

INFLUÊNCIA DOS VIDROS INSULADOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES COMERCIAIS

WESLEY FERREIRA NUNES¹
BRUNO RODRIGUES SANTOS²

RESUMO: As edificações comerciais apresentam elevada demanda de ar condicionado, devido a carga interna durante o horário de funcionamento. A escolha correta dos materiais da envoltória é de extrema importância para redução do seu consumo energético, principalmente dos vidros, onde ocorre as trocas são mais intensas e diretas. O sistema de vidro insulado vem sendo utilizado em larga escala na Europa e América do Norte e, é difundido como uma ferramenta de melhoria no desempenho e conforto térmico em edificações. Este estudo tem por objetivo analisar o desempenho térmico do vidro insulado e do sistema não-insulado. Para tanto, realizou-se ensaios de temperaturas em um cubo de vidro durante nove dias, simulando o funcionamento de uma edificação comercial em plena atividade. Os dados foram obtidos por meio de aferição de temperatura em equipamento HTR-157, da empresa Instrutherm. Por meio dos resultados obtidos, nota-se o desempenho térmico superior do sistema insulado, tal forma que impacta diretamente no consumo energético com uso de condicionadores de ar em edificações.

PALAVRAS-CHAVE: Vidros, eficiência energética, desempenho térmico, viabilidade econômica.

INFLUENCE OF INSULATED GLASSES ON THE THERMAL PERFORMANCE OF COMMERCIAL BUILDINGS

ABSTRACT: Commercial buildings have high demand for air conditioning due to internal load during opening hours. The correct choice of wrapping materials is extremely important to reduce your energy consumption, especially glasses, where exchanges are more intense and direct. The insulated glass system has been used on a large scale in Europe and North America and is widespread as a tool for improving performance and thermal comfort in buildings. This study aims to analyze the thermal performance of insulated glass and the non-insulated system. To this end, temperature tests were carried out in a glass cube for nine days, simulating the functioning of a commercial building in full operation. The data were obtained by means of temperature measurement in HTR-157 equipment, from the company Instrutherm. Through the results obtained, the superior thermal performance of the insulated system is noted, such that it directly impacts energy consumption with the use of air conditioners in the building.

KEYWORDS: Glass, energy efficiency, thermal performance, economic viability.

¹ Acadêmico de Graduação, Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Sinop – FASIPE, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: wesley.fn@hotmail.com

² Professor Mestre, em Ciência Ambientais e do Curso de Engenharia civil, Faculdade de Sinop – Centro Universitário Unifasipe, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: brunorodriguessantos@hotmail.com

1. INTRODUÇÃO

O tema eficiência energética tem ganhado cada vez mais destaque no Brasil, principalmente após a crise energética de 2001, considerado um marco na história do país. Desde então, as discussões acerca da necessidade de redução do consumo de energia elétrica tornaram-se cada vez mais frequentes no âmbito da política nacional.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2016), nos últimos cinco anos o PIB brasileiro cresceu 14,4%, enquanto o consumo energético apresentou um crescimento de 17,6%. No ano de 2015, os edifícios foram responsáveis por 43% do consumo total de energia elétrica gerada no país, sendo destes 14,8% referentes ao setor comercial, como centro de compras, escritórios, escolas dentre outros. Estudos apontam ainda que quando se analisa o uso final da energia elétrica em edificações comerciais, o condicionamento de ar representa em média 35 a 70% do consumo total da edificação (WESTPHAL et al., 2014).

Pinto (2017), afirma que o balanço correto entre os custos em energia, manutenção e fornecimento do conforto de uma edificação requer um trabalho em conjunto entre proprietários, usuários e projetistas. A elaboração de estratégias na arquitetura e a correta escolha dos materiais podem contribuir para maximizar o conforto dentro de edificação e diminuir o consumo energético ao máximo possível. O autor enfatiza ainda que as duas principais fontes de ganho térmico de uma edificação são internas (através da ocupação, iluminação e equipamentos) e externa (trocas de calor pela envoltória). Esses ganhos térmicos externos advêm em sua maioria da radiação solar que incide na sua envoltória.

Quando se fala transmissão de calor através da envoltória, enfatiza-se a preocupação com os vidros, pois nestes as trocas são mais intensas e diretas devido sua elevada transmitância térmica e também ao seu alto teor de transparência a radiação solar. Segundo Pinto e Westphal (2016), a transmitância dos vidros costuma ser cinco vezes maior que outros elementos da envoltória da edificação, com isso, cerca de 20 a 40% da energia total do edifício é desperdiçada através dos vidros. Portanto a escolha do vidro deve ser adequada ao tipo de edificação e ao clima local, tendo em vista que o mesmo impacta diretamente no seu consumo energético.

