

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

KAISSE SHELINNE SILVA

MARIA LUÍSA BATISTA

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE BLOQUEIO DA RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA PELOS PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS
UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

ANÁPOLIS / GO

2019

KAISSE SHELINNE SILVA

MARIA LUÍSA BATISTA

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA DE BLOQUEIO DA RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA PELOS PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS
UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: LEANDRO DANIEL PORFIRO

CO-ORIENTADOR: AGNALDO ANTÔNIO MOREIRA

TEODORO DA SILVA

ANÁPOLIS / GO:

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, KAISSE SHELINNE/ BATISTA, MARIA LUÍSA

Estudo da eficiência de bloqueio da radiação ultravioleta pelos principais vidros utilizados na construção civil

83P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

1. Vidros	2. Radiação Ultravioleta
3. Construção Civil	4. Eficiência
I. ENC/UNI	II. Bacharel (10 ^o)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Kaisse Shelinne; BATISTA, Maria Luísa. Estudo da eficiência de bloqueio da radiação ultravioleta pelos principais vidros utilizados na construção civil. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 83p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Kaisse Shelinne Silva

Maria Luísa Batista

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo da eficiência de bloqueio da radiação ultravioleta pelos principais vidros utilizados na construção civil.

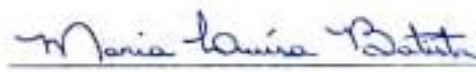
GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Kaisse Shelinne Silva

E-mail: kaisse.silva15@hotmail.com



Maria Luísa Batista

E-mail: batista.malu12@gmail.com

KAISSÉ SHELLINNE SILVA

MARIA LUÍSA BATISTA

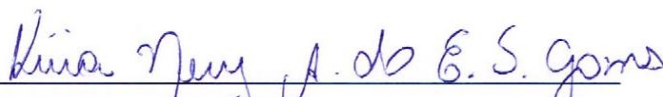
**ESTUDO DE EFICIÊNCIA DE BLOQUEIO DA RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA PELOS PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS
UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

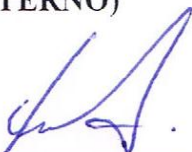
APROVADO POR:



**LEANDRO DANIEL PORFIRO, Doutor (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**



**KÍRIA NERY ALVES DO E. S. GOMES, Mestra (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**



**EDUARDO DOURADO ARGOLO, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de DEZEMBRO de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a força maior que me impulsiona, por ter me dado a oportunidade única de concluir mais este ciclo de minha vida, com perseverança e coragem para permanecer firme perante as dificuldades e incertezas.

Aos meus pais, Nilton e Gilda, sem os quais nada disso seria possível, obrigada por sempre me incentivarem a ter garra e determinação, por todo amor e apoio incondicional.

Ao meu orientador, Leandro Daniel Porfírio que se fez presente e peça fundamental na elaboração deste trabalho, sempre com muito entusiasmo, incentivo e dedicação.

A minha dupla de TCC, Maria Luísa, com a qual pude contar não só na concessão deste estudo, como também em todos os momentos de minha jornada acadêmica.

De um modo geral, agradeço a todos que de alguma forma acreditaram em meu potencial e contribuíram para que esta etapa pudesse ser finalizada, familiares e amigos por toda compreensão e estímulo e a própria faculdade pelo suporte dado aos seus discentes.

Kaísse Shelinne Silva

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela minha vida e por todas as oportunidades a mim concedidas. Por ser a luz e consolo em meus momentos de aflição e dificuldades. Sem Ele nada seria possível.

À minha família, por ser meu porto-seguro em todos os momentos, ponto de apoio, amor e incentivo. Obrigada por sempre me impulsionarem para frente e me ajudarem a buscar o melhor, por tudo que me ensinaram e ensinam até hoje.

Aos meus pais, Emílio e Gláucia, por nunca deixarem que eu desistisse e por sempre prezarem pela minha felicidade.

À minha irmã, Renata, que é amiga, companheira e que durante este período buscou sempre estar ao meu lado e me ajudar o quanto podia.

Aos meus avós, José Manel e Almenda, por todo amor, carinho e enorme apoio, vocês são incríveis!

Ao nosso orientador, Leandro Daniel Porfiro, por compartilhar sua ideia conosco e ter aceitado nos orientar, buscando com sabedoria e entusiasmo, o caminho para que chegassemos aos melhores resultados deste estudo. Obrigada por todo ensinamento passado!

Agradeço ao nosso coorientador, Agnaldo Antônio, que sempre se colocou disponível aos questionamentos, buscando nos ajudar e orientar com este estudo.

À minha dupla, Kaísse, por ter feito parte de todo o meu caminho acadêmico. Obrigada por toda paciência e companheirismo para que chegassemos até aqui.

Às empresas que nos forneceram as amostras de vidros e estiveram disponíveis para esclarecimentos.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada comigo, familiares, amigos e ao meu namorado, que sempre estiveram presentes, me apoiando e vivenciando esta conquista juntos.

Maria Luísa Batista

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 as necessidades de cada projeto. Com a contínua destruição da camada de ozônio, sua transparência e capacidade de transmissão de luz, deixam os seres humanos expostos a índices da radiação ultravioleta, que quando em excesso no organismo, podem causar danos severos à saúde. Partindo desta problemática, o propósito deste estudo foi medir por meio de sensores de radiação ultravioleta (UV) e placa de programação arduino a interação dos raios ultravioleta com as amostras de vidros utilizados na construção civil, de forma que foi possível obter resultados que determinaram sua capacidade de proteção e interceptação contra os mesmos, mostrando-se satisfatórios os resultados alcançados, uma vez que se possibilitou pontuar e apresentar a diferença entre o potencial de barreira UV atingido por cada um dos tipos de vidros ensaiados, e ainda, compara-los entre si e aos fatores indicados pelos fabricantes. Uma vez que, dados como os apresentados neste trabalho são escassos na literatura específica, se torna essencial o papel do engenheiro civil nesse processo de apropriação e divulgação deste tipo de conhecimento, já que se encontram em contato direto com o consumidor, propondo então projetos que atentem para esta questão.

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 in the body can cause severe damage to health. Based on this, the purpose of this study is to measure through ultraviolet radiation sensors and Arduino programming board the interaction of UV rays with the glass used in civil construction and through the results determine their protection and interception capacity against them. Based on this problem, the purpose of this study was to measure by ultraviolet radiation (UV) sensors and Arduino programming board the interaction of ultraviolet rays with the samples of glass used in construction, so that it was possible to obtain results that determined their use. The ability of protection and interception against them, showing satisfactory results, since it was possible to score and present the difference between the potential of UV barrier reached by each type of glass tested, and also compare them between and the factors indicated by the manufacturers. Since data such as those presented in this paper are scarce in the specific literature, the role of the civil engineer in this process of appropriation and dissemination of this type of knowledge is essential, since they are in direct contact with the consumer, proposing projects that pay attention to this issue.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arranjo Simétrico e Periódico de um Cristal.....	14
Figura 2 - Representação da rede do vidro	14
Figura 3 - Relação volume específico - Temperatura para as fases: líquido, cristal e vidro	16
Figura 4 - Variação na Tg e volume específico do vidro em função da taxa de resfriamento .	16
Figura 5 - Composição do vidro <i>float</i>	17
Figura 6 - Vidro Laminado.....	27
Figura 7 - Camadas de vidro laminado PVB incolor.....	28
Figura 8 - Vidro Temperado.....	29
Figura 9 - Vidro Aramado	30
Figura 10 - Vidro <i>Float</i>	31
Figura 11 - Vidro Impresso	32
Figura 12 - Vidro Insulado	33
Figura 13 - Estrutura de um vidro duplo insulado.....	33
Figura 14 – Vidro de Controle Solar	35
Figura 15 - Raios Solares que irradiam na superfície terrestre	37
Figura 16 - Sensor Ultravioleta <i>Gsens</i> UVM 30-A	43
Figura 17 - Placa Arduino Modelo UNO REV3 - Frente e Verso	44
Figura 18 - Sistema de Coleta de Dados.....	45
Figura 19 - Posicionamento dos Vidros nos Ensaios	47
Figura 20 - Vidro <i>Float</i> Incolor 3 mm.....	48
Figura 21 - Vidro <i>Float</i> Incolor 4 mm.....	48
Figura 22 - Vidro <i>Float</i> Incolor 6 mm.....	49
Figura 23 - Vidro <i>Float</i> Incolor 8 mm.....	49
Figura 24 - Vidro <i>Float</i> Fumê 4 mm – Marca “X”	50
Figura 25 - Vidro <i>Float</i> Fumê 4 mm – Marca “Z”	50
Figura 26 - Vidro <i>Float</i> Fumê 4 mm – Marca “W”.....	51
Figura 27 - Vidro <i>Float</i> Fumê 6 mm	52
Figura 28 - Vidro <i>Float</i> Verde 3mm	53
Figura 29 - Vidro <i>Float</i> Verde 4 mm	53
Figura 30 - Vidro <i>Float</i> Bronze 6mm.....	54
Figura 31 - Vidros Temperados.....	55
Figura 32 - Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo.....	57

Figura 33 - Vidros Laminados, Incolor, Fumê e Bronze.....	58
Figura 34 - Vidro Laminado Prata.....	60
Figura 35 - Vidro Laminado Champanhe.....	60
Figura 36 - Vidro Laminado <i>Royal Blue</i>	60
Figura 37 - Vidro Laminado <i>Silver Verde</i>	61
Figura 38 - Vidro Laminado Verde	62
Figura 39 - Vidro Laminado Acidado	63
Figura 40 - Vidro Impresso Teorema	64
Figura 41 - Vidro Impresso Antílope	65
Figura 42 - Vidro Impresso Boreal.....	65
Figura 43 - Vidro Impresso Martelado	65
Figura 44 - Vidro Impresso Canelado	66
Figura 45 - Vidro Insulado	67
Figura 46 - Vidro Aramado	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - A cor em vidros	24
Tabela 2 - Faixas do Espectro Ultravioleta	37
Tabela 3 - Classificação do Índice Ultravioleta	39
Tabela 4 - Cronograma de Ensaios	42
Tabela 5 - UV <i>Index</i>	45
Tabela 6 - Amostras Coletadas	46
Tabela 7 - Resultados dos Ensaios	69
Tabela 8 - Relação Custo Benefício	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Vidro <i>Float</i> Incolor	49
Gráfico 2 - Vidros <i>Float</i> Fumê Diversas Marcas	51
Gráfico 3 - Vidro <i>Float</i> Fumê 6mm	52
Gráfico 4 - Vidro <i>Float</i> Verde.....	53
Gráfico 5 - Vidro <i>Float</i> Bronze	54
Gráfico 6 - Vidro Temperado	56
Gráfico 7 - Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo.....	57
Gráfico 8 - Vidros Laminados	59
Gráfico 9 - Vidro Laminado Refletivo	61
Gráfico 10 - Vidro Laminado Verde	62
Gráfico 11 - Vidro Laminado Acidado.....	64
Gráfico 12 - Vidros Impressos.....	66
Gráfico 13 - Vidro Insulado.....	68
Gráfico 14 - Vidro Aramado	69
Gráfico 15 - Resumo dos resultados dos ensaios	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVIDRO	Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidro Plano
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Sociedade Americana para Testes e Materiais)
ABIVIDRO	Associação Brasileira das Indústrias de Vidro
DEM	Dose Eritematosa Mínima
GO	Goiás
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
ICE	<i>Institute of Civil Engineers</i> (Instituto dos Engenheiros Cívicos)
IDE	<i>Integrated Development Environment</i> (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)
INCA	Instituto Nacional do Câncer
IV	Infravermelha
LED	<i>Light Emitting Diode</i> (Diodo Emissor de Luz)
OMS	Organização Mundial da Saúde
PVB	Polivinil Butiral
UV	Ultravioleta
UV-A	Ultravioleta Tipo A
UV-B	Ultravioleta Tipo B
UV-C	Ultravioleta Tipo C
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial da Saúde)

LISTA DE SIMBOLOS

%	Por Cento
°C	Graus Celsius
<	Menor que
>	Maior que
+	Mais
B ₂ O ₃	Óxido de Boro
cm ³	Centímetro cúbico
dPa	Decipascal
g	Gramma
GPa	Giga Pascal
Kgf	Quilograma-força
mm	Milímetro
mV	Milivolt
m	Metro
nm	Nanômetro
O ₂	Oxigênio
P ₂ O ₅	Pentóxido de Fósforo
R\$	Real
SiO ₂	Sílica
Tg	Temperatura de Transição Vítea

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	10
1.2	OBJETIVOS	11
1.2.1	Objetivo geral	11
1.2.2	Objetivos específicos.....	11
1.3	METODOLOGIA	11
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
2	VIDROS.....	13
2.1	HISTÓRICO	13
2.2	DEFINIÇÃO	13
2.3	COMPOSIÇÃO DO VIDRO	17
2.4	PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS VIDROS	18
2.4.1	Viscosidade.....	18
2.4.2	Resistência.....	19
2.4.3	Expansão Térmica.....	19
2.4.4	Densidade	20
2.4.5	Módulo de Elasticidade.....	20
2.5	PROPRIEDADES ELÉTRICAS DOS VIDROS	21
2.5.1	Condutividade Elétrica	21
2.5.2	Propriedades Dielétricas.....	21
2.6	PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS VIDROS	22
2.6.1	Refração	22
2.6.2	Absorção.....	23
2.6.2.1	Coloração	24
2.6.3	Reflexão	25
2.7	PRINCIPAIS TIPOS DE VIDROS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	25
2.7.1	Vidros de Segurança	26
2.7.1.1	Vidro Laminado	26
2.7.1.2	Vidro Temperado	28
2.7.1.3	Vidro Aramado	30
2.7.2	Vidro Comum <i>Float</i>	31
2.7.3	Vidro Impresso	32

2.7.4	Vidro Insulado	32
3	RADIAÇÃO	36
3.1	RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA	36
3.2	INTERAÇÃO COM O CORPO HUMANO	38
3.3	ÍNDICE ULTRAVIOLETA	38
3.3.1	Concentração de Ozônio e Localização Geográfica	39
3.3.2	Altitude de Superfície	39
3.3.3	Hora do Dia	40
3.3.4	Estação do Ano	40
3.3.5	Condições Atmosféricas	40
3.3.6	Tipo de superfície	40
3.4	INTERAÇÃO ENTRE VIDROS E RADIAÇÃO UV	40
4	METODOLOGIA DOS ENSAIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS	42
4.1	METODOLOGIA	42
4.2	PLATAFORMA ARDUINO	43
4.3	SISTEMA DE COLETA DE DADOS	43
4.3.1	Programação Utilizada	45
4.4	AMOSTRAS	45
4.4.1	Ensaio das Amostras	47
4.5	RESULTADOS	48
4.5.1	Vidro <i>Float</i> Incolor	48
4.5.2	Vidro <i>Float</i> Fumê	50
4.5.3	Vidro <i>Float</i> Verde	52
4.5.4	Vidro <i>Float</i> Bronze	54
4.5.5	Vidro Temperado	55
4.5.6	Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo	57
4.5.7	Vidro Laminado	58
4.5.8	Vidro Laminado Refletivo	59
4.5.9	Vidro Laminado Verde	62
4.5.10	Vidro Laminado Acidado	63
4.5.11	Vidro Impresso	64
4.5.12	Vidro Insulado	67
4.5.13	Vidro Aramado	68
4.6	RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO	72

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS	76
APÊNDICE A - CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADO NESTE ESTUDO	82

1 INTRODUÇÃO

De origem fenícia, o vidro foi descoberto de forma acidental a aproximadamente 3.000 anos a.C. e este tem sido nos últimos tempos um material extremamente difundido na construção civil, sendo produzido pela humanidade por fusão de matérias primas cruas a milhares de anos. Nos primórdios foi utilizado basicamente para fins estéticos e ornamentais sendo posteriormente empregado para outras finalidades, isso graças as evoluções tecnológicas, bem como sua versatilidade (PLINIO, 1669, p.15 *apud* SOUZA, 2013).

Atualmente, grande parte dos estudos se centralizam em vidros a base de óxidos, sendo voltados nas últimas duas décadas ao desenvolvimento de novos métodos de produção que possibilitam a obtenção de uma série de produtos (ALVES *et al.*, 2001).

De uma maneira geral o vidro é composto pela combinação de sílica, sódio, cálcio, magnésio, alumina e potássio (CEBRACE, 2015). Materiais estes que permitem a formação de diversos tipos de vidros, com diferentes propriedades que propiciam um elo entre aplicabilidade e funcionalidade, promovendo a adequação do mesmo às necessidades do projeto e do ambiente.

Azeredo (2006) afirma que eles podem ser classificados, por tipo, forma, transparência e acabamento de superfície. Sendo nomeados como: *float*, temperado, laminado, duplo e aramado, de acordo com as suas respectivas características e aplicações.

Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos (ABRAVIDRO, 2016), o vidro *float*, que teve surgimento em 1952, é hoje um dos tipos mais utilizados na construção civil, servindo como base para a fabricação de outros tipos de vidro, o mesmo é empregado principalmente em janelas, sendo proficiente devido a união de três fatores, baixo custo, transparência e durabilidade.

Uma das principais funções do vidro é a de permitir a passagem da luz e bloquear a radiação solar na faixa de ultravioleta. Segundo De Gruijl e Van Der Leun (2000), a radiação ultravioleta (UV), nada mais é do que um fragmento de um extenso espectro eletromagnético que é definido pelo seu comprimento de onda compreendido entre 200 nanômetros a 400 nanômetros.

A exposição do ser humano a este tipo de radiação é fundamental para a síntese de vitamina D3 (coleciferol), necessária para a manutenção do sistema ósseo, e fortalecimento do sistema imunológico, pois segundo Okuno e Yoshimura (2010), a radiação interage com corpos inclusive o humano, depositando nele sua energia. Por outro lado, a exposição não

deve ocorrer em qualquer horário, sendo o ideal antes das 10h e após as 16h, já que fora destes intervalos a incidência de UV é mais alta.

Com a constante destruição da camada de ozônio, a exposição a níveis elevados de radiação tem causado efeitos nocivos à saúde, ocasionando diversas patologias, tais como queimaduras, envelhecimento da pele, bronzeamentos, danos aos olhos, com influência na manifestação de daltonismo e catarata, sendo a mais efetiva causa de câncer de pele.

De acordo com o Instituto Nacional do Câncer, (INCA, 2018) o câncer de pele não melanoma representa cerca de 30% de todos os tumores malignos registrados no país. Em 2018 surgiram cerca de 6.260 novos casos, causando a morte de 1.794 pessoas. Estima-se ainda, segundo a Organização Mundial da Saúde que dois a três milhões de casos de câncer não melanomas ocorrem em todo o mundo a cada ano (WHO, 2001).

O vidro como um material transparente e translúcido, absorve, reflete e transmite raios solares, permitindo com que esses incidam sobre o ser humano, mesmo após proteção e tratamentos bloqueadores de radiação UV. Segundo Okuno e Yoshimura (2010), um centímetro de vidro comum bloqueia cerca de 50% da radiação de UV-B.

Considerando este cenário e a importância do vidro para a sociedade moderna, o presente estudo tem como objetivo medir a quantidade de radiação UV que atravessa vidros utilizados na construção civil, buscando assim enfatizar a eficiência de cada um deles, como barreira de proteção aos índices ultravioleta.

1.1 JUSTIFICATIVA

Com a grande disseminação do uso dos vidros na construção civil na atualidade, e considerando sua importância enquanto barreira para a radiação UV, além de todo o derradeiro cenário supracitado, sobre a incidência de câncer de pele na população, este ensaio torna-se importante e atual, pois procura promover a discussão em torno desta temática, bem como demonstrar o quão protegidas estão as pessoas sobre as coberturas de vidro, ou em ambientes próximos a janelas e portas deste material.

Através deste estudo poder-se-á estabelecer um comparativo entre a incidência dos raios UV emitidas pelo Sol e a quantidade dessa radiação que é filtrada pelo vidro e em qual percentual. A partir disso, pode-se inferir sobre quais ações os profissionais da construção civil têm adotado para fornecer proteção e cuidado visando sempre eficiência nestes aspectos, além de conforto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Medir e comparar a quantidade de radiação ultravioleta que atravessa amostras de vidros utilizados na construção civil para coberturas, janelas ou portas, por meio de placa e sensor arduino.

