



unopar

UNIVERSIDADE NORTE DO PARANÁ

TALITA HELLEN PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DO VIDRO COMO FACHADA E PARTE
ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TALITA HELLEN PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DO VIDRO COMO FACHADA E PARTE
ESTRUTURAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Pitágoras Unopar, como requisito
parcial para a obtenção do título de graduado
em Engenharia Civil.

Orientador: Bruna Kerst

TALITA HELLEN PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DO VIDRO COMO FACHADA E PARTE ESTRUTURAL
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Pitágoras Unopar, como requisito
parcial para a obtenção do título de graduado
em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Ma. Mileni Cristina da Silva

Prof. Me. Rodrigo José Paiva Cruz

Prof(a).

Arapongas, 06 de dezembro de 2021

Dedico este trabalho...

Às pessoas que contribuíram para a conclusão desta etapa marcante da minha vida e que acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu forças para chegar até aqui, me dando a oportunidade de alcançar a vida que a muito tempo sonhei.

Um agradecimento muito especial à minha família, pelo seu incentivo e carinho nos momentos mais difíceis, porque sem eles este sonho não era possível com destaque ao meu irmão Eder Paulino Pereira que sempre foi meu parceiro e companheiro em toda minha trajetória, sei que esse é somente nosso começo.

Meus pais, Sueli Paulino e Ozires Antunes Pereira que contribuíram cada um de seu jeito e estiveram ao meu lado em momentos de dificuldades.

Aos meus amigos, quero agradecer pela motivação e apoio que sempre prestaram e pelos momentos memoráveis de companheirismo que proporcionaram ao longo deste período e que se formaram e que também passaram pelos mesmos obstáculos. Aos outros amigos que sempre tiveram orgulho de mim e me incentivaram com palavras encorajadoras.

Prolongo os meus agradecimentos ao Departamento de Engenharia Civil, desta universidade, em particular aos docentes que me acompanharam como aluna, me transmitiram os seus conhecimentos e, contribuíram em cada aula, em especial ao prof. Me. Felipe Jesuz que no início do curso levantou questões de tamanha importância que jamais esquecerei e ao prof. Dr. Gersson F.B. Sandoval que em pouco mais da metade de minha graduação se destacou em me transmitir conhecimento, me sinto honrada pelo aprendizado e infelizmente se despediu da universidade antes de minha graduação, então deixo aqui meus agradecimentos. E à prof. Dra. Camila Zoe Correa que me impressiona por ser tão inteligente.

Por fim agradeço a tutora e orientadora Bruna Kerst pelas correções e orientações, muito importante em todo o processo.

A TODOS do fundo do coração, OBRIGADA!

Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z. O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada.

Albert Einstein

PEREIRA, Talita H. **Utilização do vidro como fachada e parte estrutural na construção civil**. 2021. 37f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Pitágoras Unopar, Arapongas, 2021.

RESUMO

A utilização do vidro em particular à sua utilização em fachadas, e também na utilização dele como parte estrutural na construção civil e engenharia a partir da análise do vidro isoladamente, definindo-o como material da construção e descrição da sua aplicação. O objetivo e motivo de escolha do presente trabalho foi para compreender a utilização do vidro como fachada e parte estrutural na construção civil, conhecer as particularidades do vidro como material da construção, estudar a utilização do vidro como elemento estrutural em fachadas e comparar as vantagens e desvantagens de se trabalhar com o vidro nas fachadas já aplicadas em pesquisas acadêmicas. Para isso, foi realizada uma pesquisa com revisão de literatura de artigos, dissertações, mestrados, doutorados e livros. Com base na pesquisa, o vidro está entre os materiais de alta tecnologia e é consolidado no mercado, em relação vários aspectos, à confiabilidade de seu desempenho, custo e disponibilidade para a aquisição, a qual justifica a escolha do vidro como material para fachadas de edifícios residenciais e sistemas de fachadas envidraçadas para edifícios residenciais verticais. Os sistemas de caixilhos e vidros utilizados como fechamento de fachadas são mais leves do que a tradicional alvenaria, necessitando de estruturas mais delgadas, com menor peso das estruturas resulta em menor consumo de material para estruturar todo o sistema de fachadas do edifício e, conseqüentemente, menos recursos financeiros.

Palavras-chave: Fachada; Vidro; Estrutural; Construção.

PEREIRA, Talita H. ***Use of glass as a facade and structural part in civil construction***. 2021. 37f. *Course Conclusion Paper (Graduate in Civil Engineering)* – Pitágoras Unopar University, Arapongas, 2021.

ABSTRACT

The use of glass, in particular its use in facades, and also its use as a structural part in civil construction and engineering from the analysis of glass alone, defining it as a building material and description of its application. The objective and reason for choosing this work was to understand the use of glass as a facade and structural part in civil construction, to know the particularities of glass as a building material, to study the use of glass as a structural element in facades and to compare the advantages and disadvantages of working with glass on facades already applied in academic research. For this, a research was carried out with literature review of articles, dissertations, masters, doctorates and books. Based on the research, glass is among the high-tech materials and is consolidated in the market, in relation to several aspects, the reliability of its performance, cost and availability for purchase, which justifies the choice of glass as a material for facades. residential buildings and glazed facade systems for vertical residential buildings. The window and window systems used to close facades are lighter than traditional masonry, requiring thinner structures, with less weight of the structures resulting in less consumption of material to structure the entire building facade system and, consequently, less financial resources.

Keywords: *Facade; Glass; Structural; Construction.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Edifício Lever House (1951-52) em Nova Iorque, projeto do escritório <i>Skidmore, Owings and Merrill</i>	23
Figura 2 – Fachada <i>Grid</i>	28
Figura 3 – Articulação da fachada tipo <i>Spider</i>	29
Figura 4 – Fachada com <i>Stick</i>	30
Figura 5 – Fachada Unitizado.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
NBR	Norma Brasileira
MPa	Mega Pascal
SciELO	<i>Scientific Eletronic Library Online</i>
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
A.C.	Antes de Cristo
XX	Vinte (século)
XVII	Dezessete (século)
Kg	Quilograma
m ²	metro(s) quadrado(s)
Kg/m ³	Quilograma por metro(s) cúbico(s)
N/cm ²	Newton por centímetro(s) quadrado(s)
/°C	por grau(s) Celsius
Pa	Pascal
GPa	Giga Pascal
E	Módulo de Young ou Módulo de Elasticidade
u	Coeficiente de Poisson
EN	<i>European Standard</i>
°C	Grau(s) Celsius
PVB	Polivinil butiral
EVA	Etileno-vinil-acetato
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
K	Kelvin
%	por cento
AECweb	Portal da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
NEMA	<i>National Electrical Manufacturers Association</i>
JISC	<i>Joint Information Systems Committee</i>

