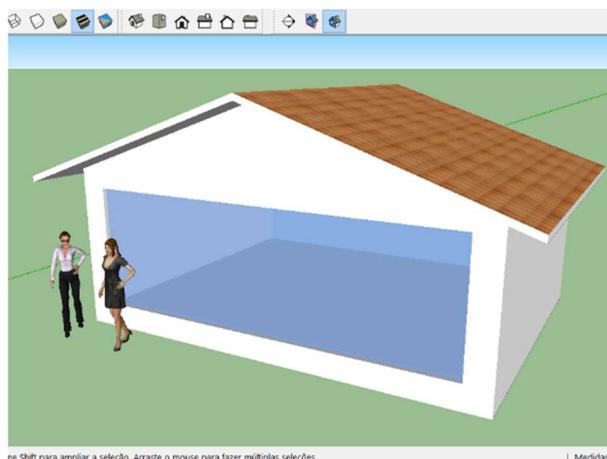
Nas simulações, ao se tratar especificamente de calor em ambiente interno provindos da energia

solar, não foram consideradas as cargas térmicas provenientes de equipamentos, de iluminação e até mesmo de pessoas no ambiente. Nota-se que há mudança de apenas uma variável por simulação, considerando-se as demais condições, todas iguais. Não foram realizadas análises sobre as propriedades e a intensidade da iluminação natural do ambiente, mesmo sabendo que suas qualidades são oriundas de maiores vedações transparentes.

O ambiente para as simulações foi projetado com quatro paredes, piso e cobertura. Suas dimensões foram de 7,50 x 5,00 m, e pé direito de 2,65 m. Observa-se que nas simulações, apenas uma parede teve vedação em vidro e as outras três paredes, assim como o piso e a cobertura não tiveram alterações em suas dimensões e nem nos materiais.

O ambiente foi simulado em alvenaria com tijolo cerâmico oito furos (9,0 x 19,0 x 19,0 cm), com argamassa de reboco de 2,5 cm (duas faces) e de assentamento de 2,0 cm, totalizando espessura final da parede de 14 cm. Com acabamento no próprio reboco com traço de 1:2:8 (cimento, cal e areia), com pintura interna e externa na cor clara (branco neve). O piso é de laje de concreto maciço de 12,0 cm de espessura e acabamento em piso cerâmico com 7,0 cm de espessura.

A cobertura é em laje de concreto maciço de 12,0 cm de espessura com telha cerâmica tipo romana, com 1,0 cm de espessura, não esmaltada, com estrutura em madeira. Com duas e inclinação de 35%, com beiral de 60 cm de projeção em toda sua extensão, conforme modelo demonstrado na Figura 1.



**Figura 1:** Modelo tridimensional dos 4 ambientes a serem simulados, com as vedações em vidro em 75% da área de vedação da alvenaria.

### Características das variáveis utilizadas nas simulações

Cada uma das quatro variáveis utilizadas nas simulações tinha suas características físicas modificadas (denominadas parâmetros). São elas: Tipo de vidro utilizado na vedação (4 parâmetros); Orientação solar da parede envidraçada do ambiente de estudo (5 parâmetros); Uso de persianas para uso como protetores solares térmicos (2 parâmetros); e Proporção de área da parede envidraçada (4 parâmetros).

Com essa quantidade de variáveis e parâmetros a serem variados, foram realizadas 160 simulações (4 x 5 x 2 x 4 parâmetros) para um dia típico de verão, em Campo Grande, sendo esse dia com a maior temperatura registrada e definida pelo banco de dados do *software*. As quatro variáveis e seus parâmetros são descritos a seguir.

## Vidros

O critério para a escolha dos quatro tipos de vidro usado nas simulações foi do vidro mais utilizado em vedações (Vidro Temperado - VT) e outros três definidos como “eficientes” energeticamente (Laminado VL, Refletivo Metalizado Pirolítico e Refletivo Metalizado a Vácuo), todos com 8 mm de espessura. Os índices térmicos dos vidros foram obtidos na Abividro (2007).

## Orientação solar da parede envidraçada

A orientação solar de uma parede em vidro é importante para o cálculo de carga térmica de uma edificação. Desta forma, o ambiente foi simulado para a cidade de Campo Grande (MS), considerando cinco orientações solares (5 parâmetros). A alvenaria com a vedação em vidro ficou estrategicamente orientada para as maiores incidências do sol no período de verão: Leste, Nordeste, Norte, Noroeste e Oeste.