1.2.2 Objetivos específicos

- Construir um sistema de coleta de dados utilizando uma placa arduino e dois sensores UV.
- Adquirir amostras de vidros utilizados na construção civil.
- Analisar a incidência de raios UV sobre as amostras de vidros utilizados na construção civil.
- Comparar o percentual de bloqueio dos vidros contra a radiação ultravioleta, em relação ao que é recebido sem a proteção dos mesmos.
- Verificar a eficiência de bloqueio de radiação UV entre os variados tipos de vidros utilizados na construção civil e analisar seu custo benefício.

1.3 METODOLOGIA

Na primeira etapa deste estudo desenvolveu-se o referencial teórico por meio de pesquisas bibliográficas, utilizando recursos didáticos como livros e publicações nacionais e internacionais a respeito do tema, as quais foram filtradas pelas palavras chave: radiação ultravioleta, proteção, vidros e construção civil.

Na segunda etapa foram adquiridas amostras de vidros utilizados pela construção civil principalmente em coberturas, portas e janelas de diversas marcas.

Na terceira etapa foi construído um sistema de coleta de dados composto por dois sensores de radiação UV e uma placa de programação arduino, codificados em linguagem de programação C++, possibilitando a compreensão dos dados e a leitura do índices UV. Os dois sensores foram expostos ao sol, porém um deles sobreposto por uma amostra de vidro. Assim

obteve-se duas medidas de índice ultravioleta, uma diretamente exposta ao sol e outra filtrada pelo vidro .

Na quarta etapa, com base nos dados obtidos pelo sistema, calculou-se os percentuais de proteção de barreira UV promovida por cada tipo de vidro ensaiado, averiguando assim sua real eficiência no quesito e evidenciando quais destes se destacam na temática abordada.

E por fim, na quinta etapa, com os dados inferidos reunidos, foram discutidos os resultados, possibilitando conclusões a respeito do tema.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos. O primeiro apresenta a introdução desta pesquisa, bem como seus objetivos e metodologia. O segundo discute a história sobre a descoberta dos vidros, sua evolução e utilização até os dias atuais, definindo-os e estabelecendo as diferenças entre os principais tipos utilizados na construção civil e suas aplicações específicas. O terceiro enfatiza a radiação ultravioleta, conceituando-a e apontando sua interação com os seres humanos e os vidros. O capítulo quatro apresenta a metodologia da interação dos vidros com a radiação UV, mostrando o percentual da incidência desta nos mesmos, utilizando a programação realizada na plataforma arduino e sensores de índice de radiação ultravioleta, viabilizando o estudo comparativo. Por fim, o quinto capítulo se compõe das considerações finais sobre este estudo.

2 VIDROS

2.1 HISTÓRICO

Conforme Plínio (1669, p.15 *apud* SOUSA, 2013), a origem do vidro deu-se por uma descoberta de forma acidental, pelos Fenícios em 3.000 a.C. Ao acenderem fogueiras para aquecerem suas refeições, a beira do rio Belus localizado ao sudoeste da Síria, utilizaram os maiores pedaços de salitre que carregavam para tingir lã, como apoio para os recipientes que continham os alimentos. Ao esquecerem o fogo aceso, perceberam o surgimento de um líquido rubro e fumegante, de solidificação rápida, proveniente da combinação entre o carbonato de cálcio, fogo e areia, mais tarde conhecido como vidro.

Cientificamente tais relatos são considerados lendários, tendo em vista que nas necrópoles egípcias, foram encontrados objetos que evidenciam que os vidros já seriam fabricados a 4.000 a.C. (CEBRACE, 2015).

No Brasil o vidro teve seu princípio por meio dos holandeses entre 1624 e 1635, com a invasão do Nordeste, sendo inicialmente produzido artesanalmente, pelo processo de sopro e prensagem desenvolvendo-se significativamente apenas após o século XX, com a introdução de fornos contínuos e máquinas de produção em massa (ABIVIDRO, 2012). Atualmente o vidro apresenta características importantes do ponto de vista tecnológico podendo ser encontrado em diversos produtos como para-brisas, janelas, garrafas, fibras ópticas, lentes, lâmpadas e até mesmo utensílios de cozinha.

2.2 DEFINIÇÃO

Considerando que os vidros eram preparados pelo processo de fusão até o resfriamento, suas primeiras definições deram-se pelo conceito de viscosidade dos sólidos, o qual estabelece sólido por um material rígido que não escoar, quando submetido a forças moderadas. Definiu-se inicialmente vidro por “produto inorgânico fundido, que atinge por resfriamento uma condição rígida sem que ocorra cristalização” (FARADAY, 1830).

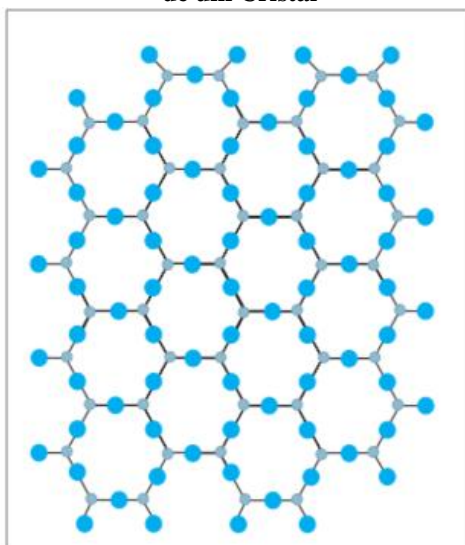
Lebedev (1921) sugeriu, considerando a estrutura dos vidros, a Hipótese do Cristalito, a qual definia vidro como “um fundido comum consistindo de cristais altamente dispersos”, inter-relacionando suas propriedades com sua estrutura interna.

Segundo Zachariasen (1932), não é possível estabelecer uma definição para o vidro, sem antes analisar sua estrutura atômica. Assim, de acordo com o pesquisador o “arranjo

atômico em vidros é caracterizado por uma rede tridimensional estendida, a qual apresenta ausência de simetria e periodicidade”, sendo este o fator de diferenciação entre um cristal e o vidro.

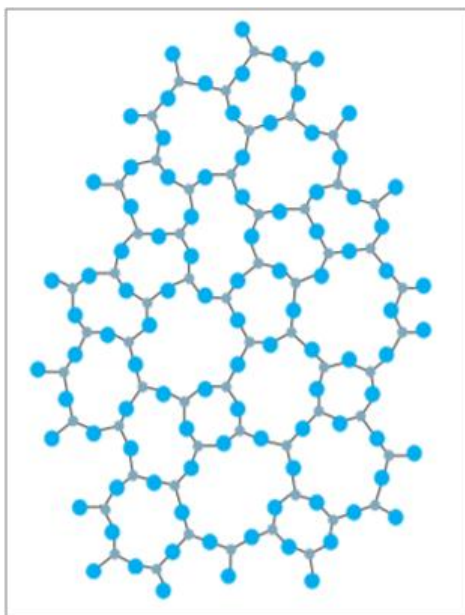
Na Figura 1 está representado o arranjo simétrico de um cristal e na Figura 2, o arranjo da rede aleatória do vidro.

Figura 1 - Arranjo Simétrico e Periódico de um Cristal



Fonte: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola -Vidros, 2001.

Figura 2 - Representação da rede do vidro



Fonte: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola -Vidros, 2001.

Discordando das definições anteriores, Gupta (1995) defende que as expressões, vidros e sólidos amorfos, consideradas as divisões de sólido não-cristalino, na perspectiva termodinâmica, não poderiam ser usadas como sinônimos, tendo em vista a transição vítrea.

As estruturas amorfas são aquelas formadas por arranjos atômicos aleatórios e sem simetria ou coordenação de longo alcance. E sólidos não-cristalinos seriam aqueles sem simetria e periodicidade translacional que apresentassem o fenômeno de transição vítrea. Consequentemente, sólidos amorfos seriam sólidos não-cristalinos que não exibissem a transição vítrea (GUPTA, 1995).

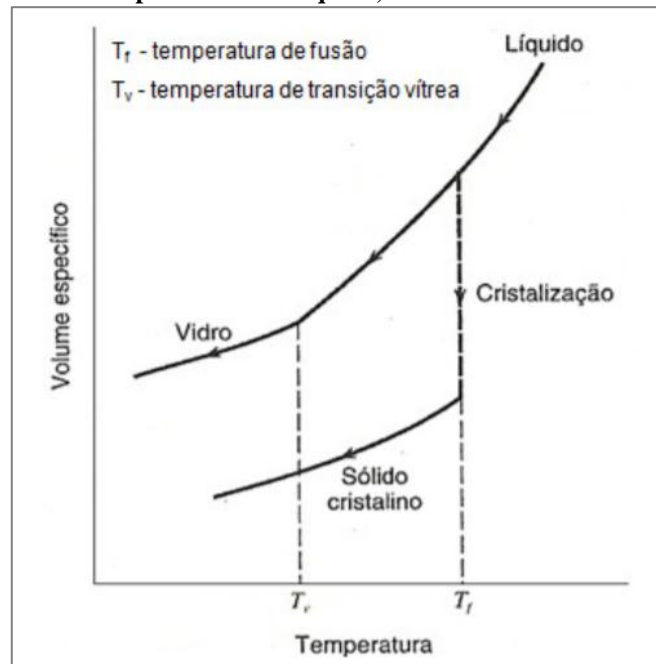
Considerando a definição operacional de que o vidro é obtido por meio de resfriamento de um líquido ao passar da fase sólida para líquida, o mesmo não realiza fusão, como os materiais cristalinos, mas sim uma transição de fase chamada de transição vítrea. Sendo esta caracterizada por Tournier (2011), como congelamento de graus de liberdade atômico de estado líquido, abaixo de uma determinada temperatura (T_g), dependendo das taxas de aquecimento e resfriamento (TOURNIER, 2011).

A transição vítrea é uma transição termodinâmica de segunda ordem, isto é, que afeta as variáveis termodinâmicas secundárias. Algumas propriedades mudam com T_g , portanto, podem ser utilizadas para a sua determinação: módulo de elasticidade, coeficiente de expansão, índice de refração, calor específico, etc. (CANEVAROLO, 2002).

A temperatura T_g , ou temperatura de transição vítrea, permite que as cadeias de um material da fase amorfa adquiram mobilidade, ou seja adquiram possibilidade de mudança de conformação. Abaixo de T_g , o material não tem energia interna suficiente para permitir o deslocamento de uma cadeia com relação a outra por mudanças na estrutura conformacional (CANEVAROLO, 2002).

Na Figura 3 é possível observar o gráfico que exemplifica a transformação de líquido super resfriado para vidro, que ocorre na temperatura de transição vítrea T_g , e na Figura 4, a variação na temperatura Transição Vítrea (T_g) e volume específico do vidro em função da taxa de resfriamento.

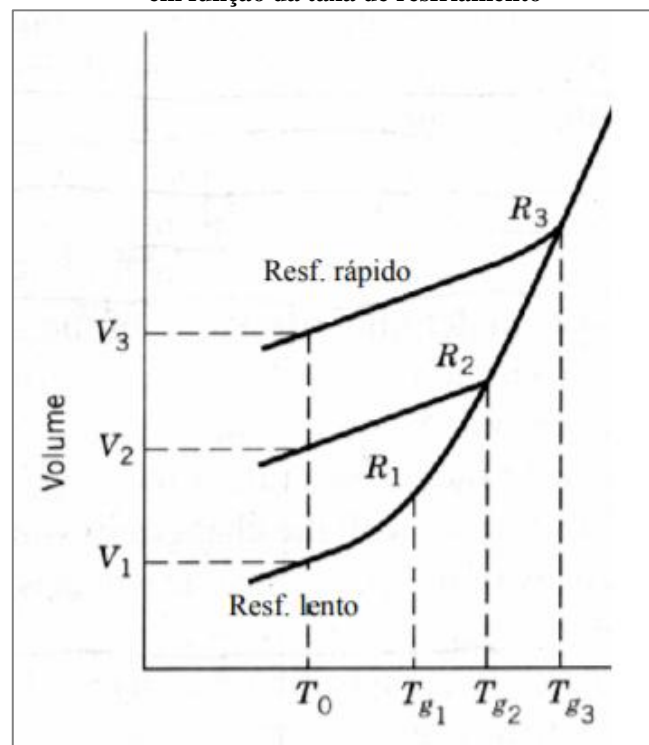
Figura 3 - Relação volume específico - Temperatura para as fases: líquido, cristal e vidro



Legenda: Curva de formação do vidro de sílica, comparada a de um sólido cristalino

Fonte: CALLISTER, & WILLIAM, 2002.

Figura 4 - Variação na T_g e volume específico do vidro em função da taxa de resfriamento



Fonte: CALLISTER, & WILLIAM, 2002.

Dois vertentes podem ser consideradas, sendo uma no âmbito operacional e outra no aspecto estrutural. A operacional define o vidro como “um sólido obtido pelo resfriamento de um líquido sem cristalização” e a estrutural dá-se por “vidro é um sólido não cristalino” Seguindo estes pontos de vista os termos sólidos não cristalinos, sólidos amorfos e vidros são sinônimos, nenhuma das definições acima é completamente satisfatória pois a definição estrutural é muito simples e geral (ZARZYCKI, 1982).

Existem ainda definições mais recentes, em que Gutzow e colaboradores (2011) , em seu livro “*Glasses and the Glass Transition*”, propõe que os vidros seriam sólidos amorfos cineticamente estabilizados e não equilibrados termodinamicamente.

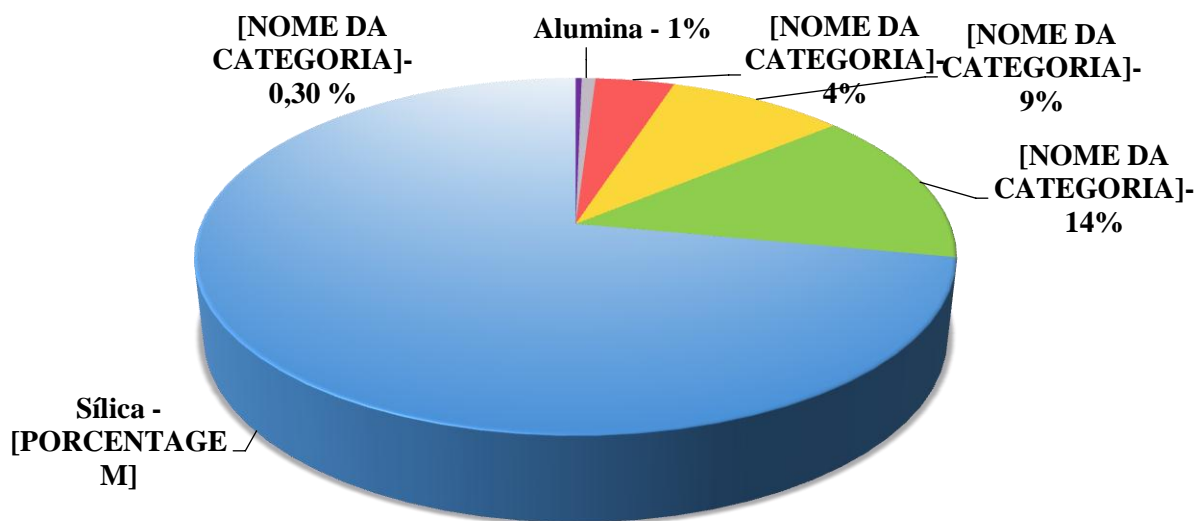
No entanto a definição mais aceita de acordo com a *American Society For Testing And Materials* (ASTM, 2015) conclui que o vidro é um produto inorgânico de fusão, que foi resfriado até atingir condição de rigidez, sem sofrer cristalização. Será nesta perspectiva conceitual que este trabalho se guiará.

Partindo dessa definição é importante compreender quais são os elementos constituintes do vidro, para entender seu comportamento.

2.3 COMPOSIÇÃO DO VIDRO

Segundo a CEBRACE (2015), o vidro é composto pela combinação de sílica, sódio, cálcio, magnésio, alumina e potássio com os seguintes percentuais indicados na Figura 5.

Figura 5 - Composição do vidro float



Fonte: Adaptado de CEBRACE, 2015

A principal matéria prima para fabricação de um vidro é a areia constituída essencialmente pelo mineral quartzo, cuja substância química é a sílica (SiO_2), que é o mais importante óxido formador de rede (NAVARRO, 2003).

Os principais formadores de vidro em óxidos comerciais são sílica (SiO_2), óxido de boro (B_2O_3) e pentóxido de fósforo (P_2O_5), todos prontamente formando vidros mono componentes (SHELBY & LOPES, 2005).

Os vidros comerciais são baseados em sílica, SiO_2 , com aditivos. Os aditivos, diminuem a viscosidade quebrando a rede. Vidros crus são produzidos, como metais, pela fusão dos componentes e sua posterior deformação (ASHBY & JONES, 2007).

O vidro a base de sílica, representa 95% da produção de vidro industrial, possuindo elevada resistência química e pequeno coeficiente de expansão o que torna um excelente candidato à resistência a choques térmicos (ZARZYCKI, 1991).

Devido as características específicas de cada tipo de vidro e a diversidade dos mesmos obtidos até hoje, o estudo de sua estrutura se torna cada vez mais difícil, impossibilitando que se possa adotar com fidelidade um modelo estrutural único e geral (NAVARRO, 2003).

2.4 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DOS VIDROS

As propriedades dos materiais estão relacionadas a natureza química de seus componentes e pela ordenação de seus elementos constituintes. Portanto, sua estrutura dependerá em grande parte das possibilidades de aplicação e da utilidade do material. (NAVARRO, 2003).

Suas principais qualidades são a transparência e a dureza. O vidro tem incontáveis aplicações nas mais variadas indústrias, dada suas características de inalterabilidade, resistência e propriedades térmicas, ópticas e acústicas, tornando-se um dos poucos materiais ainda insubstituível, estando cada vez mais presente nas pesquisas de desenvolvimento tecnológico para o bem estar das pessoas (CEBRACE, 2015).

2.4.1 Viscosidade

Viscosidade é medida da relação entre a força de cisalhamento aplicada e a taxa de fluxo do líquido, em outras palavras a resistência de um fluido ao escoamento. É considerada uma das principais propriedades do vidro, tendo em vista seu processo de fabricação,

caracteriza-se por mudar de acordo com alterações de temperatura, determinando aspectos como a homogeneidade do vidro e seu regime de temperaturas para conformação, recozimento, e têmpera térmica (SHELBY, 2005).

A maioria das técnicas de processamento do vidro exige que a viscosidade esteja em um determinado intervalo (103-107dPa) a uma determinada temperatura (HASANUZZAMAN, *et al.*, 2016).

Segundo Bansal e Doremus (1986) a viscosidade é diminuída pela presença de pequenas quantidades de impurezas, sendo um dos principais motivos para erros e medições divergentes.

Considerando o modelo cinético de formação do vidro, Shelby (2005) afirma que a temperatura desempenha papel importante em seu processo de formação, sendo mais facilmente constituído quando a viscosidade é muito alta na temperatura de fusão ou em casos de elevação rápida da viscosidade combinada com a temperatura decrescente (SHELBY, 2005).

2.4.2 Resistência

Hasanuzzaman e colaboradores (2016) afirmam que a resistência estrutural do vidro varia entre 1 a 100 GPa, sendo relacionada diretamente aos seus componentes e teores. No entanto este referencial é apenas teórico, devendo-se considerar na prática possíveis defeitos em suas superfícies, que atuam como concentradores de tensão, reduzindo a força real do mesmo.

Tais falhas podem ser provenientes de ataques químicos e tensões térmicas introduzidas durante o resfriamento rápido, bem como introdução de pequenos cristais na superfície do vidro decorrente do processo de recozimento (HASANUZZAMAN, *et al.*, 2016).

Com o intuito de evitar a formação de falhas, lubrificação e revestimentos são constantemente aplicados nas superfícies de vidros frescos, melhorando assim efetivamente sua resistência. Para certos tipos de vidros em placa, a tensão normal máxima é de cerca de 7×10^{-2} GPa, podendo variar dependendo do tipo de vidro, do tamanho do corpo de prova e da presença de defeitos microscópicos (GERE, 2010).