MWh	Megawatt-hora
R\$	Real(s)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. VIDRO: MATERIAL DA CONSTRUÇÃO	15
3. VIDRO COMO ELEMENTO ESTRUTURAL EM FACHADAS	21
4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO VIDRO EM FACHADAS	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35

1. INTRODUÇÃO

Nesse trabalho foi realizado uma revisão de literatura que analisa e compreende a utilização do vidro em particular à sua utilização em fachadas, e também a utilização dele como parte estrutural na construção civil e engenharia, a partir da análise do vidro isoladamente, primeiro definindo-o como material da construção, em seguida uma descrição da sua aplicação. Foram analisadas as vantagens e as desvantagens que possui em suas diferentes aplicações a fazer uma escolha informada e atualizada para maximizar a eficácia da luz do dia, conforto e a energia na utilização dos edifícios.

O vidro é um dos mais antigos materiais produzidos, passou a ser um material necessário na composição arquitetônica. A elevada utilização do vidro está associada não só à luminosidade e transparência alcançadas, como para as tecnologias ao nível da produção e qualidade e desempenho das estruturas de vidro, à eficácia e eficiência da sua aplicação e ao conforto térmico, acústico e segurança. Estes fatores tornam o vidro um material preponderante em obras de engenharia contemporâneas. De forma geral, o vidro em fachadas, desde a forma mais simples à mais elaborada e sofisticada precisa de alguns cuidados especiais quando utilizado como estrutura em fachadas, pilares, pisos, pontes, cobertura, escadarias etc.

O vidro é um dos materiais mais avançados devido ao desenvolvimento e a utilização de tecnologias de produção inovadoras que possibilitam características como isolamento térmico e acústico, proteção solar e contra incêndios, permitindo ser o protagonista nos mais elaborados projetos. As estruturas com fachadas de vidro tem sido evidência, contudo, deve-se garantir um equilíbrio entre transparência, segurança e conforto transmitido a quem as utiliza. Desta forma, surge a necessidade de criar estruturas em que estes aspectos se tornem o mais independentes possível.

O trabalho teve pretensão de compartilhar à sociedade, ao estudo científico da comunidade acadêmica e à engenharia, contribuir com o tema apontando para novas fontes de pesquisa, transmitir conhecimento sobre o assunto para os futuros engenheiros ou interessados causando possíveis inovações. Buscou esclarecer quais os melhores tipos de instalações para sua utilização como parte estrutural de fachadas, quais são recomendados, e requisitos que devem ser atendidos para a

utilização, pois o vidro tem uma variedade de formas de aplicação, junto a excelentes características mecânicas.

O vidro é um material da construção com crescente desenvolvimento e conhecimento das suas propriedades, tem-se observado o vidro em fachadas, desde a forma mais simples à mais elaborada e sofisticada, de forma a assegurar-se a segurança. Como o uso e conhecimento das particularidades do vidro podem influenciar no dimensionamento de estruturas de vidro e as vantagens e desvantagens de se trabalhar com o vidro nas fachadas?

O objetivo geral deste trabalho foi compreender a utilização do vidro como fachada e parte estrutural na construção civil. E como objetivos específicos: conhecer as particularidades do vidro como material da construção; estudar a utilização do vidro como elemento estrutural em fachadas; comparar as vantagens e desvantagens de se trabalhar com o vidro nas fachadas já aplicadas em pesquisas acadêmicas.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma **Revisão de Literatura**, onde foram consultados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: “**Google Acadêmico**”, “**SciELO**” e “**BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações**”. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “**10**” anos. As palavras-chave utilizadas na busca foram: “**fachada**”, “**vidro**”, “**estrutural**” e “**construção**”.

2. VIDRO: MATERIAL DA CONSTRUÇÃO

Página:

15

A atuação do vidro como material de construção tem sido inspiração desde os tempos antigos, segundo Bogas (2011), a história diz que a relação entre o vidro e a arquitetura foi imposta pela capacidade de carga dos elementos estruturais e atualmente utilizam o vidro para envolver um edifício, bem como paredes estruturais transparentes, criando os chamados edifícios transparentes e no futuro pode ser a combinação de transparência com estrutura e desempenho ambiental.

Entre os materiais de alta tecnologia, o vidro se destaca e já consolidado no mercado nacional, em relação à confiabilidade de seu desempenho, custo e disponibilidade para a aquisição, a qual justifica a escolha do vidro como material para fachadas de edifícios residenciais, se destaca como objeto de pesquisa, sistemas de fachadas envidraçadas para edifícios residenciais verticais (CASELLI, 2011).

O vidro é um dos mais antigos materiais de construção com sua origem estimada em 500 A.C., na Mesopotâmia, e 400 A.C., no Egito (SCHITTICH et al., 2007). Durante o século XVII se iniciou a popularização do vidro na arquitetura, segundo Schittch e Staib (2007), onde o material deixou de ser exclusividade de igrejas e monastérios e passou a ser utilizado em palácios e residências de pessoas abastadas, pois o vidro era um material caro, portanto disponível a poucos.

Segundo Bogas (2011), analisando todo o percurso e história do vidro, pode-se concluir que só no século XX foi possível ao vidro mostrar todo o seu potencial construtivo, e explorar seu potencial em contínua evolução. Só recentemente foi tecnicamente possível criar grandes panos uniformes e foi necessário alterar o conceito, libertando-a da construção pesada e massiva, e começar a explorar a possibilidade de criar fachadas leves e transparentes. Desde então, a evolução técnica do vidro foi surpreendente, a princípio, era um material frágil e sem qualidades isolantes, tornando possível estruturas inteiramente em vidro ou fachadas com isolamento térmico e acústico e uma elevada resistência ao fogo.

Por ser um material tão comum, o vidro muitas vezes, a percepção tende a diminuir do quanto está presente no envolto. Como material de construção, desempenha um papel fundamental, porque através da sua transparência é possível quase dissolver a qualidade material do edifício, permitindo efetividade do espaço, e garantindo as necessidades humanas básicas de luz do dia (BOGAS, 2011).

O vidro é uma substância inorgânica, amorfa e fisicamente homogênea, obtida por resfriamento de uma massa em fusão que endurece pelo aumento contínuo da viscosidade até atingir a condição de rigidez, mas sem sofrer cristalização e é definido por três qualidades especiais: isotropia, solidez e pelo comportamento térmico que dependem do seu estado (BOGAS, 2011). Amorfo, o vidro é feito de material cru e inorgânico, podendo ser chamado de Líquido Solidificado. Ele é composto basicamente de areia, soda e cal, que são derretidos para sua produção (HEGGER; AUCH-SCHWELK; FUC, 2006).

