JADILSON NILES COSTA

APLICAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

BELO HORIZONTE-MG
2019

JADILSON NILES COSTA

APLICAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

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

Orientador:

BELO HORIZONTE-MG
2019

JADILSON NILES COSTA

APLICAÇÃO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

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

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Prof(a). Titulação Nome do Professor(a)

Belo Horizonte

COSTA, Jadilson N. **Aplicação do vidro na construção civil**. 2019. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte-MG, 2019.

RESUMO

O vidro usado com habilidade em edificações contribui fortemente para a satisfação com a arquitetura, mas o vidro usado de maneira impensada pode tornar uma edificação sem atrativos, não econômica e desconfortável para habitar. O objetivo deste estudo é apresentar as principais aplicabilidades do vidro na construção civil, apontando principais características desse material construtivo. O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos. O vidro é um componente frequente em obras civis, diante sua ampla versatilidade. Seja ele para casas ou edifícios, fachadas, janelas ou portas, acessórios ou paredes, o vidro se adequa às demandas do projeto. Ainda, o aumento da resistência e proteções contemporâneas transformam o vidro ainda mais protegido. Este estudo teve como foco demonstrar os usos do vidro na construção civil, porque mesmo sendo um componente usado em larga escala, ainda possui conhecimento restrito de engenheiros civis e arquitetos. Assim, busca-se que os profissionais da construção civil se empenhem em usar o vidro, um material nobre, atraente, de elevado potencial estético e fundamental para assegurar a incidência de luz e comunicação entre os ambientes.

Palavras-chave: Vidro; construção civil; obra.

COSTA, Jadilson N. **Aplicação do vidro na construção civil**. 2019. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte-MG, 2019.

ABSTRACT

The glass used with skill in buildings contributes strongly to the satisfaction with the architecture, but the used glass in an unthought way can make a building unattractive, not economic and uncomfortable to inhabit. The objective of this study is to present the main applications of glass in civil construction, pointing out the main characteristics of this constructive material. The type of research carried out in this work was a Review of Literature, in which it was carried out to consult books, dissertations and in scientific articles. Glass is a frequent component in civil works because of its wide versatility. Whether it is for homes or buildings, facades, windows or doors, fixtures or walls, the glass fits the design demands. Still, increased resistance and contemporary protections make glass even more protected. This study aimed to demonstrate the uses of glass in civil construction, because even though it is a widely used component, it still has limited knowledge of civil engineers and architects. Thus, it is sought that the construction professionals strive to use glass, a noble material, attractive, high potential aesthetic and fundamental to ensure the incidence of light and communication between environments.

Keywords: Glass; construction; work.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 6
2 O USO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 8
2.1 O MATERIAL VIDRO 9
2.2 ESPESSURA DO VIDRO 11
2.3 VIDRO TRATADO TERMICAMENTE 12
3 TIPOS DE VIDROS 13
3.1 VIDRO TEMPERADO 13
3.2 VIDRO REFORÇADO COM CALOR 13
3.3 VIDRO LAMINADO 14
3.4 VIDRO REFORÇADO QUIMICAMENTE 15
3.5 VIDRO COM CLASSIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA AO FOGO 15
3.6 VIDRO FRITADO 17
3.7 TÍMPANOS DE VIDRO 18
3.8 VIDROS COM REVESTIMENTO PIGMENTADO E REFLEXIVO 18
4 VIDROS ESPECIAIS 21
4.1 VIDROS COM REVESTIMENTO REFLEXIVO 21
4.2 VIDRO ISOLANTE TÉRMICO 21
4.3 VIDRO COM REVESTIMENTO DE BAIXA EMISSIVIDADE 23
4.4 VIDRO AUTOLIMPANTE 25
4.5 VIDRO QUE MODIFICA SUAS PROPRIEDADES 26
4.6 OUTROS TIPOS DE VIDRO 26
4.7 FOLHAS DE MATERIAIS PLÁSTICOS 27
CONSIDERAÇÕES FINAIS 29
REFERÊNCIAS 30

1 INTRODUÇÃO

A motivação do ser humano pela utilização do vidro na construção civil ocorreu diante sua capacidade de adaptar transparência, sinônimo de luz aos ambientes da construção, que pode ser usada de maneira plena ou discreta.

No começo, o uso do vidro tinha por finalidade somente deixar passar a luz e assegurar contra imprevisibilidades. Diante ao progresso tecnológico, o vidro passou a exercer uma função essencial nas edificações contemporâneas, aliando seu atributo principal de transparência com demais características, tais como: controle de sons, controle de calor, proteção contra riscos de lesões, proteção contra raios ultravioleta, barreira contra lançamentos de armas de fogo, barreira contra incêndios e, ainda, como item de decoração de interiores.

O vidro progrediu consideravelmente nos aspectos tecnológicos, especialmente com relação aos processos de produção e beneficiamento, passando de um mero componente usado para passagem de luz e proteção contra intempéries, para um componente multifuncional e técnico, apto a aliar atribuições indispensáveis para acatar às demandas contemporâneas de conforto, com funções decorativas e estéticas.

O vidro tem sido utilizado no cotidiano, dadas as suas características de inalterabilidade, dureza e resistência e as suas propriedades térmicas, óticas e acústicas, estando presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem-estar dos homens contemporâneos, nos mais variados setores. Antigamente, o vidro estava apenas presente em garrafas, frascos, espelhos ou vidros planos em janelas (transparentes ou foscos), mas suas aplicações são inúmeras.

A utilização de vidros em edificações já é notada logo na entrada. O número do imóvel pode estar impresso em uma placa de vidro temperado. Uma porta de entrada em vidro, com caixilharia de alumínio ou aço inoxidável, transmite sofisticação e limpeza.

Uma vez dentro do edifício, é possível continuar observando a utilização do vidro no ambiente interno. Amplas fachadas de vidro são utilizadas para permitir a entrada da luz do dia, oferecer a sensação de bem-estar ao avistar um jardim interno e facilitar a visualização de outras partes do conjunto de edifícios.

Dessa forma, a escolha pelo presente tema é justificada pela ampla aplicabilidade do vidro na construção civil, sendo fundamental conhecer suas características e especificidades cada tipo de vidro para cada tipo de obra.

A seguinte pergunta foi realizada: Quais as possibilidades de uso do vidro na construção civil?

O objetivo deste estudo foi apresentar as principais aplicabilidades do vidro na construção civil, apontando principais características desse material construtivo. Objetivos específicos: Conceituar o uso do vidro na construção civil; estudar os tipos de vidros e suas características; apontar os vidros especiais e suas propriedades.

O tipo de pesquisa realizado neste trabalho foi uma Revisão de Literatura, no qual foi realizada consulta a livros, dissertações e em artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes base de dados (Google Books; Portal Capes). O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos 10 anos As palavras-chave utilizadas na busca foram: construção civil; materiais; vidro.