## Persiana

A utilização de persianas em ambientes com envoltórias em vidro contribui para o ganho e a perda de carga térmica em um ambiente. Desta forma, as simulações com esta variável ocorreram com dois parâmetros: um com persianas englobando 100% de vedação solar da envoltória em vidro (instaladas há 2,0 cm da parede), e outro sem persianas. As propriedades do material da persiana foram obtidas pelo guia do *EnergyPlus*. Nos casos sem persiana, esse objeto não é utilizado. Foi definido que o material da persiana foi o PVC, de cor clara bege (Pantone 13-1404 TCX *Pale Dogwood*). O manual do *software* define suas características de transmitância, refletância e emissividade do material PVC bege.

## Área envidraçada

Sabe-se que os edifícios não respondem de maneira uniforme a sistemas de iluminação natural: o sucesso ou a necessidade de melhorias dependem das características arquitetônicas do edifício, do *design* interior, das obstruções exteriores e, até mesmo, das condições meteorológicas, entre outros fatores. É importante destacar e compreender o impacto que estas orientações solares proporcionam no sistema de iluminação natural, pois ao planejar estrategicamente, levando-se em conta estes fatores, é possível chegar a um sistema ideal para um determinado empreendimento. Da mesma forma, o tamanho das aberturas envidraçadas também vai agregar, além de uma maior ou menor iluminação natural, um ganho de carga térmica solar. Portanto, ao se estudar a proporção das paredes envidraçadas, resulta-se em maior ou menor EE no ambiente edificado. Para a conformação desses dados, em cada simulação, houve 4 diferentes tamanhos de aberturas com vedações em vidro na parede que recebeu a incidência solar. As aberturas foram de 100% da área total da parede (19,87 m<sup>2</sup>), e aberturas em aproximadamente 75% (15,05 m<sup>2</sup>), 50% (9,92 m<sup>2</sup>), e 25% (4,84 m<sup>2</sup>). Nestes 3 últimos casos, as aberturas foram localizadas nos eixos médios das dimensões da parede (altura e largura).

## Software EnergyPlus e a inserção de dados

A partir das definições das variáveis, os dados coletados foram inseridos no *software Energyplus*. Para iniciar a modelagem da simulação, foi necessário realizar um levantamento de todos os fatores que influenciam na carga térmica. Posteriormente, foi necessária a criação, em outra plataforma (*Skechup*), da edificação com suas dimensões. Os parâmetros das variáveis foram modificados para totalizar as 160 simulações. Em seguida, na plataforma *EnergyPlus*, foram inseridas as características dos materiais construtivos dessa edificação. Definiram-se então os sistemas de coordenadas geográficas orientadas inicialmente pelo Norte, em que as paredes sofreram a incidência do clima.

Para as configurações de arquivo climático, foram inseridos os dados climatológicos (zona térmica) da cidade de Campo Grande. O arquivo para a simulação foi obtido no formato \*ddy (dias típicos de inverno e de verão), que é disponibilizado pelo próprio portal do *software* (ENERGYPLUS). Para tal, somente um dia típico de verão foi simulado. O dia selecionado é considerado o mais quente para todo o verão. Ainda assim, para esse dia, as simulações de carga foram realizadas de hora em hora, perfazendo 24 cargas térmicas para o dia mais quente. Para isso, o banco de dados do dia mais quente existente no *software* foi utilizado no arquivo para as simulações. Utilizou-se ainda a temperatura do solo do arquivo climático no formato \*stat, também fornecida pelo *EnergyPlus*.

## RESULTADOS

Os diversos cenários com os respectivos valores de carga térmica fornecidos pelo *software* foram gerados em forma de Tabelas, com destaques em cores. Para sua leitura e melhor compreensão, foi criada uma legenda, representada pela Tabela 1.

**Tabela 1:** Legenda para as tabelas de cargas térmicas.

VARIÁVEL	TIPO	LEGENDA
Tipos de vidro	Temperado	Vtemp
	Laminado	Vlami
	Refletivo Pirolítico	Vpiro
	Refletivo a Vácuo	Vvacuo
Área envidraçada	100%	100
	75%	75
	50%	50
	25%	25
Orientação solar	Leste	L
	Noroeste	NO
	Norte	N
	Nordeste	NE
	Oeste	O
Persiana	com	on
	sem	off

Um dos resultados compilados do *software* são apresentados na Tabela 2. Os valores foram divididos em quatro partes (por tipos de vidro- Vtemp, Vlami, Vpiro e Vvacuo) cujas colunas apresentam as orientações solares (O, NO, N, NE e L); as linhas apresentam as proporções de aberturas em vidro (25, 50, 75 e 100) com o uso (*on*) ou não (*off*) de persiana. Para melhor compreensão, todos os valores das Tabelas foram apresentados com uma graduação de cores (vermelho, amarelo e verde), sendo vermelha para a maior carga

térmica em W, graduando para a amarela até finalizar na verde (menor carga térmica).