A Composição química do vidro se obtém por um arrefecimento rápido de uma massa em fusão, que vai endurecer até atingir uma determinada rigidez, sem a formação de cristais (amorfo). Quimicamente, podem ser fabricados diversos tipos de vidro, a sua finalidade. Na construção civil, o tipo de vidro mais utilizado é o silício-sodo-cálcico, o qual é composto por uma elevada quantidade de dióxido de sílica, um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre (MARTINS, 2004). A sílica compõe, em geral, 70% a 72% do total da matéria-prima, à qual são adicionados com quantidades inferiores: um fundente (cerca de 14%), sob a forma de óxido de sódio para diminuir o ponto de fusão da massa silícea para 550° C; um estabilizante, óxido de cálcio (cerca de 10%), para evitar a solubilidade do composto (sílica + fundente) e para melhorar a resistência química; e por outros óxidos, como o alumínio e o magnésio com função de aumentar a resistência mecânica e garantir a resistência do vidro a agentes atmosféricos (MARTINS, 2004).

De acordo com White (2007), pequenas variações numa mistura podem alterar as propriedades e as características mecânicas do vidro, pois, como o vidro é um material reciclável, na sua produção podem ser adicionados fragmentos de vidros quebrados, tornando a fusão mais rápida.

Wiggington (2004) destaca características físicas do vidro aplicado à construção civil: capacidade de transmitir, refletir e absorver a radiação (luz e calor); índice de refração; propriedades térmicas; resistência; dureza; resistência à abrasão, ao clima e ao fogo; durabilidade química; peso específico (densidade) e capacidade de atenuar o som.

Segundo Schittich et al. (2007), o vidro era um material tradicionalmente frágil e quebradiço, porém, através dos tempos, transformou-se em um material de construção de alto desempenho, como resistência à choques mecânicos, superfície

plana e transparência e versatilidade, e também podendo ser parte importante do controle do clima interno de uma edificação.

O vidro possui uma densidade de 2,5 kg de massa por m² para superfície e espessura do material e massa volumétrica de 2500 kg/m³ (VIDREIRO, 2012). E tem uma dureza de 6.5 na Escala de *Mohs*, que quantifica a dureza do material, de acordo com Pereira (2012), indicando uma estimativa qualitativa da resistência.

Em relação as características mecânicas, segundo Barros (2010), a resistência a tração do vidro pode variar de 300 a 700 N/cm² que depende da duração da carga, umidade, temperatura, estado da sua superfície e as proporções de seus componentes. Segundo Mendonça (2020), ele possui resistência a compressão que suporta 1000 Mpa, classificado como excelente e em relação a resistência a flexão, 40 Mpa para o vidro polido recozido, e de 120 a 200 Mpa para um vidro temperado (variação devido a diferentes espessuras, etc) e possui o coeficiente de dilatação térmica a aproximadamente $9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$. O vidro pode ser até 16 vezes mais resistente em relação ao granito, algo que influencia muito na escolha de um projeto com elementos estruturais onde o vidro supra as necessidades de suporte estrutural, uma esbelta fachada poderá ter um fluxo grande de elementos que ocasionem um risco a este critério.

No Manual do vidro (2000) apresenta que o módulo de *Young* (ou módulo de Elasticidade) é obtido através de um ensaio onde aplica-se uma tensão (que aumenta paulatinamente) em uma peça e observa-se seu alongamento de acordo com a tensão aplicada, orienta-se que o mesmo seja dado pela sua unidade de área, desta maneira sendo: $E = 7 \times 10^{10} \text{ Pa} = 70 \text{ GPa}$. Comparado ao Módulo de Elasticidade do concreto que é aproximadamente 65 GPa. Quando o vidro está submetido a um esforço mecânico, o mesmo obtém um alongamento de sua estrutura, isto gera um estreitamento de seção, para razões de correlações o coeficiente de Poisson indicado é de $\nu = 0,22$.

Apesar daquelas qualidades acima citadas e que o vidro possui bom índice de elasticidade, deve-se atentar para seu dimensionamento pois, diferentemente do concreto armado e outros materiais utilizados na construção civil com fins estruturais, ele não apresenta sinais de fadiga e nem de início de ruptura, ou seja, se rompe sem aviso prévio quando seu limite é alcançado (MANUAL DO VIDRO, 2000).

Existe uma enorme variedade de vidros existente, devido à sua composição química e aos tratamentos a que é sujeito, porém, só uma pequena gama pode ser utilizada como elemento estrutural, devido à resistência mecânica necessária para garantir a estabilidade e segurança das estruturas (GONÇALVES, 2012). A norma base para a utilização do vidro é a EN 572-1: 2012.

O vidro *float* é a base para todos os restantes vidros planos, sendo o vidro ideal quando se exige perfeita visibilidade, uma vez que não apresenta distorção óptica e possui alta transmissão de luz. Desenvolvido pela Pilkington nos anos 50, possibilitou a utilização do vidro em grande escala, com a redução de seu custo. Impactou e permitiu o desenvolvimento de soluções revolucionários a nível estrutural. O processo *float*, como o próprio nome sugere, consiste em fazer flutuar, à saída do forno, uma lâmina de vidro fundida a aproximadamente 1600 °C em um banho de estanho líquido. Depois, a lâmina de vidro é encaminhada para um túnel de arrefecimento no qual a temperatura do vidro baixa gradualmente até aos 250 °C. Em seguida, a lâmina segue ao ar livre e procede-se à sua maquinação, que inclui o corte, a furação e o tratamento das superfícies e arestas. Este procedimento é efetuado antes de qualquer melhoramento das suas propriedades mecânicas (VALARINHO, 2010).

A norma para a utilização do vidro é a EN 572-2: 2004

Por outro lado, o vidro temperado, é sujeito a um tratamento térmico, designado de *têmpera*, para alterar as suas características mecânicas. Este tratamento tem como base o aquecimento do vidro a uma temperatura superior à sua temperatura de transformação, sendo então submetido a um rápido arrefecimento através de um fluxo de ar em ambas as superfícies. Esta mudança de temperatura gera um estado de tensão interno auto equilibrado (estado de *coação*) com um perfil parabólico ao longo da secção transversal do vidro, surgindo tensões de compressão nas superfícies e tensões de tração no interior do vidro (VALARINHO, 2010).

As normas que estabelecem os requisitos para a utilização do vidro temperado são a EN 1863 e a EN 12150, referidas no Anexo A.