Sendo assim, o vidro especificado em um projeto arquitetônico constitui-se de uma estratégia passiva, com grande influência sobre o consumo energético. Neste artigo, busca-se melhor compreender a eficiência térmica dos vidros insulados, amplamente utilizados em países da Europa e América do Norte, onde há invernos rigorosos, e o vidro objetiva promover um maior conforto térmico da edificação. De acordo com Besen e Westphal (2012), este tipo de vidro é indicado para climas rigorosos e tem sido utilizado em edificações comerciais brasileiras, mesmo antes que houvesse estudos concretos sobre a eficiência de sua adequação em climas brasileiros.

Neste contexto, questiona-se a possibilidade de o isolamento térmico gerado através da utilização dos vidros insulados ser uma ferramenta de melhoria no desempenho energético de uma edificação no município de Sinop/MT. Para tanto, realizou-se um estudo que analisa o desempenho térmico e energético de dois tipos de vidro, através de aferições de temperatura coletadas da parte interna de um cubo de vidro. Os dados coletados serão analisados, bem como servirá de subsídio para elaboração deste trabalho.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1 A história do vidro

Embora historiadores não disponham de dados precisos sobre sua origem, foram descobertos objetos de vidro, nas cidades egípcias por volta de 4.000 anos antes da Era Cristã. Alguns autores apontam os navegadores fenícios como sendo precursores da indústria do vidro, quando ancorados em uma praia da Costa da Síria improvisaram uma fogueira utilizando de soda e blocos de salitre. Esses notaram que algum tempo depois escorria do fogo uma substância brilhante que imediatamente se solidificava (CEBRACE, 2015).

Em meados do século XVIII, o rei francês Luís reuniu alguns vidreiros e montou a Companhia Saint-Gobain, para que fossem produzidos os espelhos do Palácio de Versalhes na França, uma das empresas mais antigas do mundo, hoje uma companhia privada do segmento vidreiro. A indústria moderna surgiu com a revolução industrial e a mecanização dos processos, onde em 1952 na Inglaterra a Pilkington desenvolveu o processo de produção do vidro float, que revolucionou a história do vidro plano (CEBRACE, 2015).

2.2 Os tipos de vidro

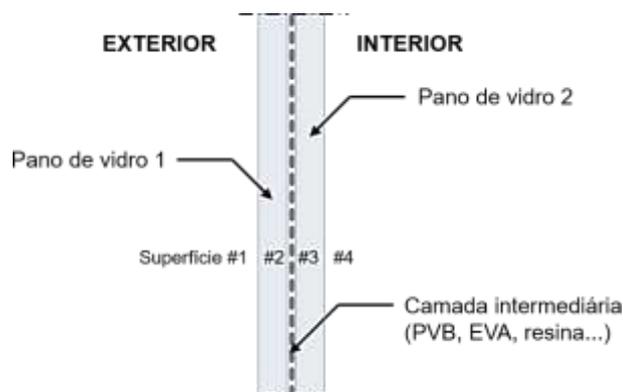
A norma ABNT NBR 7199:2016 cita diversos tipos de vidros na construção civil, tais como vidro float, temperado, laminado, insulado e de proteção solar. O vidro float é a base para as demais tipologias de vidro de acordo com aplicação definida. A seguir são apresentados os quatro tipos de vidro utilizado como base desta pesquisa:

Vidro de proteção solar: São vidros que possui em uma de suas faces uma camada metalizada (coating) de baixa emissividade, em que durante o processo de fabricação do vidro float é depositado óxidos ou sais metalizados. Essas substâncias se unem ao vidro, aferindo capacidade de reflexão, de forma que controle a entrada de luz natural e inibe a entrada excessiva do calor para dentro da edificação (OLIVEIRA et al., 2012). Segundo o autor, antes do desenvolvimento do Low-E utilizam-se vidros coloridos ou revestimentos refletivos para reduzir a transmissão de calor. No entanto, esses revestimentos reduzem a entrada de luz visível. Com isso, os vidros de proteção solar Low-E passaram a ser utilizado na composição de vidros insulados, de maneira que bloqueia uma parcela significativa da radiação solar, permitindo redução nos custos com energia elétrica.

Vidro Temperado: Trata-se de um vidro que foi submetido a um processo de têmpera, onde o mesmo é aquecido de forma gradativa, elevando sua temperatura aproximadamente 700°C, para logo em seguida ser resfriado bruscamente, de forma a criar forças de tração e compressão que tornam o vidro cinco vezes mais resistentes a choques mecânicos, que um vidro comum de mesma espessura. Este processo eleva também sua resistência a choques térmicos, o que pode fazer o vidro resistir a uma diferença de temperatura de até 200°C, mantendo as mesmas características de aparência e transmissão luminosa (PINHEIRO, 2007). De acordo com a ABNT:NBR 14698 – Vidro Temperado é considerado um vidro de segurança, pois em casos de quebra formará fragmentos pequenos e pouco cortantes, e assim, oferecer menos riscos aos usuários.

