

Estudo da Eficiência de Bloqueio da Radiação Ultravioleta pelos Principais Tipos de Vidros Utilizados na Construção Civil

Study of Blocking Efficiency of Ultraviolet Radiation by the Main Types of Glass Used in Civil Construction

KAÍSSE SHELINNE SILVA ¹
MARIA LUÍSA BATISTA ²
LEANDRO DANIEL PORFIRO ³

Resumo

Na atualidade, utilizado como material de construção, o vidro foi nos primórdios difundido basicamente para fins estéticos e ornamentais, sendo sua multifuncionalidade ocasionada principalmente pelo crescente desenvolvimento tecnológico. Suas diversas composições e propriedades garantem seu amplo emprego na construção civil, possibilitando a associação de funcionalidade, conforto e adequação às necessidades de cada projeto. Com a contínua destruição da camada de ozônio, sua transparência e capacidade de transmissão deixam os seres humanos expostos a índices de radiação ultravioleta que, quando em excesso no organismo, podem causar danos à saúde, sendo o mais grave deles o câncer de pele. Partindo desta problemática, o propósito deste estudo foi medir por meio de sensores de radiação ultravioleta e placa de programação Arduino a interação dos raios UV com amostras de vidros utilizados na construção civil e, através dos resultados determinar seu uso, sua capacidade de proteção e interceptação contra esses raios. Os resultados mostraram como se pode escolher os vidros adequados para se evitar exposição demasiada aos raios UV, podendo, assim, evitar riscos à saúde.

Palavras-Chave: Construção Civil. Engenheiro Civil. Proteção. Radiação Ultravioleta. Vidro.

Abstract

Nowadays, used as a building material, in the prime, glass diffused for esthetic and ornamental purposes, its multifunctionality is mainly caused by the increase in technological development, its varied components and properties guarantee wide use in civil construction, allowing the association of functionality, comfort, and adequacy to the needs of each project. With the continuous destruction of the ozone layer, with its transparency and light transmission capacity, human beings are exposed to indices of ultraviolet radiation which when in excess, can cause severe damage to health, the most serious of which is skin cancer. Based on this, the purpose of this study was to measure by ultraviolet radiation sensors and Arduino programming board the interaction of ultraviolet rays with the samples of glass used in civil construction and, through the results, determine their use, the ability of protection and interception against those rays. The results showed how to choose the right glass to avoid overexposure to UV rays, this way avoiding health risks.

Keywords: Civil Construction. Civil Engineer. Glass. Protection. Ultraviolet Radiation.

1 Introdução

¹ Engenheira Civil graduada pela UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis. kaisse.silva15@hotmail.com

² Engenheira Civil graduada pela UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis. ORCID: 0000-0002-0495-3015. batista.malu12@gmail.com

³ Doutor, professor de Física na UniEVANGÉLICA Centro Universitário de Anápolis (departamento de Engenharia Civil) e da Universidade Estadual de Goiás (departamento de Física e Matemática). fisicoleandro@yahoo.com.br

O vidro é um material que no passado teve seu uso basicamente para fins estéticos e ornamentais. No entanto, sua difusão, devido a sua versatilidade e com o crescente desenvolvimento tecnológico, tem levado a uma grande diversidade de usos, aproveitando-se de suas variadas composições e propriedades, o que tem garantido um amplo emprego na construção civil, associando-se funcionalidade, conforto e adequação, conforme as necessidades de cada projeto.

Os vidros de acordo com sua composição e processo produtivo podem ser classificados por tipo, forma, transparência e acabamento de superfície, sendo nomeados, em conformidade com suas respectivas características e aplicações, como *float*, temperado, laminado e aramado (AZEREDO, 2006).

Segundo De Gruijl e Van Der Leun (2000), uma das principais funções do vidro é permitir a passagem da luz e bloquear a radiação solar na faixa de ultravioleta, espectro eletromagnético compreendido entre 200 nanômetros a 400 nanômetros.

A exposição do ser humano a esse tipo de radiação é fundamental para síntese de vitamina D3 (colecalciferol), necessária para a manutenção do sistema ósseo e fortalecimento do sistema imunológico. Porém, com a degradação da camada de ozônio, o processo de interação entre a radiação ultravioleta e o corpo humano tem se intensificado e esta, quando em excesso no organismo, pode desencadear efeitos nocivos à saúde, sendo o mais grave deles o câncer de pele.

Considerando este cenário e o uso demasiado do vidro na construção civil, é importante pensar nesse material, não só enfatizando fatores estéticos, com a harmonia que sua transparência e luminosidade atribuem ao ambiente, mas também como barreira de proteção; pois, segundo Okuno e Yoshimura (2010), um centímetro de vidro comum bloqueia cerca de 50% da radiação de UV-B.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo medir, por meio de sensores de radiação ultravioleta e placa de programação Arduino, a quantidade de raios UV que atravessa

amostras de vidros utilizados na construção civil, buscando enfatizar a eficiência de cada um deles como barreira de proteção à radiação ultravioleta e seus efeitos nocivos.

2 Vidros: Definição, Composição e Propriedades

O vidro é adquirido aquecendo-se uma combinação de sílica (areia), soda cáustica e sal em alta temperatura. Segundo Giovanni (1992), acredita-se que sua descoberta aconteceu num momento de queima acidental da areia pelos fenícios em torno de 3.000 a.C. Esse povo, por serem grandes navegadores, acabaram difundindo essa novidade rapidamente.

Utilizado, no início, para criação de pequenos ornamentos como vasos, copos e jarras, com o tempo, o vidro passou a servir para espelhos e produção de vitrais, usos esses descobertos por diferentes povos que tiveram acesso a esse material. Com o tempo, desenvolvimentos químicos garantiram melhoras em sua resistência e aparência.

Atualmente, a definição mais aceita, para o vidro está de acordo com a American Society for Testing and Materials (ASTM, 2015), que conclui que vidro é um produto inorgânico de fusão, que foi resfriado até atingir condição de rigidez, sem sofrer cristalização.

As propriedades dos materiais estão relacionadas a natureza química de seus componentes e pela ordenação de seus elementos constituintes (NAVARRO, 2003). Nos vidros as propriedades que se fazem mais importantes para este estudo são as ópticas, estando este material entre os poucos sólidos com capacidade de transmitir luz na região visível do espectro (SHELBY, 2005).