**Tabela 2:** Resultado das cargas térmicas, em W, geradas através de simulações do software.

<b>Vtemp</b>					
	O	NO	N	NE	L
25off	2345,88	2059,54	1796,56	1855,39	1881,21
50off	2987,85	2400,57	1901,46	1975,41	2039,78
75off	3559,85	2669,72	1999,51	2087,60	2171,65
100off	3926,82	2870,86	2073,80	2171,43	2274,11
25on	2336,96	2039,67	1755,34	1796,93	1798,96
50on	2979,64	2355,16	1833,08	1871,98	1887,43
75on	3511,35	2606,37	1904,32	1948,09	1970,26
100on	3859,42	2822,14	1972,98	2011,11	2206,40
<b>Vpiro</b>					
	O	NO	N	NE	L
25off	2153,67	1950,67	1761,34	1810,08	1822,57
50off	2591,57	2188,70	1825,37	1878,71	1915,30
75off	2989,14	2377,55	1893,09	1954,82	2003,43
100off	3244,52	2517,56	1945,79	2013,37	2068,34
25on	2223,17	1976,96	1748,83	1788,80	1788,82
50on	2736,37	2234,54	1809,68	1844,83	1855,57
75on	3173,84	2435,39	1869,92	1908,35	1923,86
100on	3458,84	2605,07	1918,11	1959,16	1978,06
<b>Vlami</b>					
	O	NO	N	NE	L
25off	2144,59	1942,14	1752,41	1798,57	1807,58
50off	2562,25	2169,31	1809,18	1857,23	1886,82
75off	2944,15	2348,63	1870,26	1925,16	1964,87
100off	3186,32	2479,78	1918,23	1978,01	2023,34
25on	2206,97	1967,24	1747,19	1786,68	1786,13
50on	2705,57	2215,76	1804,89	1838,95	1848,54
75on	3129,26	2409,00	1862,83	1899,73	1913,65
100on	3404,13	2572,55	1909,16	1948,36	1965,37
<b>Vvacuo</b>					
	O	NO	N	NE	L
25off	2202,98	1970,14	1749,94	1795,20	1803,20
50off	2663,69	2218,96	1810,42	1856,77	1884,69
75off	3087,08	2414,21	1872,17	1925,03	1962,99
100off	3351,49	2554,70	1921,00	1978,57	2022,40
25on	2246,33	1985,39	1747,74	1787,19	1786,72
50on	2794,81	2250,15	1808,77	1842,77	1853,02
75on	3251,28	2455,97	1868,43	1905,29	1920,26
100on	3540,58	2637,06	1916,14	1955,30	1973,72

## DISCUSSÃO

Para análise dos dados gerados nas simulações, os valores foram organizados e tabelados, possibilitando a comparação desses dados de forma adequada, entre as 4 variáveis. Com essa organização, foi possível dividir os dados e realizar diferentes análises tais como: comparação da geração de carga térmica considerando as orientações solares e comparação da geração de carga térmica entre os diferentes tipos de vidro.

### Análise entre as orientações solares

Nessa análise, uma orientação solar se mantinha fixa e verificava-se, pela simulação, a quantidade de energia em W necessária para que o ambiente ficasse a 24 °C, com o auxílio de um condicionador de ar, variando-se os demais parâmetros (tipo de vidro, tamanho de abertura em vidro, com e sem persiana), um de cada vez.

Dessa forma, fez-se a simulação, sem persiana, para cada um dos tipos de vidro, considerando a

abertura de 100 %. Esses dados foram registrados em tabelas. Logo após, para a mesma orientação solar, simulou-se cada um dos vidros com 75% de abertura. Assim, sucessivamente para cada tipo de vidro e tamanho de abertura. Depois, todas as simulações foram realizadas novamente, considerando o uso de persiana.