Vidro Laminado: Formado por duas ou mais lâminas de vidro permanentemente unidas, por uma ou mais camadas intermediárias de polivinilbutiral (PVB), a base de calor e pressão. Segundo a ABNT:NBR 14697 – Vidro Laminado é considerado de segurança, pois em casos de quebra, os fragmentos não se desprendem da camada de plástico. Isso evita a dispersão dos estilhaços. Além disso, pode aumentar a resistência a impactos. A película de PVB tem a função de filtrar 99,6% os raios ultravioletas, responsáveis por descolorir móveis, tapetes e objetos.

Figura 1: Detalhe da composição do vidro laminado

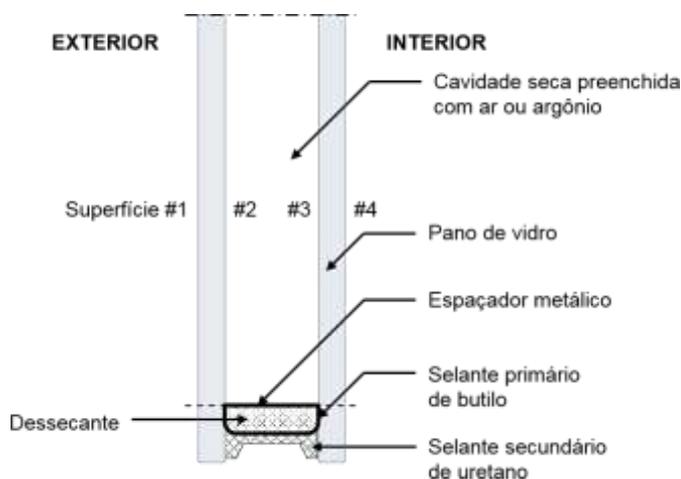


Fonte: Pinto (2017)

Vidro Insulado: É definido como uma configuração de múltiplas unidades de vidros, como sendo duplos ou triplos, formado por duas ou mais laminadas de vidro separadas por uma câmara de ar entre elas. Segundo a ABNT:NBR 16015, estas lâminas de vidro são colocadas paralelamente e seladas ao longo de toda borda. O gel dessecante, os selantes primários e secundários são utilizados como forma de manter o gás interno, com umidade controlada sem interferência do ar externo. As câmaras de ar podem ser preenchidas com ar desidratado ou gases nobres de baixa condutividade térmica, como argônio, xenônio e criptônio, que contribuem para o isolamento térmico da composição. A norma ainda prevê o acréscimo de perfis decorativos ou elementos de vedação visual como persianas dentro da câmara de ar.

O principal efeito ao se inserir uma segunda camada de vidro, juntamente de uma câmara de ar entre os planos, é o aumento da resistência térmica da composição. Assim sendo, aumentando o isolamento térmico, conseqüentemente a transmitância térmica do conjunto será menor. Esta barreira é proporcionada pela câmara de ar que atua tanto no fluxo interior/exterior, impedindo a dissipação de carga interna gerada por iluminação, equipamentos e pessoas, quanto exterior/interior, dificultando a entrada de calor por diferença de temperatura para dentro da edificação (PINTO, 2017).

Figura 2: Detalhe da composição do vidro insulado



Fonte: Pinto (2017)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Com o propósito de atender ao objetivo proposto, a pesquisa em âmbito de iniciação científica, foi desenvolvida com base em uma revisão literária dissertativa e qualitativa, que elucidou toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde artigos, pesquisas em livros, monografias e dissertações relacionadas ao tema.