As propriedades ópticas são divididas basicamente em três categorias, refração, absorção e reflexão. Elas são o resultado da interação da luz com os sólidos. Quando a luz interage com um sólido, uma parte da radiação é transmitida através do meio, parte é absorvida e outra é refletida na interface. As aplicações dos variados tipos de vidros, muitas vezes são baseados nestas propriedades (SHELBY, 2005).

A refração é a propriedade óptica mais estudada nos vidros, sendo também a mais básica para a determinação dos vidros apropriados para cada tipo de aplicação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Essa característica é determinada pela interação de luz com os elétrons de

seus átomos constituintes. Qualquer aumento na densidade de elétrons ou polarizabilidade dos íons aumenta o índice de refração (SHELBY, 2005).

Absorção é a parte da luz que se transforma em outro tipo de energia. Nos vidros, pode-se ocorrer uma absorção de faixa muito intensa, quando pequenas concentrações de impurezas são adicionadas. A absorção de luz na região visível do espectro é conhecida como cor (HASANUZZAMAN *et al.*, 2016).

A variedade de cores nos vidros é causada principalmente pela presença de íons de metais de transição, íons de terras raras ou partículas metálicas, geralmente em concentrações muito pequenas (NAVARRO, 2003).

Nos vidros a reflexão pode ocorrer de duas formas: especular e difusa. A reflexão especular ocorre quando o feixe de luz incide em uma superfície lisa sendo refletido de forma precisa. Já na reflexão difusa a superfície não homogênea faz com que a luz incidente seja refletida em várias direções, tornando o feixe de luz disperso e pouco definido (ALVARENGA, 2006).

3 Principais Tipos de Vidros Utilizados na Construção Civil

A combinação de transparência, acabamento de alta qualidade, durabilidade e custo relativamente baixo tornam o vidro um material único e muito utilizado em edifícios (ICE, 2012), estando cada vez mais presente nas construções contemporâneas e representando percentual significativo e crescente em relação ao custo de qualquer obra (ALLUCI, 2001).

Serão apresentados abaixo os tipos de vidros mais empregados na construção civil que, de acordo com a NBR 7199 (ABNT, 2016), podem ser aplicados basicamente em coberturas, claraboias, fachadas, portas, divisórias, muros, janelas e envidraçamento de sacadas.

3.1 Vidro Laminado

O vidro Laminado é definido pela NBR 14697 (ABNT, 2001) como composto de uma chapa de vidro com uma ou mais chapas de vidro ou material plástico unidos com uma ou mais camadas intermediárias. O processo de laminação confere ao vidro, além de segurança,

conforto acústico e térmico e, ainda possibilita a filtragem de até 99,6% dos raios ultravioleta, protegendo contra danos causados pela exposição a esses raios (ABRAVIDRO, 2018).

3.2 Vidro Temperado

A NBR 14698 (ABNT, 2001) define vidro temperado como aquele constituído de uma única chapa cuja resistência a esforços mecânicos é aumentada em decorrência do tratamento a que é submetido. Pode ser utilizado em fachadas localizadas no pavimento térreo e nos demais apenas acima da cota de 1,10 m em relação ao piso, diferenciando-o de outros vidros.

3.3 Vidro Aramado

O Vidro Aramado possui uma tela metálica incorporada ao seu interior, inserida à massa vítrea ainda derretida, conferindo maior resistência a chapa de vidro. É considerado um vidro de segurança e antifogo (WESTPHAL, 2016).

3.4 Vidro Comum *Float*

É um tipo de vidro plano, incolor ou colorido, com espessura uniforme e massa homogênea. Não apresenta distorção óptica e possui alta transmissão de luz, sendo ideal para aplicações que exijam perfeita visibilidade. Constitui matéria prima para todos os demais vidros planos sendo aplicado em diferentes segmentos (CEBRACE, 2015).

3.5 Vidro Impresso

Segundo a NBR NM 297 (ABNT, 2004), o vidro Impresso é um vidro plano, translúcido, incolor ou colorido em sua massa, obtido por fundição e laminação contínuas e que apresenta sobre uma das faces um desenho impresso. De acordo com a NBR 7199 (ABNT, 2016), assim como os vidros temperados, em fachadas verticais, ele só pode ser aplicado a 1,10 m acima do nível do piso.

3.6 Vidro Insulado

O vidro Insulado possui duas ou mais chapas de vidro unidas hermeticamente em suas bordas, formando uma câmara de ar entre elas, sendo o mais eficaz na redução da transferência de calor por condução por meio de vidros. Sua utilização depende da combinação de chapas, podendo ser empregado em ambientes ou peças em que ambas trabalhem da mesma forma e com mesma eficiência (ABRAVIDRO, 2018).

4 Radiação Ultravioleta

A energia solar recebida pelo planeta corresponde ao espectro visível e possui intensidade máxima de aproximadamente 500 nm, dividindo-se em radiação UV (ultravioleta), e IV (infravermelha) (KIRCHHOFF, 1995).

Os fótons UV encontram-se entre os comprimentos de luz visível e a radiação gama, sendo subdivididos de acordo com suas propriedades eletro-físicos em três componentes UV-A, UV-B, UV-C (KIRCHHOFF, 1995).

A radiação UV-A chega normalmente à superfície terrestre, não sendo eficientemente absorvida por nenhum dos constituintes atmosféricos, ao contrário da radiação UV-B, que é fortemente absorvida pela camada de Ozônio da atmosfera terrestre, enquanto a faixa energética UV-C é totalmente absorvida (KIRCHHOFF, 1995).

O corpo humano absorve as ondas eletromagnéticas do espectro em diferentes formas e grau, assim como reage de maneira distinta a cada tipo de onda (OKUNO; YOSHIMURA, 2009). A interação dos raios UV na pele se mostra um processo complexo, associado a reações químicas e morfológicas. Os diferentes comprimentos de ondas agem de formas distintas (SGARBI; CARMO; ROSA, 2007).

A radiação UV-B pode causar reações diversas a pele humana quando não protegida, afetando também o sistema imunológico, tornando-o mais suscetível a problemas de saúde e debilitando a defesa contra doenças infecciosas, até mesmo o câncer de pele (KIRCHHOFF, 1995).