2 O USO DO VIDRO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

As origens do vidro se perdem na pré-história. Primeiramente um componente para contas de vidro coloridas e pequenas garrafas, o vidro foi empregado pela primeira vez em janelas na época romana. A maior peça romana de vidro conhecida, uma folha grosseiramente moldada, usual para uma janela em um banho público, em Pompeia, tinha um tamanho de, quase 3 por 4 pés (800 por 1.100 mm) (CHING, 2017).

Até o final do século X d.C., a ilha veneziana de Murano havia se tornado o maior centro de produção de vidros, produzindo o vidro do processo de coroa e o vidro do processo de cilindro para janelas. Tanto os processos de coroa como de cilindro começavam pelo sopro de uma grande esfera de vidro. No processo de coroa, a esfera de vidro aquecida ficava aderida a uma haste de ferro chamada de pontel, oposta ao cachimbo de sopro. O cachimbo de sopro era então removido, deixando um orifício oposto ao pontel (KEELER, 2018).

A seguir, a esfera era reaquecida, onde o operário vidraceiro produzindo o vidro girava o pontel rapidamente, causando uma força centrífuga para abrir a esfera em um disco largo, a coroa, de 30 polegadas (750 mm) ou mais de diâmetro. Quando a coroa era cortada em panos, um pano sempre continha um “olho de touro”, ponto ao qual o pontel havia sido acoplado antes de ser quebrado. No processo de cilindro, a esfera aquecida até um ponto de fusão era balançada para frente e para trás, como em um pêndulo, na ponta do cachimbo de sopro, para alongá-la até adquirir uma forma cilíndrica (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

As terminações hemisféricas eram cortadas e o cilindro remanescente era aberto ao longo de seu comprimento, reaquecido, reaberto e tornado plano, em uma folha retangular de vidro, que mais tarde era cortada em panos de vidro de qualquer tamanho desejado. Antes da introdução das modernas técnicas de produção de vidro, o vidro de coroa possuía a seu favor, com relação ao vidro de cilindro, o acabamento de sua superfície, que era suave e brilhante, porque era formado sem contato com outro material. O vidro de cilindro, embora mais econômico de ser produzido, era limitado, em termos de qualidade de superfície, já que dependia da textura e da limpeza da superfície sobre a qual ele era tornado plano (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

Nos anos iniciais do século XX, a produção de vidro pelo processo de cilindro foi gradualmente sendo substituído por processos que puxavam folhas planas de vidro

pelo processo de gaveta, diretamente de um contêiner com vidro fundido. Linhas de produção altamente mecanizadas para moagem e polimento de vidro prato foram se estabelecendo, com folhas de vidro bruto entrando em linha, de modo contínuo, em uma extremidade, com folhas acabadas emergindo na outra (SALGADO, 2014).

Em 1959, a firma inglesa de Pilkington Brothers Ltd. iniciou a produção de vidro pelo processo floating, a qual foi, a partir de então licenciada para outros fabricantes de vidro e se tornou padrão internacional, substituindo tanto o vidro de gaveta, como o vidro de prato. Nesse processo, uma faixa de vidro fundido é feita flutuar sobre um banho de latão fundido, onde ele endurece antes de tocar uma superfície sólida (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

As folhas de vidro resultantes possuem faces paralelas, alta qualidade ótica (praticamente indistinguível daquela do vidro de prato) e um acabamento de superfície brilhante. Este tipo de vidro tem sido produzido nos Estados Unidos desde 1963 e representa praticamente toda a produção doméstica de vidro de flutuação. A terminologia associada a vidros se desenvolveu cedo nesta longa história. O termo envidraçamento, quando aplicado a edificações, refere-se à instalação do vidro em uma abertura ou ao material transparente (normalmente vidro), em uma abertura envidraçada. O instalador de vidro é conhecido como um vidraceiro. Peças individuais de vidro são chamadas, em inglês, como lights, ou frequentemente, para evitar confusão com a luz visível, lites (ALLEN; IANO, 2013).

2.1 O MATERIAL VIDRO

O maior ingrediente do vidro é a areia (dióxido de silício). A areia é misturada com cinza de soda (hidróxido ou carbonato de sódio), cálcio e pequenas quantidades de alumina, óxido do potássio e vários elementos para controlar a cor, e, então, aquecida para formar o vidro. O material terminado, embora parecendo cristalino e convincentemente sólido, é, na verdade, um líquido super-resfriado, já que ele não possui um ponto fixo de fusão e uma microestrutura aberta, não cristalina (KEELER, 2018).

Quando lhe é dada a forma de pequenas fibras, o vidro é mais forte que o aço, embora nem de perto, tão rígido. Em peças mais largas, as imperfeições microscópicas, uma característica inerente do vidro, reduzem a sua resistência útil a valores significantemente mais baixos, em particular quando sob tração. Quando uma

superfície de uma folha de vidro é colocada sob suficiente tração, como acontece quando um objeto impacta sobre o vidro, as rachaduras se propagam de uma imperfeição próxima do ponto de tração máxima e o vidro se despedaça (KEELER, 2018).

As principais matérias-primas para produzir o vidro–areia, calcário e carbonato de sódio – são minerais finitos, mas abundantes. A alta energia incorporada na fabricação do vidro, utilizando métodos tradicionais, aproximadamente 7.000 BTU por libra (16 MJ/ kg), pode ser reduzida de 30 a 65%, à medida que tecnologias de produção novas, mais eficientes, forem introduzidas (ALLEN; IANO, 2013).

A produção de vidros envolve a geração de resíduos potencialmente não saudáveis ou causadores de poluição. A fabricação tradicional de vidros para espelhos, por exemplo, gera um efluente residual ácido, com altas concentrações de cobre e chumbo. Entretanto, recentemente, vidros para espelhos fabricados com o uso de técnicas produtivas mais ambientalmente benéficos tornaram-se disponíveis (CHING, 2017).

Embora garrafas de vidro e recipientes sejam reciclados em novos recipientes a uma alta velocidade, existe pouca reciclagem de vidros planos no presente. A maioria dos vidros velhos é enviada para aterros. Esforços estão sendo desenvolvidos para encontrar novos usos para resíduos de vidro. Por exemplo, agregados de vidro vitrificado (vidro que tenha sido fundido e rapidamente extinto, para capturar metais pesados e outros contaminantes) podem ser reusados em asfalto, concreto, aterros de construção, shingles para telhados e telhas cerâmicas (CHING, 2017).

O vidro é inerte e não afeta a qualidade dos ambientes internos. Ele é mantido limpo e livre de fungos e bactérias facilmente. O impacto do vidro no consumo de energia pode ser muito prejudicial, muito benéfico, ou algo intermediário, dependendo de quão inteligentemente ele é utilizado (SALGADO, 2014).

Se mal utilizado, o vidro pode contribuir para o sobreaquecimento de verão, a partir de ganhos solares não desejados; para excessivas perdas de calor durante o inverno, devido a valores inerentemente baixos nos valores de resistência térmica; ofuscamento visual; desconforto no inverno, causado por perdas de calor radiante a partir do corpo, em direção a superfícies frias de vidro; e pela condensação de umidade, que pode causar danos a outros componentes da edificação (CHING, 2017).