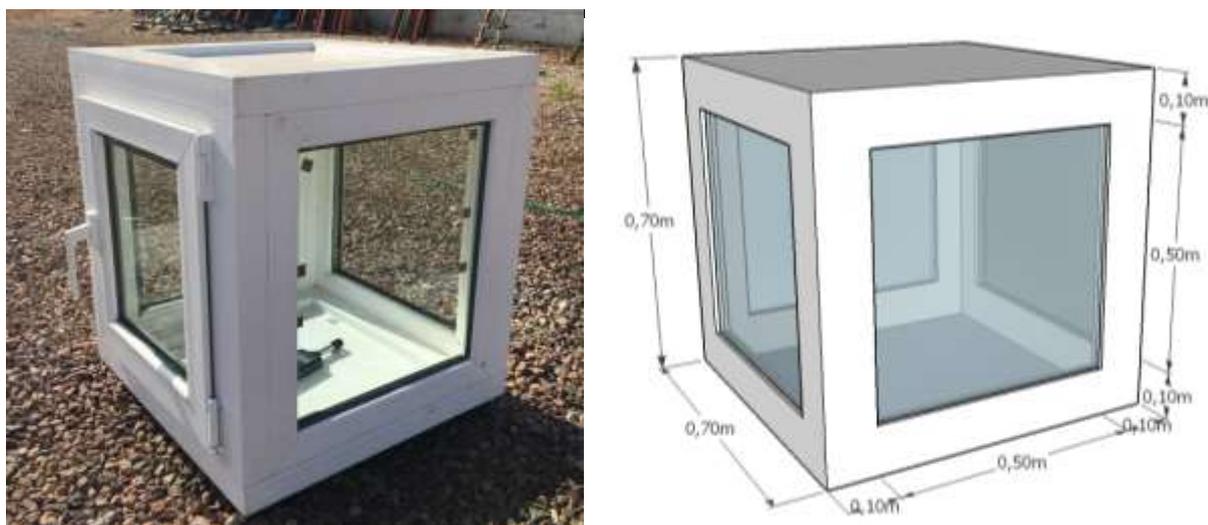
No que tange os ensaios, foram realizadas aferições de temperaturas na parte interna de um cubo de PVC, com fechamentos laterais em vidro. Os testes ocorreram em duas etapas, a primeira adotou-se como fechamento vidro temperado incolor 10mm, e na segunda vidro insulado 22mm. As medições ocorreram nos dias 29/06/20 a 07/07/20, das 07:30h às 18:00 horas, simulando o funcionamento de uma edificação em horário comercial. O intervalo de aferição ocorreu a cada 10 minutos. Ao final da coleta foram feitas médias aritmética a cada 30 minutos. O equipamento utilizado para as aferições de temperatura foi o HTR-157, da empresa Instrutherm.

Para elaboração da pesquisa, bem como as simulações de desempenho térmico foram seguidas normas vigentes do setor vidreiro, sendo estas a ABNT:NBR/7199 – Vidros na construção civil e ABNT:NBR/16015 – Vidro insulado - Características, requisitos e métodos de ensaios.

3.1 Definição do modelo

Para este estudo, optou-se por analisar um cubo perfeito de PVC, com medidas idênticas de 70cm em ambos os lados. Neste modelo, os fechamentos laterais são revestidos de vidro, utilizado nesta pesquisa vidro temperado incolor 10mm e vidro insulado 22mm. O cubo foi exposto ao sol intenso durante nove dias para aferições de temperatura, sendo três dias cada composição de vidro, mais três dias de aferições de temperatura externa. A figura 3 abaixo ilustra a configuração do modelo utilizado para ensaio.

Figura 3: Modelo definido para ensaios de temperatura



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Propriedades dos vidros adotados em ensaio

Para analisar o desempenho térmico dos vidros, foi realizado comparações entre vidro temperado incolor 10mm e vidro insulado, duplo com câmara de ar. Para tanto, a composição insulada é formada por vidro laminado incolor correspondente a um fator solar, acrescido de uma câmara de ar de 6,5mm e uma lâmina de vidro laminado refletivo de proteção solar. Além dos tipos de vidros, variou se o fator solar (FS), transmitância energética e térmica de cada composição. Optou-se por comparar especificações de vidros reais, utilizado no mercado brasileiro, tendo em vista que o uso do vidro incolor tem sido utilizado em larga escala nas edificações comerciais, por possuir valor mais atrativo que os demais. A tabela 1 abaixo ilustra todos coeficientes variáveis de cada vidro, coletados do banco de dados da Cebrace, indústria responsável pela produção das chapas.

Tabela 1: Coeficientes variáveis dos vidros utilizados em ensaios

Vidro Temperado					
Cor	Espessura [mm]	Fator Solar [%]	Transmitância Térmica [W/m ² . K]	Transmitância Energética [%]	Transmissão Luminosa [%]
Incolor	10	77	5,56	72,4	85,9
Vidro Insulado					
Absorção Exterior [%]	Absorção Interior [%]	Acústica [dB]	Vidro face externa	Vidro face interna	Composição
57,9	2,8	32	Laminado Habitat refletivo cinza	Laminado incolor	4+4/Câm.ar/4+4
Reflexão Exterior [%]	Reflexão Interior [%]	Fator Solar [%]	Transmitância Térmica [W/m ² . K]	Transmitância Energética [%]	Transmissão Luminosa [%]
29,9	24,7	22	3,156	13,1	18,3

Fonte: Adaptado de CEBRACE (2020)

4.2 Análise de dados

Ao analisar os dados coletados, nota-se que o vidro temperado incolor 10mm, possui um desempenho térmico inferior ao insulado, em que logo no início da manhã, mesmo com clima ameno a temperatura interna atinge seu pico máximo, atingindo cerca de 52,7 °C. Este aumento acentuado da temperatura está atrelado ao baixo fator solar do vidro, cerca de 77%, ou seja, somente 23% da radiação solar foi absorvida ou refletiva para fora do ambiente, tendo em vista que o horário das 09:00h as 11:00h concentra o período de maior incidência solar sobre a caixa.