Esses dados foram analisados e classificados conforme o vidro utilizado, em ordem crescente de energia necessária, separando com e sem o uso de persiana. Com essa classificação foi possível ver o vidro que consome mais energia em determinada orientação solar, conforme o tamanho de abertura. Todas as simulações, portanto, foram realizadas para cada orientação solar considerada (Leste, Nordeste, Norte, Noroeste e Oeste).

**Tabela 3:** Tabela de carga térmica por variáveis para a orientação Oeste (valores em W).

Orientação solar: O													
Persiana: on													
100			75			50			25			VR ↓ (W)	
	%↑	W↑		%↑	W↑		%↑	W↑		%↑	W↑		
Vlami	3404,13		Vlami	3129,26		Vlami	2705,57		Vlami	2206,97		2206,97	
Vpiro	3458,84	1,61	Vpiro	3173,84	1,42	Vpiro	2736,37	1,14	Vpiro	2223,17	0,73	16,2	
Vvacuo	3540,58	4,01	Vvacuo	3251,28	3,90	Vvacuo	2794,81	3,30	Vvacuo	2246,33	1,04	39,36	
Vtemp	3859,42	13,37	Vtemp	3511,35	12,21	Vtemp	2979,64	10,13	Vtemp	2336,96	5,89	129,99	
Persiana: off													
100			75			50			25			VR ↓ (W)	
	%↑	W↑		%↑	W↑		%↑	W↑		%↑	W↑		
Vlami	3186,32		Vlami	2944,15		Vlami	2562,25		Vlami	2144,59		2144,59	
Vpiro	3244,52	1,83	Vpiro	2989,14	1,53	Vpiro	2591,57	1,14	Vpiro	2153,67	0,42	9,08	
Vvacuo	3351,49	5,18	Vvacuo	3087,08	4,85	Vvacuo	2663,69	3,96	Vvacuo	2202,98	2,72	49,31	
Vtemp	3926,82	23,24	Vtemp	3559,85	20,91	Vtemp	2987,85	16,61	Vtemp	2345,88	9,39	201,29	

100				
vidro	on	off	V%↑↓	W↑↓
Vvacuo	3540,58	3926,82	-9,84	-386,24
Vpiro	3458,84	3351,49	3,20	107,35
Vlami	3404,13	3244,52	4,92	159,61
Vtemp	3404,13	3186,32	6,84	217,81

75				
vidro	on	off	V%↑↓	W↑↓
Vvacuo	3511,35	3559,85	-1,36	-48,5
Vpiro	3251,28	3087,08	5,32	164,2
Vlami	3173,84	2989,14	6,18	184,7
Vtemp	3129,26	2944,15	6,29	185,11

50				
vidro	on	off	V%↑↓	W↑↓
Vvacuo	2979,64	2987,85	-0,27	-8,21
Vpiro	2794,81	2663,69	4,92	131,12
Vlami	2736,37	2591,57	5,59	144,8
Vtemp	2705,57	2562,25	5,59	143,32

25				
vidro	on	off	V%↑↓	W↑↓
Vvacuo	2336,96	2345,88	-0,38	-8,92
Vpiro	2246,33	2202,98	1,97	43,35
Vtemp	2206,97	2144,59	2,91	62,38
Vlami	2223,17	2153,67	3,23	69,5

Nessa análise por orientação solar foram organizadas 10 tabelas, referentes às cinco orientações solares, com o uso ou não de persiana (5x2). Cada tabela possuía em suas linhas, os 4 tipos de vidros analisados, e nas colunas, a proporção de abertura, apresentando os valores de energia necessária em W gasto com o condicionador de ar para manter a temperatura em 24 ° C. Essa relação foi apresentada de duas formas: em valores absolutos de energia (W) e os valores percentuais da diferença de gasto energético do vidro que necessita de menor quantidade de energia e o de análise (%).

A Tabela x apresenta uma das configurações. A Tabela 3 refere-se à orientação solar Oeste (O) e na análise de abertura 100%, o vidro laminado necessita de menor energia (que nesse caso se torna a referência), seguido do Pirolítico, o terceiro é o a vácuo e o que necessita de energia de todos é o laminado. O pirolítico necessita de 54,71 W a mais do que o laminado, representando um gasto percentual de 1,61 % a mais. O a Vácuo necessita de 136,45 W a mais do que o laminado e o gasto energético é 4,01 % maior que o laminado. O vidro Temperado necessita de 455,29 W a mais do que o laminado e representando um gasto energético de 13,37% a mais do que o vidro Laminado.