Bem utilizado, o vidro pode trazer calor de origem solar para dentro da edificação, no inverno, e excluí-lo no verão, com considerável economia em termos

de energia para aquecimento e refrigeração. Ele pode trazer a luz natural para dentro da edificação, sem ofuscamento, reduzindo tanto o uso de eletricidade para iluminação, como a carga de refrigeração determinada por essa iluminação (ALLEN; IANO, 2013).

Esses benefícios incidem sobre toda a vida útil do edifício e o retorno pode ser enorme. Assim, o vidro é uma componente chave de cada edificação energeticamente eficiente e um importante cúmplice dos projetistas mal informados da maioria dos edifícios que desperdiçam energia.

2.2 ESPESSURA DO VIDRO

O vidro é produzido em uma série de espessuras – tipicamente variando de polegada (2,5 mm), também chamado de resistência simples, até polegada (3 mm), chamado de resistência dupla, chegando ao limite de 1 polegada (25,4 mm), dependendo do fabricante. A espessura do vidro para uma janela em particular é determinada pelo tamanho da abertura de iluminação e pelas máximas cargas estimadas de vento sobre o vidro (KEELER, 2018).

Para edifícios baixos, com janelas relativamente pequenas, normalmente um vidro de polegada de espessura é suficiente. Para janelas maiores e para janelas em edifícios altos, onde as velocidades do vento são elevadas em grandes altitudes, um vidro mais espesso é, em geral, requerido, juntamente com uma atenção maior sobre como o vidro é fixado em sua moldura. (Tem se tornado prática comum, para arquitetos e engenheiros estruturais, encomendar extensivos testes em edifícios altos, em túneis de vento, durante o processo de projeto, para estabelecer as máximas pressões e sucções determinadas pelo vento sobre as janelas.) (ALLEN; IANO, 2013).

Em função de inevitáveis defeitos de produção nos vidros, assim como pela probabilidade de dano ao vidro durante a instalação e enquanto em uso, uma certa margem de quebra deve ser sempre antecipada em um edifício de grande porte. A ASTM E1300 estabelece procedimentos padrões para avaliar a estabilidade estrutural e a probabilidade de quebra em vidros. Estes são usados para determinar a espessura de vidro, que resultará em uma baixa probabilidade aceitável de quebra para uma janela de determinadas dimensões, condições de apoio e pressão de vento (PINHEIRO; CRIVELARO, 2016).

Durante a sua manufatura, o vidro comum para janelas é anelado, significando que ele é resfriado lentamente, sob condições controladas, para evitar a geração de tensões térmicas que possam causar um comportamento imprevisível para o vidro em uso. Mas outros tipos de vidro têm tido o seu uso incrementado para propósitos particulares em edificações (KEELER, 2018).

2.3 VIDRO TRATADO TERMICAMENTE

O vidro tratado termicamente é produzido pelo reaquecimento do vidro anelado em um forno até, aproximadamente, 1.150 graus Fahrenheit (620ºC) e, então, resfriando (processo de extinção) rapidamente ambas as suas superfícies, com jatos de ar, enquanto o seu miolo resfria de forma muito mais lenta. Esse processo induz tensões compressivas permanentes nas bordas e faces do vidro e tensões de tração em seu miolo (ALLEN; IANO, 2013).

O vidro resultante é mais forte à flexão do que o vidro anelado e mais resistente a tensões térmicas e a impactos. Essas propriedades fazem com que o vidro tratado com calor seja adequado para janelas submetidas a grandes pressões de vento, impacto e intenso calor ou frio. Pelo ajustamento do processo de resfriamento (extinção), maiores ou menores graus de tensão residual podem ser introduzidos no vidro, produzindo produtos referidos tanto como “temperados”, quanto como “vidros reforçados com calor” (KEELER, 2018).

3 TIPOS DE VIDROS

Neste capítulo são apresentados os tipos de vidros mais utilizados, quais sejam o vidro temperado; reforçado com calor; laminado; a resistência dos vidros ao calor e vidro fritado.

3.1 VIDRO TEMPERADO

O vidro temperado possui tensões residuais maiores do que as do vidro reforçado com calor e é cerca de quatro vezes mais resistente à flexão do que o vidro anelado. Se ele quebra, a liberação súbita de suas tensões internas reduz o vidro temperado, instantaneamente, a pequenos grânulos de vidro, de bordas em ângulo reto, em vez de a farpas longas, com bordas agudas. Essa característica, combinada com sua alta resistência, qualifica-o para uso como envidraçamento seguro (discutido abaixo), isto é, em situações de possível impacto sobre os ocupantes (YAZIGI, 2009).

O vidro temperado também é usado para portas totalmente envidraçadas, que não possuam nenhuma moldura, para paredes inteiras de squash e quadras para handebol, para rinques de hóquei e para tabelas de basquete. O vidro temperado é mais caro do que o vidro anelado. Ele, frequentemente, apresenta distorções óticas, criadas pelo processo de têmpera. Além disso, todo corte em tamanhos menores, perfuração e acabamento de bordas tem de ser feito antes do tratamento com calor, porque tais operações, se realizadas após temperá-los, liberará as tensões no vidro e irá causar a sua desintegração. O vidro temperado é também referido como vidro integralmente temperado, para distingui-lo mais claramente do vidro reforçado com calor (BOURSCHEID, 2018).

3.2 VIDRO REFORÇADO COM CALOR

Para muitas aplicações, o vidro reforçado com calor, de menor custo, pode ser usado no lugar do vidro temperado. As tensões compressivas induzidas na superfície e nas bordas do vidro reforçado com calor são em torno de um terço daquelas do vidro integralmente temperado (tipicamente 5.000 psi, comparados com 15.000 psi para o vidro temperado, ou 34 MPa versus 104 MPa) (YAZIGI, 2009).

O vidro reforçado com calor é cerca de duas vezes mais forte na flexão do que o vidro anelado e é mais resistente a tensões térmicas. Ele, normalmente, tem menos distorções que o vidro temperado. Seu comportamento de quebra é mais parecido com o do vidro anelado do que com o do vidro temperado. Por tal razão, ele não pode ser utilizado onde são requeridos vidros de segurança, exceto na forma laminada (o vidro laminado é discutido abaixo) (BOURSCHEID, 2018).

3.3 VIDRO LAMINADO

O vidro laminado é feito como um sanduíche, cuja intercamada transparente é feita de uma camada de *polyvinyl butyral (*PVB), posicionada entre camadas de vidro, com as três camadas coladas juntas, sob condições adequadas de temperatura e pressão. O vidro laminado não é tão forte quanto o vidro anelado de mesma espessura, mas quando o vidro laminado quebra, a intercamada mole segura as farpas de vidro no lugar, em vez de permitir que elas caiam da moldura da janela (MEDEIROS, 2013).

Isso torna o vidro laminado útil para skylights e envidraçamento zenital, porque ele reduz o risco de acidentes a pessoas abaixo, em caso de quebra. A intercamada de PVB pode ser colorida ou receber um padrão superficial, para produzir uma ampla variedade de efeitos visuais no vidro laminado. Como o vidro laminado não cria farpas perigosas e soltas de vidro quando ele quebra, ele também se qualifica como um vidro de segurança (YAZIGI, 2009).