Todavia, com o vidro insulado apresentou um desempenho superior com relação ao temperado, com temperaturas internas mais baixas e estáveis. Isto decorre da composição do vidro insulado, em que foi utilizado vidros laminados 4+4 nas duas faces, sendo um deles vidro de proteção solar com uma performance de bloqueio de até 71% o calor, ainda separadas por uma câmara de ar de 6,5mm. Uma das principais características do vidro insulado é justamente o isolamento térmico e acústico em relação a vidros de outras composições. Este desempenho

térmico diminui o efeito da temperatura externa sobre a temperatura interna, o que gera uma economia de energia elétrica, com redução do uso de condicionadores de ar em ambientes envidraçados. A tabela 2 abaixo, nos mostra as temperaturas coletadas em ensaio durante o período de medição. Estas aferições ocorreram durante um intervalo de tempo de 10min cada medição, com isso foi feito média aritmética dessas temperaturas para se chegar na média delas a cada meia hora.

Tabela 2: Temperaturas médias por horários aferidas no ensaio

Horários	Temperatura Externa [°C]	Temperado Incolor 10mm [°C]	Insulado 22mm [°C]
07:30:00	28,20	36,40	22,10
08:00:00	30,30	37,60	22,90
08:30:00	33,50	38,20	23,70
09:00:00	34,90	49,30	26,50
09:30:00	34,80	50,40	28,60
10:00:00	35,80	51,10	30,30
10:30:00	36,80	52,70	31,70
11:00:00	37,20	45,00	30,70
11:30:00	37,10	43,20	30,80
12:00:00	37,90	42,70	31,30
12:30:00	35,70	43,70	31,70
13:00:00	38,60	43,00	31,90
13:30:00	40,50	46,50	32,90
14:00:00	41,50	48,10	33,40
14:30:00	40,40	44,40	33,10
15:00:00	40,40	41,40	32,80
15:30:00	40,00	40,60	32,60
16:00:00	38,20	40,10	30,90
16:30:00	34,70	38,40	29,20
17:00:00	31,20	34,90	27,30
17:30:00	29,40	33,20	25,90
18:00:00	27,50	31,70	23,70

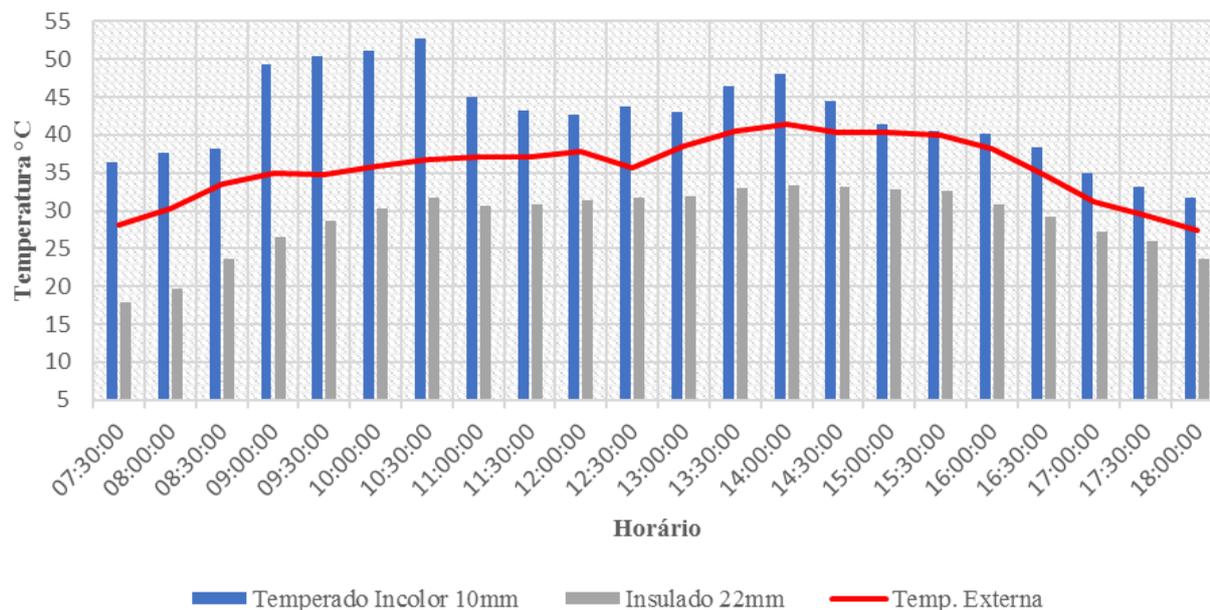
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Neste sentido, ao analisar os dados acima, é possível notar que os resultados encontrados no desempenho térmico, para cada tipo de vidro assemelham-se há alguns estudos já elaborados sobre o assunto. Pinto (2017), realizou simulações computacionais de desempenho energético em edificações comerciais, em que comparou vidros laminados e insulados de duas capitais do país, Boa Vista (RR) e Curitiba (PR). Os resultados obtidos apresentaram elevada diferença de temperatura interna dos vidros laminados, para os insulados. Esta diferença diminui a maneira, que a tonalidade do vidro laminado se apresenta mais escura e refletiva. Segundo o autor o modelo vidro insulado apresentou menor consumo em condicionamento de ar, comparado ao modelo com vidro laminado durante todo o período