Na análise de abertura 100%, o vidro laminado necessita de menor energia (que nesse caso se torna a referência), seguido do Pirolítico, o terceiro é o a vácuo e o que necessita de energia de todos é o laminado.

O pirolítico necessita de 54,71 W a mais do que o laminado, representando um gasto percentual de 1,61 % a mais. O a Vácuo necessita de 136,45 W a mais do que o laminado e o gasto energético é 4,01 % maior que o laminado. O vidro Temperado necessita de 455,29 W a mais do que o laminado e representando um gasto energético de 13,37% a mais do que o vidro Laminado.

### Análise por comparativo entre os tipos de vidro

Essas simulações referem-se aos tipos de vidro (4 tipos), com o uso ou não de persiana (4x2 Tabelas). Dessa forma, fixou-se um tipo de vidro e variava-se as proporções de abertura (quatro) representadas nas linhas das tabelas com as orientações solares representadas nas colunas. O valor numérico representado refere-se à quantidade de energia necessária para que o condicionador de ar estabeleça uma temperatura ambiente de 24 ° C. Com as tabelas foi possível analisar cada tipo de vidro, conforme orientação solar e proporção de abertura envidraçada, com e sem persianas. Essa relação foi apresentada de duas formas: com valores absolutos de energia (W) e em valor percentual (%) da diferença do vidro que gasta menos energia (referência) e o de análise.

A Tabela 4 refere-se a uma das configurações, sendo a do vidro temperado (Vtemp) e na análise da orientação Oeste, com diferentes tamanhos das aberturas. Verificou-se que se gasta 642,68 W a mais em energia com o vidro com 50 % de abertura em relação ao vidro com 25 % de abertura, representando um valor percentual maior de 27,50%. Para a abertura de 75%, em relação a de 25 % (que é a de menor gasto energético) utiliza-se 1.174,39 W a mais, representando uma diferença percentual de 50,25 % maior. E, finalmente com a abertura de 100 % em relação ao de 25 % de abertura, o gasto energético é de 1522,46 W maior, ou um gasto de 65,15 % mais de energia com o condicionamento de ar.

**Tabela 4:** Tabela de carga térmica por variáveis para o vidro temperado (valores em W).

Vtemp															
Persiana: on															
O	%↑	W↑	NO	%↑	W↑	N	%↑	W↑	NE	%↑	W↑	L	%↑	W↑	
25	2336,96		25	2039,67		25	1755,34		25	1796,93		25	1798,96		
50	2979,64	27,50	642,68	50	2355,16	15,47	315,49	50	1833,08	4,43	77,74	50	1887,43	4,92	
75	3511,35	50,25	1174,39	75	2606,37	27,78	566,7	75	1904,32	8,49	148,98	75	1948,09	8,41	
100	3859,42	65,15	1522,46	100	2822,14	38,36	782,47	100	1972,98	12,40	217,64	100	2011,11	11,92	
Persiana: off															
O	%↑	W↑	NO	%↑	W↑	N	%↑	W↑	NE	%↑	W↑	L	%↑	W↑	
25	2345,88		25	2059,54		25	1796,56		25	1855,39		25	1881,21		
50	2987,85	27,37	641,97	50	2400,57	16,56	341,03	50	1901,46	5,84	104,9	50	2039,78	8,43	
75	3559,85	51,75	1213,97	75	2669,72	29,63	610,18	75	1999,51	11,30	202,95	75	2171,65	15,44	
100	3926,82	67,39	1580,94	100	2870,86	39,39	811,32	100	2073,80	15,43	277,24	100	2171,43	17,03	

Vtemp				
O	on	off	V%↑↓	W↑↓
25	2336,96	2345,88	-0,38	-8,92
50	2979,64	2987,85	-0,27	-8,21
75	3511,35	3559,85	-1,36	-48,5
100	3859,42	3926,82	-1,72	-67,4

Vtemp				
NO	on	off	V%↑↓	W↑↓
25	2039,67	2059,54	-0,96	-19,87
50	2355,16	2400,57	-1,89	-45,41
75	2606,37	2669,72	-2,37	-63,35
100	2822,14	2870,86	-1,70	-48,72

Vtemp				
N	on	off	V%↑↓	W↑↓
25	1755,34	1796,56	-2,29	-41,22
50	1833,08	1901,46	-3,60	-68,38
75	1904,32	1999,51	-4,76	-95,19
100	1972,98	2073,80	-4,86	-100,82