O vidro laminado é uma barreira contra a transmissão sonora superior a do vidro sólido. Ele é utilizado para envidraçar janelas de residências, salas de aulas, quartos de hospitais e outras salas que necessitem se manter quietas em meio a ambientes ruidosos. Ele é especialmente eficaz quando instalado em duas ou mais camadas, com espaços de ar intermediários (BOURSCHEID, 2018).

Em comparação com o vidro sólido, o vidro laminado também reduz a transmissão de radiação ultra-violeta (UV), um componente da luz solar que contribui significativamente para o desbotamento e a degradação de acabamentos interiores, mobiliário e tecidos. Vidros de segurança, usados para janelas de agências bancárias, drive-in e outros serviços que necessitem ser resistentes a arrombamentos, são feitos de múltiplas camadas de vidro e PVB, e estão disponíveis em uma variedade de espessuras, para deter qualquer calibre de projétil desejado. O vidro laminado

também é usado em sistemas de envidraçamento resistentes a impactos e a partículas projetadas pelo vento (YAZIGI, 2009).

3.4 VIDRO REFORÇADO QUIMICAMENTE

O vidro reforçado quimicamente é produzido por um processo de troca de íons, que ocorre quando um vidro anelado é imerso em um banho de sal fundido. À medida em que íons menores de sódio no vidro são substituídos por íons maiores de potássio, da solução salina, as faces do vidro são sujeitas à compressão em relação ao seu núcleo, e o vidro é protendido de uma maneira similar àquela que ocorre quando do tratamento por calor (BOURSCHEID, 2018).

Entretanto, como as temperaturas envolvidas no reforço químico são menores, o vidro quimicamente endurecido não experiencia as distorções óticas ou o empenamento, comuns no vidro tratado com calor. Dependendo das particularidades do processo de tratamento, a resistência e a dureza do vidro quimicamente reforçado podem exceder àquelas do vidro temperado. Diferentemente do vidro temperado, o vidro quimicamente reforçado pode ser cortado após ser reforçado, embora a sua resistência seja diminuída ao longo das bordas de corte (BARBOSA, 2017).

Quando o vidro quimicamente reforçado quebra, ele produz grandes e perigosas farpas. Assim, como o vidro reforçado com calor, ele não pode ser usado onde vidros de segurança são requeridos, a menos que seja laminado. O reforço químico é usado para peças de vidro que não podem ser facilmente tratadas com calor, como aquelas pequenas, finas ou com formato singular. Ele também é usado em alguns produtos de vidro adequados para resistir a incêndios e em forma laminada, para vidros de segurança, vidros resistentes a impactos e vidros resistentes a partículas projetadas pelo vento (YAZIGI, 2009).

3.5 VIDRO COM CLASSIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA AO FOGO

O vidro com classificação de resistência ao fogo em portas corta-fogo, janelas corta-fogo e paredes classificadas como resistentes ao fogo precisam manter sua integridade, como uma barreira à passagem de fumaça e chamas, mesmo após ter sido expostas ao calor por um período de tempo. Alguns produtos de vidros

temperados ou laminados conseguem alcançar classificações de até 20 minutos de resistência ao fogo (BARBOSA, 2017).

Vidros aramados são produzidos rolando uma malha de finos fios sobre uma folha de vidro quente. Quando o vidro aramado quebra, como resultado de tensão térmica, os fios seguram as placas de vidro em seu lugar, de tal modo que o vidro continua a atuar com uma barreira ao fogo. Ele tem uma classificação de resistência ao fogo de 45 minutos. A cerâmica de qualidade ótica é mais estável contra quebras térmicas do que qualquer outro tipo de vidro. Ele tem a aparência e é sentido como vidro e consegue alcançar uma classificação de resistência ao fogo que varia de 20 minutos a 3 horas (YAZIGI, 2009).

Dois outros tipos de vidro classificados são o envidraçamento duplo preenchido com retardante ao fogo e o envidraçamento laminado, com intercamada intumescente. O envidraçamento duplo preenchido com retardante ao fogo consiste em um polímero gel claro, absorvente de calor, contido entre duas folhas de vidro temperado (BOURSCHEID, 2018).

O envidraçamento laminado com intercamada intumescente é feito de finas camadas de material intumescente transparente, ensanduichado entre múltiplas camadas de vidro anelado. Quando qualquer desses tipos de vidro é aquecido pelo fogo, o gel ou a intercamada intumescente reage, formando camadas opacas isolantes. Como resultados, esses produtos não somente resistem à passagem das chamas e fumaça: eles também limitam a elevação da temperatura superficial do vidro no lado oposto ao fogo, e evitam a transferência de calor radiante através do vidro (BERNARDO, 2014).

Essas propriedades protetoras adicionais tornam esses tipos de vidro adequados para uso em grandes panos e em uma variedade mais ampla de aplicações do que outros tipos de vidro classificados como oferecendo resistência ao fogo. Classificações de resistência ao fogo de até 2 horas podem ser alcançadas (BERNARDO, 2014).

De acordo com o International Building Code, vidros classificados como resistentes ao fogo devem atender aos requisitos de resistência ao fogo de um dos três testes – NFPA 252, NFPA 257, or ASTM E119 – dependendo de o vidro ser parte de uma porta corta-fogo, de uma janela corta-fogo ou de um subsistema de parede classificado como resistente ao fogo, respectivamente (YAZIGI, 2009).

Vidros testados para resistir ao fogo, para uso em portas e janelas, são limitados ao tamanho máximo permitido para panos individuais. Entretanto, produtos de vidro que podem passar pelos requisitos mais exigentes da ASTM E119 para subsistemas de paredes, incluindo o envidraçamento duplo com preenchimento retardante de fogo e o envidraçamento laminado com intercamada intumescente não possuem tais limites dimensionais e podem ser usados como substitutos integrais para construções de paredes classificadas como resistentes ao fogo. Para distinguir entre os produtos que atendem a todos os requisitos de construção de paredes classificadas como retardantes de fogo daqueles que são adequados apenas para uso em portas e janelas corta-fogo, os termos paredes corta-fogo de vidro ou envidraçamento resistente ao fogo podem ser aplicados ao primeiro, e envidraçamento protetor contra fogo, aos últimos (BOURSCHEID, 2018).

Devido ao seu frequente uso em portas e outras situações de risco, o vidro classificado como resistente ao fogo deve, com frequência, também atender aos requisitos de resistência ao impacto e de segurança contra quebras, de envidraçamentos de segurança. Para atender a esses requisitos, a cerâmica de qualidade ótica é laminada ou revestida com um filme superficial para protegê-la de se estilhaçar perigosamente quando usada em tais locais (CIANCIARDI, 2014).

Vidros anelados aramados não atendem aos requisitos de segurança para envidraçamentos. Mesmo que historicamente o seu uso fosse permitido em portas e janelas corta-fogo, em função da falta de alternativas adequadas, isto já não mais se aplica. Onde o vidro aramado for agora utilizado em situações de risco, ele é, também, ou provido de filme superficial, ou laminado (YAZIGI, 2009).