De acordo com Kirchoff (1995), o índice ultravioleta é uma medida indicativa da intensidade da radiação incidente sobre a superfície terrestre, a qual os seres humanos estão expostos, relacionando-se diretamente aos efeitos biológicos causados ao corpo humano, principalmente à pele e aos olhos. O índice ultravioleta (IUV) é dividido de acordo com sua intensidade, conforme apresentado na Tabela 1.

Categoria	Índice Ultravioleta (IUV)
Baixo	< 2
Moderado	3 a 5
Alto	6 a 7
Muito Alto	8 a 10
Extremo	> 11

Tabela 1: Classificação do Índice Ultravioleta
Fonte: Adaptado de WHO (2017)

5 Ensaios Experimentais

A coleta de dados ocorreu por meio da plataforma Arduino, utilizando-se uma placa única modelo UNOREV3, com um microcontrolador Atmel AVR, suporte de entrada/saída embutido, e dois sensores de radiação ultravioleta modelo UVM 30-A.

Os sensores de radiação UV foram posicionados na placa modelo UNOREV3 com comunicação analógica, captando os comprimentos de onda e convertendo-os em um sinal que varia de 0 a 1 volt, estes transformados dentro do sistema de programação Arduino para o índice ultravioleta, de acordo com a Tabela 1.

As amostras foram selecionadas de acordo com sua importância e utilização no setor da construção civil e seus fabricantes foram mantidos em sigilo e denominados X, Y, W e Z. Essas amostras foram organizadas conforme a Tabela 2 demonstrada abaixo.

A Coloração e nomenclatura foram especificadas de acordo com o fabricante e os números que a acompanham correspondem a seguinte especificação: ¹ Esmeralda *Habitat*®, ² Prata, ³ Champanhe, ⁴ Royal Blue, ⁵ Silver Verde, ⁶ Teorema, ⁷ Canelado, ⁸ Martelado, ⁹ Boreal, ¹⁰ Antilope.

TIPOS	AMOSTRA	ESPESSURA	COR	FORNECEDOR	UTILIZAÇÃO
<i>Float</i>	1	3 mm	Incolor	Z	Portas, muros de vidro, janelas internas ou externas.
	2	4 mm	Incolor	Z	
	3	6 mm	Incolor	Z	

	4	8 mm	Incolor	Z	
	5	4 mm	Fumê	X	
	6	4 mm	Fumê	Z	
	7	4 mm	Fumê	W	
Temperado	8	6mm	Refletivo ¹	W	Fachadas térreas, sacadas, portas, muros e janelas.
	9	8 mm	Verde	Y	
	10	8 mm	Fumê	Y	
	11	8 mm	Incolor	Y	
Laminado	12	8 mm	Incolor	Y	Guarda Corpos, coberturas, marquises, claraboias, fachadas, portas, muros e Janelas
	13	8 mm	Fumê	Y	
	14	8 mm	Bronze	Y	
	15	8 mm	Refletivo ²	Y	
	16	8 mm	Refletivo ³	W	
	17	8 mm	Refletivo ⁴	X	
	18	8 mm	Refletivo ⁵	X	
19	12 mm	Acidado	X		
Insulado	20	22 mm	Refletivo	W	Portas, janelas e fachadas.
Impresso	21	3 mm	Incolor ⁶	Z	Portas, divisórias, vitrines, janelas e fachadas.
	22	3 mm	Incolor ⁷	Z	
	23	3 mm	Incolor ⁸	Z	
	24	3 mm	Incolor ⁹	Z	
	25	3 mm	Incolor ¹⁰	Z	
Aramado	26	8 mm	Incolor	X	Guarda-corpos, coberturas, vitrines, muros e janelas.

Tabela 2: Amostras Coletadas

Fonte: Autores (2019)

5.1 Metodologia dos Ensaiois

Os testes foram realizados com ambos os sensores expostos ao sol, porém um deles sobreposto a uma amostra de vidro, obtendo-se assim duas medidas de índice ultravioleta, uma direta e outra filtrada pela amostra.

A partir dos resultados elaboraram-se gráficos nos quais foi possível comparar os dados auferidos e correlacioná-los à Tabela 1 deste estudo. Adotou-se para os índices diretos e filtrados a maior medida captada, já que a leitura do IUV ocorre em valores inteiros.

Devido a oscilações no IUV direto, especificou-se, em cada análise, o índice ultravioleta vigente no momento do ensaio de cada vidro. Os horários de análise de exposição das amostras ao sol foram determinadas com base nos picos diários, que se dão entre 11 e 14 horas.

6 Análise de Resultados

Os gráficos abaixo estão representando os dados captados pelos sensores ao mesmo tempo para cada amostra. Em coloração amarela, os índices coletados da exposição direta ao sol, em coloração azul, os índices coletados com a interceptação dos vidros e em cinza escuro, o percentual de redução do índice UV quando filtrado pelos vidros.

6.1 Vidro *Float* Incolor

Os ensaios foram iniciados pelo vidro *Float* Incolor, nas espessuras 3 mm, 4 mm, 6 mm e 8 mm. Foi possível observar no decorrer do ensaio a interferência direta provocada pela espessura dos vidros no bloqueio de radiação UV, uma vez que os vidros mais espessos obtiveram maiores percentuais de redução do índice UV direto em relação índice filtrado pelos vidros.

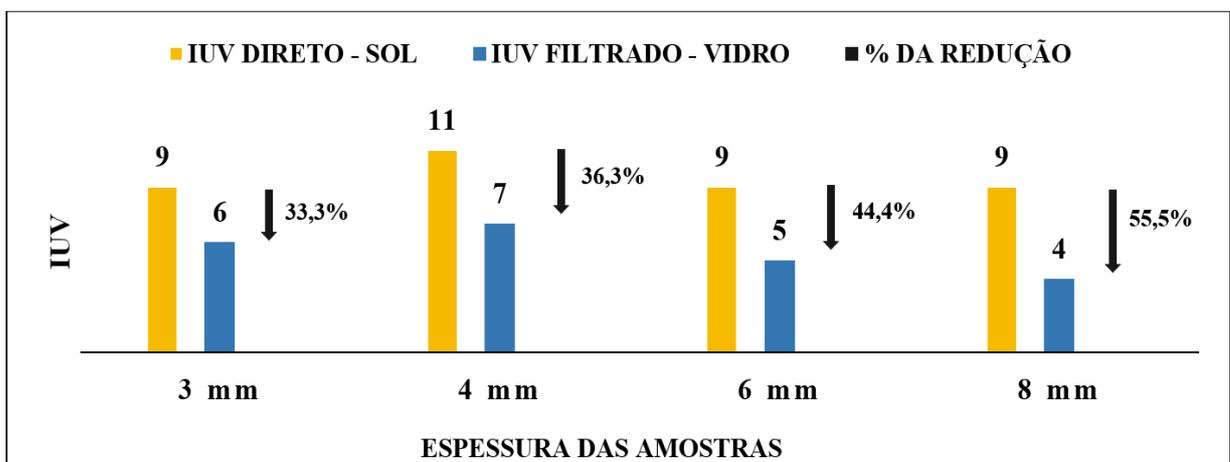


Figura 1: Vidros *Float* Incolor

Fonte: Autores (2019)