Vtemp				
NE	on	off	V%↑↓	W↑↓
25	1796,93	1855,39	-3,15	-58,46
50	1871,98	1975,41	-5,24	-103,43
75	1948,09	2087,60	-6,68	-139,51
100	2011,11	2171,43	-7,38	-160,32

Vtemp				
L	on	off	V%↑↓	W↑↓
25	1798,96	1881,21	-4,37	-82,25
50	1887,43	2039,78	-7,47	-152,35
75	1970,26	2171,65	-9,27	-201,39
100	2206,40	2274,11	-2,98	-67,71

### Análise Geral

Como análise geral de todos os dados obtidos no *software* e compilados nas tabelas, comprovou-se a EE dos vidros Laminados, Pirolíticos e a Vácuo em relação aos vidros Temperados, com vantagens superiores em EE e preço dos vidros Laminados. Entretanto, pelo resultado obtido com a modificação das variáveis nas simulações, percebeu-se que o vidro Laminado, assim também como o a Vácuo e o Pirolítico,

não respondem como uma equação linear, para cada situação analisada.

Considerando-se as aberturas, as proporções de 25%, 50%, 75% e 100% apresentaram crescentes cargas térmicas ao ambiente, também sem uma relação linear.

Em relação ao uso da persiana, também deve ser estudada isoladamente, pois seu uso para fins de EE foi útil somente em determinados vidros e em determinadas orientações solares. De modo geral, nas aberturas de 75% e 100%, porém nas aberturas de 25% e de 50% seu uso não foi tão eficiente.

Como visão geral dos resultados e de forma sucinta, são apresentados os melhores vidros a serem utilizados para se obter EE (Tabela 5), conforme orientação solar, porcentagem de abertura e com o uso de persianas. A Tabela 5 está assim organizada: na Coluna 1 lista as diversas orientações solares analisadas, as Colunas restantes, referem-se às aberturas de (25%, 50%, 75% e 100%), sendo que cada abertura apresenta o melhor tipo de vidro para que se obtenha a melhor configuração de EE. Já a Tabela 6, é organizada da mesma forma, entretanto, com o uso de persianas. Dessa forma, essas informações poderão ser úteis para os projetistas que executam projetos em Campo Grande ou em outras cidades, com condições Bioclimáticas semelhantes à da Zona 6.

**Tabela 5:** Tabela resumo de uso do vidro pela sua EE com uso de persiana.

Orientação Solar	100-on				75-on			
	1	2	3	4	1	2	3	4
O	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
NO	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
N	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
NE	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
L	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
Orientação Solar	50-on				25-on			
	1	2	3	4	1	2	3	4
O	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
NO	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
N	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
NE	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
L	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp

Com a Tabela 5 é possível verificar que com 100% do vidro com o uso de persiana em todas as orientações solares o vidro mais eficiente energeticamente é o Laminado e o pior é o Temperado. Isso ocorre em todas as proporções de abertura e Orientação Solar, com o uso de persiana. A ordem de eficiência energética é alterada entre o Pirolítico e a Vácuo, conforme orientação solar e abertura. Caso seja analisado por orientação solar, sendo Oeste, o melhor seria o Vidro Laminado, seguido do Pirolítico, Vácuo e Temperado. Esse comportamento se repete para a Orientação Noroeste, entretanto é alterada nas Orientações Norte, Nordeste e Leste, sendo estas invertidas entre o Vácuo e Pirolítico.

Na Tabela 6 são apresentadas as mesmas condições, entretanto, sem o uso de persianas. Dessa forma, é possível obter orientações comprovadas de qual vidro escolher, conforme o tamanho do vidro na parede, a orientação solar e o uso ou não de persiana.

Pelo fato desse estudo ser único relacionado à cidade de Campo Grande, e por não ter sido encontradas publicações ou estudos relativos a esse tema em outras publicações pesquisadas, torna-se difícil sua comparação com temas relacionados.

**Tabela 6:** Tabela resumo de uso do vidro pela sua EE sem uso de persiana.

Orientação Solar	100-off				75-off			
	1	2	3	4	1	2	3	4
O	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
NO	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
N	Vlami	Vvacuo	piro	Vtemp	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp
NE	Vlami	Vvacuo	piro	Vtemp	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp
L	Vvacuo	Vlami	piro	Vtemp	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp
Orientação Solar	50-off				25-off			
	1	2	3	4	1	2	3	4
O	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
NO	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp	Vlami	Vpiro	Vvacuo	Vtemp
N	Vlami	Vvacuo	Vpiro	Vtemp	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp
NE	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp
L	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp	Vvacuo	Vlami	Vpiro	Vtemp

## CONCLUSÕES

Conforme descrito, percebe-se uma crescente preocupação mundial acerca dos problemas ambientais e obrigações legais relacionadas à EE. No Brasil, tais obrigações legais são regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que tem o objetivo de proporcionar condições favoráveis para que o mercado de energia elétrica se desenvolva com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade.