2.4.3 Expansão Térmica

O comprimento e o volume de um vidro geralmente aumentam com a elevação da temperatura. A medida de tal aumento pode ser obtida por meio do coeficiente de expansão térmica. Este coeficiente é uma propriedade essencial no quesito resistência, sendo utilizada em processos de formação para a geração de camadas superficiais compressivas, afim de evitar a propagação de falhas (HASANUZZAMAN *et al.*, 2016).

Segundo Shelby e Lopes, (2005) em grande parte dos casos, utilizam-se temperaturas entre 0 e 300 °C, ou, 25 a 300 °C para medição do coeficiente de dilatação térmica do vidro (SHELBY & LOPES, 2005).

O vidro comum possui um coeficiente de expansão térmica linear igual a $8,6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ (FERENCE JR, LEMON & STEPHENSON, 1959).

2.4.4 Densidade

A densidade de um material é definida como a massa da substância por unidade de volume, é frequentemente medida e utilizada para entender as propriedades e a composição dos vidros (BANSAL & DOREMUS ,1986).

A densidade dos óxidos formadores de vidro comuns são menores que as de formas cristalinas correspondentes destes compostos. A densidade da sílica vítrea pura com baixo teor de água é de $2,20 \text{ g/cm}^3$ (BANSAL & DOREMUS ,1986).

De acordo com a NBR 7199 (ABNT, 2016) a densidade dos vidros está em torno de 2.500 Kgf/cm^3 até 50.000 Kgf/cm^3 , podendo variar para mais ou para menos.

2.4.5 Módulo de Elasticidade

O vidro possui a vantagem de não se deformar e resistir bem à zona plástica, devido ao seu alto índice de elasticidade, porém quando submetido a esforços não apresenta sinais de fadiga ou de um possível rompimento, ocasionando colapso sem aviso prévio (WESTPHAL, 2010).

Também conhecido como módulo de Young, o módulo de elasticidade de um material surge da relação entre uma força aplicada e a mudança resultante na distância média de separação dos átomos que formam a estrutura desse material (SHELBY, 2005).

A NBR 7199 (ABNT, 2016), determina o valor numérico do módulo de elasticidade como 750.000 Kgf/cm^2 até 50.000 , podendo variar para mais ou para menos.

2.5 PROPRIEDADES ELÉTRICAS DOS VIDROS

A maioria dos vidros de óxido é um condutor iônico, mas um condutor elétrico muito pobre devido ao baixo número de íons monovalentes livres. Devido às suas altas propriedades isolantes, os vidros são utilizados na área de engenharia elétrica e eletrônica para produção de vedações, isolantes de alta tensão, embalagens microeletrônicas, tubos de alto vácuo, lâmpadas, etc. (NAVARRO, 2003).

2.5.1 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica do vidro depende da composição, da temperatura e, em certa medida, das condições atmosféricas circundantes. Em baixas temperaturas, os vidros de poli componentes são isolantes, e alguns estão entre as melhores substâncias isolantes. Em todas as temperaturas os vidros são condutores eletrolíticos, dessa forma de 25 a 1200°C, a resistividade pode variar de 10^{19} Ohms até 1 Ohm (MOREY, 1938).

A resistividade de volume é definida como a resistência longitudinal em Ohm por unidade de comprimento de uma barra uniforme de área seccional unitária, a condutividade do volume é a recíproca da resistividade (MOREY, 1938).

A condutividade elétrica em vidros depende da mobilidade de íons especialmente íons alcalinos. Portanto, a condutividade dos vidros de alcalisilicato eleva-se com o aumento do teor de óxido alcalino (HASANUZZAMAN *et al.*, 2013).

O efeito alcalino-misto ocorre quando a condutividade diminui. A adição de óxido alcalino-terroso a qualquer vidro contendo álcali diminui a condutividade elétrica. Esta também depende muito da temperatura, aumentando a mobilidade iônica a medida que a mesma se eleva, como resultado, a resistividade diminui. A cristalização também influencia a condutividade. Se o cristal formado remover íons alcalinos do vidro residual, a condutividade geralmente diminui (SHELBY, 2005).

2.5.2 Propriedades Dielétricas

A constante dielétrica dos vidros técnicos geralmente fica entre 4,5 e 8,0 dentro da faixa de outros materiais eletricamente isolantes (KRAUSE, 2005). Essa constante depende principalmente da polarização eletrônica e iônica e aumenta com a temperatura. No entanto, diminui muito lentamente em uma ampla faixa de frequência (SHELBY, 2005).

O conteúdo de metais pesados em vidro, como chumbo e bário, fornece altos valores de constante dielétrica. Se um material dielétrico está situado em um campo eletromagnético alternativo, onde ocorre a inversão das polaridades e a mudança dos dipolos, uma dissipação inerente de energia eletromagnética causa aquecimento e a perda é quantificada como perda dielétrica (SHELBY, 2005).

2.6 PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS VIDROS

Os vidros estão entre os poucos sólidos com capacidade de transmitir luz na região visível do espectro. Suas propriedades ópticas podem ser divididas basicamente em três categorias, refração, absorção e transmissão de luz, que são resultado da interação da luz com os sólidos. Quando a luz interage com um sólido, uma parte da radiação é transmitida através do meio, uma parte é absorvida e outra é refletida na interface (SHELBY, 2005).

As aplicações dos variados tipos de vidros, muitas vezes são baseados em suas propriedades ópticas, principalmente nas análises de índice de refração e dispersão. Outras propriedades, incluindo a cor, são baseados principalmente em efeitos ópticos, que são funções fortes de comprimento de onda (SHELBY, 2005).

2.6.1 Refração

O índice de refração é propriedade óptica mais estudada nos vidros, bem como a propriedade mais básica para a determinação dos vidros apropriados para cada uma de suas aplicações. O índice de refração pode ser definido como a variação de velocidade que a luz sofre ao atravessar determinado meio material (HALLIDAY, RESNICK & WALKER, 2016).

Segundo a lei de Snell-Descartes, descoberta em 1621, o índice de refração pode ser calculado pela equação a seguir:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Onde,

- n - índice de refração
- c - velocidade da luz no vácuo ($c=3,0 \cdot 10^8$ m/s)
- v - velocidade da luz no meio

Os índices de refração dos vidros técnicos são usualmente designados como linha de emissão amarela de sódio (589,3 nanômetros) ou na linha de emissão amarela de hélio (587,6 nanômetros). Devido à grande proximidade desses comprimentos de onda, há uma variação muito pequena dos índices de refração e eles geralmente estão dentro da faixa de 1,47 a 1,57 nanômetros (NEWTON & DAVISON, 1989).

O índice de refração de um vidro é determinado pela interação de luz com os elétrons dos átomos constituintes dele. Qualquer aumento na densidade de elétrons ou polarizabilidade dos íons, aumenta o índice de refração. Como resultado, baixos índices são encontrados para vidros contendo apenas íons de baixo número atômico, que têm baixa densidade de elétrons e baixas polarizabilidades. Vidros baseados em Boro e Flúor, têm índices de refração na ordem de 1,27, enquanto a sílica vítrea e o óxido bórico vítreo de 1,458 (SHELBY, 2005).

2.6.2 Absorção

Quando uma luz atravessa um meio, uma parte da energia que ela carrega é absorvida pelas partículas presentes nele. Assim, a onda vai sendo atenuada à medida que se propaga. Absorção é a parte da luz que se transforma em outro tipo de energia. É o que ocorre, por exemplo, nos aquecedores solares presentes em algumas residências (HEWITT, 2015).

Nos vidros, pode-se ocorrer uma absorção de faixa muito intensa, quando pequenas concentrações de impurezas são adicionadas, como o ferro, resultando no processo de transferência de carga, devido à transferência de elétrons de cátions para os ânions (HASANUZZAMAN, *et al.*, 2016).

A absorção de luz na região visível do espectro é conhecida como cor. A coloração do vidro pode ser criada por vários mecanismos, como:

- (1) adição de íons de metal de transição
 - (2) formação ou precipitação de partículas coloidais
 - (3) presença de bandas de transferência de carga na região visível do espectro
 - (4) dispersão da luz devido a separação de fases ou outros defeitos ópticos.
- (HASANUZZAMAN, *et al.*, p.9, 2016).

Se os vidros estiverem aquecidos, de forma gradual, eles se tornarão amarelados, com um aumento da intensidade da cor, em relação ao aumento da temperatura em que estão submetidos, retornando a aspecto incolor quando resfriados. Este processo é conhecido como termocromismo reversível (SHELBY, 2005).

2.6.2.1 Coloração

A coloração dos vidros é obtida devido a capacidade de transmissão de grande parte da luz incidente sobre eles, em função de sua transparência. Um vidro parecerá colorido a partir do momento em que essa transmissão de luz se der de forma desigual em relação aos comprimentos de onda que compõe a luz visível (ZACHARIASEN, 1932).

A variedade de cores nos vidros é causada principalmente pela presença de íons de metais de transição, íons de terras raras, ou partículas metálicas nos vidros, geralmente em concentrações muito pequenas (NAVARRO, 2003), as quais estão exemplificadas na Tabela 1.

Porém de acordo com Zachariassen (1932), a coloração obtida dependerá não apenas do material de transição vigente no vidro, como também da coordenação de seus íons e seu grau de oxidação.

A coloração verde presente em certos tipos de vidro é obtida devido a presença de ferro, tal característica não se limita apenas a estética possuindo além disso, a função de proteção contra a deterioração causada pelos raios ultravioleta (AKERMAN, 2005).

Muitos recipientes de vidros possuem uma coloração amarronzada, denominados vidros âmbar, que é resultante das composições que contêm altos índices de ferro com enxofre. O controle da coloração é difícil, sendo que o agente cromóforo contém uma forma oxidada de ferro e uma forma reduzida de enxofre (SHELBY, 2005).

Tabela 1 - A cor em vidros

ELEMENTO	VALÊNCIA	COR	VALÊNCIA	COR
Cobalto	Co 2+	Azul Escuro	Co 3+	Azul Violeta
Níquel	Ni 2+	Amarelo Amarronzado	Ni 3+	Marrom Escuro
Cromo	Cr 3+	Verde	Cr 6+	Verde Amarelado
Cobre	Cu 1+	Incolor	Cu 2+	Azul
Ferro	Fe 2+	Verde Azulado	Fe 3+	Verde Amarelado

Manganês	Mn 2+	Incolor	Mn 3+	Rosa Violácea
Manganês	Mn 4+	Violeta	Mn 6+	Violeta
Selênio	Se	Rosa	Se 2-	Incolor
Selênio	Se 4+	Incolor	Se 6+	Incolor
Cádmio	Cd 2+	Marrom	-	-
Neodímio	Nd 2+	Rosa Violácea	-	-
Enxofre	S 2-	Âmbar	S 6+	Incolor

Legenda: Variação na coloração dos vidros em função da presença de íons em sua composição.

Fonte: Adaptado de AKERMAN (2004)

2.6.3 Reflexão

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, 1993).

Um vidro típico tem um coeficiente de transmissão entre 60% e 80% estando compreendido na faixa de 400 e 2500 nm. Seu desempenho é resultado da transmissão seletiva através de bandas de ondas ultravioleta, luz visível e infravermelha (WIGGINTON, 1996).

A transparência dos vidros é confirmada por sua elevada transmitância na gama do visível. O vidro *float*, por exemplo, apresenta altos valores de transmitância até à radiação infravermelha média sendo possível concluir em termos ambientais que o vidro permite a passagem de luz visível (SETOR VIDREIRO, 2012)

2.7 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 muito versátil e demasiadamente utilizado em edifícios (ICE - *Institute of Civil Engineers*, 2012), estando cada vez mais presente nas construções contemporâneas representando percentual significativo e crescente em relação ao custo de qualquer obra (ALLUCI, 2001).

Cerca de 90% da produção de vidro primário é baseada no processo de vidro *float*, desenvolvida pelos irmãos Pilkington na década de 50, este é constituído por uma massa homogênea que proporciona alta transmissão de luz e nitidez (CEBRACE, 2019).

Desde então, têm-se desenvolvido melhorias relacionadas ao desempenho térmico e estrutural do vidro *float* comum. Sua utilização tem se tornado um desafio aos engenheiros estruturais, ao trabalharem com um material versátil e ao mesmo tempo frágil (ICE, 2012).

De constante aparição em nosso dia a dia, este material é utilizado em diversas áreas para inúmeras finalidades, sendo assim fundamental o conhecimento de suas propriedades e características para que a escolha seja realizada adequadamente em conformidade com cada necessidade.

Para regulamentação do uso do vidro na construção civil, a ABNT, estabelece a NBR 7199 (ABNT, 2016) - Vidros na Construção Civil - Projetos, execução e aplicações, a qual define as condições que devem ser obedecidas no projeto de envidraçamento na construção civil.

Para a complementação e auxílio do uso correto dos vidros na construção civil, a ABNT estabelece ainda, as seguintes normas abaixo:

- Boxes de banheiro (ABNT NBR 14207);
- Espelhos (ABNT NBR 15198);
- Envidraçamento de Sacadas (ABNT NBR 16259);
- Prateleiras (ABNT NBR 14564);
- Tampos (ABNT NBR 14488);
- Guarda-corpos (ABNT NBR 14718);

2.7.1 Vidros de Segurança

A ABNT, define vidros de segurança na NBR NM 293 (ABNT, 2004), como “vidro plano cujo processamento de fabricação reduz o risco de ferimentos em caso de quebra”. Os vidros nominados laminado, temperado e aramado são desta categoria.

Para garantir a segurança da instalação e aplicação correta, o mesmo deve ser especificado e instalado seguindo as normas da ABNT e os parâmetros técnicos fornecidos pelos fabricantes.

2.7.1.1 Vidro Laminado

É definido de acordo com 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.

Tais chapas são fortemente interligadas por uma ou mais camadas intermediárias de polivinil butiral (PVB), sob calor e pressão. A espessura nominal de um único PVB é 0,38 mm, e é normalmente construído em duas camadas (0,78 mm), ou quatro camadas (1,72 mm) (ICE, 2012).

Filtram até 99,6% dos raios ultravioleta e, com isso, protegem móveis, pisos e roupas do desbotamento causado pelos raios UV, beneficiando também as pessoas aos danos causados pela exposição ao mesmo (ABRAVIDRO, 2018).

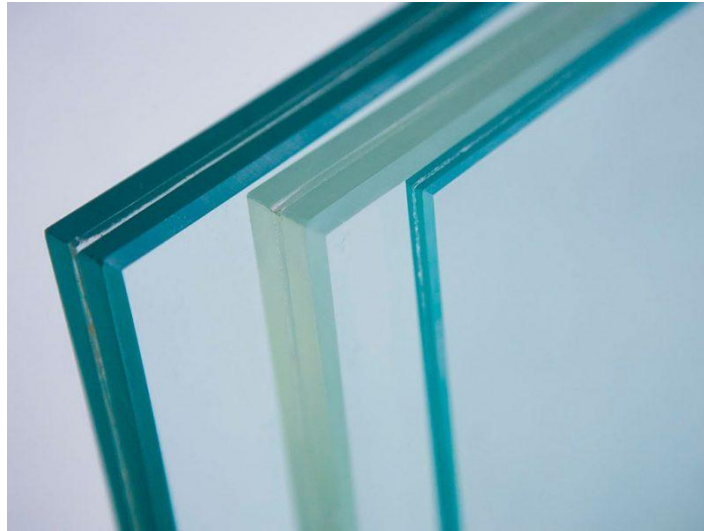
De acordo com a Abravidro (2018), este também pode ser composto de vidros temperados oferecendo maior resistência mecânica, quesito necessário para aplicações autoportantes e estruturais. Podendo ainda realizar diversas combinações para que estes desenvolvam bom desempenho em quesitos como controle solar, autolimpeza, translucidez e antirreflexo.

Uma das grandes vantagens do uso deste tipo de vidro, se dá pelo fato de que, no momento da quebra, seus estilhaços ficam presos em uma camada intermediária, evitando cortes e acidentes. O processo de laminar não tem efeito observado sobre a propagação da trinca, mas tem influência significativa no comportamento pós fratura (ABRAVIDRO, 2018).

Segundo a ABNT, na NBR 7199 (ABNT, 2016) as aplicações deste tipo de vidro podem ser as seguintes: Guarda-corpos verticais ou inclinados, coberturas, marquises e claraboias, fachadas verticais ou inclinadas, portas, divisórias, vitrines, muros e janelas, envidraçamentos projetantes móveis, boxes de banheiro envidraçamento de sacadas, barreiras de separação em estádios de esportes, isolamento de jaulas em zoológicos, pisos e degraus, visores de piscinas e aquários, e estruturas de vidros.

Na Figura 6 pode-se observar a representação de um vidro laminado.

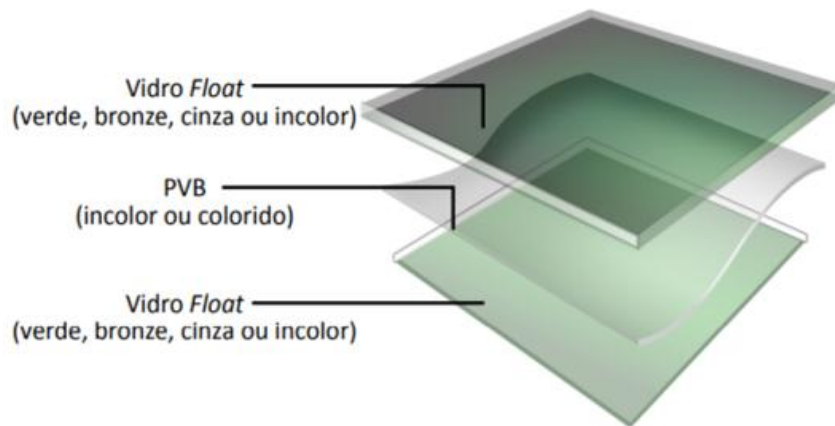
Figura 6 - Vidro Laminado



Fonte: NOVA APRIMATIC, 2015.

Na Figura 7 abaixo está representado o esquema das camadas de um vidro laminado, sendo duas de chapas de vidro e uma de PVB.

Figura 7 - Camadas de vidro laminado PVB incolor



Fonte: WESTPHAL, 2016.

2.7.1.2 Vidro Temperado

A NBR 14698 (ABNT, 2001) o define como vidro constituído de uma única chapa cuja resistência a esforços mecânicos é aumentada em decorrência do tratamento a que é submetido e que no instante da quebra se desintegra em pequenos fragmentos. O vidro

temperado é resistente a choque térmico, flexão, flambagem, torção e peso (ABRAVIDRO, 2018).

O vidro temperado recebe um tratamento térmico, por meio de um forno de têmpera horizontal ou vertical, sendo aquecido e resfriado rapidamente. O vidro *float* passa a ter uma resistência mecânica até cinco vezes maior, comparando-se a seu estado natural. Depois do processo de têmpera, o vidro não pode mais ser beneficiado, cortado ou furado. Assim, qualquer alteração deve ser realizada antes do processo (ABRAVIDRO, 2018). Este processo de fabricação é descrito no livro *ICE: Manual of Construction Materials* como:

O vidro recozido pode ser tratado quimicamente ou termicamente para reduzir a influência dos fluidos superficiais. O endurecimento térmico é mais econômico e envolve o aquecimento do vidro a 625 °C, seguido por resfriamento rápido das superfícies. Como o núcleo interno de um vidro esfria e se contrai, coloca-se a superfície externa em compressão. Isso resulta em uma distribuição de tensão residual parabólica através da espessura do vidro (ICE, p.406, 2012).

Para uma proteção maior podem ser utilizadas películas de segurança, sendo esta permitida pela ABNT, somente em boxes de banheiro, atendendo os requisitos estabelecidos pela NBR 14207 (ABNT, 2009) - Boxes de banheiro fabricados com vidros de segurança. A mesma enfatiza que a película deve ser aplicada antes da instalação do vidro, para que toda a peça a receba, garantindo que em caso de quebra, permaneçam presos à estrutura por, no mínimo, duas horas após a quebra.

Este vidro pode ser classificado como vidro de segurança, pelo fato de ter uma ruptura dúctil, isto é, em caso de ruptura os estilhaços ficarão presos na camada intermediária de PVB, o qual pode ser alongado cinco vezes mais que a sua medida inicial sem rasgar, atenuando os danos e ferimentos (MARTINS & PINTO, 2004).