As amostras de 3 mm e 4 mm obtiveram percentual de interceptação dos raios UV de 33,3% e 36,3% respectivamente, em relação ao IUV direto do sol, enquanto o vidros de 6 mm e 8mm alcançaram IUV filtrados mais baixos e percentuais de redução de 44,4% e 55,5%.

6.2 Vidro *Float* Fumê

Utilizou-se três amostras do Vidro *Float* Fumê, todas de mesma espessura e fabricantes distintos. Nesse caso foi possível, além de comparar os IUVs diretos e filtrados, também relacionar o desempenho obtido pelos fabricantes, assim como especificado no Figura 2.

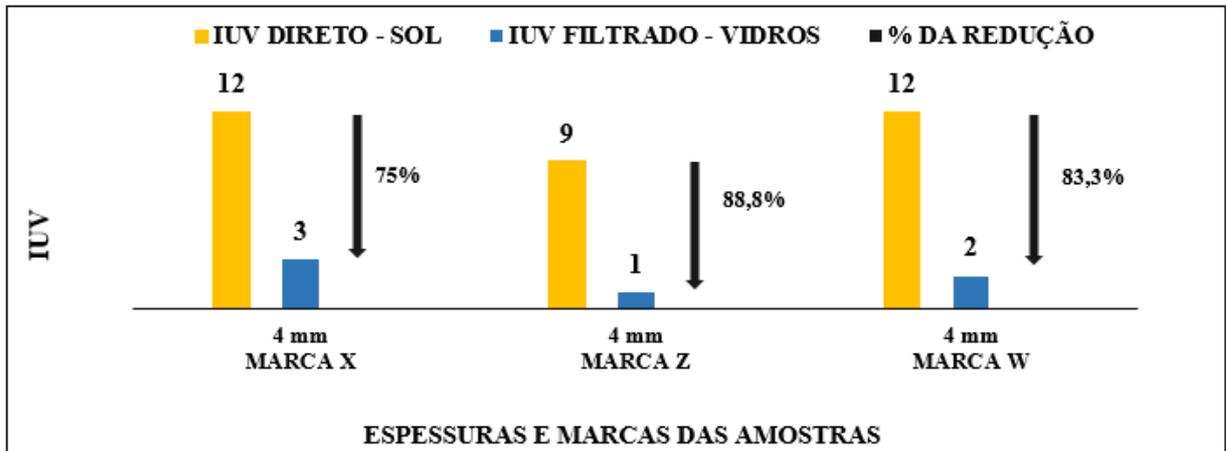


Figura 2: Vidros *Float* Fumê de Diversas Marcas

Fonte: Autores (2019)

A amostra do fabricante “Z” destacou-se ao bloquear aproximadamente 88,9% dos raios UV, uma diferença em maior eficiência de 13,9% em relação a marca “X” e de 5,57% em relação ao fabricante “W”.

6.3 Vidro Temperado

A amostras empregadas na realização dos testes desta categoria foram temperados incolor, verde e fumê, todas com espessura de 8mm. A Figura 3 abaixo expressa os resultados dos ensaios.

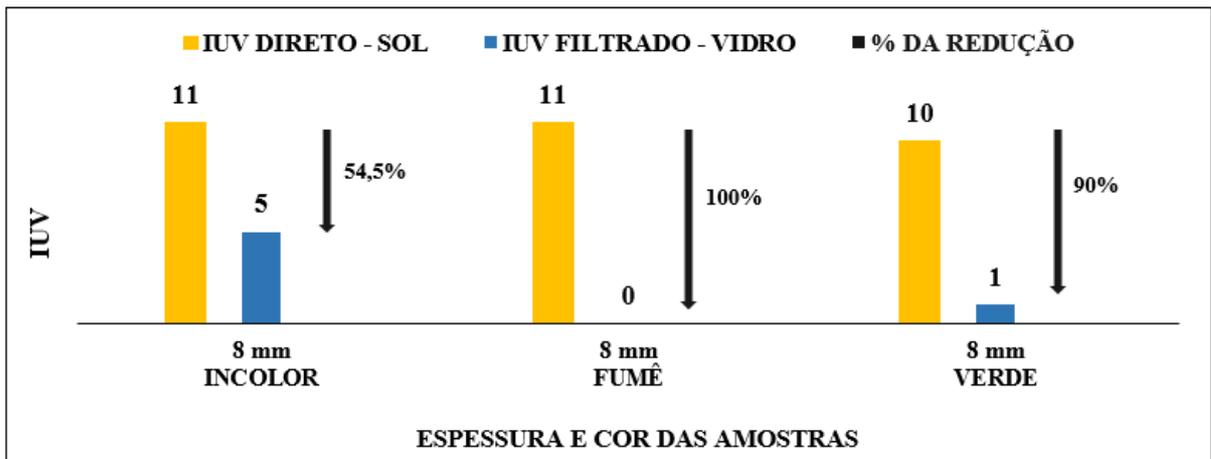


Figura 3: Vidros Temperados
Fonte: Autores (2019)

O vidro temperado incolor apresentou uma redução aproximada de 54,5%, eficiência inferior as outras duas amostras, que obtiveram índices UV de 0 e 1 com a interceptação dos vidros e, percentuais de bloqueio de aproximadamente 100% e 90% respectivamente.

6.4 Vidro Temperado Refletivo

O vidro temperado refletivo foi analisado separadamente, por ser a única amostra deste tipo obtida para ensaio. Este além de ser um vidro refletivo é classificado como temperado. Na Figura 4 foram ilustrados o momento de realização do ensaio do Vidro Temperado Refletivo (A) e o gráfico elaborado com base nos resultados obtidos (B).