O vidro laminado é um outro tipo de vidro de segurança, uma vez que mantém os estilhaços unidos quando quebrado, composto por, no mínimo, duas lâminas de vidro, que se deve às camadas intermédias compostas por uma película transparente e flexível, habitualmente de polivinil butiral, PVB. Geralmente é utilizado quando existe a possibilidade de acidentes com impacto na vida humana, tais como para-brisas de

automóveis, janelas, vitrines ou locais onde não pode cair o vidro que se quebra, como é o caso das claraboias. Devido à existência do PVB, há um efeito de amortecimento entre lâminas, o que confere um melhor isolamento acústico a este tipo de vidro. Este vidro passa, depois de colocadas as películas entre as lâminas, por um processo de aquecimento e compressão, com o objetivo de fundir a película de PVB e eliminar o ar existente entre esta e as lâminas. Depois, o vidro é conduzido para uma estufa para garantir a aderência total entre as lâminas e o PVB (VALARINHO, 2010).

A norma que estabelece os requisitos para a utilização do vidro laminado é a ISO 12543, referida no Anexo A.

Segundo Bogas (2011), assim como todos os materiais, o vidro absorve radiação e isso é imperceptível ao olho humano, visto que, o vidro parece permeável à luz. É um material denso, duro e frágil, resistente ao desgaste e com uma elevada resistência à compressão, porque é tão frágil e a sua tensão de superfície assemelha-se à água, pode suportar pouca carga de tração e flexão. Um fator decisivo é, portanto, a qualidade da superfície. Mesmo imediatamente após a produção, podem surgir falhas microscópicas na superfície, cuja importância não pode ser claramente avaliada sem um exame exaustivo.

Continuando, de acordo com Bogas (2011) considera a propriedade de propagação das fissuras, mesmo que o vidro não esteja sujeito a nenhuma carga significativa, a quebra de um painel de vidro pode não estar relacionada com um elemento disparador. E curiosamente, até certo ponto, as elevadas tensões na superfície do vidro permitem-lhe fazer exatamente o oposto, como colmatar os danos da superfície. Todas estas propriedades significam que a probabilidade de falha deve ser tida em consideração quando se projeta um vidro para propósitos estruturais. Embora o vidro seja incombustível, a sua fragilidade significa que apenas pode suportar tensões térmicas menores. Só o vidro especial resistente ao fogo pode suportar diferenças de temperatura que excedam 80K (150K para o vidro temperado de segurança). E o vidro é resistente a quase todos os químicos com exceção de compostos agressivos como o ácido fluorídrico.

Geralmente, quando falamos de vidro, significa o conjunto de vidros de silicato, que respondem por cerca de 95% da produção total de vidro, segundo Weller et al (2009), sendo que, os vidros utilizados na construção têm uma composição sílico-sódico-cálcica.

Atualmente, parece não ter limites para as possibilidades de aplicação do vidro, a imaginação dos arquitetos e os conhecimentos técnicos por parte dos engenheiros atingem um novo patamar a cada novo projeto. É possível verificar que a utilização do vidro não se restringe a geometrias simples, pelo contrário, o vidro é muitas vezes o material elegido em formas curvas e orgânicas sendo a escolha do vidro como envolvente surge mais evidente, principalmente, em três tipos de edifícios (tendência evidente nas atuais investigações), de acordo com Bogas (2011), desde os edifícios em altura e os pavilhões de vidro, às formas curvas e orgânicas com alguns exemplos que demonstram uma tendência para alterar o conceito de fachada como elemento bidimensional para tridimensional, com a possibilidade de interferir na organização do espaço.

3. VIDRO COMO ELEMENTO ESTRUTURAL EM FACHADAS

Na definição do INMETRO, fachadas são “superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Incluem as superfícies opacas, translúcidas, transparentes e vazadas” (BRASIL, 2010, p. 10). O termo fachada está contido no conceito de vedos verticais, e busca incluir todos os componentes que se inserem no conceito de fachada, compreende paredes, platibandas, portas, esquadrias, vidraças, conforme a NBR 13532 (ABNT, 2017).

Segundo Richards (2006), os materiais construtivos tem evoluído com intensidade e velocidade. Existem inúmeras formas de materiais, que desempenham diversas funções e estão no mercado para serem usados e aproveitarem seu melhor funcionamento. O mesmo se aplica ao vidro, valioso e impressionante desde sua descoberta como um elemento ornamental, a noção e a função da sua transparência foram propagadas através das janelas como uma chave.

Cada fachada deve ser pensada e planejada de acordo com sua orientação, aderindo os sistemas de proteção externa que garantam o sombreamento, mas que permitam a entrada da radiação solar difusa, além disso, é importante direcionar as janelas que abrem para os ventos dominantes, de modo a aproveitar da ventilação natural (BERGAMO; MOTTER, 2014).

De acordo com Nakamura (2007), algumas das soluções como o cuidado com a orientação quanto à insolação, o bom aproveitamento de recursos como ventilação natural e o sombreamento de fachadas, assim como a especificação criteriosa de materiais, quando inseridas dentro de um contexto global de um projeto, podem contribuir para garantir boas condições de climatização a um edifício. Apesar de todo esse progresso tecnológico dos materiais e da construção civil, a melhor solução de projeto térmico nem sempre depende das inovações em materiais acontecerem, mas o projeto deve ser refletido para dar conforto térmico de maneira natural sempre que possível como se deve ao projeto de arquitetura como responsável a se preocupar com estas questões.

Para usar o vidro como elemento estrutural deverá ser corretamente dimensionado para evitar problemas de estabilidade da estrutura, ao contrário do vidro utilizado como material de preenchimento, que não influencia na estabilidade. Existe uma diversidade de vidros, dependendo dos seus constituintes químicos e dos

tratamentos a que são submetidos, mas nem todos têm resistência mecânica suficiente para serem utilizados como elemento estrutural na engenharia civil que garanta estabilidade e segurança das estruturas. Têm sido desenvolvidos métodos para melhorar as características do vidro (PEREIRA, 2012).

As estruturas e sistemas para a implantação de fachadas de vidro de alta tecnologia têm um funcionamento específico e conforme a técnica empregada obtém-se um desempenho da arquitetura, com sua forma de prover conforto ambiental e eficiência energética. Então, entende-se que a fachada deve reagir aos estímulos do clima, determinando a qualidade interna do ambiente construído. As fixações do vidro têm três principais funções: estruturar, prover segurança aos usuários e transitantes e manter o conforto interno. Assim, a partir dessas funções relativas à construção de caixilhos, conforme Caselli (2011), buscam projetar produtos que atendam às necessidades de utilização do vidro e de obtenção de conforto interno e que também permitam desenvolver suas concepções formais nas obras.