Segundo a ABNT, na NBR 7199 (ABNT, 2016) as aplicações podem ser as seguintes: boxes de banheiro, envidraçamento de sacadas, portas, divisórias, vitrines, muros, janelas, fachadas verticais em pavimento térreo, e nos demais pavimentos pode ser aplicado desde que esteja acima da cota de 1,10 m em relação ao piso, projetantes móveis, quando estiver acima do primeiro pavimento, precisa ser totalmente encaixilhado e com a projeção máxima de 250 mm da face da fachada ou da aba de proteção.

Na Figura 8 está presente a representação de um exemplo de vidro temperado.

Figura 8 - Vidro Temperado



Fonte: INOVGLASS, 2019

2.7.1.3 Vidro Aramado

Possui uma tela metálica incorporada ao seu interior. Esta é inserida à massa vítrea ainda derretida, conferindo maior resistência a chapa de vidro. É considerado um vidro de segurança e antifogo. Quando quebrado os vidros permanecem presos a tela metálica, evitando possíveis ferimentos e mantendo o local de instalação fechado (WESTPHAL, 2016).

A NBR NM 295 (ABNT, 2004), trata dos requisitos mínimos de qualidade do vidro aramado, apresentando limites para defeitos de impressão e deformação da malha e tolerância para espessura nominal, sendo estas de 6 a 9 mm.

Na Figura 9 está presente a representação de um exemplo de vidro aramado.

Figura 9 - Vidro Aramado



Fonte: VIDRAÇARIA DEL MOTA, 2019

De acordo com ABRAVIDRO, (2018) pode ser aplicado principalmente em caixas de escadas, coberturas, fechamento de clarboias, sacadas, peitoris, tampos de balcões, divisórias e guarda-corpos.

2.7.2 Vidro Comum *Float*

Um tipo de vidro plano transparente, 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).

O vidro *float* comum, pode ser cortado, usinado, perfurado, curvado, afiado e polido. A partir das chapas de vidro *float*, é possível fazer uma série de processamentos, que geram outros tipos de vidro. Em edificações pode ser utilizado onde não há risco de impacto humano, como por exemplo em janelas de correr (WESTPHAL, 2016).

Conforme Cledwyn-Davies (1993), o vidro plano é obtido através do escoamento do vitrificante derretido sobre uma base de estanho líquido, em atmosfera controlada. Nesse processo o vidro forma uma camada contínua que flutua sobre o banho, sendo mantida a alta temperatura, próxima a 1100°C, o tempo suficiente para que as superfícies fiquem perfeitamente planas e paralelas, esfriando ao longo do banho, sendo então retirada, a 600°C.

Na Figura 10 está presente a representação de um exemplo do vidro *float*.

Figura 10 - Vidro *Float*



Fonte: MULTPAINEL, 2018

2.7.3 Vidro Impresso

Segundo a definição da 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.

O desenho é formado pela compressão do vidro entre dois rolos metálicos com marcações, que são transferidas ao vidro ainda quente durante o processo de fabricação (WESTPHAL, 2016).

A NBR 7199 (ABNT, 2016), estabelece as possibilidades de utilização deste para portas, divisórias, vitrines, muros de vidros, janelas instaladas em ambientes internos ou externos e em fachadas verticais, podendo ser utilizado apenas a 1,10 m acima do nível do piso.

Na Figura 11 está presente a representação de um exemplo de vidro impresso.

Figura 11 - Vidro Impresso



Fonte: CNV VIDROS, 2017

2.7.4 Vidro Insulado

É aquele que tem duas ou mais chapas de vidro unidas hermeticamente em suas bordas, formando uma câmara de ar entre elas e criando um conjunto unitário, denominado de unidade insulada, é o mais eficaz para reduzir a transferência de calor por condução através do vidro. A NBR 16015 (ABNT, 2012), estabelece as características, requisitos e métodos de ensaio do vidro insulado plano utilizado na construção civil.

Tendo como vantagem a combinação de diversas propriedades diferentes, como a resistência (externa) dos temperados e a proteção térmica (interna) dos laminados. Trazendo como vantagem conforto térmico e acústico, ou ainda versatilidade em termos de

luminosidade e privacidade com a utilização de uma persiana entre os vidros (MONTANO & BASTOS, 2013).

Quanto a sua utilização, esta depende da combinação realizada, podendo ser utilizada em ambientes ou peças em que ambos trabalhem da mesma forma, com mesma eficiência. (ABRAVIDRO, 2018).

Na Figura 12 é possível observar um exemplo de vidro insulado.

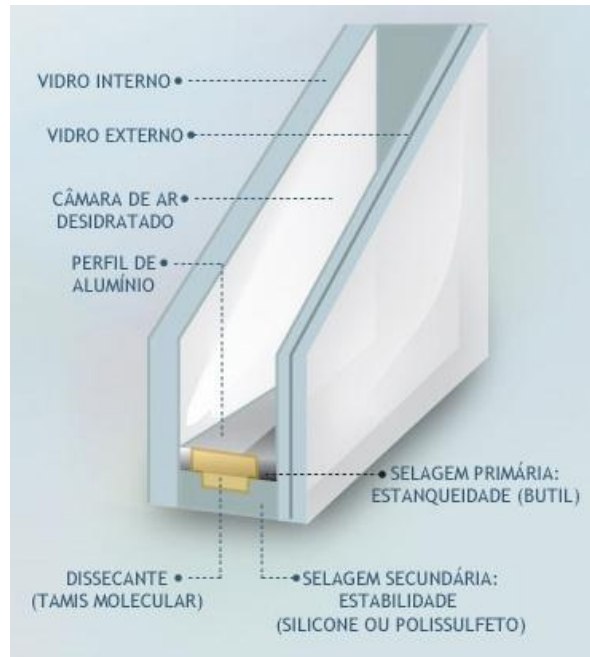
Figura 12 - Vidro Insulado



Fonte: AEC WEB, 2017

Na Figura 13 está representado esquematicamente a estrutura de um tipo de vidro insulado, sendo possível observar suas camadas.

Figura 13 - Estrutura de um vidro duplo insulado



Fonte: ABRAVIDRO, 2019

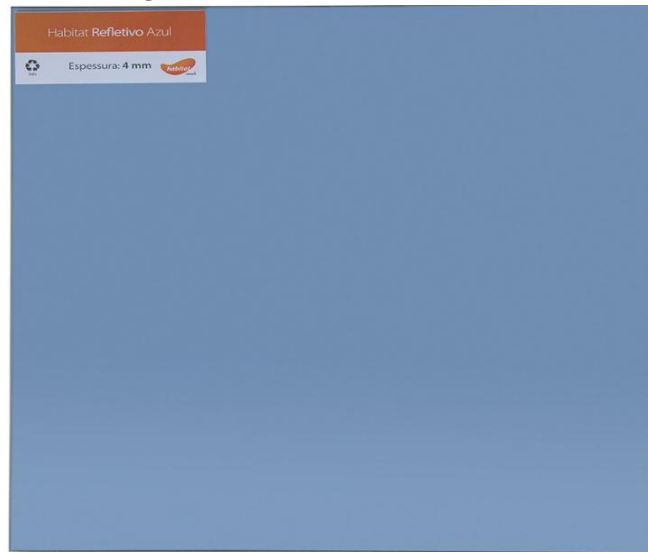
Nota-se na Figura 13 acima que o vidro insulado exposto, é composto por três camadas, sendo uma chapa externa de vidro laminado, uma câmara de ar ao meio e uma chapa interna de vidro *float* ou temperado, conferindo união entre as diversas características de cada um dos vidros utilizados.

2.7.5 Vidros Revestidos para Controle Solar

Definidos e especificados pela NBR 16023 (ABNT, 2011), os vidros revestidos para controle solar são aqueles que possuem um tratamento superficial por meio de um revestimento metálico que possui a função de minimizar o ganho de calor solar por meio do vidro, filtrando parte do espectro, permitindo assim o controle da transmissão de luz e calor (WESTPHAL, 2016).

O revestimento chamado de *coating*, pode ser aplicado no vidro pronto, processo denominado de *soft-coating* ou durante seu processo de fabricação com o vidro ainda quente, denominado *hard-coating* (WESTPHAL, 2016).

Usualmente, vidros de controle devem ser laminados ou insulados para proteger o coating no interior de sua composição, porém em algumas aplicações pode-se utilizar vidros dos tipos float e temperado. Suas principais aplicações são janelas, fachadas e coberturas envidraçadas (WESTPHAL, 2016). A Figura 14 mostra um exemplo de vidro para controle solar.

Figura 14 – Vidro de Controle Solar

Legenda: Exemplo de vidro de controle solar da linha
Habitat®

Fonte: VIDRO IMPRESSO, 2019

Suas principais aplicações são janelas, portas, fachadas e coberturas envidraçadas (WESTPHAL, 2016). E possuem como vantagens a redução do uso de energia elétrica, a privacidade ao usuário durante o dia, sem limitar a vista externa dos usuários dentro dos ambientes, também é uma excelente solução como revestimento de fachadas garantindo rápida instalação e baixa manutenção (PKO, 2019).

A partir das discussões relacionadas à composição dos vidros e suas aplicações, considerando a temática deste trabalho, torna-se importante discutir a interação da radiação com os vidros e os seres humanos. Esta discussão ocorrerá no capítulo 3.

3 RADIAÇÃO

A radiação é a forma de energia transitante que se propaga de uma fonte para outro local, em um espaço através do vácuo, ar ou meio material. É considerada como o conjunto de partículas atômicas ou subatômicas enérgicas tais como prótons, elétrons, nêutrons e as ondas eletromagnéticas conhecidas como radiações ondulatórias (OKUNO & YOSHIMURA, 2010).

Para Okuno e Yoshimura, (2010) ondas eletromagnéticas são compostas por campo elétrico e campo magnético oscilantes, perpendiculares entre si. Ressaltam ainda que de acordo com a frequência da onda a mesma recebe denominações diferentes como micro-ondas, radiação infravermelha, luz visível, radiação ultravioleta e radiação gama.

Halliday (2016), afirma que ondas eletromagnéticas não necessitam de meio material para existir, pois se propagam no vácuo, em velocidade constante de $c=299.792.458$ m/s.

A radiação ultravioleta foi descoberta por meio de um experimento com cloreto de prata por Johann Wilhelm Ritter em 1801, porém somente em 1881 pode ser identificada como faixa de frequência de onda eletromagnética (OKUNO & YOSHIMURA, 2009).

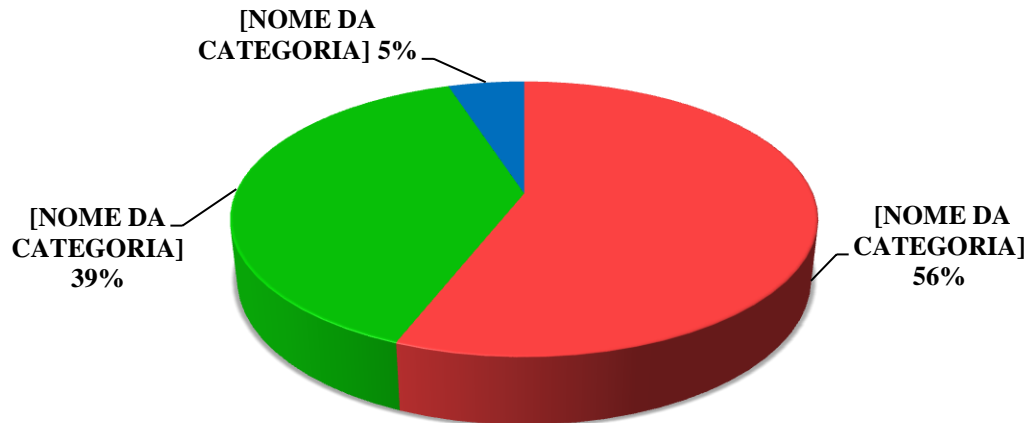
Possuindo como principal fonte de transmissão o Sol (OKUNO & VILELA, 2005), neste estudo enfatizaremos aspectos relacionados a radiação ultravioleta, definida e especificada a seguir.

3.1 RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A energia solar recebida por nosso planeta, corresponde ao espectro visível, sendo sua máxima intensidade aproximadamente 500 nm. A mesma separa-se basicamente em duas categorias, a radiação UV (ultravioleta), e a IV (infravermelha) (KIRCHHOFF, 1995).

Os intervalos de comprimento de onda provenientes da radiação solar, irradiam na superfície da Terra e apresentam se assim distribuídos, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Raios Solares que irradiam na superfície terrestre



Fonte: Adaptado de BALOGH *et al.*, 2011

A radiação ultravioleta se encontra em uma faixa de comprimento de onda que varia de 100 a 400 nm. Enquanto a faixa de luz visível está entre 400 e 600 nm, sendo esta a mais conhecida e perceptível (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-físicas em três componentes UV-A, UV-B, UV-C evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2 - Faixas do Espectro Ultravioleta

NOME	INTERVALO ESPECTRAL	CARACTERÍSTICAS
UV-A	320-400nm	Sofre pouca absorção pelo O ₃ estratosférico. É importante para sintetizar a vitamina D no organismo. Porém o excesso de exposição pode causar queimaduras e, a longo prazo, causa o envelhecimento precoce.
UV-B	280-320nm	Fortemente absorvida pelo O ₃ estratosférico. É prejudicial à saúde humana, podendo causar queimaduras e, a longo prazo, câncer de pele.
UV-C	100-280nm	Completamente absorvida pelo O ₂ e O ₃ estratosférico, portanto, não atinge a superfície terrestre. É utilizada na esterilização de água e materiais cirúrgicos.

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2013

Legenda: Absorção dos espectros de variação UV e suas consequências à saúde.

A radiação UV-A chega normalmente à superfície terrestre, não sendo eficientemente absorvida por nenhum dos constituintes atmosféricos, o 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).

3.2 INTERAÇÃO COM O CORPO HUMANO

O corpo humano absorve as ondas eletromagnéticas do espectro em diferentes formas e grau, assim como o mesmo reage de maneira distinta a cada tipo de onda (OKUNO & YOSHIMURA, 2009).

A penetração de raios UV na pele é muito menor do que a da luz visível. Em relação ao olho, a radiação UV-C deposita toda a energia na córnea, e a UV-B de 300nm deposita 92%, enquanto a UV-A 37% (OKUNO & YOSHIMURA, 2009).

Kirchhoff (1995) afirma que a radiação UV-B pode causar reações diversas a pele humana quando não protegida, sofrendo danos severos ao ser exposta a este tipo de raio, seja ele natural proveniente do Sol ou artificial. Esta pode afetar também o sistema imunológico humano através da pele, tornando-o mais suscetível a problemas de saúde, debilitando a defesa contra doenças infecciosas, e até mesmo o câncer de pele (KIRCHHOFF, 1995).

As reações da pele humana quanto a exposição da Radiação UV podem ser classificadas em agudas, como bronzeamento, produção de vitamina D e queimaduras, ou crônicas, como fotoenvelhecimento e câncer de pele (CPTEC, 2010).

Neste sentido, é importante destacar que os vidros são, de maneira geral, barreiras contra a radiação UV e por isso podem proteger o ser humano.

3.3 ÍNDICE ULTRAVIOLETA

De acordo com Kirchhoff (1995) o índice ultravioleta conceitua-se como 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 a pele e aos olhos.

O tempo máximo de exposição ao Sol envolve diversos fatores como a localização geográfica, estação do ano, e primordialmente aspectos característicos dos seres humanos como a cor natural dos olhos, pele, cabelo e seu estado de saúde (KIRCHHOFF, 1995).

A reposta biológica para a exposição à radiação ultravioleta se dá pelo processo de formação de eritema, ou seja, o avermelhamento da pele após uma certa dose de radiação UV. Assim o tempo máximo de exposição ao Sol está relacionado à dose mínima de radiação,

denominada Dose Eritematosa Mínima (DEM), que é necessária para que ocorra a eritema, como também danos mais graves (CORRÊA, 2003).

O índice ultravioleta (IUV) é dividido de acordo com sua intensidade e tempo de exposição ao Sol, conforme apresentado na Tabela 3, esta elaborada segundo recomendações da Organização Mundial da Saúde propondo a separação em categorias de intensidade.

Tabela 3 - Classificação do Índice Ultravioleta

CATEGORIA	ÍNDICE ULTRAVIOLETA (IUV)
Baixo	< 2
Moderado	3 a 5
Alto	6 a 7
Muito Alto	8 a 10
Extremo	> 11

Fonte: Adaptado de OMS, 2002

Legenda: Categorias de intensidade do índice ultravioleta.

Assim como afirma Kirchoff (1995), o cálculo de tempo máximo de exposição ao Sol, base para o índice ultravioleta, depende de diversos fatores, exemplificados pelo CPTEC (Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos), que serão discutidos a seguir.

3.3.1 Concentração de Ozônio e Localização Geográfica

A camada de Ozônio é a principal responsável pela absorção de radiação UV, sendo a sua posição geográfica determinante para a concentração da mesma. Tendo como ponto de referência a linha do Equador, a região de maior concentração de radiação UV, o fluxo de radiação diminui de acordo com o afastamento desta região (CPTEC, 2010).

O ozônio é composto por uma molécula de três átomos de oxigênio, que se formam quando moléculas de oxigênio estável (O₂) são quebradas por radiação UV ou por descargas elétricas (HEWITT, 2015).

3.3.2 Altitude de Superfície

Quanto maior a altitude, menor é o conteúdo de Ozônio na camada atmosférica, sendo estes parâmetros inversamente proporcionais, a quantidade de Ozônio decresce simultaneamente ao aumento de energia UV incidente (CPTEC, 2010).

3.3.3 Hora do Dia

Da radiação incidente sobre a terra, cerca de 20 a 30% corresponde ao pico de radiação, que acontece entre 11 e 13 horas (CPTEC, 2010).

3.3.4 Estação do Ano

Com a mudança das estações do ano, a irradiância também varia, levando em consideração que quanto maior a latitude, maior a variação de índice IUV entre as estações (CPTEC, 2010).

3.3.5 Condições Atmosféricas

Parte da radiação incidente sobre a Terra é absorvida por partículas em suspensão na atmosfera, como as nuvens, porém nem tudo pode ser retido por elas, assim até mesmo em dias nublados a radiação pode oferecer perigo (CPTEC, 2010).

3.3.6 Tipo de superfície

Em superfícies mais claras, a reflexão do índice ultravioleta é bem maior, a areia chega a refletir até 30% dos raios UV, na neve fresca a incidência pode atingir até 80% e em contraposição nas áreas urbanas, o índice pode variar de 3 a 5% (CPTEC, 2010).

3.4 INTERAÇÃO ENTRE VIDROS E RADIAÇÃO UV

A absorção e penetração de radiação por objetos, estão relacionadas ao meio em que se propagam e não diretamente ao tamanho das ondas (OKUNO & YOSHIMURA, 2009). Logo, a radiação ultravioleta pode ser relacionada aos vidros principalmente por meio do índice de refração já discutido (2.6.1).

A interação entre a radiação eletromagnética e os campos eletrostáticos dos íons que constituem a estrutura vítrea, ocasionam uma redução na velocidade da luz, portanto a trajetória dos raios se modifica em relação à normal num determinado ponto de incidência. (WIGGINTON, 1996).

Para os vidros, o índice de refração varia de acordo com o comprimento de onda da radiação considerada, sendo este reduzido com o aumento do comprimento de onda, quando a luz passa de uma matéria opticamente mais densa, ele é fracionado. Num ângulo crítico é refletido de volta da superfície, e retido dentro do material opticamente mais denso (WIGGINTON, 1996).

A teoria dielétrica clássica promove um número de relações entre o índice de refração e a densidade dos sólidos. Isso ocorre entre o índice de refração e densidade de muitos vidros podendo variar também de acordo com a composição dos mesmos (EL-MALLAWANY, 1992).

Em outras palavras, a interação da radiação com o vidro ocorre basicamente por meio do processo de refração, quando o meio de propagação da mesma é alterado ocasiona uma mudança de velocidade nos raios de luz.

Especificamente no caso dos raios ultravioleta, a luz incidente penetra a superfície do vidro, logo sua velocidade de propagação se modifica, já que ocorre uma certa absorção pelo vidro, ficando uma parte da radiação retida e parte sendo refletida pelo mesmo. De acordo com Okuno & Yoshimura (2009), cerca de 50% da radiação UV de 316 nm é barrada pelos vidros.