Envidraçamentos preenchidos com retardante de fogo e envidraçamentos laminados intumescentes são, ambos, capazes de atender aos requisitos de envidraçamentos, oferecendo segurança.

3.6 VIDRO FRITADO

Vários produtores estão equipados para imprimir padrões de seritipia, à base de tintas cerâmicas, na superfície dos vidros. As pinturas consistem, fundamentalmente, em partículas pigmentadas de vidro, denominadas fritas. Após a frita ter sido impressa sobre o vidro, este é seco e então queimado em uma fornalha de têmpera, que transforma a frita em uma película de cobertura, dura e permanente.

Muitas cores são possíveis, tanto com acabamento translúcido como opaco (YAZIGI, 2009).

Padrões típicos para fritas ou vidro com seritipia podem ser variados, com motivos pontuados e listras, mas padrões sob encomenda, e mesmo textos, são facilmente reprodutíveis. O vidro fritado é, frequentemente, utilizado para controlar a penetração de luz solar e calor em um espaço (CIANCIARDI, 2014).

3.7 TÍMPANOS DE VIDRO

As fritas são utilizadas para criar vidros opacos especiais, para cobrir áreas de preenchimento (as faixas de parede, no entorno das bordas de pisos) em construções de paredes cortina de vidro. Uma cobertura uniforme de fritas é aplicada sobre o que será a superfície interior do vidro. Alguns tímpanos de vidro são feitos tão similares quanto possível, em sua aparência exterior, ao vidro que será utilizado para as janelas de um projeto específico. É muito difícil, no entanto, mesmo com vidros com um acabamento superficial reflexivo, fazer com que os preenchimentos sejam indistinguíveis das janelas, sob todas as condições de iluminação (TRIGUEIRO, 2017).

A maioria dos tímpanos de vidro são feitos para contrastar com as janelas do edifício. Muitos fornecedores podem aplicar um isolamento térmico no interior do vidro, complementado com uma barreira de vapor. O vidro de preenchimento é em geral temperado ou reforçado termicamente, para resistir a tensões térmicas que possam ser causadas pelo acúmulo de calor solar atrás da camada de preenchimento (TRIGUEIRO, 2017).

3.8 VIDROS COM REVESTIMENTO PIGMENTADO E REFLEXIVO

O calor de origem solar que pode se formar pode ser problemático em edificações com grandes painéis de vidro, especialmente durante o período quente do ano. Dispositivos fixos de proteção solar, do lado externo das janelas, constituem a melhor solução para bloquear a luz solar indesejável; mas os produtores de vidro também têm desenvolvido vidros pigmentados e reflexivos, que reduzem o ofuscamento e os ganhos calor de origem solar (BOURSCHEID, 2018).

A transparência do vidro à luz visível é denominada de transmitância à luz visível (VT). Ela é medida como a relação entre a luz visível que passa pelo vidro e a quantidade de luz incidindo sobre o vidro. Vidros claros têm uma transmitância à luz visível na faixa de 0,80 a 0,90, significando que de 80 a 90% da luz visível incidente sobre o vidro passa ao interior da edificação. Os 10 a 20% restantes são refletidos ou absorvidos pelo vidro e convertidos em calor. Ao pigmentar o vidro, a transmitância de luz visível é reduzida (YAZIGI, 2009).

O vidro pigmentado resulta da adição de pequenas quantidades de elementos químicos selecionados à massa de vidro fundido para produzir o matiz e a saturação de cor em cinzas, bronzes, azuis, verdes e ouros. A transmitância à luz visível, para vidros pigmentados comercialmente disponíveis, variam de em torno de 0,75, nas pigmentações mais claras, até 0,10, para o cinza escuro (TRIGUEIRO, 2017).

A redução geral em ganhos de calor solar é, com frequência, significativamente menor; entretanto, como a radiação solar absorvida pelo vidro e convertida em calor precisa ir para algum lugar, uma porção substancial dela é conduzida ou reirradiada para o interior da edificação.

Para avaliar a eficácia do vidro em reduzir os ganhos de calor que tem por origem a radiação solar, uma medida denominada de coeficiente de ganho de calor solar (SHGC) ou fator de ganho solar (conforme denominado no Brasil) é utilizada; ela é a relação entre o calor solar admitido através de um vidro em particular e o total de energia calorífica incidindo sobre o vidro (CHING, 2017).

O SHGC contabiliza a radiação solar que atravessa o vidro, assim como o calor que é conduzido ou irradiado para o interior do espaço, resultante do aquecimento do próprio vidro. Vidros claros têm coeficientes de ganhos de calor solar variando de 0,90 a 0,70, dependendo da claridade e da espessura do vidro. O coeficiente de ganho de calor solar para vidros pigmentados varia de 0,70 a 0,35, o que significa que esses vidros permitem que 70 a 35% da energia calorífica solar impactando sobre o vidro passe através dele (YAZIGI, 2009).

Em termos gerais, para edificações onde é dominante a carga de aquecimento, um vidro com um alto valor de SHGC é desejável para tirar vantagem dos ganhos solares passivos de calor. Em edificações em que é dominante o resfriamento, um vidro com um baixo valor de SHGC é preferível, para minimizar o aquecimento solar indesejável. (O coeficiente de sombreamento, uma medida similar ao SHGC, é uma

forma mais antiga de medir a redução em ganho solar de calor, que foi, em grande parte, substituída pela SHGC.) (BOURSCHEID, 2018).

A transmitância à luz visível e o coeficiente de ganho de calor solar podem ser combinados para determinar a razão de ganho de luz relativamente ao ganho solar (LSG), uma medida de utilidade para avaliar o potencial global de conservação de energia do vidro. A fração LSG é definida como a transmitância de luz visível, dividida pelo coeficiente de ganho de calor solar (CHING, 2017).

Um vidro com um alto valor de LSG admite uma porção relativamente grande de luz visível em comparação com a quantidade de calor solar admitido, combinando o máximo do potencial da luz natural com o mínimo potencial de aquecimento solar. Vidros pigmentados de verde e azul tendem a ter altos valores da razão LSG, enquanto aqueles de pigmentação bronze, ouro e cinza tendem a ter menores valores (CHING, 2017).

4 VIDROS ESPECIAIS

Este capítulo apresenta vidros especiais, com materiais específicos que são usados como isolantes térmicos, autolimpante, dentre outros tipos de vidros.

4.1 VIDROS COM REVESTIMENTO REFLEXIVO

Filmes finos e duráveis, de metal ou de óxido metálico, podem ser depositados sobre uma superfície de folhas de vidro claro ou pigmentado, sob condições controladas de perto, para produzir um vidro com revestimento reflexivo, também chamado vidro para controle solar. Dependendo de sua composição, o filme pode ser aplicado tanto no lado interno, como no lado externo do vidro. Em um envidraçamento duplo, ele pode também ser aplicado sobre qualquer das superfícies que limitam o espaço entre as camadas de vidro (YAZIGI, 2009).