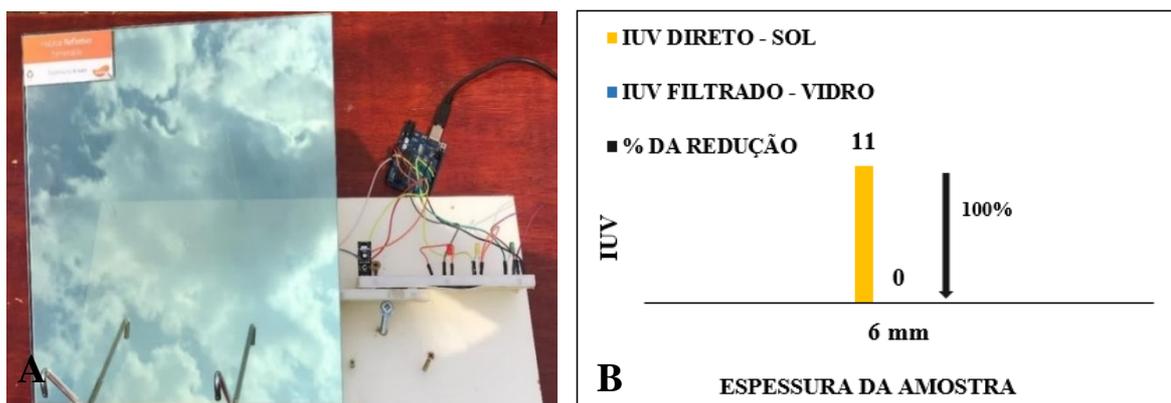


Figura 4: Vidro Temperado Refletivo
Fonte: Autores (2019)

A amostra apresentou um bom resultado, uma vez que o catálogo do fabricante especifica que o produto consegue barrar aproximadamente 96% dos raios ultravioletas, em relação às

amostras de vidro *Float* de mesmo fabricante. Observa-se que o índice UV de 11 correspondente a exposição direta ao sol foi reduzido a 0, obtendo-se dessa forma um percentual eficaz de aproximadamente 100% de bloqueio dos raios UV.

6.5 Vidro Laminado

Foram utilizadas para os ensaios três amostras de espessura 8mm, nas colorações incolor, fumê e bronze. Observou-se que a coloração das amostras não configurou, nesse tipo de vidro, um fator determinante no bloqueio de radiação UV, tendo em vista que todas obtiveram resultados iguais como exposto na Figura 5.

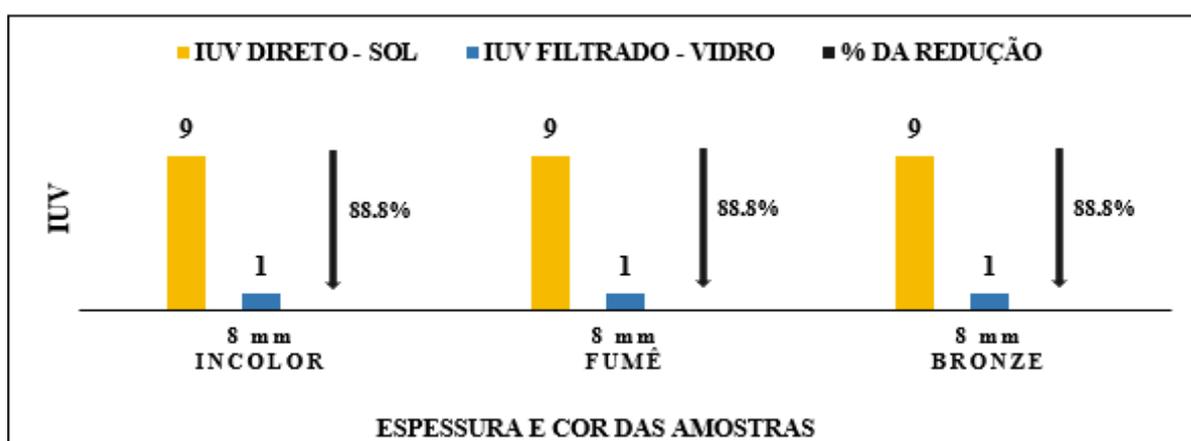


Figura 5: Vidros Laminados
Fonte: Autores (2019)

Todas as amostras alcançaram o mesmo resultado, uma redução de IUV igual a 9, considerado “Muito Alto”, para um IUV igual a 1, considerado “Baixo”, uma redução percentual de aproximadamente 88,8%.

6.6 Vidro Laminado Refletivo

Desta classe - Vidro Laminado Refletivo - foram utilizados quatro tipos diferentes de amostras, todas com espessura de 8 mm e cores denominadas pelos fabricantes conforme a Figura 6 abaixo.

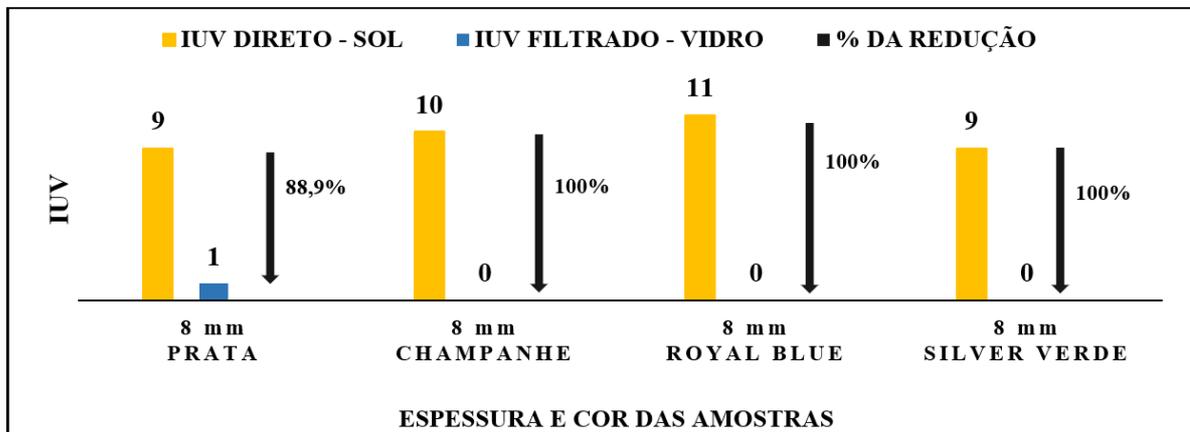


Figura 6: Vidros Laminados Refletivos
Fonte: Autores (2019)

Verificou-se que os vidros laminados do tipo refletivo possuem amplo potencial de bloqueio UV. Os vidros Royal Blue, Champanhe e Silver Verde atingiram eficiência máxima ao obterem uma redução de aproximadamente 100% no IUV. Já o vidro refletivo prata, alcançou percentual de redução de cerca de 88,9%.