Em se tratando da tarifa de energia elétrica, Araújo (2016) informa que elas podem não seguir uma trajetória bem definida de aumento ou diminuição de valores. E, as alterações podem ser explicadas em razão de políticas adotadas, intervenções governamentais e diferentes fases do próprio setor elétrico brasileiro.

Conforme lembram Almeida et al. (2016), observa-se que o país passa por um período de aumento constante nas tarifas de energia, remetendo a ações que prezem pela redução de custos, com a finalidade de minimizar as incertezas econômicas, com enfoque na sustentabilidade e na EE.

Nesse sentido, ao adotar ações que proporcionem EE, pode-se obter economia com a implementação de projetos eficientes, em inúmeros ambientes utilizados pelo homem, tais como os ambientes de trabalho. Tais projetos podem alcançar resultados mais expressivos se adotados em locais que possuem diversos espaços ou salas com muito uso de pessoas como: salas comerciais, escritórios, escolas, faculdades, universidades, *shopping centers*, aeroportos, entre outros. A EE em ambientes, portanto, torna-se essencial.

Este trabalho pretendeu, portanto, contribuir para a melhoria nos estudos em EE e conseqüentemente com a economia brasileira, pois analisa um conjunto de elementos que compõe os resultados de carga térmica em um ambiente proveniente dos raios solares, através de uma janela em vidro. Desta maneira, buscou-se entender quais simulações são as mais eficientes para a cidade de Campo Grande.

Pretendeu-se também, desta maneira, que o profissional projetista, tais como arquitetos, engenheiros ou até mesmo *designers* de interiores (com o estudo do uso de persiana) pudesse entender melhor cada situação/simulação fornecida. Com isso, é importante que cada projeto, sendo de arquitetura ou de interiores possa ser implementado de maneira a se obter a EEE.

Assim, não se pode descartar o uso das simulações, mesmo quando as características dos vidros são

fornecidas pelos seus fabricantes. São muitas informações técnicas que, às vezes, podem levar o profissional a uma leitura equivocada de uma propriedade do vidro, e conseqüentemente, minimizar a EE ao qual se pretende.

Um dos exemplos comparativos que pode ser feito é a respeito da propriedade de Transmitância à radiação solar por incidência solar normal (Tsol). Pela Tabela dos fabricantes dos vidros, percebe-se que o Vidro Temperado possui o maior índice (0,75) em relação aos outros 3. Isto é, dentre os 4 vidros analisados, ele é o que mais transmite calor em determinado tempo, de uma de suas faces para outra, demonstrando sua ineficiência térmica. Ainda assim, a mesma Tabela informa que o vidro mais eficiente, para essa mesma propriedade é o a Vácuo, pois apresentou o menor valor (0,15). Entretanto, as simulações comprovaram que o vidro laminado proporcionou melhor EE. Esse, por sua vez, possui a Tsol quase 2 vezes superior ao a Vácuo (0,24). Comprova-se, desta maneira, que as propriedades dos vidros devem ser analisadas em conjunto e não por suas características isoladas.

## REFERÊNCIAS

ABIVIDRO. Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro. **Anuário**. São Paulo: ABIVIDRO, 2007.

ALMEIDA, O. F. L.; POMPEU, A. M.; BARBOSA, A. T. R.. Estudo em eficiência energética em iluminação em salas de aula. **Revista Multitemas**, Campo Grande, v.21, n.49, p.59-78, 2016.

ARAÚJO, F. O.. **Projeto, execução e análises econômicas de um gerador solar fotovoltaico composto por microinversores**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2016.

BATISTA, N. N.; LA ROVERE, E. L.; AGUIAR, J. C. R.. Energy efficiency labeling of buildings: An assessment of the Brazilian case. **Energy and Buildings**, v.43, n.6, p.1179, 2011.

BUORO, A. B.. **Conforto térmico e eficiência energética em hotéis econômicos**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CHAIYAPINUNT, S.; KHAMPORN, N.. Heat transmission through a glass window with a curved venetian blind installed. **Solar Energy**, v.110, p.71-82, 2014.