Mesmo permanecendo finos o suficiente para que se enxergue através deles, o filme reflete uma porção considerável da luz visível incidente. A transmitância à luz visível e o coeficiente de ganho de calor solar (SHGC), para vidros com revestimento reflexivo variam significativamente, dependendo da densidade do revestimento metálico e da pigmentação do vidro sobre o qual ele é aplicado. Os vidros com revestimento reflexivo têm a aparência de espelhos, quando observados desde o exterior, em um dia de céu claro e são frequentemente escolhidos por arquitetos tão somente por essa propriedade (BOURSCHEID, 2018).

À noite, com luzes no interior da edificação, eles têm a aparência de vidro escuro, mas transparente. A luz do sol refletida por um edifício envidraçado, com vidros possuindo revestimento reflexivo, pode ser útil, em algumas circunstâncias, por iluminar os espaços da rua urbana, que, de outra forma, seriam escuros. Ela pode criar problemas, em outras situações, por determinar calor de origem solar e ofuscamento em edifícios vizinhos e sobre as ruas (MEDEIROS, 2013).

4.2 VIDRO ISOLANTE TÉRMICO

O vidro usado em janelas é um isolante térmico limitado. Uma folha de vidro simples (envidraçamento simples) conduz calor a uma taxa, aproximadamente, 5 vezes mais rápida que o isolamento proporcionado por uma polegada (25 mm) de

espuma de poliestireno e 20 vezes mais rápida do que uma parede bem isolada termicamente. Uma segunda lâmina de vidro aplicada em uma janela, com uma camada de ar entre as duas lâminas (envidraçamento duplo) corta essa taxa de perda de calor pela metade, e uma terceira lâmina, com a sua camada de ar adicional (envidraçamento triplo) reduz a taxa de perda de calor a aproximadamente um terço da taxa ocorrente pela folha de vidro simples (CHING, 2017).

Uma janela com envidraçamento triplo, entretanto, ainda perde calor a uma taxa seis vezes maior do que a da parede na qual ela está inserida. A contínua adição de lâminas de vidro e espaços de ar adiciona peso, volume e despesas à unidade de envidraçamento e a moldura que a sustenta, fazendo do envidraçamento duplo e triplo o máximo praticável em aplicações usuais de envidraçamento em edificações (MEDEIROS, 2013).

Para prevenir a condensação de umidade nas camadas de ar de envidraçamentos duplos ou triplos (também chamados de unidades vítreas de isolamento térmico ou IGUs), em geral as unidades são hermeticamente seladas no instante da manufatura, sendo inserido ar seco no espaço entre os panos de vidro. Originalmente, para pequenos panos de vidro, as bordas das duas folhas eram simplesmente fundidas juntas. Entretanto, este detalhe raramente é utilizado hoje em dia porque a borda vidro fundido é altamente condutora de calor (YAZIGI, 2009).

Em vez disso, um espaçador de borda metálico, vazado (em inglês, também chamado de *spline*) é inserido entre as bordas das folhas de vidro, e as bordas são fechadas com um composto orgânico vedante. Uma pequena quantidade de um agente químico secante, ou dessecante, é deixado no interior do espaçador, para remover qualquer umidade residual do ar encapsulado. O ar é sempre inserido à pressão atmosférica, para evitar pressões estruturais sobre o vidro. (No caso de as unidades de vidro exibirem sinais de condensação interna, isso constitui um sinal de falha na impermeabilização da borda, e a unidade tem de ser substituída.) (BOURSCHEID, 2018).

A espessura da camada de ar entre as unidades de vidro é menos crítica para o valor do isolamento térmico do que a mera presença da camada de ar: d de polegada (9 mm) até algo como 1 polegada (25 mm) de espessura, o valor do isolamento térmico da camada de ar cresce, mas acima dessa espessura, pouco benefício adicional é ganho. Uma espessura padrão para amplos panos de envidraçamento duplo é 1 polegada (25,4 mm), o que resulta em uma camada de ar com 1⁄2 polegada

(13 mm) de espessura, se um vidro de 1⁄4 de polegada (6 mm) for utilizado (ALLEN; IANO, 2013).

Para desempenhos térmicos ligeiramente superiores, o aço inoxidável, que conduz menos ao calor, pode ser usado no lugar do espaçador de alumínio, e um material vedante pode ser colocado entre o vidro e o espaçador, constituindo uma barreira térmica. Para desempenhos térmicos ainda melhores, os assim denominados espaçadores quentes de borda, feitos de alumínio termicamente descontinuado ou de borracha extrudada, podem ser utilizados (CHING, 2017).

O desempenho térmico de unidades de envidraçamento isolantes térmicas também pode ser melhorado pela introdução de gases com densidade maior e condutividade térmica menor que o ar entre as folhas de vidro. Dependendo do gás utilizado e da espessura do espaço entre as folhas de vidro, são possíveis melhorias em desempenho térmico da ordem de 12 a 18% (YAZIGI, 2009).

O argônio e o kriptônio são os gases mais comumente utilizados. O desempenho do envidraçamento, como um isolante térmico, é quantificado por seu coeficiente U (conhecido como transmitância térmica). O valor de U é expresso na unidade BTUs por pé quadrado-hora-grau Fahrenheit (BTU/ft2-hr-oF) ou, em unidades métricas, como Watts por metro quadrado- -Kelvin (W/m2-oK). O valor de U é a recíproca matemática do valor de R, e, como tal, valores mais baixos para U representam um desempenho térmico superior (BOURSCHEID, 2018).

Para informações mais detalhadas, devem ser consultados os produtos dos fabricantes de vidro. Os produtos de envidraçamento isolados termicamente, que se valem da evacuação do máximo de ar de dentro do espaço entre as folhas de vidro, também se encontram em desenvolvimento (ALLEN; IANO, 2013).

Quando combinados com revestimentos de baixa emissividade, essas unidades de envidraçamento isoladas a vácuo podem alcançar valores de U tão baixos quanto 0,080 BTU/ft2-hr-oF (0,45 W/m2-oK), em unidades que não ultrapassam 1⁄2 polegada (12 mm), em sua espessura total.

4.3 VIDRO COM REVESTIMENTO DE BAIXA EMISSIVIDADE

O desempenho térmico dos envidraçamentos pode ser melhorado substancialmente com o uso de vidros com um revestimento de baixa emissividade (baixa-e). Revestimentos de baixa-e são revestimentos metálicos ultrafinos,

praticamente transparentes e quase desprovidos de coloração, que refletem a radiação solar de diferentes comprimentos de onda, de maneira seletiva. Eles possuem uma alta transmitância à luz visível e, dependendo do revestimento específico, uma baixa transmitância para alguns ou todos os tipos de radiação infravermelha (calor) (YAZIGI, 2009).

Vidros com revestimento de baixa-e são mais frequentemente utilizados em um dos dois panos em envidraçamentos duplos, em que eles oferecem vários benefícios: ao reduzirem a transferência de calor entre panos de vidro individuais, a transmitância térmica global da unidade de envidraçamento é reduzida em uma extensão tal que o envidraçamento duplo, de baixa-e, pode equivaler a ou ultrapassar o desempenho térmico de um envidraçamento triplo comum (MEDEIROS, 2013).