analisado, mantendo a edificação com temperatura média do ar 27,0°C, temperatura média máxima de 30,3°C e mínima de 23,58°C. A temperatura média diária se manteve próxima a considerada confortável ao ser humano (24°C). Portanto, entende-se que tal desempenho ocorre devido ao isolamento térmico gerado pela câmara de ar presente na composição do vidro insulado. Já o vidro laminado permite que o modelo dissipe mais facilmente as cargas térmicas internas geradas pela edificação, aumentando o custo com condicionadores de ar, para que se mantenha a temperatura interna estável.

Deste modo, criou-se um gráfico com as médias de temperaturas coletadas em ensaio. A linha vermelha representa as temperaturas externas de cada horário nos períodos de aferições. Entretanto, nota-se que o vidro temperado incolor mostrou-se ineficaz ao bloqueio da radiação solar, tanto no período da manhã quanto da tarde e as temperaturas internas do ambiente se apresentaram sempre acima da temperatura externa, de forma que a edificação precisará ter um elevado consumo de energia elétrica, para manter os condicionadores de ar ligados em baixa temperatura durante todo o dia. Em contrapartida, o ambiente revestido com vidro insulado manteve-se com temperaturas internas abaixo da temperatura externa, sem o uso de ar condicionado. Ou seja, durante boa parte da manhã este ambiente consegue se manter com temperaturas próximas da considerada confortável ao ser humano, sem a necessidade de uso de ar condicionado. Sendo assim, quando necessário o uso do ar, o consumo energético da edificação será muito menor comparado ao vidro incolor.

Gráfico 1: Comparação de desempenho térmico entre tipos de vidro



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

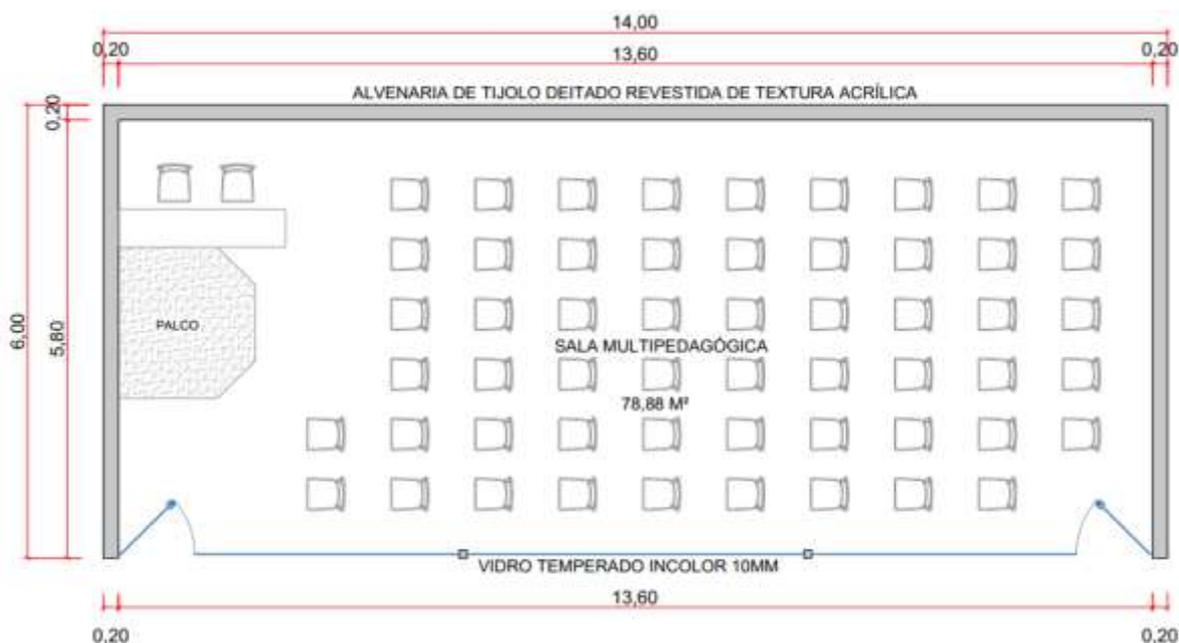
4.3 Estudo de caso

Com base na proposta do trabalho, tomou-se como estudo de caso a sala multi pedagógica do Centro Universitário Unifasipe, no município de Sinop/MT. A escolha se deu em decorrência da geometria da planta, da composição dos materiais de sua envoltória e