6.7 Vidro Laminado Acidado

O Laminado Acidado é produzido por um processo de acidificação que garante a esse vidro alta transmissão de luz dispersa, ocasionando obscurecimento através do vidro (GUARDIAN GLASS, 2019). Utilizou-se para este ensaio uma amostra de 12 mm. Na Figura 7 foi ilustrado o momento de ensaio com o Vidro Laminado Acidado (A) e o gráfico elaborado com base nos resultados obtidos (B).

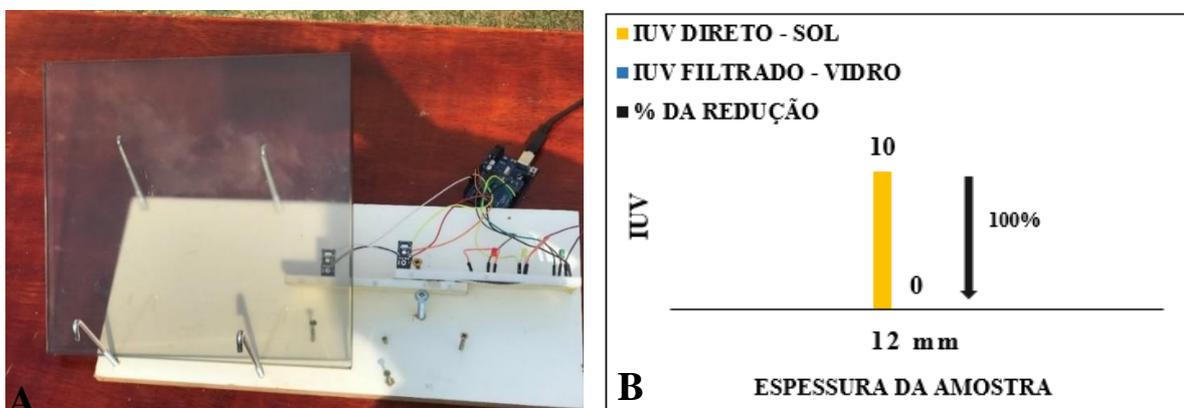


Figura 7: Vidro Laminado Acidado
Fonte: Autores (2019)

A amostra provou ter elevado potencial para o bloqueio dos raios UV, obtendo uma redução de cerca de 100% no índice ultravioleta captado.

6.8 Vidro Impresso

Desta classe foram utilizadas cinco amostras incolores de um mesmo fabricante. Elas se distinguem por apresentarem traços em seu acabamento que as nomeiam conforme a Figura 8. De acordo com a ABRAVIDRO (2018) os desenhos neles impressos possuem a propriedade de difundir a luz e a radiação solar.

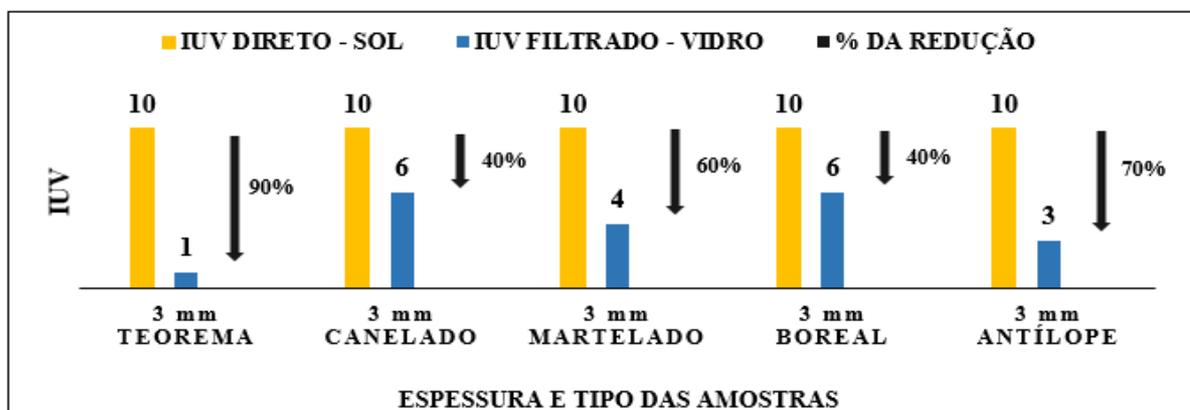


Figura 8: Vidros Impressos
Fonte: Autores (2019)

Constatou-se que o vidro Canelado e Boreal obtiveram o maior percentual de bloqueio de radiação, alcançando 60% de eficiência. As demais amostras Teorema, Martelado e Antílope obtiveram resultados moderados ao ensaio, reduzindo o IUUV em 50%, 40% e 30%, respectivamente.

6.9 Vidro Insulado

Empregados principalmente para bloqueio acústico e térmico, analisou-se uma amostra com espessura total de 22mm, (vidro laminado refletivo de 8mm, espaçamento de ar de 8mm, e laminado incolor de 6mm). O momento de seu ensaio (A) e o esboço gráfico (B) podem ser observados na Figura 9 exposta abaixo.