Ao refletir a maior parte do componente infravermelho da radiação solar, o envidraçamento duplo de baixa-e pode, simultaneamente, prover uma alta transmitância à luz visível, com um baixo ganho de calor solar, permitindo que tais unidades alcancem a mais alta relação luz/ganho de calor, quando comparadas com qualquer outro tipo de vidro dotado de isolamento térmico. Por meio da variação das propriedades do revestimento com baixa-e e combinando-o com diferentes tipos de vidro pigmentado, as características de desempenho da unidade de envidraçamento podem ser ajustadas para atender a diferentes necessidades (BOURSCHEID, 2018).

Para edificações em que predomina a necessidade de aquecimento de inverno, podem ser selecionadas unidades com um baixo valor de U (para minimizar as perdas de calor), com um alto coeficiente de ganhos de calor solar (para promover ganhos de calor solar durante o período de inverno). Para edificações em que predomina a necessidade de cargas de refrigeração, são utilizadas unidades com um baixo coeficiente de ganhos de calor solar (para minimizar o aquecimento solar) e valores mais baixos de transmissão de luz visível (ALLEN; IANO, 2013).

Assim como para os vidros laminados, os vidros com revestimento de baixa-e também apresentam uma baixa transmitância à radiação UV, um benefício para os acabamentos e o mobiliário interior. Embora menos comuns, vidros com revestimento com baixa-e também podem ser utilizados em envidraçamentos simples ou triplos, para melhorar o desempenho térmico desses tipos de vidro. Ao especificar vidros com qualquer tipo de revestimento (vidro com baixa-e ou vidros com revestimento reflexivo), é necessário especificar sobre que superfície de vidro o revestimento deverá ser localizado (CHING, 2017).

Por convenção, as superfícies de vidro são numeradas, começando do lado exterior de uma unidade de envidraçamento e continuando em direção ao interior. Em envidraçamentos simples, a face externa é a superfície número 1, e a face interna é a superfície número 2. Em envidraçamentos duplos, a face externa do pano de vidro exterior é a superfície número 1 e a face interior desse pano é a superfície número 2, a face externa do pano de vidro interior é a superfície número 3, e sua superfície interna é a superfície número 4. Em envidraçamentos duplos de baixa-e, o revestimento de baixa-e é mais comumente localizado na superfície número 2, embora onde um alto valor para o coeficiente de ganho de calor solar é desejado, ele pode ser localizado sobre a superfície número 3 (BOURSCHEID, 2018).

Revestimentos de baixa-e também podem ser aplicados a membranas muito finas de plástico transparente. Um ou dois desses filmes plásticos podem ser instalados no centro de uma camada de ar ou da camada preenchida com gás de uma unidade de envidraçamento duplo, bem esticadas, paralelas aos panos de vidro, onde elas atuam como um elemento de envidraçamento praticamente sem peso adicional (CHING, 2017).

Combinadas com as propriedades seletivas de revestimentos com baixa-e, valores de desempenho térmico variando de R-6 a R-20 são atestadas pelos produtores desses filmes.

4.4 VIDRO AUTOLIMPANTE

O vidro tende a atrair sujeira e necessita ser lavado periodicamente, tanto em seu lado interior como do lado de fora, para que mantenha a sua transparência. O vidro autolimpante é revestido com óxido de titânio em sua superfície exterior. Esse revestimento atua como um catalisador, que permite que a luz do sol converta a sujeira orgânica em dióxido de carbono e água. Ele também faz com a água de chuva escorra ao longo da superfície em lâminas, em vez de formar gotículas (ALLEN; IANO, 2013).

A sujeira não orgânica, como areia, não é afetada pelo catalisador, mas as lâminas de água são mais efetivas ao remover tais materiais do que o são as gotículas de água. O revestimento é aplicado unicamente no lado externo do vidro; assim, a superfície interior do vidro necessita ser lavada à mão (CHING, 2017).

4.5 VIDRO QUE MODIFICA SUAS PROPRIEDADES

O vidro que pode modificar suas propriedades óticas é denominado de vidro cromogênico. O vidro termocrômico se torna mais escuro quando é aquecido pelo sol. O vidro fotocrômico escurece quando exposto à luz intensa. Ambos os tipos são potencialmente valiosos como dispositivos passivos para reduzir as cargas de resfriamento em edificações (BOURSCHEID, 2018).

O vidro eletrocrômico modifica sua transparência, em resposta à passagem de corrente elétrica. Também chamado de vidro mutável, ele pode ser controlado de forma ativa pelos ocupantes da edificação ou por sistemas de controle automático, permitindo, em comparação com tecnologias passivas, respostas mais precisas aos requerimentos de controle dos ganhos de calor solar, iluminação natural ou privacidade para o ocupante (ALLEN; IANO, 2013).

Os produtos em vidro eletrocrômico atualmente disponíveis se baseiam em tecnologias de cristal líquido em estado sólido, similar àquela utilizada em monitores eletrônicos planos. Esses produtos são limitados a aplicações interiores, em que o controle sobre a transparência e a privacidade é desejado, não sendo indicados para uso externo. Espera-se que outras tecnologias atualmente em desenvolvimento resultem em produtos que sejam adequados tanto para exposição externa, como interna, que possam controlar de forma seletiva, porções do espectro solar (como a radiação infravermelha) e que possam ser alternados entre os estados de transparência e de refletividade (MEDEIROS, 2013).

O vidro gasocrômico é outra tecnologia que permite alternância na transmitância de luz do vidro em que a transparência de um revestimento reativo, na superfície de número 2 de uma unidade de vidro não isolado termicamente, pode ser alterada pelo bombeamento de gás para dentro ou para fora do espaço intersticial da unidade (BOURSCHEID, 2018).

4.6 OUTROS TIPOS DE VIDRO

Vidros podem ser produzidos com uma surpreendente amplitude de propriedades físicas e variações em aparência, e novos produtos com características únicas continuam sendo desenvolvidos. Membranas de vidro estrutural funcionam como vigas para resistir a cargas de vento em paredes cortina muito altas ou largas,

e já estão sendo produzidas na forma de cilindros vazados de vidro protendidos, com fios de aço correndo pelo seu eixo central, declarados como podendo tomar o lugar de elementos de concreto ou aço para resistir a cargas estruturais de compressão (CHING, 2017).

Vidros antireflexivos minimizam reflexões residuais, que normalmente ocorrem quando os níveis de luz diferem de forma significativa entre os lados opostos do vidro. Eles são usados para envidraçamentos em showrooms, estádios esportivos, molduras de trabalhos de arte e outras aplicações nas quais as mais altas qualidades óticas possíveis são desejadas. Espelhos são feitos de vidros para espelhos, que possuem um revestimento fino, à base de prata, em seu lado posterior. Uma fina camada de cobre aplicada sobre a prata previne a corrosão, e uma segunda camada de pintura proporciona proteção adicional (BOURSCHEID, 2018).