4 METODOLOGIA DOS ENSAIOS E ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo aborda-se toda a metodologia do estudo e dos ensaios realizados, enfatizando a composição, montagem e funcionamento do sistema de coleta de dados, os critérios adotados na escolha e organização das amostras, bem como a captação e análises gráficas dos dados auferidos.

4.1 METODOLOGIA

O processo de coleta de dados se deu por meio da utilização de uma placa de programação arduino e dois sensores UV, especificados no item 5.3. As amostras foram separadas por tipo, espessura e cor de modo a facilitar as comparações.

Os horários de análise de exposição das amostras ao sol, foram determinados com base nos picos diários, que se dão entre 11:00 até o início das 14:00 horas. As medições foram realizadas diariamente, seguindo o cronograma descrito na Tabela 4.

Tabela 4 - Cronograma de Ensaios

DATAS	19 / 10	20 / 10	21 / 10	22 / 10	23 / 10	24 / 10	25 / 10	26 / 10
AMOSTRAS	1	5	9	13	17	21	25	29
	2	6	10	14	18	22	26	30
	3	7	11	15	19	23	27	31
	4	8	12	16	20	24	28	-

Fonte: Autoras, 2019

Legenda: Amostras compreendidas de acordo com Tabela 6, página 45

A coleta das informações foi realizada pelos sensores de radiação ultravioleta, que enviaram as mesmas para a placa de programação arduino, gerando índices correspondentes ao da Tabela 3 deste trabalho.

A partir de tais índices foram elaboradas análises gráficas correlacionado o IUUV direto, correspondente a medida solar sem barreira e o índice ultravioleta filtrado pelas amostras de vidro.

4.2 PLATAFORMA ARDUINO

Arduino é uma plataforma *open-source* de desenvolvimento que consiste em uma placa com microcontrolador e uma IDE (*Integrated Development Environment*), o *software* que permite ao usuário desenvolver o código usado pela placa.

Segundo McRoberts (2011), o arduino, é um pequeno computador que pode ser programado para processar entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes externos conectados a ele, como por exemplo LED's, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, sensores de pressão, sensores de distância, receptores GPS, módulos Ethernet ou algum outro dispositivo que emita dados ou possa ser controlado.

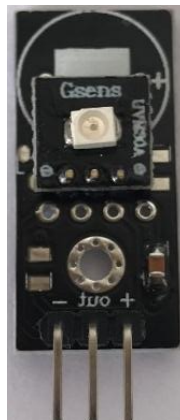
Seu grande diferencial é permitir a programação de um microcontrolador usando uma linguagem de alto nível, sendo relevante por oferecer praticidade e funcionalismo na criação de protótipos, já que inter-relaciona áreas de linguagem de programação, eletrônica e robótica. Além de possuir um custo acessível e um sistema com boa usabilidade (SOUSA, 2015; SUEIRO, 2014).

4.3 SISTEMA DE COLETA DE DADOS

O sistema utilizado para a coleta de dados é composto pelo *software* IDE, por uma placa de programação de arduino, dois sensores de radiação ultravioleta modelo UVM 30-A, ligados respectivamente as placas, demonstrados na Figura 16.

Este tipo de sensor é utilizado para medir a intensidade de radiação ultravioleta incidente por meio de emissão de um sinal elétrico através de uma saída analógica. O mesmo possui uma ampla faixa espectral, podendo variar entre 200 e 370 nm (WILTRONICS, 2019).

Figura 16 - Sensor Ultravioleta Gsens UVM 30-A

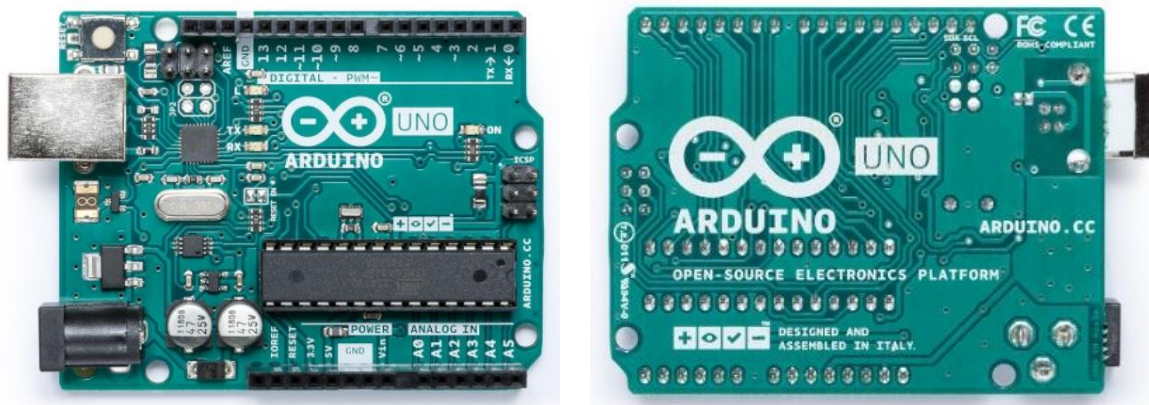


Fonte: Autoras, 2019

O *hardware* do projeto é a placa modelo UNO REV3, especificada na Figura 17, na qual foram conectados os sensores de radiação presentes no circuito. A comunicação entre os sensores e a placa se dá através de uma conexão analógica.

O funcionamento dos sensores acontece por meio da captação dos comprimentos de onda, os quais são convertidos em um sinal que varia de 0 a 1 *volt*, estes posteriormente transformados dentro do programa para o índice UV, especificado na Tabela 3.

Figura 17 - Placa Arduino Modelo UNO REV3 - Frente e Verso



Fonte: ARDUINO.CC, 2019

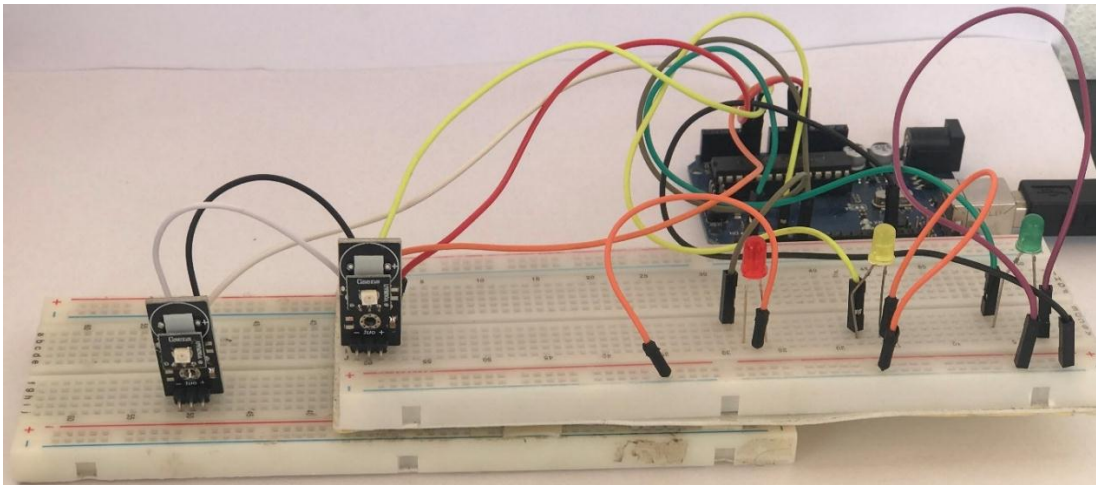
Através do *software* IDE de arduino realizou-se o processo de programação para as instruções de funcionamento dos sensores ultravioleta citados no projeto. A leitura das informações coletadas foi realizada por meio de *jumpers* (fios), interligados na *protoboard* (placa de ensaio) e conectados nas pinagens analógicas e digitais da placa arduino.

Na placa arduino foram utilizadas duas portas analógicas na função *input*, sendo estas denominadas A0 e A1. Na porta A0 foram feitas as leituras de referência, correspondentes ao IUV do Sol, sem interceptação do vidro. Já na porta A1 foram realizadas as análises do IUV filtrado pelas amostras de vidros.

Os dados captados pelos sensores ultravioleta e repassados para placa foram transmitidos ao computador para a realização das análises.

Para aprimoração do sistema de coleta de dados foram inseridos *LEDs* nas colorações verde, amarelo e vermelho, estes conectados nas saídas digitais da placa arduino. A cor verde é acionada quando o IUV estiver menor que 3, o amarelo entre 3 e 8 e o vermelho nas leituras acima de 9. Na Figura 18 está exemplificado o sistema de coleta de dados.

Figura 18 - Sistema de Coleta de Dados



Fonte: Autoras, 2019

4.3.1 Programação Utilizada

O código de programação foi codificado na linguagem C++ e inserido ao IDE do arduino, possibilitando a leitura dos índices ultravioleta. Na Tabela 5 especificou-se os valores analógicos compreendidos pelos sensores e transmitidos à placa, convertendo-os em índices UV.

Tabela 5 - UV Index

UV INDEX	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
VOLT (mV)	< 50	227	318	408	503	606	696	795	881	976	1079	1170+
VALOR ANALÓGICO	< 10	46	65	83	103	124	142	162	180	200	221	240

Fonte: Adaptada de FelipeFlop, 2015

Assim, se o sensor obter como leitura a voltagem de 606 mV, este valor será convertido ao índice 5, que será lido pelo operador do aparelho.

Para melhor compreensão, no Apêndice A está disponibilizado o código de programação utilizado.

4.4 AMOSTRAS

As amostras foram selecionadas de acordo com os vidros citados no referencial teórico, tendo em vista sua importância e utilização no setor da construção civil e organizadas conforme a Tabela 6 demonstrada abaixo.

Os fabricantes das amostras foram mantidos em sigilo, portanto estão denominados como X, Y, W e Z.

Tabela 6 - Amostras Coletadas

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	6 mm	Fumê	Z	
	7	4 mm	Fumê	Z	
	8	4 mm	Fumê	W	
	9	3 mm	Verde	Z	
	10	4 mm	Verde	W	
	11	6 mm	Bronze	W	
Temperado	12	6mm	Refletivo ¹	W	Fachadas ¹² sacadas, portas, muros e janelas.
	13	8 mm	Verde	Y	
	14	8 mm	Fumê	Y	
	15	8 mm	Incolor	Y	
Laminado	16	8 mm	Incolor	Y	Guarda Corpos, coberturas, marquises, claraboias fachadas, portas, muros e janelas
	17	8 mm	Fumê	Y	
	18	8 mm	Bronze	Y	
	19	8 mm	Refletivo ²	Y	
	20	8 mm	Refletivo ³	W	
	21	10 mm	Verde	Y	
	22	8 mm	Refletivo ⁴	X	
	23	8 mm	Refletivo ⁵	X	
24	12 mm	Satindeco	X		
Insulado	25	22 mm ⁶	Refletivo	W	Portas, janelas e fachadas.
Impresso	26	3 mm	Incolor ⁷	Z	Portas, divisórias vitrines, muros de vidro, janelas internas ou externos
	27	3 mm	Incolor ⁸	Z	
	28	3 mm	Incolor ⁹	Z	
	29	3 mm	Incolor ¹⁰	Z	
	30	3 mm	Incolor ¹¹	Z	
Aramado	31	8 mm	Transparente/Incolor	X	Guarda-corpos coberturas, marquises, claraboias, fachadas verticais ou inclinadas portas, divisórias, vitrines, muros e janelas

Fonte: Autoras, 2019

Legenda: Coloração especificada de acordo com o fabricante - ¹ Esmeralda, ² Prata, ³ Champanhe, ⁴ Royal Blue, ⁵ Silver Verde. ⁶ Composição do vidro Insulado: uma chapa 8 mm laminada refletiva com câmara de ar de 8mm entre eles e chapa laminado incolor 6mm. ⁷ Teorema, ⁸ Canelado, ⁹ Martelado, ¹⁰ Boreal, ¹¹ Antilope, ¹² Térreas.

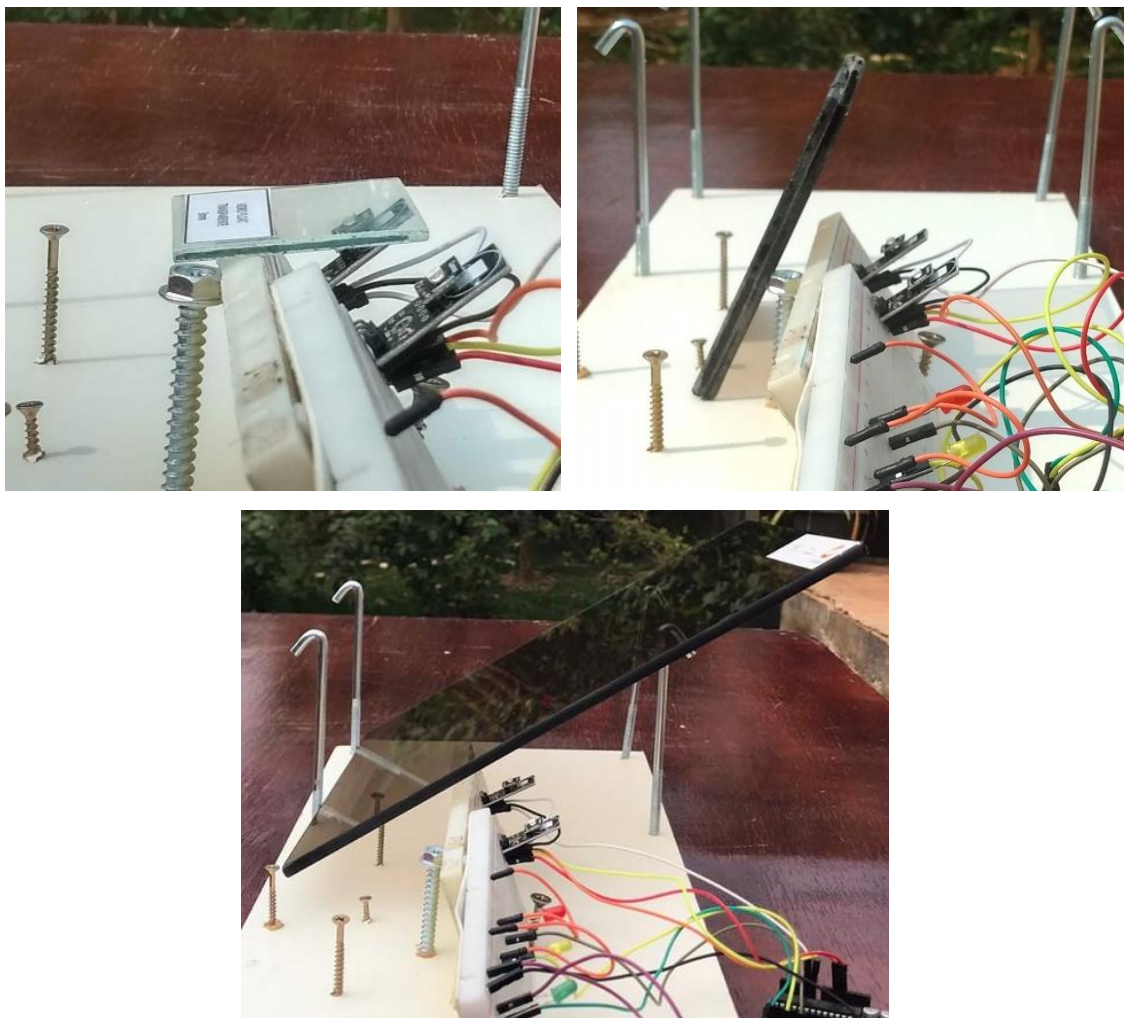
4.4.1 Ensaios das Amostras

No decorrer dos ensaios ocorreram oscilações no IUV solar, este correspondente a medida direta indicada nas análise gráficas e devido a esta circunstância especificou-se em cada um deles, o índice ultravioleta vigente no momento da medição de cada vidro ensaiado.

Vale ressaltar que na elaboração dos gráficos e para efeito de cálculo utilizou-se a prevalência das maiores medidas captadas, tanto em relação ao IUV direto, quanto ao IUV filtrado, considerando que a leitura do índice ultravioleta ocorre em valores inteiros.

Devido as diferentes dimensões das amostras utilizadas, elaborou-se uma estrutura secundária que serviu de suporte para os vidros durante o ensaio. O posicionamento dos mesmos se deu de acordo com o tamanho da amostra utilizada, sendo estes exemplificados na Figura 19.

Figura 19 - Posicionamento dos Vidros nos Ensaios



Fonte: Autoras, 2019

É possível observar no aparato experimental montado que um dos sensores está abaixo do vidro, enquanto o outro está exposto livremente ao Sol.

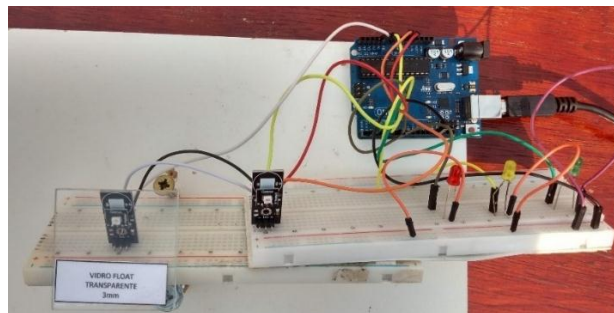
4.5 RESULTADOS

Neste tópico foram abordadas as discussões acerca das apurações, com as figuras no momento dos ensaios e os dados apresentados em forma de gráficos que expressaram os resultados.

4.5.1 Vidro *Float* Incolor

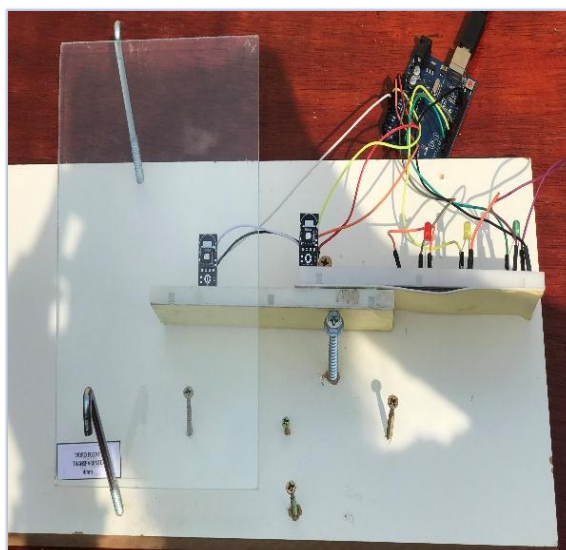
Os ensaios foram iniciados pelo vidro tipo *float* incolor, nas espessuras 3 mm, 4 mm, 6 mm e 8 mm como podem ser visualizados nas Figuras 20, 21, 22, 23.