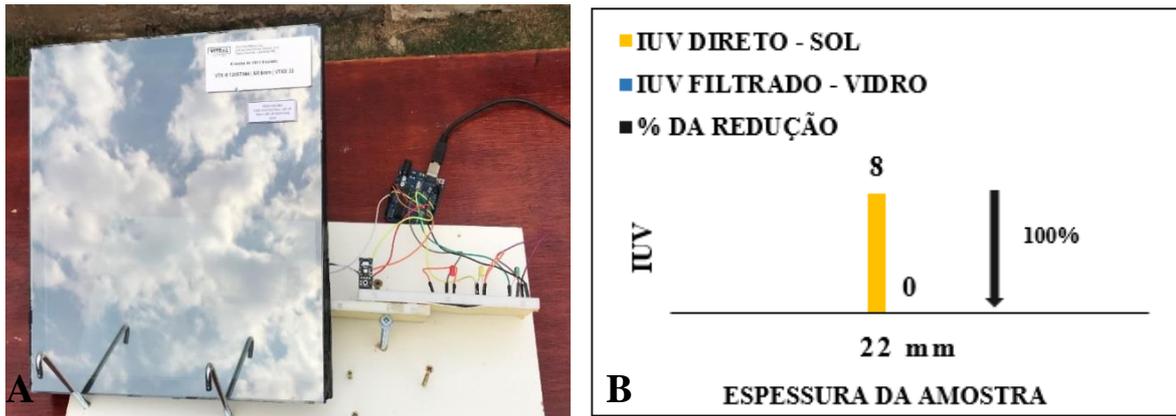


Figura 9: Vidro Insulado
Fonte: Autores (2019)

Seu desempenho de aproximadamente 100% foi satisfatório, uma vez que o fabricante especifica um potencial de eficiência em 99% de bloqueio dos raios ultravioletas.

6.10 Vidro Aramado

A última amostra analisada trata-se de um vidro aramado, incolor e com espessura de 6 mm. Na Figura 10 abaixo está exposto o momento do ensaio da amostra de Vidro Aramado (A) e o resultado do ensaio no gráfico ao lado (B).

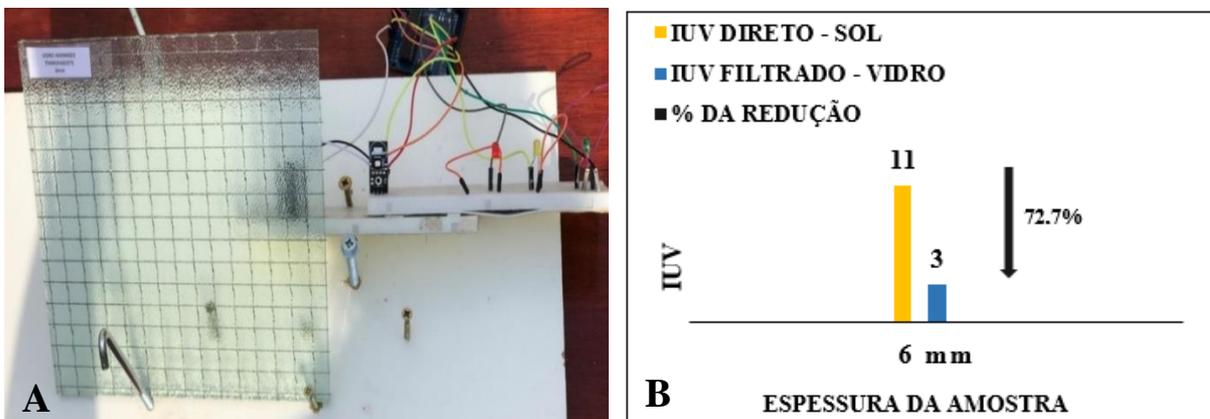


Figura 10: Vidro Aramado
Fonte: Autores (2019)

Essa amostra mostrou um bom desempenho, apresentando uma eficiência de bloqueio dos raios ultravioletas em aproximadamente 72,7%, oscilando de um IUV considerado “Extremo”, para um “Moderado”.

Para melhor visualização e compreensão dos resultados, elaborou-se a Tabela 3, exposta abaixo, na qual foram especificados o tempo de exposição ao sol, o IUV direto e o IUV filtrado pelos vidros, enfatizando suas respectivas categorias, e, por fim o percentual de barreira UV alcançado pelas amostras ensaiadas.

Nessa tabela, expuseram-se as Categorias IUV dadas de acordo com a Tabela 1 deste estudo e o período de exposição dado em horário do dia, computando um total de 45 minutos de duração.

AMOSTRA	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	IUV SOL	CATEGORIA IUV	IUV FILTRADO	CATEGORIA IUV	% DA REDUÇÃO
1	11:00 – 11:45	9	Muito Alto	6	Alto	33,33
2	11:45 – 12:30	11	Extremo	7	Alto	36,36
3	12:30 – 13:15	9	Muito Alto	5	Moderado	44,44
4	13:15 – 14:00	9	Muito Alto	4	Moderado	55,56
5	11:00 – 11:45	12	Extremo	3	Moderado	75,00
6	11:45 – 12:30	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
7	12:30 – 13:15	12	Extremo	2	Baixo	83,33
8	13:15 – 14:00	11	Extremo	0	Baixo	100,00
9	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
10	11:45 – 12:30	11	Extremo	0	Baixo	100,00
11	12:30 – 13:15	11	Extremo	5	Moderado	54,54
12	13:15 – 14:00	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
13	11:00 – 11:45	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
14	11:45 – 12:30	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
15	12:30 – 13:15	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
16	13:15 – 14:00	10	Muito Alto	0	Baixo	100,00
17	11:00 – 11:45	11	Extremo	0	Baixo	100,00
18	11:45 – 12:30	9	Muito Alto	0	Baixo	100,00
19	12:30 – 13:15	10	Muito Alto	0	Baixo	100,00
20	13:15 – 14:00	8	Muito Alto	0	Baixo	100,00
21	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
22	11:45 – 12:30	10	Muito Alto	6	Alto	40,00
23	12:30 – 13:15	10	Muito Alto	4	Moderado	60,00
24	13:15 – 14:00	10	Muito Alto	6	Alto	40,00
25	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	3	Moderado	70,00
26	11:45 – 12:30	11	Extremo	3	Moderado	72,73

Tabela 3: Resultados dos Ensaio

Fonte: Autores (2019)

Na Tabela 3 nota-se que os vidros analisados reagiram de maneira satisfatória ao estudo. A maior parte deles reduziu significativamente o IUV captado pelo sensor direto, suavizando índices descritos como “Muito Altos” ou até mesmo “Extremos”, considerados prejudiciais a saúde, para índices “Baixos” e “Moderados”.

As amostras 8, 10, 16, 17, 19 e 20 foram as que mais se destacaram, obtendo aproximadamente 100% de bloqueio. Vale ressaltar que tal destaque deve-se principalmente por se tratarem de vidros do tipo refletivo, com excessão da amostra 10 e 19.