Obras de alguns arquitetos podem ser tomadas como paradigmas, por terem desenvolvido componentes para fachadas, com o objetivo de incorporar formas de controle do clima interno. Destaca-se a de Alvar Aalto, que projetou um sistema de caixilhos duplos envidraçados e ventilados, para o Hospital Paimio (1930 a 1933), na Finlândia, que foi precursor dos sistemas atuais de fachadas duplas. Esse sistema de vidro duplo fundamenta o princípio do conceito de fachadas ventiladas existentes atualmente. Os vidros duplos têm aberturas para a entrada do ar na parte superior e persianas externas, para controlar a entrada da radiação solar.

Os arquitetos Mies van der Rohe e Gordon Bunshaft já buscavam formas de explorar fachadas de vidro, em meados dos anos 1950 e Mies Van Der Rohe foi pioneiro ao construir um edifício residencial envidraçado em Chicago, o Lake Shore Drive (1948- 1951). O arquiteto americano Gordon Bunshaft também foi, trabalhando para o escritório *Skidmore, Owings and Merrill*, tendo sido responsável pelo projeto do edifício de escritórios *Lever House* (1951-52), em Nova Iorque conforme mostra a Figura 1 (NAKAMURA, 2008) que foi um edifício construído com um dos primeiros sistemas estruturais de fachadas envidraçadas dependendo de caixilhos metálicos para prender todas as bordas dos panos de vidro, criando uma fachada modulada marcada pela estrutura. Como mostra a Figura 1 a predominância de estrutura metálica vertical, sempre aparente na fachada.

Figura 1: Edifício Lever House (1951-52) em Nova Iorque, projeto do escritório *Skidmore, Owings and Merrill*.



Fonte: Caselli (2011)

Segundo Caselli (2011), com a crescente utilização do vidro em fachadas, começou-se a identificar uma demanda dos arquitetos para utilizar sistemas de vedação com um perfil mínimo visível, deixando aparente apenas o vidro. Assim, as peles de vidro surgiram como uma resposta da indústria ao mercado. A criação de tipos diferentes de fachadas tem como objetivo atender também às necessidades distintas, relacionadas ao isolamento térmico, acústico, ao efeito visual, à ventilação, à iluminação natural e eficiência energética.

De acordo com Vigener e Brown (2010) foi assim que surgiram as paredes ou fachadas-cortina (*curtain wall*) envidraçadas, que foram definidas pela Norma Brasileira NBR 10820 como: "Caixilhos interligados e estruturados com função de vedação, formando um sistema contínuo e desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou da largura na fachada da edificação, sem interrupção, pelo menos por dois pavimentos". Pode-se dizer, ainda, complementando a definição da norma 10820, que parede-cortina é uma envoltória esbelta, com moldura de alumínio, cujo preenchimento pode ser de vidro, mas também de pedra ou metal. É importante observar que essa estrutura metálica não tem função estrutural, pois as cargas resultantes da pressão do vento e do peso próprio são transferidas diretamente para a estrutura do edifício.

Não existe nenhum tipo de norma brasileira onde seu foco esteja na concepção direta do vidro como elemento estrutural, apesar da indústria do vidro já contar com uma alta gama de produtos compatíveis com as exigências técnicas em volta do uso em projetos estruturais, o que se dispõe são revisões de normas não muito efetivas para o enfoque em estruturas (MENDONÇA, 2020).

Em entrevista à AECweb (2017) Margaritelli afirma que “No Brasil, ainda não existem normas técnicas específicas para vidro estrutural. Utilizamos a ABNT NBR 7199 – Projeto Execução e Aplicações de Vidros na Construção Civil – e a ABNT NBR 11706 – Vidros 11 na construção civil”. Para a concepção de um projeto bem detalhado e voltado para o âmbito estrutural, será necessário o auxílio de normas também estrangeiras, que não se restringem apenas ao alcance de resoluções nacionais, o uso recorrente de normas internacionais como a *International Organization for Standardization* (ISO), sendo a principal organização normativa usada entre nações que tem como foco, estabelecer um padrão normativo compatível entre nações, é possível que se necessite aprofundar cada vez mais a busca da norma, pois muitos países membros não possuem normas para estruturas de vidros, influenciando diretamente nos critérios estabelecidos da ISO.

As normas conhecidas como internacionais são a ISO (*International Standard Organization*) – e a IEC (*International Electrotechnical Commission*). Há também as normas estrangeiras, por exemplo uma norma DIN (elaborada na Alemanha) sendo usada no Brasil ela se torna estrangeira, o mesmo com as normas NEMA (Americana), JISC (Japão) entre outras. Mesmo a norma da ABNT se for usada como parâmetro em outro país ela se tornará estrangeira para este país, por exemplo a norma da ABNT no Uruguai. (MENDONÇA, 2020).

Para uma boa compreensão a respeito das questões normativas, considera-se que, para a construção de um projeto eficaz, se faz necessário o complemento de outras exigências, que irão abranger os elementos que auxiliam na execução da estrutura.

De acordo com Mendonça (2020), preferivelmente utiliza-se o vidro laminado em pilares pois, em caso de quebra do material, evita-se o colapso da estrutura. O processo de laminação pode ser feito com etileno-vinil-acetato (EVA), resina de poliéster líquida ou polivinil butiral (PVB). O vidro aramado é composto por uma malha quadriculada de aço, colocada no processo de fabricação dentro do material vítreo,

assim deixando o material resfriar gradativamente. O vidro *float*, segundo Gonçalves (2012), é a base para todos os restantes vidros planos, sendo ideal quando exige visibilidade, já que não apresenta distorção óptica e possui alta transmissão de luz. Por outro lado, tem-se o vidro temperado que é sujeito a um tratamento térmico, designado de têmpera que aquece o vidro a uma temperatura superior à sua temperatura de transformação e submetido a um rápido arrefecimento através de um fluxo de ar em ambas as superfícies.

Segundo a norma NBR 7199 (ABNT, 1979) – Projeto, execução e aplicação do vidro, na construção civil, são considerados vidros de segurança: vidro temperado, vidro aramado e o vidro laminado, pois são vidros que não oferecem riscos de ferimentos graves aos usuários, uma vez que seus estilhaços possuem pouquíssima capacidade de corte, caso se fragmentem e se soltem.