Figura 20 - Vidro *Float* Incolor 3 mm



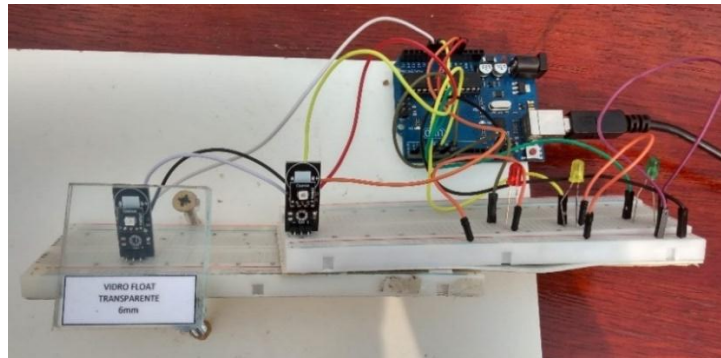
Fonte: Autoras, 2019

Figura 21 - Vidro *Float* Incolor 4 mm



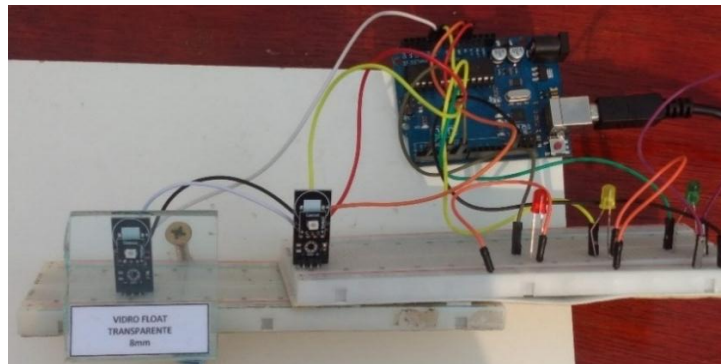
Fonte: Autoras, 2019

Figura 22 - Vidro *Float* Incolor 6 mm



Fonte: Autoras, 2019

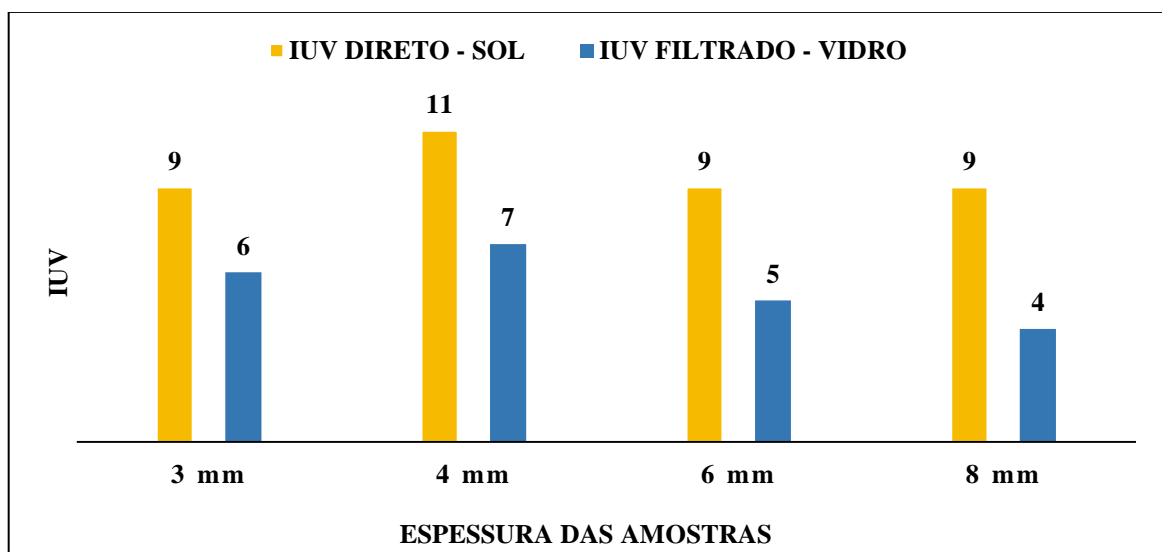
Figura 23 - Vidro *Float* Incolor 8 mm



Fonte: Autoras, 2019

Foi possível observar no decorrer do ensaio a interferência direta provocada pela espessura dos vidros no bloqueio de radiação UV, a qual pode ser notada no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Vidro *Float* Incolor



Fonte: Autoras, 2019

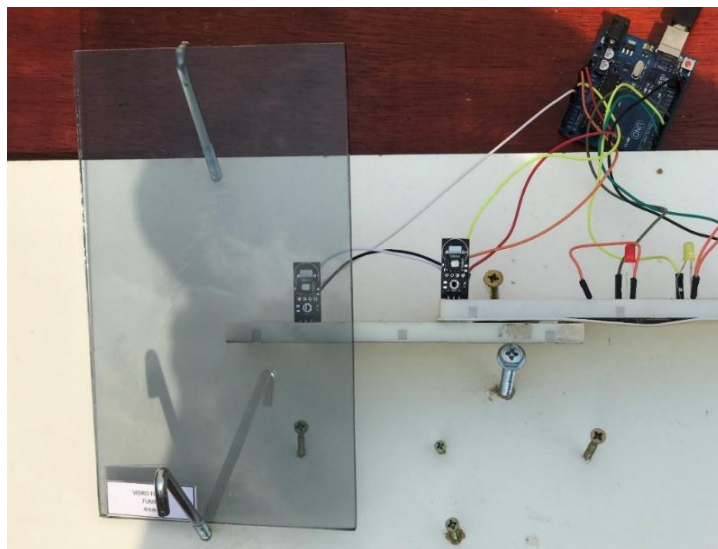
Constatou-se que a amostra de espessura 3 mm obteve percentual de interceptação de 33,3%, a de 4 mm de 36,36 %, a de 6 mm 44,4 % e a de 8 mm 55,55%.

As amostras de 6 mm e 8 mm obtiveram índice IUV mais baixo e percentual de bloqueio maior em relação as amostras de 3 mm e 4 mm, isso devido as diferentes espessuras, tendo em vista que os vidros ensaiados possuem a mesma composição.

4.5.2 Vidro *Float* Fumê

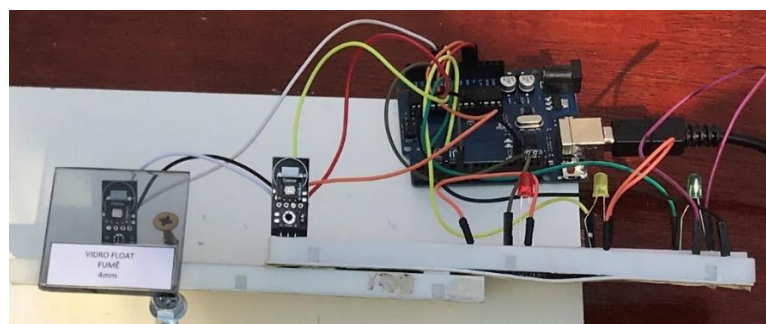
Para este tipo de vidro foram utilizadas três amostras de mesma espessura como demonstrado nas Figuras 24, 25, 26, cada uma com fabricantes diferentes. Nesse caso foi possível além de comparar o IUV direto e o filtrado, também relacionar os índices obtidos por cada fabricante.

Figura 24 - Vidro *Float* Fumê 4 mm – Marca “X”



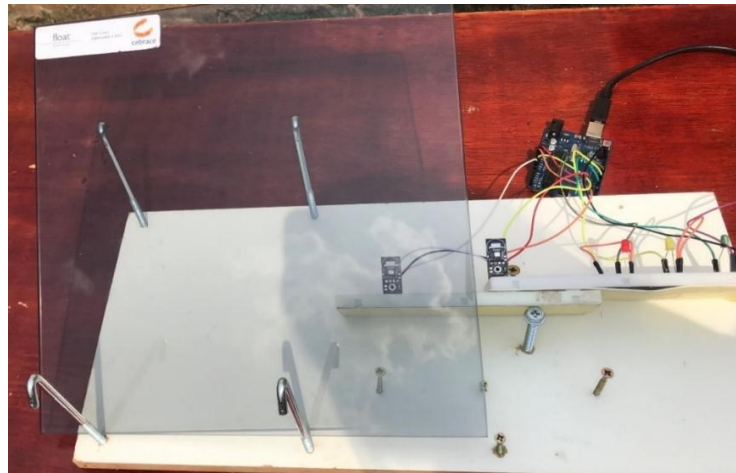
Fonte: Autoras, 2019

Figura 25 - Vidro *Float* Fumê 4 mm – Marca “Z”



Fonte: Autoras, 2019

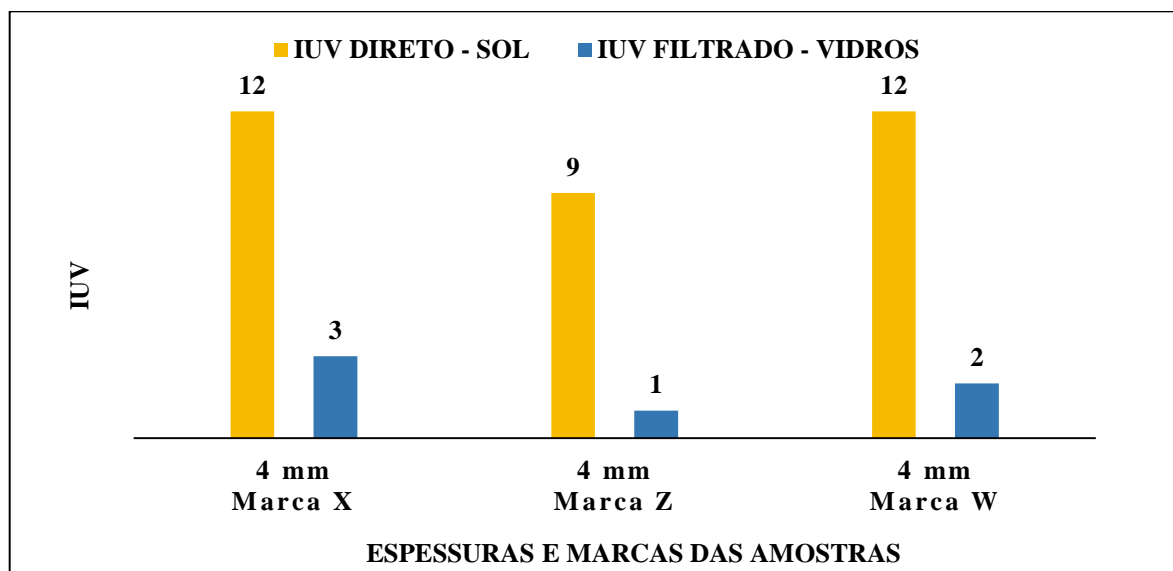
Figura 26 - Vidro *Float* Fumê 4 mm – Marca “W”



Fonte: Autoras, 2019

No Gráfico 2 abaixo, evidenciou-se que as três amostras possuem alto potencial de barreira UV, já que as mesmas apresentaram significativa redução. Porém a amostra de vidro *float* fumê do fabricante “Z” destacou-se em relação as demais ao apresentar um percentual de interceptação de aproximadamente 88,9%, obtendo uma diferença de 13,9 % em relação a marca “X” e de 5,57% em relação a marca “W”.

Gráfico 2 - Vidros *Float* Fumê Diversas Marcas

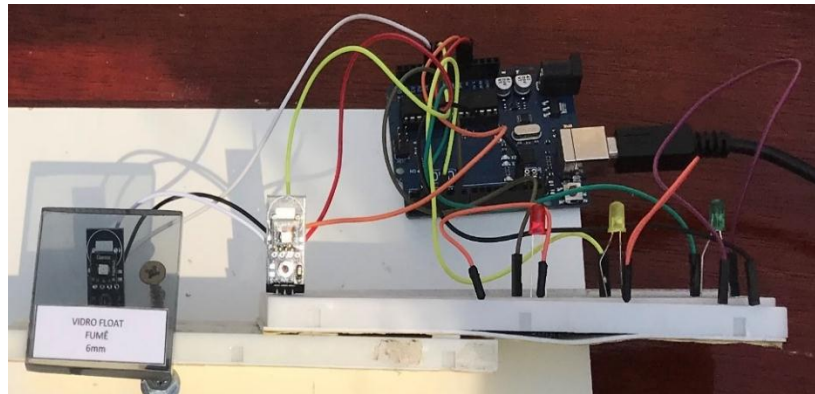


Fonte: Autoras, 2019

A amostra a seguir foi analisada separadamente por ter sido a única com as características necessárias, disponibilizada pelos fabricantes contatados, sendo esta de marca “Z”, coloração fumê e espessura 6mm.

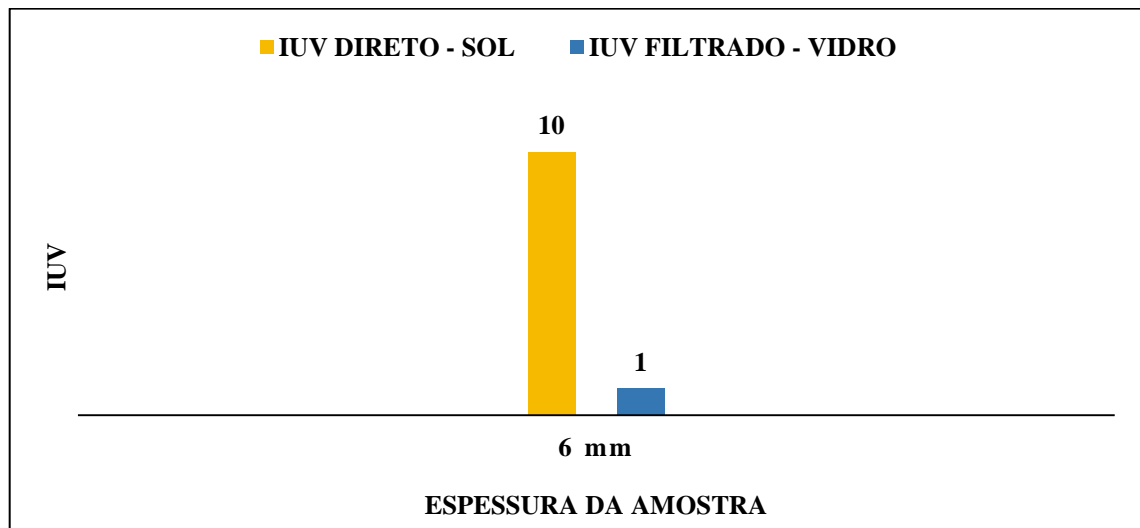
A Figura 27 demonstra a amostra no momento do ensaio e o Gráfico 3 a seguir, o resultado obtido.

Figura 27 - Vidro *Float* Fumê 6 mm



Fonte: Autoras, 2019

Gráfico 3 - Vidro *Float* Fumê 6mm



Fonte: Autoras, 2019

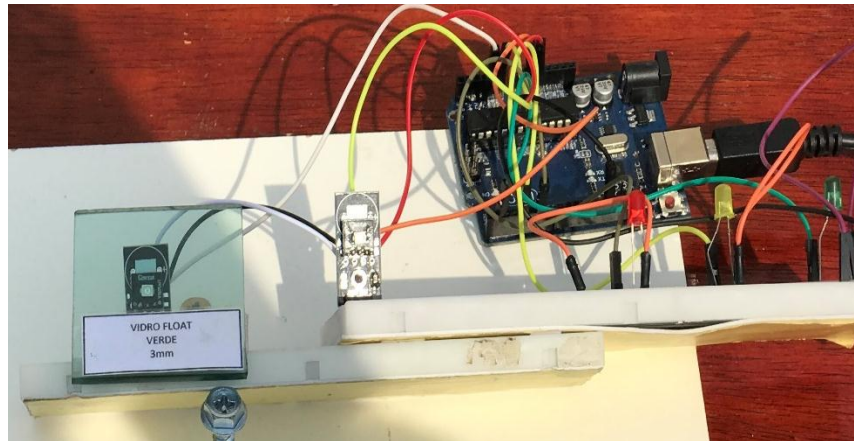
No ensaio realizado com a amostra de vidro *float* fumê de 6 mm foi possível observar uma redução de aproximadamente 90% no IUV. O índice direto marcava 10 e o sensor sobreposto pela amostra indicava IUV igual a 1.

Se tratando de uma amostra de vidro *float* fumê como as analisadas anteriormente a diferença de percentual em relação as mesmas se deu pela interferência já supracitada da espessura do vidro, sendo que a desigualdade de espessura entre elas se dá por 2mm.

4.5.3 Vidro *Float* Verde

Ainda se tratando de vidro *float*, o de coloração verde foi ensaiado nas espessuras de 3 mm e 4 mm. As amostras são demonstradas nas Figuras 28 e 29.

Figura 28 - Vidro *Float* Verde 3mm



Fonte: Autoras, 2019

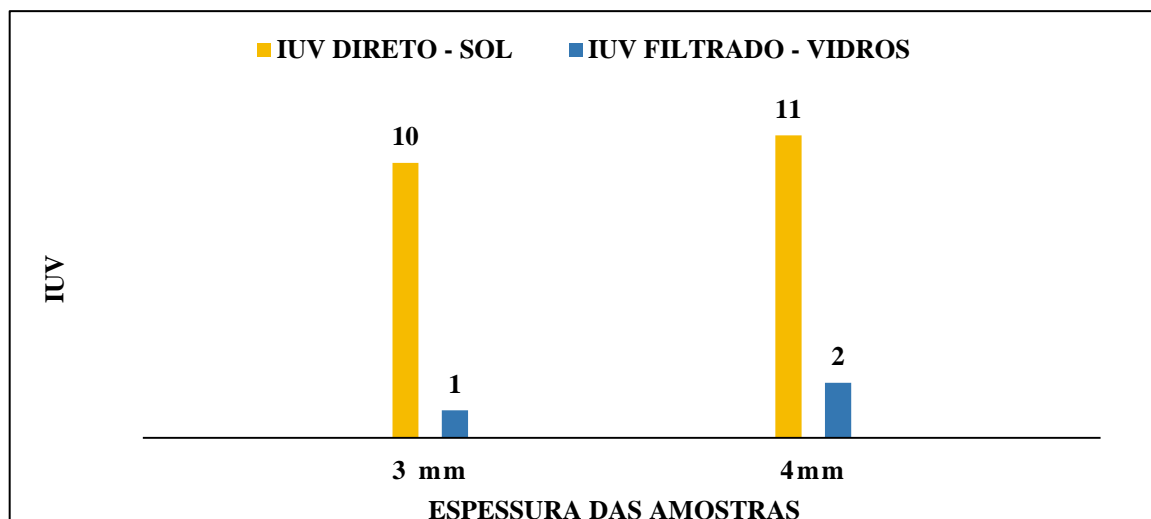
Figura 29 - Vidro *Float* Verde 4 mm



Fonte: Autoras, 2019

Como evidenciado no Gráfico 4 a seguir, observa-se que ambas as amostras obtiveram relevância nos resultados, captando IUUV de 1 e 2 respectivamente, índices considerados baixos de acordo com a Tabela 3 deste estudo.

Gráfico 4 - Vidro *Float* Verde



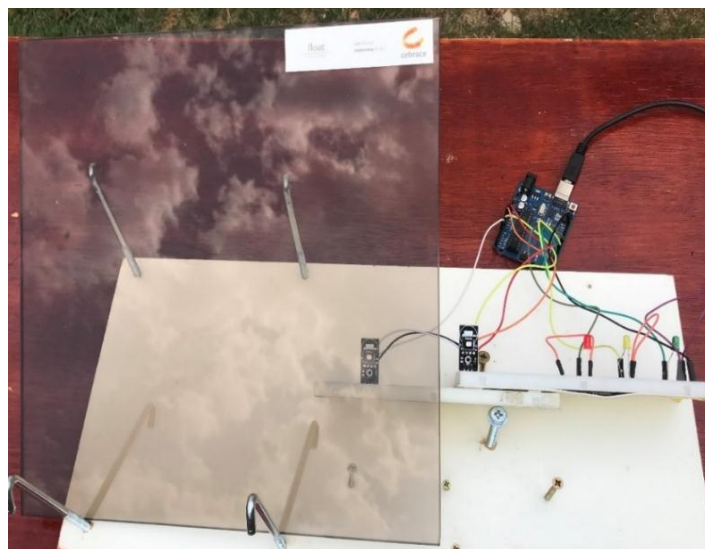
Fonte: Autoras, 2019

A partir dos dados auferidos observou-se uma redução percentual de 90% na amostra de 3 mm e de 81,8% na de 4 mm, resultados estes que despertam a necessidade de compreender quais os fatores interferem no bloqueio de radiação UV, tendo em vista que a amostra com menor espessura obteve maior percentual de interceptação sendo que ambas possuem a mesma coloração.

4.5.4 Vidro *Float* Bronze

A amostra do vidro *float* bronze contém espessura de 6 mm e está apresentada na Figura 30.