Como já explicado anteriormente, os vidros refletivos são fabricados, de acordo com a ABRAVIDRO (2018), com o intuito de realizar controle solar em relação a transmissão e reflexão de luz e calor, sendo estes utilizados especialmente em fachadas. Devido a esse fato apresentam maior potencial em relação aos demais.

Pode-se constatar que as amostras 1 e 2, referentes ao vidro *Float* incolor, foram as que menos se sobressaíram. Esse fato se esclarece enfatizando-se algumas circunstâncias. O vidro *Float*, de acordo com a ABRAVIDRO (2018), não recebe, por si só, nenhum tipo de tratamento, e a espessura mais fina juntamente com a ausência de coloração mostraram-se fatores determinantes no processo de interceptação como já citado anteriormente.

7 Considerações Finais

Os resultados alcançados foram satisfatórios, uma vez que se possibilitou pontuar e apresentar a diferença entre o potencial de barreira UV atingido pelos tipos de vidros ensaiados e, ainda, compará-los entre si e em relação aos fatores indicados pelos fabricantes.

Conclui-se que vidros com características como finalização laminada, coloração refletiva, fumê ou bronze, espessura maior ou igual a 8mm, insulados e temperados promovem maior bloqueio contra raios UV, já que apresentaram resultados acima de 70%. Sendo assim, eles são recomendados aos consumidores que buscam conforto e proteção contra a radiação incidente.

Vidros com colorações refletivas tendem a, devido a suas características, bloquear maior percentual de raios solares; porém atentou-se, com base nos ensaios, que outros tipos de vidros se equiparam a eles nesse quesito, podendo ainda se sobressair em outros aspectos.

Na tentativa de se conhecer mais sobre os produtos, várias empresas, cujos vidros foram testados, foram contatadas. Contudo nem todas se manifestaram quanto aos índices de

proteção para raios UV pois alegaram que estudos desse caráter são relativamente caros, já que nem todos os seus produtos buscam enfoque na proteção contra raios UV.

Cabe ressaltar que ensaios como os realizados neste trabalho são muito escassos e até este momento não foram encontrados na literatura específica e nem em todos os catálogos dos fabricantes de vidros.

Considerando os efeitos nocivos da exposição excessiva aos raios UV à saúde do ser humano, dados como os apresentados podem auxiliar na escolha de vidros que apresentem, além da estética, a eficiência de bloqueio contra a radiação, atribuindo ao usuário conforto e proteção.

O Engenheiro Civil tem papel fundamental nesse processo de apropriação e divulgação deste tipo de conhecimento, já que se encontram em contato direto com os consumidores. E os engenheiros civis poderão dessa forma, propor projetos que atentem para essa questão ambiental, principalmente nesse momento em que toda a sociedade tem se preocupado com a saúde e a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vidro. Laminado: características, requisitos e métodos de ensaio: NBR 14697**, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vidros na construção civil: NBR 7199**, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vidro impresso: características, requisitos e métodos de ensaio: NBR Nm 297**, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Vidro temperado: características, requisitos e métodos de ensaio: NBR 14698**, 2001.

ABRAVIDRO. **Aplicação do vidro na construção civil**. São Paulo: Abravidro, 2018. Disponível em: <<https://abravidro.org.br/wp-content/uploads/2018/03/a-aplicacao-do-vidro-na-construcao-civil-tamojuntovidraceiro.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

ALLUCI, Marcia Peinado. Banco de dados: **Características térmicas, luminosas e acústicas de vidros planos e plásticos translúcidos**. Departamento de Tecnologia da Fausp/ Sequência de Conforto Ambiental. 2001. Disponível em: <<http://www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros>>. Acesso em: 21 abril 2019.

ALVARENGA, Beatriz. Reflexão da Luz: reflexão. In: LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ALVARENGA, Beatriz. **Física**. São Paulo: Editora Scipione, 2006. Cap. 14. p. 193-234.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C162-05 (2015): Standard Terminology of Glass and Glass Products**. West Conshohocken, Pa: Astm International, 2015. Disponível em: < <https://www.astm.org/Standards/C162.htm>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício e seu acabamento**. São Paulo: Blucher, 1987. 178 p. (Reimpressão 2006).

CEBRACE. **A Composição Do Vidro**. 2015. Disponível Em: <<Http://Www.Cebrace.Com.Br/#!/Enciclopedia/Interna/A-Composicao-Do-Vidro>>. Acesso Em: 10 Mar. 2019.

CEBRACE (Brasil). **O Processo De Fabricação**. 2015. Disponível Em: <<Http://Www.Cebrace.Com.Br/#!/Enciclopedia/Interna/O-Processo-De-Fabricacao>>. Acesso Em: 10 Mar. 2019.

DE GRUIJL, Frank R.; Van Der Leun, Jan C. **Environment And Health: 3: Ozone depletion and ultraviolet radiation**. Cmaj. [S.L], p. 851-855. Out. 2000.

GUARDIAN GLASS – **SatinDeco** – Disponível em: <<https://guardianinglass.com.br/product/satindeco/>>. Acesso em: 15 out. 2019.

GIOVANNI, Mariacher. **O vidro: os estilos na arte**. São Paulo, Martins Fontes, 1992.
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física 4**. 10º ed. São Paulo: LTC, 2016.

HASANUZZAMAN, M. Et Al. Properties of glass materials. In: **Reference Module In Materials Science And Materials Engineering**. [S.L: S.N.], 2016.

ICE-INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS (Uk). **Ice manual of structural design: Buildings**. London: Ice Publishing, 2012.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **Ozônio e radiação UV-B**. São José Dos Campos: Transtec Editorial, 66 p., 1995.

NAVARRO, J. M. F. **El Vidrio**. Madrid: Editorial Csic - Csic Press, 2003.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física das radiações**. [S.L.]: Oficina De Textos, 296 p, 2010.

SHELBY, James E. **Introduction To Glass Science And Technology**. 2. ed. Cambridge: The Royal Society Of Chemistry, 2005. 291p.

WESTPHAL, Fernando Simon. **Manual técnico do vidro plano para edificações**. São Paulo: Abividro, 174 p. 2016.

WHO. World Health Organization. **What is the UV Index (IUV)**. 2017 Disponível em: <https://www.who.int/uv/intersunprogramme/activities/uv_index/en/>. Acesso em: 15 Out. 2019.

ZACHARIASEN, W.H. The atomic arrangement in glass. **Journal of the American Chemical Society**. V. 54, P. 3841-3851, 1932.