O vidro texturizado, um vidro quente rolado que produz lâminas com muitos padrões superficiais e texturas, é utilizado quando a transmissão de luz é desejada, mas a visão precisa ser obscurecida, para privacidade. Vidros manufaturados com uma alta percentagem de óxido de chumbo podem ser utilizados como vidros protetores de radiação. O vidro fotovoltaico é revestido com um fino filme de silício amorfo, que gera eletricidade a partir da radiação solar. Ele permite que uma edificação com uma ampla área envidraçada crie pelo menos, uma fração da energia que ela usa para lâmpadas e equipamentos (ALLEN; IANO, 2013).

O tradicional vidro para vitrais e o contemporâneo vidro colorido, formulados com ingredientes que alteram a cor do vidro, podem ser usados em uma variedade de aplicações artísticas e arquitetônicas. O vidro pode ser soprado, moldado, fundido e colorido, para produzir inúmeros tipos de vidros artísticos, usados para fins decorativos e esculturais (BARBOSA, 2017).

4.7 FOLHAS DE MATERIAIS PLÁSTICOS

Folhas de materiais plásticos transparentes são frequentemente usadas em lugar do vidro, para aplicações especializadas de envidraçamento. Os dois materiais plásticos mais comuns usados em envidraçamentos são o acrílico e o policarbonato, mais caros do que o vidro por floating. Ambos possuem coeficientes muito elevados de dilatação térmica, o que faz com que eles não apenas expandam e contraiam com as mudanças de temperatura, mas que também se curvem visivelmente em direção

ao lado quente quando sujeitos a elevados diferenciais de temperatura interior-exterior (BOURSCHEID, 2018).

Isso, por sua vez, requer que os materiais em folhas plásticas sejam instalados em suas molduras com detalhes de envidraçamento relativamente dispendiosos, que permitam a eles uma ampla movimentação linear e uma rotação. Tanto o policarbonato quanto o acrílico são moles e fáceis de arranhar, embora formulações resistentes a riscos estejam disponíveis (ALLEN; IANO, 2013).

O envidraçamento plástico é mais utilizado onde o uso do vidro é impróprio: plásticos podem ser cortados em formatos com cantos interiores (formatos L e T, por exemplo), que tendem a trincar se cortados em vidro. Eles podem ser dobrados facilmente, para se ajustarem a molduras curvas. Eles podem ser moldados a quente, de modo a comporem envidraçamentos de domos para iluminação zenital. E os plásticos, em especial o policarbonato, que literalmente é impossível de se quebrar sob condições ordinárias, é amplamente usado para janelas em edificações nas quais o vandalismo é um problema, ou onde uma resistência a altos impactos é requerida (CHING, 2017).

Os plásticos em policarbonato podem ser manufaturados em uma variedade de cores e em variáveis graus de transparência. Eles também podem ser manufaturados em uma configuração de parede dupla, denominada de envidraçamento em policarbonato celular, criando painéis ocos, de aproximadamente 1⁄4 a 1 1⁄2 polegada (6–40 mm) de espessura, com maior rigidez e melhor desempenho térmico que folhas sólidas (BOURSCHEID, 2018).

Envidraçamentos com folhas plásticas também conseguem atender às exigências de segurança para envidraçamentos usados em áreas sujeitas a impacto humano. Folhas plásticas translúcidas, mas não transparentes, armadas com fibra de vidro (envidraçamentos de poliéster armado com fibra de vidro) também são usadas em edificações. Folhas corrugadas são usadas para iluminação zenital e em telhados de pátios residenciais. Folhas finas, planas, com uma formulação especial, com uma alta transparência à energia solar, são usadas para iluminação zenital e para envidraçamentos de coletores solares de baixo custo (CHING, 2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas últimas décadas o vidro progrediu de forma significativa no aspecto tecnológico, especialmente com relação ao método de fabricação e beneficiamento, passando de um mero componente usado para passagem de luz e vedação contra intempéries, para um componente técnico e com diversas funções, que pode aliar funções fundamentais para acatar às demandas contemporâneas de conforto, com atribuições estéticas e de decoração.

Este estudo teve como foco demonstrar os usos do vidro na construção civil, porque mesmo sendo um componente usado em larga escala, ainda possui conhecimento restrito de engenheiros civis e arquitetos. Assim, busca-se que os profissionais da construção civil se empenhem em usar o vidro, um material nobre, atraente, de elevado potencial estético e fundamental para assegurar a incidência de luz e comunicação entre os ambientes.

As vantagens apresentadas pelo vidro são diversas. O vidro pode ser usado para finalidades ornamentais; promove economia de energia artificial e amplia a iluminação natural; promove equilíbrio ao projeto; é versátil e impermeável; resiste aos impactos ou calor; é sustentável; prático e seguro. O vidro também apresenta desvantagens, como falta de privacidade quando é utilizado o vidro transparente; demanda limpeza frequente; se usado de forma excessiva na fachada, pode acontecer um aquecimento não almejado no ambiente, elemento complexo de manipular e peso alto.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Edward, IANO, Joseph. **Fundamentos da Engenharia de Edificações,** 5th edição. Bookman, 08/2013.

BARBOSA, M.T.G. **Construção Sustentável:** Contributo As Ferramentas De Avaliação. Editora: Crv, 2017.

BERNARDO, D. A. **Construções sustentáveis.** Faculdade de Ciências Sócias e Agrárias de Itapeva. 2014.

BOURSCHEID, José Antonio. **Introdução à Tecnologia das Edificações.** LTC, 09/2018.

CIANCIARDI, G. **A casa ecológica.** Editora: Horizonte; Edição: 1, 2014.

CHING, Francis D.K. **Técnicas de Construção Ilustradas,** 5th edição. Bookman, 2017.

KEELER, Marian. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis,** 2nd edição. Bookman, 2018.

MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Construção** – 101 Perguntas e Respostas: Dicas de Projetos, Materiais e Técnicas. Minha Editora, 2013.

PINHEIRO, Antonio Carlos da Bragança, CRIVELARO, Marcos. **Materiais de Construção,** 2nd edição. Érica, 06/2016.

SALGADO, Julio. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificação,** 3rd edição. Érica, 01/2014.

TRIGUEIRO, A. **Cidades e Soluções:** Como Construir Uma Sociedade Sustentável. Editora: LeYa; Edição: 1ª, 2017.

YAZIGI, Walid. **A técnica de edificar.** 10. ed. São Paulo: Pini, 2009.

Critérios	Pontos	Pontos Alcançados
Atividade 1 devidamente corrigida conforme feedback da tutoria, respeita as regras ortogramaticais, citação e formatação correta de acordo com as normas da ABNT.	**0 - 400**	**400**
Capítulos 2 e 3 apresentam revisão de forma aprofundada e fundamentada em teorias importantes e pertinentes ao tema, respeitam as regras ortogramaticais, citação e formatação correta de acordo com as normas da ABNT.	**0 - 400**	**400**
Referências contemplam todas as obras e autores que foram citados no trabalho, atendendo à formatação da ABNT.	**0 - 200**	**200**
Pontos Totais Alcançados (0 - 1000)		**1000**