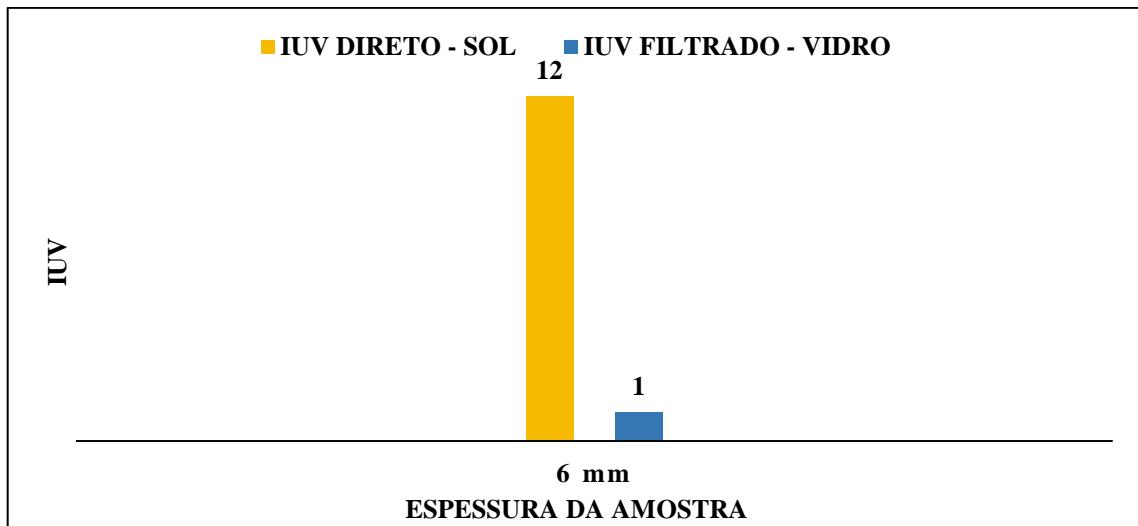
Figura 30 - Vidro *Float* Bronze 6mm



Fonte: Autoras, 2019

Assim como os demais vidros do tipo *float*, o bronze também alcançou uma redução significativa em relação ao índice ultravioleta captado pelo sensor como explícito no Gráfico 5 abaixo.

Gráfico 5 - Vidro *Float* Bronze



Fonte: Autoras, 2019

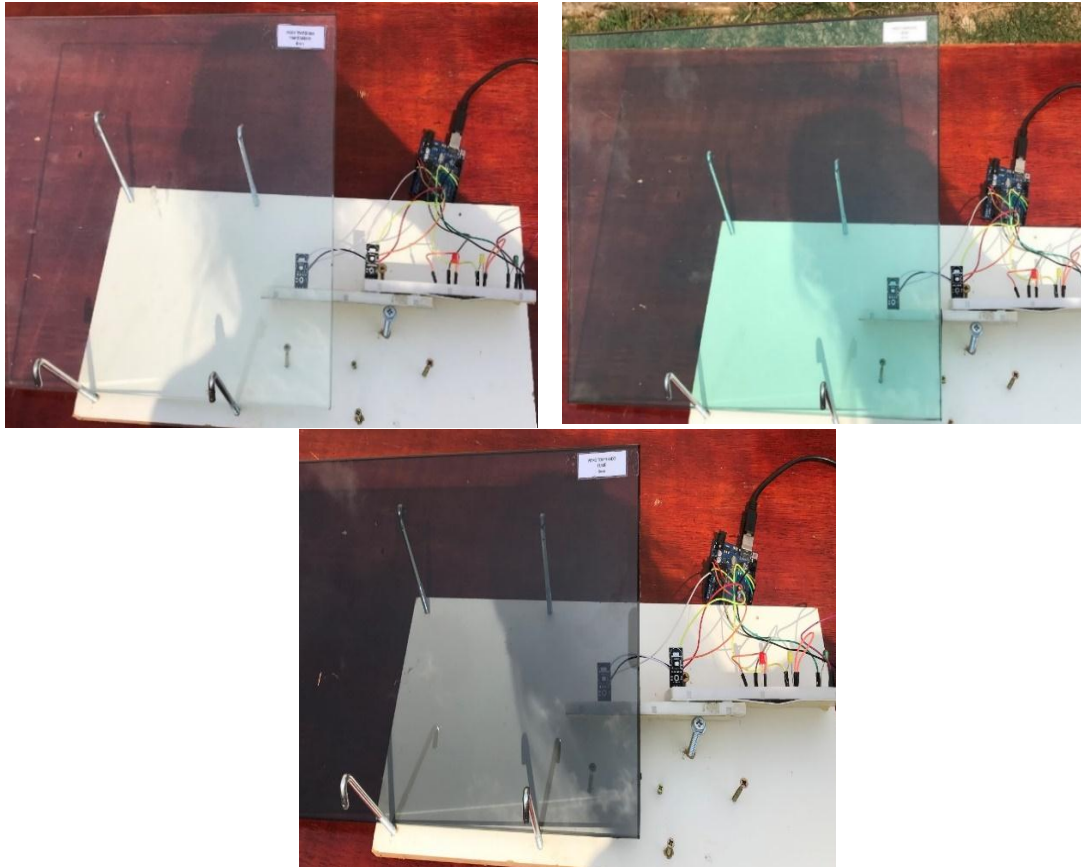
De um IUV de 12, correspondente a medida direta e considerado pela Tabela 3 como extremo, foi possível constatar uma redução para o IUV 1, classificado como baixo e sem maiores prejuízos para o ser humano, assim obteve-se uma redução percentual de aproximadamente 91,74%.

4.5.5 Vidro Temperado

Classificados como vidros de segurança, o enfoque do vidro temperado é a resistência a ruptura ocasionada por impactos. Porém mesmo não possuindo a finalidade de proteção solar os mesmos não deixam de apresentar certa eficiência e proveito nesse quesito, sendo estes, muito utilizados em janelas e portas.

As amostras empregadas na realização dos testes estão representadas nas imagens da Figura 31, sendo vidro temperado incolor, verde e fumê respectivamente, todos com 8mm de espessura.

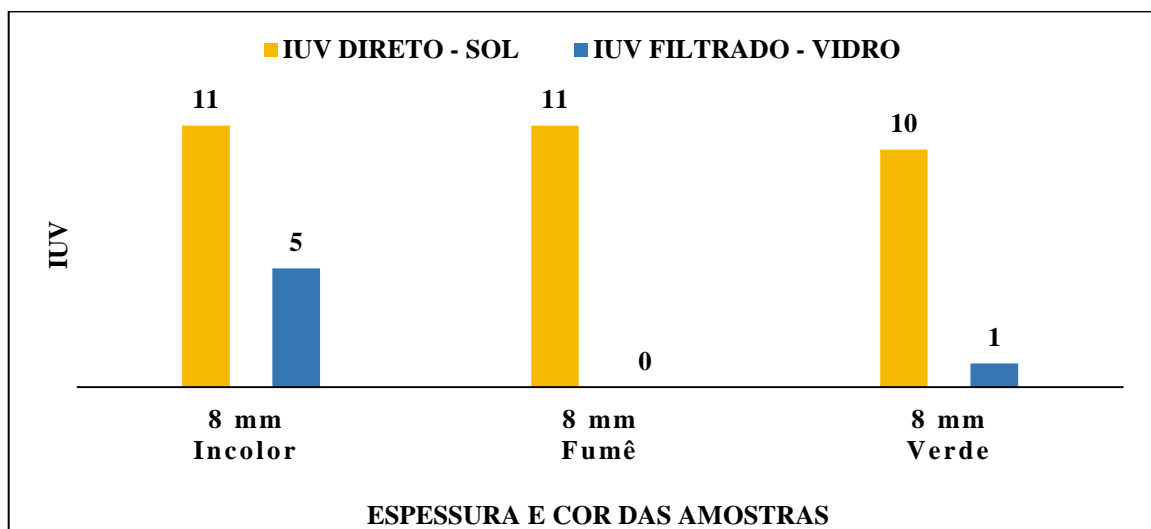
Figura 31 - Vidros Temperados



Fonte: Autoras, 2019

Foi possível constatar com a realização dos testes que o vidro incolor apresentou uma redução de aproximadamente 54,5%, eficiência inferior as outras duas amostras, que obtiveram índices de 0 e 1, com percentuais de bloqueio de aproximadamente 100% e 90% respectivamente, como demonstrado no Gráfico 6 abaixo.

Gráfico 6 - Vidro Temperado



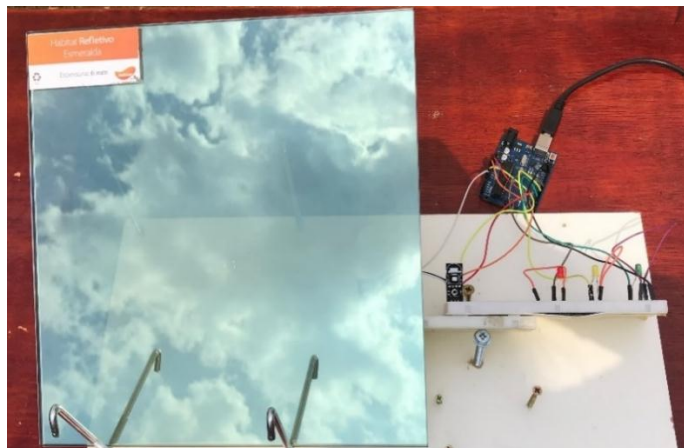
Fonte: Autoras, 2019

Tal diferença pode ser explicada pela distinção na coloração das amostras ocasionada pela presença de diferentes elementos químicos que os compõe e que conseqüentemente podem interferir no processo de absorção, passagem de luz e radiação UV.

4.5.6 Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo

Devido as suas particularidades, o vidro *habitat*® foi analisado separadamente, por ser a única amostra deste tipo obtida para ensaio. Este vidro de acordo com a CEBRACE (2019), pode passar por dois processos, podendo ser classificado como temperado ou laminado. A amostra da Figura 32 abaixo se trata de um vidro temperado com coloração refletiva esmeralda.

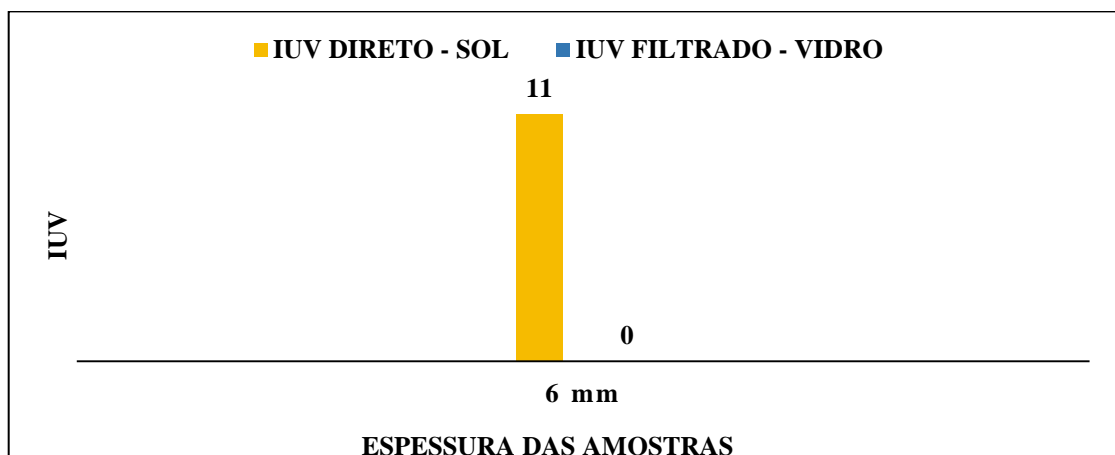
Figura 32 - Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo



Fonte: Autoras, 2019

O Gráfico 7 abaixo representa os dados obtidos pela amostra durante o ensaio.

Gráfico 7 - Vidro Revestido para Controle Solar - Refletivo



Fonte: Autoras, 2019

A amostra reagiu como esperado a este tipo de vidro, o índice ultravioleta de 11 correspondente ao IUV direto foi reduzido a 0, obtendo-se dessa forma um percentual eficiente de aproximadamente 100% de bloqueio. Esta correspondeu aos dados que o fabricante disponibiliza em seus catálogos, indicando uma redução de aproximadamente 96% dos índices de radiação UV em relação ao vidro comum incolor, denominado *float*.

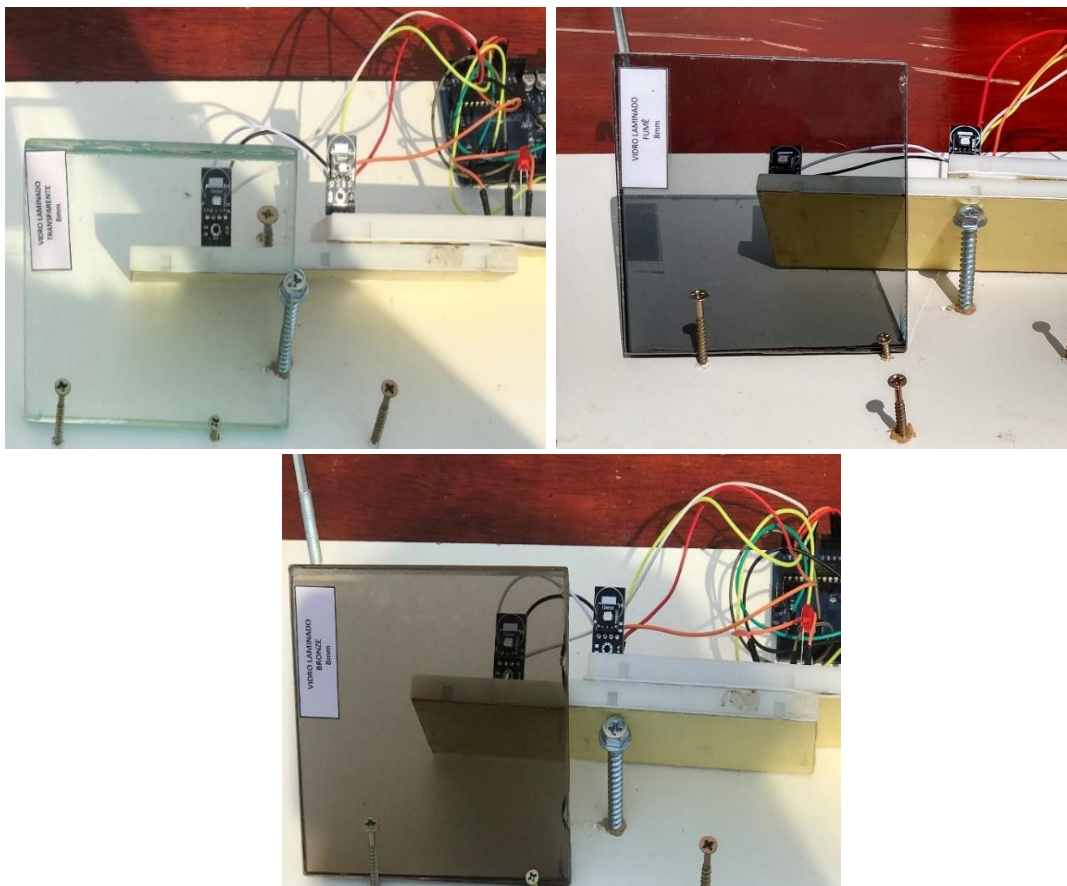
4.5.7 Vidro Laminado

Assim como o vidro temperado, este é incluído na classe de vidros de segurança. De acordo com a ABRAVIDRO (2019) sua laminação confere a ele, além de segurança, conforto acústico e térmico.

Devido a fatores como os citados anteriormente, este vidro tem sido muito utilizado em portas, janelas, claraboias e fachadas, sendo por este motivo alvo dos testes deste estudo.

Foram utilizadas para a realização dos ensaios amostras de espessura igual a 8 mm, nas colorações incolor, fumê e bronze, representadas na Figura 33, respectivamente.

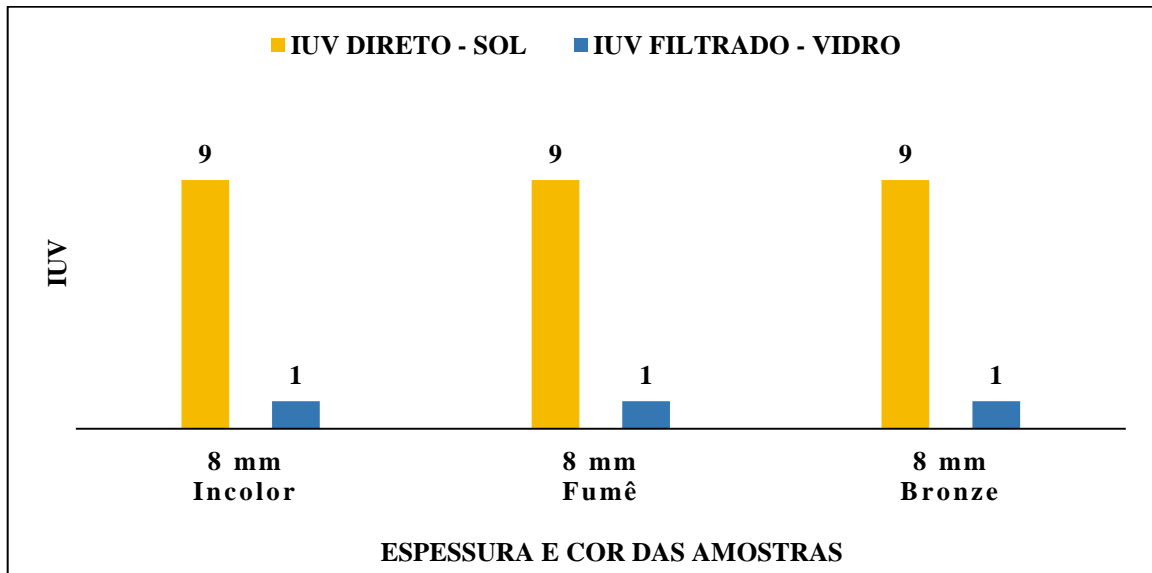
Figura 33 - Vidros Laminados, Incolor, Fumê e Bronze



Fonte: Autoras, 2019

No vidro laminado constatou-se por meio dos resultados que a coloração dos vidros não configurou um fator determinante no bloqueio de radiação UV, tendo em vista que as três amostras são de mesma espessura e obtiveram resultados iguais como exposto no Gráfico 8.

Gráfico 8 - Vidros Laminados



Fonte: Autoras, 2019

Todas as amostras alcançaram IUV igual a 1, tendo uma redução percentual de aproximadamente 88,8% em relação ao IUV direto que marcava 9 no momento do ensaio, índice este considerado muito alto de acordo com a Tabela 3 deste estudo.

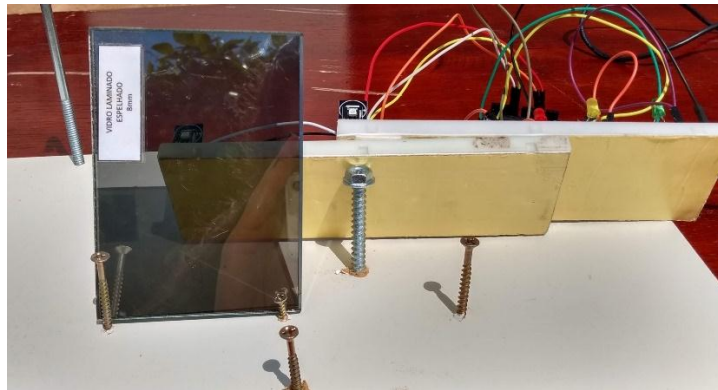
4.5.8 Vidro Laminado Refletivo

Os vidros laminados refletivos foram tratados de forma individual devido as suas propriedades particulares ocasionadas pelo fato de refletir e bloquear os raios solares, sendo este um excelente isolante térmico (ABRAVIDRO, 2019).

Segundo a ABRAVIDRO (2019), os vidros refletivos em geral são compostos pela aplicação de uma camada metalizada em uma de suas faces.

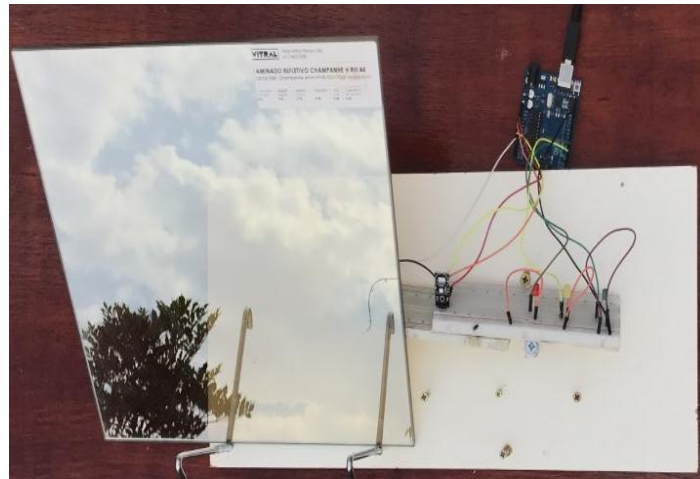
Desta classe foram utilizados quatro tipos diferentes de amostras, todas estas com espessura de 8 mm e cores denominadas pelos fabricantes como Prata, Champanhe, *Royal Blue* e *Silver Verde* demonstrados nas Figuras 34, 35, 36 e 37.