Segundo Bogas (2011), a evolução das fachadas de vidro teve como objetivo, o desenvolvimento e a qualidade do vidro, a evolução dos sistemas de fixação, para reduzir a presença da caixilharia na fachada aumentando a transparência dos edifícios. As novas tecnologias na produção do vidro têm permitido explorar um novo espectro de possibilidades entre a transparência, translucidez e opacidade do vidro e melhores propriedades térmicas e ópticas.

Surgiram as paredes ou fachadas-cortina (*curtain wall*) envidraçadas definidas pela norma NBR 10820 (ABNT, 2011) como: “Caixilhos interligados e estruturados com função de vedação, formando um sistema contínuo e desenvolvendo-se no sentido da altura e/ou da largura na fachada da edificação, sem interrupção, pelo menos por dois pavimentos”. Conforme Vigener e Brown (2010), a parede-cortina é uma envoltória esbelta, com moldura de alumínio, preenchido por vidro, pedra ou metal, mas a estrutura metálica não é estrutural, pois as cargas resultantes da pressão do vento e do peso próprio transferem para a estrutura do edifício.

Segundo Caselli (2011), as fachadas simples criam uma pele única, com uma camada de vedação, já as duplas com duas camadas, uma de vidro e outra não necessariamente, com o ar entre elas, atuando como um filtro que retém calor e duto de ventilação.

Os tipos de fachadas mais utilizadas no Brasil são as fachadas com grid, fachadas tipo *spider*, fachadas com *stick* e fachadas do tipo unitizado (MENDONÇA, 2020). Além das intenções estéticas, os tipos de fachada têm intuito no cumprimento

das normas de proteção solar, isolamento térmico e sonoro e compatibilidade ambiental. Evoluindo da mesma forma que o vidro evoluiu do vidro simples ao vidro isolante (duplo ou triplo, etc.), atingindo melhor resultado em termos de comportamento térmico, as fachadas evoluíram de simples a dupla e, posteriormente, para as chamadas fachadas “inteligentes” (BOGAS, 2011).

4. VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DO VIDRO EM FACHADAS

Segundo Mendonça (2020), o vidro mostrou-se um bom material para ser utilizado estruturalmente. Suas características físicas importantes que proporcionam boa densidade, sua grande dureza se compara ao aço, boa resistência (16 vezes maior que a do granito) e bom módulo de elasticidade. No entanto, seu ponto negativo para fins estruturais é o fato dele não apresentar sinais de início de ruptura, ou seja, se romper sem aviso prévio quando seu limite é alcançado.

Desde a década de 50, o uso de fachadas de vidro vem crescendo em edificações comerciais, residenciais e públicas no Brasil. O aproveitamento da luz natural, a maior abertura visual e a rapidez na construção são alguns dos pontos positivos. Como ponto negativo, maiores áreas de vidro podem trazer um aumento significativo de carga térmica, causando desconforto e maiores gastos com condicionamento de ar (BESEN; WESTPHAL, 2014).

Segundo Ghisi e Tinker (2005), “grandes áreas de janela têm a inconveniência de permitir ganhos ou perdas excessivas de calor. Logo, para amenizar o desconforto causado pelo ganho ou pela perda de calor, torna-se mais intenso o uso de ar condicionado e sistemas de aquecimento, tendo como consequência o aumento do consumo de energia”.

De acordo com Mendonça (2020), devido a peculiaridade que cada fachada possui, é necessário que cada uma tenha seu projeto específico, analisado individualmente para que se consiga a melhor escolha em cada caso e os fatores corretos que influenciam nas seleções técnicas de um projeto de fachada em vidro, os mais importantes são: Porte do projeto, compatibilidade entre o sistema de fixação das esquadrias e o sistema construtivo estrutural da edificação, ou seja, a fachada deve ser pensada desde o início, tempo para execução, espaço de trabalho no canteiro de obras. As mais utilizadas no Brasil são as fachadas com *grid*, fachadas tipo *spider*, fachadas com *stick* e fachadas do tipo unitizado. Suas principais características, indicações, como é feita a instalação e cuidados que devem ser tomados durante a instalação são:

Para a fachada com Grid, também conhecida como fachada cortina e ou convencional, tem o vidro aparente em sua estrutura, ao olhar pelo lado de fora é possível ver suas linhas horizontais e verticais das colunas de alumínio marcando a

obra e é indicada para ambientes térreos e empreendimentos pequenos. Sua instalação é realizada pela estrutura de alumínio (formada por colunas e travessas) e é ancorada na própria edificação (os vidros são presos externamente por meio de um perfil) como é mostrado na Figura 2, com necessidade de cuidados por ser realizada pela área externa da obra, é necessário o uso de balancins em todas as fases (MENDONÇA, 2020).

Figura 2: Fachada *Grid*.



Fonte: Aecweb (2021)

A Fachada tipo *Spider* é muito utilizada principalmente para fechamento dos *lobbies* dos prédios, segundo Mendonça (2020), essa fachada pode ser utilizada em qualquer área de uma edificação. O envidraçamento é exterior, permitindo a fixação dos vidros à estrutura por meio de ferragens especiais articuladas, semelhantes a uma aranha, por isso o nome *Spider*. A instalação necessita de uma estrutura robusta, pois a fixação das peças é pontual, por meio de furos, e não pelas bordas, como a Figura 3 apresenta a peça de articulação. A vedação é feita na união das peças de vidro, tanto na vertical, como na horizontal, e é importante que os elementos de fixação estejam adequados ao peso do próprio vidro e ser avaliados ainda o prumo e o alinhamento de toda a estrutura, isso evitará quebras causadas por tensões, pois podem gerar delaminação nas peças laminadas.

Figura 3: Articulação da fachada tipo *Spider*.



Fonte: Wrglass (2021)

A Figura 4 apresenta a fachada *Stick*, também conhecida como pele de vidro, é utilizada em obras de todos os portes, o vidro é encaixilhado em quadros independentes e depois fixados ancorados em colunas de alumínio e fixadas nas vigas de concreto da edificação. Desta forma a fachada tem um resultado final bonito e harmonioso, escondendo toda a estrutura que sustenta a obra, isso permite um envidraçamento com menos elementos metálicos aparentes e se destaca ainda por facilitar uma eventual troca de vidro. Sua instalação é semelhante ao sistema *grid*, as colunas e travessas são ancoradas na própria edificação, depois são fixados os vidros com diferença no uso de silicone para colagem e vedação das peças, é necessário o uso do balancim em todas as fases desse processo, pois a estrutura é montada pelo lado de fora da edificação (MENDONÇA, 2020).

Figura 4: Fachada com *Stick*.