frequente uso de forma coletivo do ambiente. O presente estudo de caso tem por objetivo fazer comparações entre os desempenhos térmicos dos vidros ensaiados, e traduzi-los a uma situação hipotética de uma edificação comercial em pleno funcionamento, com oito horas de uso diárias, durante seis dias da semana ao longo de todo ano.

Conforme a figura 4 abaixo, a sala possui dimensões de 14,00x6,00m, sendo 78,88m² de área interna com capacidade para abrigar até 60 alunos sentados. Sua envoltória consiste em paredes de alvenaria de tijolos deitados, rebocados e revestidos de textura acrílica na cor bege. Sua fachada frontal é composta por 40m² de vidro temperado incolor 10mm, que fica voltada ao sol da tarde e pôr fim, a cobertura composta de telha isotérmica 15mm.

Figura 4: Planta baixa da sala Multi Pedagógica da Centro Universitário Unifasipe



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Figura 5: Fachada frontal da sala Multi Pedagógica da Centro Universitário Unifasipe



Fonte: Acervo do autor (2020)

Partindo deste pressuposto, verificou-se que a sala multi pedagógica contempla um sistema de condicionamento de ar da marca Springer, de 58.000 BTU/h e 5.500 W de potência. Com base nisso, Souza (2010) destaca uma fórmula matemática utilizada para se obter o consumo médio em [kWh/mês] com uso de condicionadores de ar.

$$\frac{kWh}{mês} = \frac{\text{Potência do equipamento [W]} * N^{\circ} \text{ de dias em uso por mês} * N^{\circ} \text{ horas em uso por dia}}{1000}$$

$$\frac{kWh}{mês} = \frac{5.500 * 23 * 8}{1000} = 1.012$$

Neste permear, após chegar-se ao valor de consumo kwh/mês do equipamento, o mesmo deverá ser multiplicado pelo valor de tarifa de energia do estado de estudo. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), disponibiliza em seu site um ranking com valores de tarifas por região, nele está determinado o valor 0,636 R\$/kWh para o estado de MT. Sendo assim, chegamos a uma estimativa de custo mensal somente com uso de condicionadores de ar.

$$\frac{R\$}{mês} = 1.012 * 0,636 = R\$643,63 \text{ mensais}$$

4.4 Análise econômica

Ao partir do ponto de vista econômico, foi se elaborado uma pesquisa em âmbito local com empresas do segmento vidreiro, com objetivo de se ter o conhecimento do preço por m² dos dois tipos de vidro em estudo. Posteriormente foi feito uma média dos valores encontrados, conforme tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Preços por m² comercializado em Sinop/MT

Empresas cotadas	Temp. Incolor 10mm	Insulado 22mm
Empresa 01	R\$375,00	R\$870,00
Empresa 02	R\$390,00	R\$910,00
Empresa 03	R\$370,00	R\$870,00
Empresa 04	R\$380,00	R\$890,00
Valor Médio	R\$380,75	R\$890,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Tendo em vista que a fachada envidraçada possui 40,8m², chegou-se em uma diferença de preço de R\$20.777,40,00 do vidro insulado com proteção solar em relação ao temperado incolor. Levando em consideração que o desempenho térmico do insulado é superior ao temperado, e que as temperaturas internas do ambiente com vidro insulado se mantiveram próximas às consideradas temperaturas confortáveis. Onde a resolução n^o 9 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), separa a temperatura ideal por estações, indicando 23°C á 26°C para o verão e 20°C a 23°C para o inverno.