FOREST, N.. United States energy and CO2 savings potential from deployment of near-infrared electrochromic window glazings. **Buildings and Environment**, v.89, p.107-117, 2015.

GRYNNING, S.. **Transparent facades in low energy office buildings**. Numerical simulations and experimental studies. Thesis (Doctorate) - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2015.

HEUSLER, W.. Nutzerorientierte aspekte bei der anwendung von glas in fassaden. **Stahlbau**, v.83, n.S1, p.137-147, 2014.

HUIFEN, Z.. Mathematical modeling of double-skin facade in Northern area of China. **Mathematical Problems in Engineering**, p.10, 2013.

ILLGUT, M.; SCHULER, C.; BUCAK, O.. The effect of optical

anisotropy of building glass façades and its measurement methods. **Science Direct**, v.4, p.119-126, 2015,

INVIDIATA, A.; GHISI, E.. Life-cycle energy and cost analyses of window shading used to improve the thermal performance of houses. **Journal of Cleaner Production**, v.133, p.1371-1383, 2016.

KRUGER, E. L.; MORI, F.. Análise da eficiência energética da envoltória de um projeto padrão de uma agência bancária em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. **Revista Ambiente Construído**, v.12, n.3, p.89-106, 2012.

LAI, C.; HOKOI, S.. Solar facades: A review. **Buildings and Environment**, v.91, p.152-165, 2015.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. ELETROBRAS, 2014.

LIMA, K. M.; CARAM, R. M.. Avaliação de sistemas de janela para suporte a decisões de projeto quanto ao equilíbrio de ganhos de luz e calor. **Revista Ambiente Construído**, v.15, n.3, p.117-33, 2015.

MELO, A. P.; SORGATO, M. J.; LAMBERTS, R.. Building energy performance assessment: comparison between ASHRAE standard 90.1 and Brazilian regulation. **Energy and Buildings**, v.70, p.372-383, 2014.

MERTIN, S.; HODY-LE, C. V.; JOLY, M.; MACK, I.; OELHAFEN, P.; SCARTEZZINI, J.-L.; SCHULER, A.. Reactively sputtered coatings on architectural glazing for coloured active solar thermal façades. **Energy and Buildings**, v.68, p.764-770, 2014.

MORETTI, E.; BELLONI, E.. Evaluation of energy, thermal, and daylighting performance of solar control films for a case study in moderate climate. **Energy and Buildings**, v.94, p.183-195, 2015.

NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C.; SOUZA S. N. M.; GOLDONI, F. S.; KAMINSKI, T. B.; MELO, D. C.. Evaluation of

natural and artificial lighting in conventional and innovative residences of 'Projeto CASA', UniOeste, Cascavel Campus, Parana Stat. **Acta Scientiarum**, v.32, n.3, p.245-250, 2010.

OLIVEIRA, L. S.; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G.. Proposed business plan for energy efficiency in Brazil. **Energy Policy**, v.61, p.523-531, 2013.

PARRA, J.; GUARDO, A.; EGUSQUIZA, E.; ALAVEDRA, P.. Reducing interior temperature resulting from solar energy using three-dimensional surface patterns. **Energies**, v.8, p.4882-4898, 2015.

PEDRINI, A.; SZOKOLAI, S.. Recomendações para o desenvolvimento de uma ferramenta de suporte às primeiras decisões projetuais visando ao desempenho energético de edificações de escritório em clima quente. **Revista Ambiente Construído**, v.5, n.1, p.39-54, 2005.

QU, J.. Transparent thermal insulation coatings for energy

efficient glass windows and curtain walls. **Energy and buildings**, v.77, p.1-10, 2014.

SADEGHIFAMA, A. N.. Combined use of design of experiment and dynamic building simulation in assessment of energy efficiency in tropical residential buildings. **Energy and Buildings**, v.86, p.525-533, 2015.

SANTOS, I. G.. **Análise de envoltória e do sistema de iluminação a partir do ,Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos para avaliação de desempenho de sistemas de fachada e de proteções solares.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2002.

VENDRAMIN, A. L.; SOUZA, S. N. M.; SORDI, A.; SIQUEIRA, J. A. C.; NOGUEIRA, C. E. C.. Case analysis of the degree-days method for evaluating energy performance of a single-family construction. **Acta Scientiarum**, v.31, n.1, p.9-16, 2009.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561157858279383105537/>