Fonte: Vitrine & arte (2021)

A fachada Unitizado é destinada para obras de grande porte e projetos com formas diferenciadas, o sistema Unitizado garante liberdade arquitetônica e é composto por módulos que se encaixam nas estruturas do projeto. São formados por perfis de alumínio são formados por colunas, travessas e vidro (colado com silicone estrutural ou fita adesiva dupla face desenvolvida especialmente para a colagem de perfis de alumínio), também é possível encontrarmos outros sistemas aplicados em fachadas, com o sistema *Cablet net*, a fachada de vidro estrutural e a fachada autoportante, essas técnicas são utilizadas somente em projetos de menor porte. A montagem desses módulos ocorre já na processadora ou serralheria, pois o controle da atmosfera do ambiente é fundamental para a colagem e vedação, os módulos são içados e encaixados, verticalmente, na fachada, começando nos pavimentos mais baixos, conforme apresenta a Figura 5. Os painéis possuem a altura do pé-direito do pavimento e sua fixação é quase como um jogo de montar, assim consegue-se fechar grandes vãos da fachada num curto espaço de tempo (MENDONÇA, 2020).

Figura 5: Fachada Unitizado.



Fonte: Vitrine & arte (2021)

Para Bogas (2011), o desenvolvimento do desempenho e aplicação do vidro são fatores que tem evoluído paralelamente, como resultado desta sinergia o vidro tem excedido expectativas, não sendo possível perspectivar um limite para as suas potencialidades.

As propriedades como material, Mendonça (2020) destaca o vidro pela excelente resistência a compressão e a tração, mesmo variando de acordo com as características do meio onde foi utilizado como outros materiais em estruturas de obras civis. No quesito resistência a flexão, é uma boa opção quando bem dimensionado, pois o vidro pode chegar a 200 Mpa (vidro temperado) para esse esforço, e destaca-se pelo bom trabalho quando utilizado junto ao aço utilizado na maioria das fachadas com ou sem fins estruturais pelo coeficiente de dilatação térmico deles serem bem próximos. Já em relação à condução térmica, o vidro destaca-se negativamente pois, o fato dele realizar as trocas caloríficas parcialmente em seções diferentes, pode ocorrer desequilíbrio e fratura do mesmo. Para resolver isso tem a opção da utilização de vidros de segurança: laminado, o temperado e o aramado.

Segundo a norma NBR 16259 (ABNT, 2014) – Envidraçamento de sacadas, possui boa resistência a pressão do vento.

Conforme Sadineni et al. (2011), a eficiência energética de uma edificação pode ser aperfeiçoada por meio de estratégias ativas, como resfriamento, ventilação, iluminação artificial ou passivas, de acordo pelas melhorias na envoltória de um edifício que é o que separa os ambientes internos do externo e é um fator chave que

determina a qualidade ambiental e mantém as condições internas, independentemente das variações nas condições externas.

Tendo em vista que o sistema de vedação externa de uma edificação deve ter, por norma, uma vida útil de pelo menos 40 anos (NBR 15575/2012), enquanto o sistema de condicionamento de ar terá vida útil de 10 a 15 anos, nota-se a importância dos investimentos em estratégias de eficiência energética. Sendo assim, o vidro utilizado em um projeto arquitetônico constitui-se em uma estratégia passiva com grande influência sobre o consumo energético. Conforme artigo de Besen e Westphal (2014), as relações entre tipo de vidro, consumo e custo de energia elétrica, capacidade de instalação de ar condicionado e a viabilidade econômica de investimentos em melhores opções de vidro resultou em economia, ou seja, revelou economia de até 37% no consumo de energia com condicionamento de ar, comparando-se o modelo com vidro incolor monolítico e o modelo com o vidro de melhor desempenho. A maior economia absoluta em consumo (kWh) ocorreu no clima mais quente, na cidade de Fortaleza, a qual também apresenta a tarifa de energia elétrica mais elevada entre as cidades analisadas. Nessa cidade a economia alcançada com o vidro FS18/TL13/INS foi de 349 MWh, que corresponde a um corte no custo anual de R\$ 183 mil.

De acordo com Caselli (2011), as fachadas duplas ventiladas envidraçadas diferem das paredes-cortina quanto ao número de camadas entre o meio interno e externo com a possibilidade de a fachada dupla ser de outros materiais, como, cerâmica, granito, plástico e metal. A fachada simples de parede-cortina tem estrutura metálica usualmente em alumínio com fechamento em vidro, pedra ou metal e os caixilhos podem ser aparentes, envolvendo o vidro, ocultos, com vidro colado, ou inexistentes, no caso dos *spiders*. Já na fachada dupla ventilada, A subestrutura do revestimento é de aço inoxidável ou alumínio. O revestimento das fachadas ventiladas pode ser de granito, mármore, porcelanatos, cerâmicas, placas compósitas de metais ou laminados melamínicos e até mesmo vidro.

A vantagem dos duplos é de poder diminuir o calor irradiado para o interior, nesse espaço entre a fachada interna e externa, chamado efeito chaminé que pode ser auxiliado por equipamentos mecânicos. A desvantagem é o custo elevado devido à quantidade de material e à complexidade do sistema.

A vantagem da fachada parede-cortina, segundo Caselli (2011), tende ser uma montagem muito rápida, principalmente se já estiver modulada e é muito leve, utiliza pouco material comparado as fachadas duplas. E a desvantagem é que não tem aberturas, prejudicando o conforto ambiental, ou seja, sem o efeito de ventilação natural e deve ater-se às características do vidro e dos caixilhos, para controlar a radiação solar e o vazamento de calor ou frio pela estrutura.

Já a fachada dupla tem como vantagem evitar o acúmulo de umidade e a condensação de água, oferece maior conforto térmico devido o ar entre as camadas, fácil montagem, o vão pode ser usado como passagem de tubulações e cabeamentos, manutenção simples e pode ser instalada até em edifícios existentes. Como desvantagem é o alto custo em relação a outros sistemas, diminuição do espaço útil da construção, custos de manutenção e operacionais, erros de projeto podem provocar superaquecimento, não admite improvisos, não há normas brasileiras, inexistência de construções com essa fachada no Brasil, escassez de empresas que comercializem os painéis para fachadas ventiladas (CASELLI, 2011).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a realização deste trabalho, foi possível aprofundar o conhecimento sobre o vidro, ele que por ser um dos mais antigos materiais de construção obteve grande destaque de pesquisas, ele se encontra entre os materiais de alta tecnologia e já consolidado no mercado, em relação vários aspectos, à confiabilidade de seu desempenho, custo e disponibilidade para a aquisição, a qual justifica a escolha do vidro como material para fachadas de edifícios residenciais e sistemas de fachadas envidraçadas para edifícios residenciais verticais.