Nesses termos, pode-se admitir que o uso de energia elétrica com condicionamento de ar irá diminuir em pelo menos 35%. Diante destes dados, torna-se possível calcular o Período de Retorno do Investimento, em que Hoji (2003) define como sendo apuração do tempo necessário para que o somatório dos benefícios econômicos de caixa se iguale ao somatório dos dispêndios de caixa. A equação abaixo mostra como é calculado o Período de Retorno do Investimento.

$$P = \frac{G}{L} \rightarrow P = \frac{36312}{225,27} = 161 \text{ meses} \approx \mathbf{13 \text{ anos}}$$

P = Período de Retorno do Investimento
G = Investimento total
L = Lucro anual médio

5. CONCLUSÃO

Este estudo analisou a influência dos vidros insulados em edificações comerciais. Para tanto, foram realizados ensaios com aferições de temperaturas em dias determinados, utilizando como modelo uma caixa enclausurada de PVC, revestida de vidro. Os ensaios foram realizados em período diurno durante horário comercial, simulando o funcionamento de uma edificação. Os objetivos principais do estudo que foram comparar o desempenho térmico de dois tipos de vidros existentes no mercado brasileiro e analisar o impacto dos mesmos no desempenho energético da edificação comercial foram alcançados.

Nesta perspectiva, por meio dos resultados obtidos, notou-se que o vidro temperado incolor 10mm é ineficaz ao bloqueio da radiação solar, tal maneira que o ambiente revestido com este tipo de vidro apresentou elevadas temperaturas internas, ao passo que se chegou no seu pico máximo durante a manhã, com cerca de 52,70°C. Ficou evidenciado também que durante todo o dia, o ambiente envidraçado pelo vidro incolor se manteve com as temperaturas internas acima das temperaturas externas, o que se torna necessário o uso de um potente sistema de condicionamento de ar, para manter o ambiente confortável.

Todavia, os resultados do vidro insulado apresentaram desempenho muito satisfatórios, em que foi evidenciado que as temperaturas tiveram poucas oscilações e se mantiveram sempre abaixo das temperaturas externas. Durante a manhã, as temperaturas permaneceram próximas de 26°C, que se pode considerar uma temperatura confortável ao ser humano, sem a necessidade do uso de ar condicionado. Desta forma, o uso dos vidros insulados se mostrou eficiente no que diz respeito a economia de energia na edificação, com a redução do consumo energético no uso de condicionadores de ar, uma vez que o ambiente é preservado com temperaturas amenas durante todo o dia.

Dessa forma, com base nos dados compilados, foi tomado como estudo de caso a sala multi pedagógica do Centro Universitário da (FASIPE), que contempla uma fachada envidraçada de vidro temperado incolor 10mm. Com isso, foi simulado uma situação hipotética usando como premissa o desempenho dos vidros adotados em ensaio. Sendo assim, foi possível calcular o custo com uso de condicionadores de ar para resfriamento da sala, como também o tempo de retorno do investimento que é de 13 anos, caso fosse feita a troca dos vidros com objetivo de se obter melhores condições energéticas da edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - **ANVISA**. Resolução n. 9 de 16 de janeiro de 2003. Determinar a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, em anexo. Disponível em: Acesso em: 29 jul. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14697**: Vidro laminado -Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 17 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14698**: Vidro temperado - Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 19 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.015**: Vidro insulado - Características, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2012. 52 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199**: Vidros na construção civil - Projeto, execução e aplicações. Rio de Janeiro: Abnt, 2016. 57 p.

BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando Simon. Fachadas de vidro no Brasil: um estudo comparativo de viabilidade econômica. In: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 15. 2014, Maceió, AL. Anais. Maceió, AL: ANTAC, 2014. p.964 – 973.

CEBRACE. **A história do vidro**. São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/a-historia-do-vidro>> Acesso em: 07 jul. 2020.

HOJI, M. **Administração Financeira** – Uma Abordagem Prática: Matemática Financeira Aplicada, Estratégias Financeiras e Análises, Planejamento e Controle Financeiro. 4ª ed., São Paulo: Atlas, 2003.

MME. Ministério de Minas e Energia. BEN – **Balço Energético Nacional 2016**: ano base 2015. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme>> Acesso em: 08 jul. 2020.

OLIVEIRA, Giuliano Silva et al. **Utilização de vidros sustentáveis para melhoria da eficiência energética das edificações**. São Paulo, BRAZIL - XII Safety, Health and Environment World Congress. 2012.

PINHEIRO, Fabio Carlos. **Evolução do uso do vidro como material da construção civil**. Monografia. Itatiba: Universidade de São Francisco, 2007. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1045.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2020.

PINTO, Mônica Martins. **Desempenho energético de edifícios de escritórios com vidros insulados em climas brasileiros**. 2017. 237 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós - graduação em Arquitetura e Urbanismo, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/185508>>.

PINTO, Mônica Martins; WESTPHAL, Fernando Simon. **Avaliação de conforto térmico relacionado ao uso de vidro insulado em escritórios com fachada envidraçada Em Florianópolis (SC)**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

SOUZA, Edson Palhares de. **Economia de energia em ar condicionado no Brasil: Eficiência e economicidade**. 2010. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós - graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2010. Disponível em <<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1451>>.