As estruturas e sistemas para a implantação de fachadas de vidro tem um funcionamento específico e conforme a técnica empregada obtém-se um desempenho com sua forma de prover conforto ambiental e eficiência energética. As fixações do vidro têm três principais funções: estruturar, prover segurança aos usuários e transitantes e manter o conforto interno. Foi possível concluir que sistemas de caixilhos e vidros utilizados como fechamento de fachadas são mais leves do que a tradicional alvenaria, necessitando de estruturas mais delgadas, com menor peso das estruturas resulta em menor consumo de material para estruturar todo o sistema de fachadas do edifício e, conseqüentemente, menos recursos financeiros.

O vidro, como todos os materiais, tem "defeitos e virtudes", dependendo de onde venha a ser utilizado. A especificação do material é responsável pela adequação ou não a uma concepção de eficiência, conforto do usuário e consumo energético. A grande variedade de produtos disponíveis permite diversos usos e desempenhos, podendo ser utilizado numa grande variedade de obras. Porém, para se especificar o material corretamente, devem-se conhecer as necessidades locais da obra, variáveis climáticas e de conforto, concepção arquitetônica, técnicas disponíveis e orçamento.

Desta maneira, os objetivos encontrados no início do trabalho acadêmico, foram alcançados, de modo que foi obtido a compreensão da utilização do vidro como fachada e parte estrutural na construção civil, como o conhecimento das particularidades do vidro como material da construção, o estudo da utilização do vidro como elemento estrutural em fachadas e o comparativo de vantagens e desvantagens de se trabalhar com o vidro nas fachadas que haviam sido aplicadas em pesquisas acadêmicas anteriores.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7199**: Vidros na construção civil – projeto, execução e aplicações. Rio de Janeiro: ABNT, 1979.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10820**: Caixilho para edificação – Janela. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11706**: Vidros na construção civil. Rio de Janeiro. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de 5 pavimentos: desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16259**: Regulamentação para envidraçamento de fachada. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BARROS, Carolina. **Apostila de vidros: materiais de construção edificações**. Pelotas: IFRG, 2010.

BERGAMO, Ana P. R. H.; MOTTER, Camila B. **a origem do vidro e seu uso na arquitetura**. 2014. 7 f. Artigo – Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 2014.

BESEN, Priscila; WESTPHAL, Fernando S. **Fachadas de vidro no brasil: Um estudo comparativo de viabilidade econômica**. 2014. 10 f. Disponível em: http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_702.pdf. Acesso em: 17 out. 2021.

BOGAS, Joana Maria Peixoto. **Fachadas de vidro: Explorar os limites da utilização do vidro na construção**. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Minho, 2011.

CASELLI, Cristina Kanya. **Fachada de edifício residencial em vidro no século XXI: Clima, conforto e conservação de energia**. 2011. 243 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

EUROPEAN STANDARD. **EN 572-2**: Basic soda lime silicate glass products - Part 2: Float glass. Brussels. 2012.

EUROPEAN STANDARD. **EN 1863-2**: Glass in building - Heat strengthened soda lime silicate glass - Part 2: Evaluation of conformity. 2012.

EUROPEAN STANDARD. **EN 12150-1:2015+A1:2019** - Glass in building - Thermally toughened soda lime silicate safety glass - Part 1: Definition and description. 2019.

GLASS, WR. **Fixação com spider glass traz segurança e modernidade**. 2021. Disponível em: <<https://www.wrglass.com.br/noticia/fixacao-com-spider-glass-traz-seguranca-e-modernidade->>. Acesso em: 22 out. 2021.

GONÇALVES, Pedro Miguel Firmino. **Fachada de Vidro “Inteligente”**. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil - Perfil Estruturas) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

HEGGER, M.; AUCH-SCHWELK, V.; FUC, M. **Construction Materials Manual**. Basel: Birkhäuser, 2006.

INMETRO. **Portaria INMETRO / MDIC número 449 de 25/11/2010**. <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001627.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2021.: [s.n.], 2010. 134 p.

MARTINS, J., Pinto, E. **“O vidro”**. 1º edição, 2004

MARTINS, João Guerra e PINTO, Emanuel Lopes (2004). **“Materiais de construção I - O Vidro”**. Série Materiais.

MENDONÇA, Othon Bruno Miranda. **Utilização de vidro como parte estrutural de fachadas**. 2020. 44 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

NAKAMURA, Juliana. **Zona de conforto: soluções para prover conforto térmico às edificações precisam se conciliar com o entorno e com a demanda por redução do consumo de energia**. Disponível em: Setembro, 2007. Acesso em: 17 out. 2021.

PEREIRA, Sónia Marisa Mendes. **Estudo do Comportamento Estrutural de Fachadas em Vidro**. 2012. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2012.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DE NORMALIZAÇÃO. **ISO 12543-1: Laminated glass and laminated safety glass - Part 1: Definitions and description of component parts**. 2011.

RICHARDS, Brent. **New glass architecture**. North America, Yale University Press, 2006.

SCHITTICH, C. *et al.* **Glass Construction Manual**. Munique: Detail, 2007.

SCHITTICH, C. Shell, Ski, **Materials**. In: **SCHITTICH, C.** Building Skin. Munique: Detail, 2006. p. 9- 27.

TECH, Vitrine & Arte. **Fachada stick**. 2021. Disponível em: <<https://www.vitrinearte.com.br/fachada-stick>>. Acesso em: 22 out. 2021.

TECH, Vitrine & Arte. **Sistema fachada unitizada**. 2021. Disponível em: <<https://www.vitrineearte.com.br/sistema-fachada-unitizada>>. Acesso em: 22 out. 2021.

Valarinho, L. **Construção em vidro estrutural** - Comportamento estrutural de vigas mistas vidro-GFRP. Master's thesis, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

VIDREIRO, Setor. **Vidro Laminado e Temperado**. 2012. Disponível em: <https://www.setorvidreiro.com.br/setorvidreiro?id=180&pg=1>. Acesso em: 16 abr. 2021.

VIDRO, Manual do. Editora Saint Gobain Glass, 2000.

VIGENER, N.; BROWN, M. A. Building Envelope Design Guide - Curtain Walls. **Whole Building Design Guide**. 2010. Disponível em: <http://www.wbdg.org/design/env_fenestration_cw.php>. Acesso em: 10 out. 2021.

WEB, Aec. **Linha grid**. 2021. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/produto/linha-grid/30848>>. Acesso em: 22 out. 2021.

WHITE, R. "**Glass as a Structural Material**". Report, Kansas State University, Kansas, 2007.

WIGGINTON, M. **Glass in Architecture**. London: Phaidon, 2004.