Figura 34 - Vidro Laminado Prata



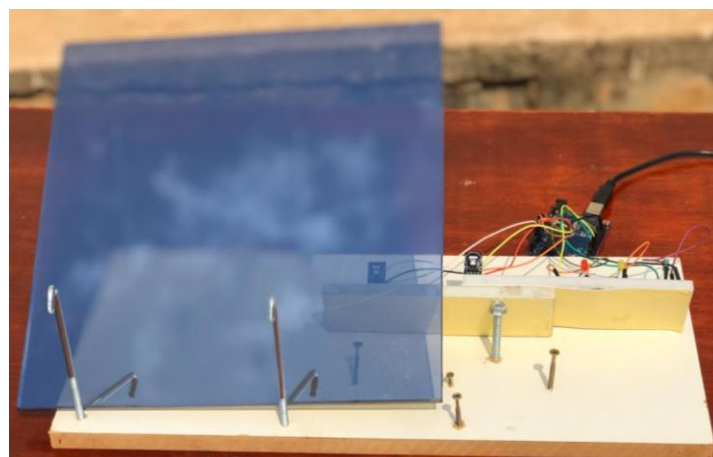
Fonte: Autoras, 2019

Figura 35 - Vidro Laminado Champanhe

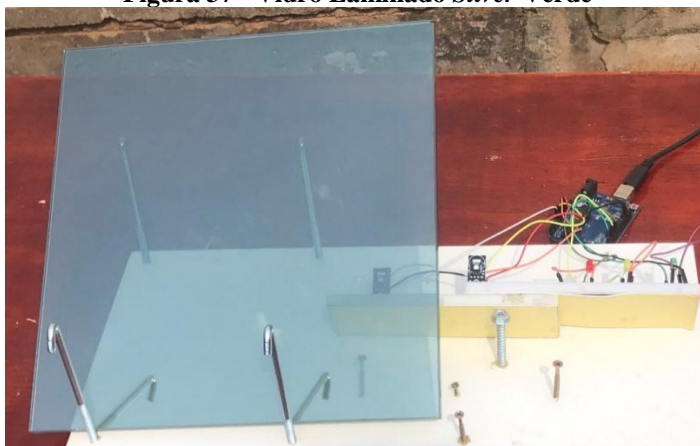


Fonte: Autoras, 2019

Figura 36 - Vidro Laminado *Royal Blue*

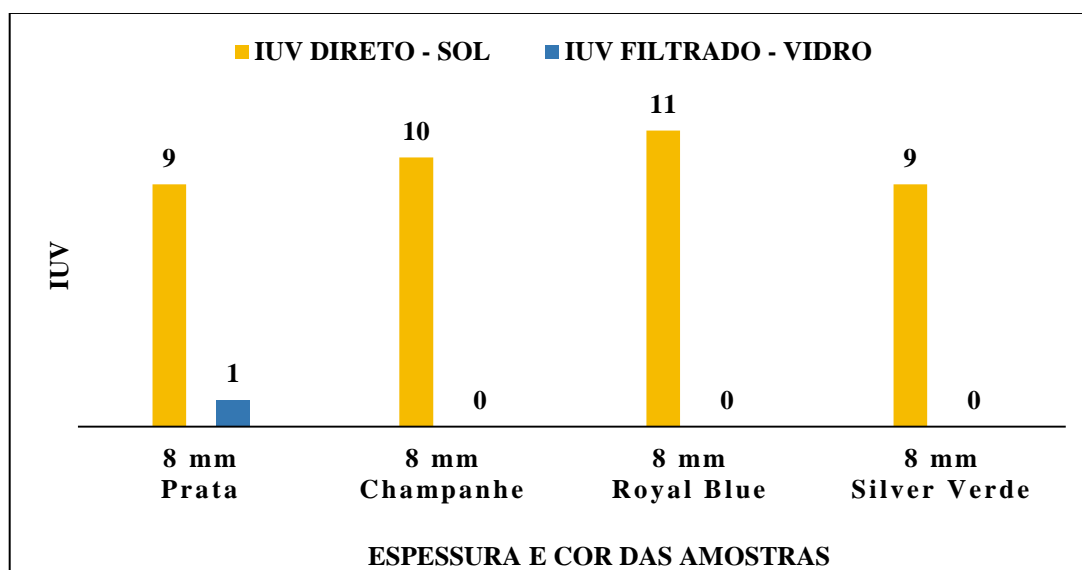


Fonte: Autoras, 2019

Figura 37 - Vidro Laminado Silver Verde

Fonte: Autoras, 2019

A partir dos dados obtidos e expostos no Gráfico 9 verificou-se que os vidros laminados do tipo refletivo possuem amplo potencial de bloqueio UV tendo em vista que estes em especial são destinados principalmente para utilização em fachadas.

Gráfico 9 - Vidro Laminado Refletivo

Fonte: Autoras, 2019

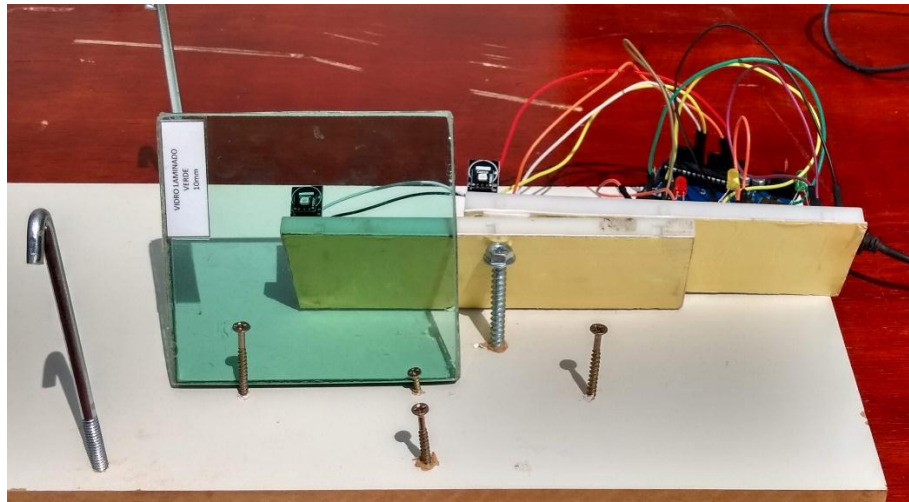
Os vidros *Royal Blue*, *Champanhe* e *Silver Verde* atingiram eficiência máxima ao obterem uma redução de aproximadamente 100% na leitura do índice ultravioleta. Já o vidro refletivo *Prata*, alcançou percentual de redução de aproximadamente 88,9%, sendo este também relevante ao suavizar um IUV igual a 9 considerado muito alto, para um caracterizado como baixo.

O vidro *Champanhe*, obteve resultados satisfatórios, uma vez que o fabricante do mesmo promete redução dos raios UV em aproximadamente 99,6 %.

4.5.9 Vidro Laminado Verde

Dando sequência aos vidros laminados, também foram realizados ensaios com o de coloração verde na espessura de 10 mm especificado na Figura 38. Esta amostra foi analisada separadamente das demais, devido ao critério de sua espessura, sendo 2 mm mais espessa que as analisadas anteriormente.

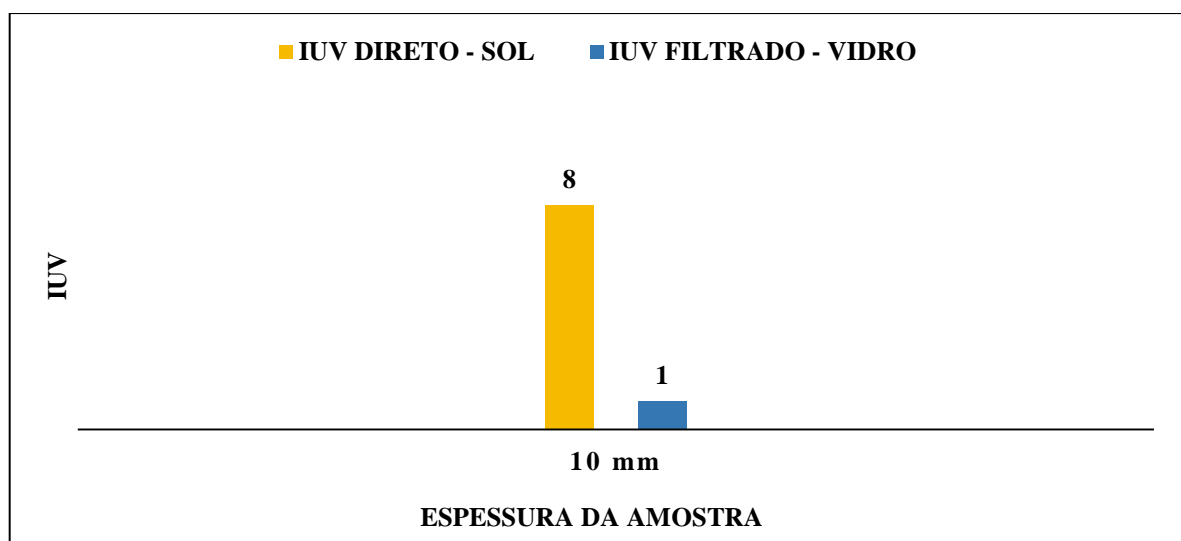
Figura 38 - Vidro Laminado Verde



Fonte: Autoras, 2019

O Gráfico 10 a seguir expõe os resultados deste ensaio.

Gráfico 10 - Vidro Laminado Verde



Fonte: Autoras, 2019

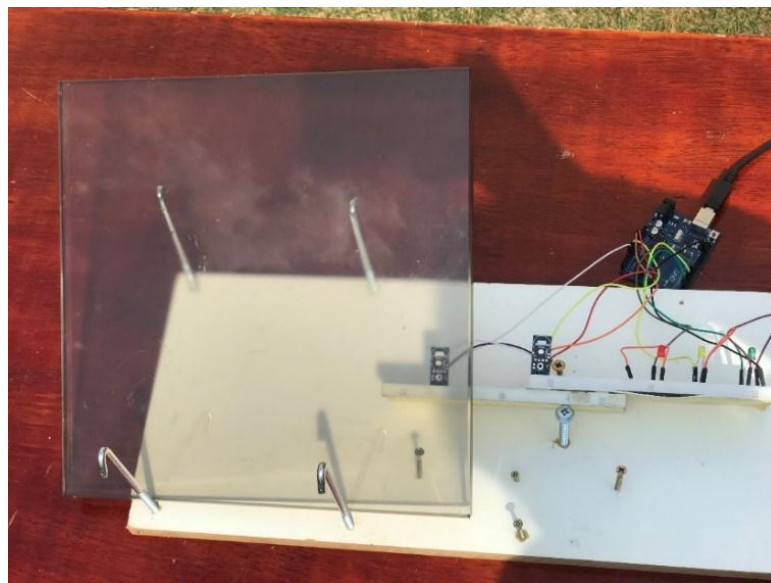
Esta amostra assim com os demais vidros também provocou uma redução significativa no IUV captado, obtendo um percentual de bloqueio de aproximadamente 87,5 % dos raios ultravioleta.

4.5.10 Vidro Laminado Acidado

Este tipo de vidro é também conhecido como vidro acidado, é produzido por meio de um processo de acidação, que garante a este alta transmissão de luz dispersa, ocasionando obscurecimento através do vidro (GUARDIAN GLASS, 2019). Pode ter diversas opções de acabamento como laminado, temperado, curvo, cortado, entre outras.

A amostra utilizada para a realização do ensaio tem espessura de 12 mm e está especificada na Figura 39.

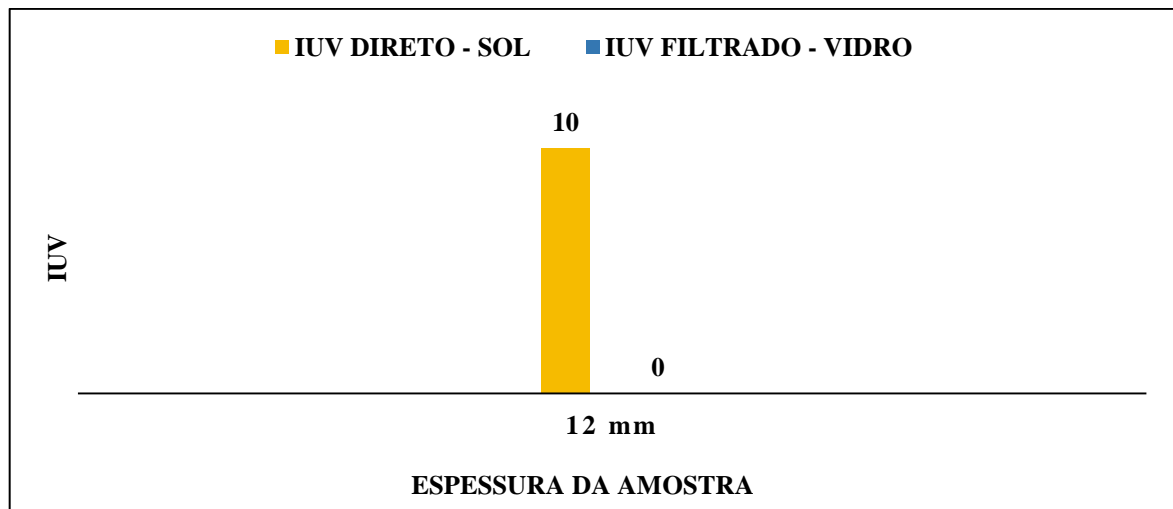
Figura 39 - Vidro Laminado Acidado



Fonte: Autoras, 2019

Mesmo não sendo uma categoria de vidro utilizada com a finalidade de bloqueio de radiação, o mesmo mostrou ter alto potencial para este fim, obtendo uma redução de aproximadamente 100% no índice ultravioleta captado, como explícito no Gráfico 11.

Gráfico 11 - Vidro Laminado Acidado

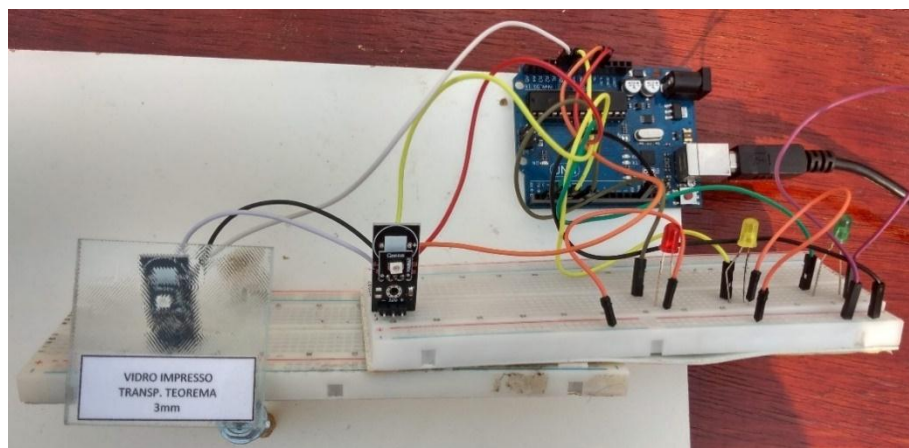


Fonte: Autoras, 2019

4.5.11 Vidro Impresso

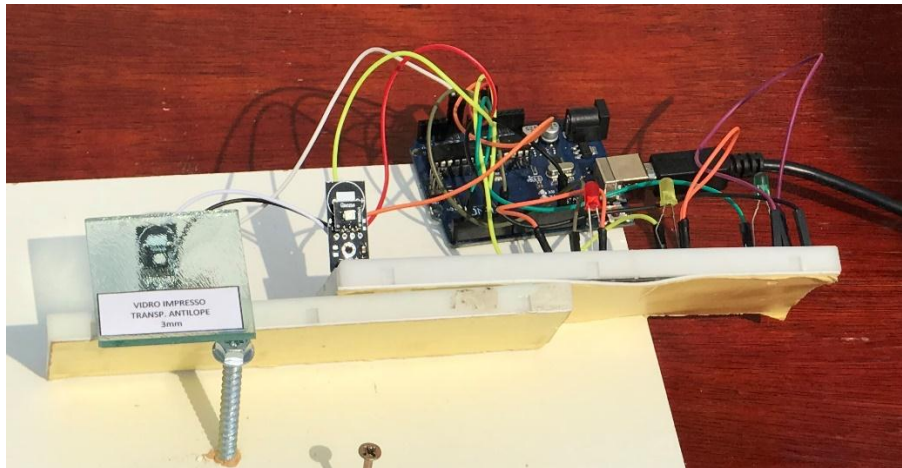
Para os ensaios com os vidros desta categoria, foram utilizadas cinco tipos de amostras, todas incolores e com espessura de 3 mm, de mesmo fabricante denominado anteriormente como “X”. As mesmas se distinguem pelo fato de cada uma delas apresentar características singulares em seu acabamento que as definem nominalmente como Teorema, Canelado, Martelado, Boreal e Antflope, demonstradas respectivamente nas Figuras 40, 41, 42, 43, 44 abaixo.

Figura 40 - Vidro Impresso Teorema



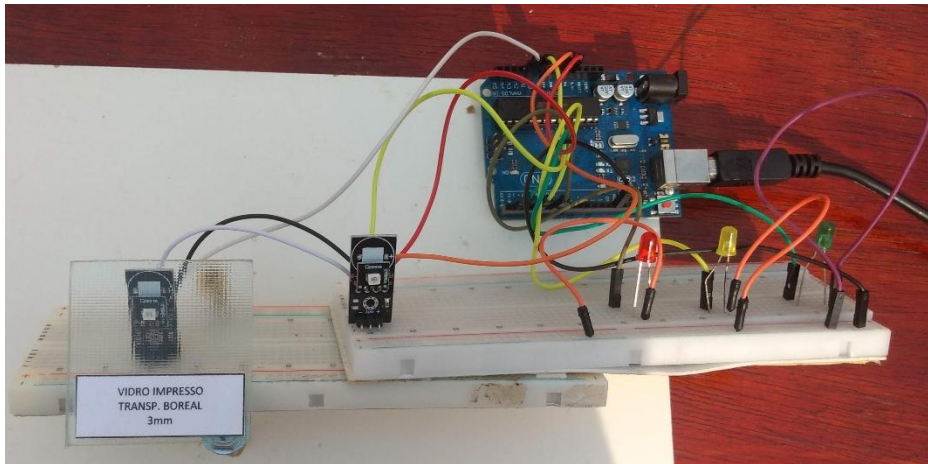
Fonte: Autoras, 2019

Figura 41 - Vidro Impresso Antílope



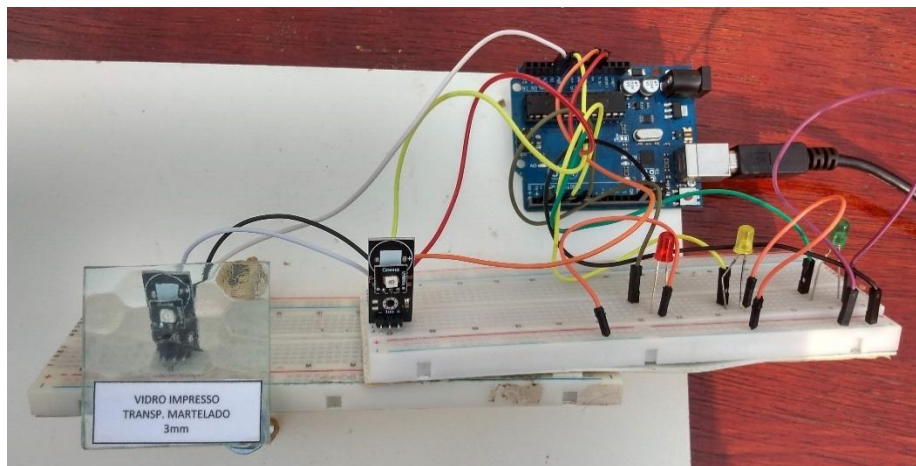
Fonte: Autoras, 2019

Figura 42 - Vidro Impresso Boreal



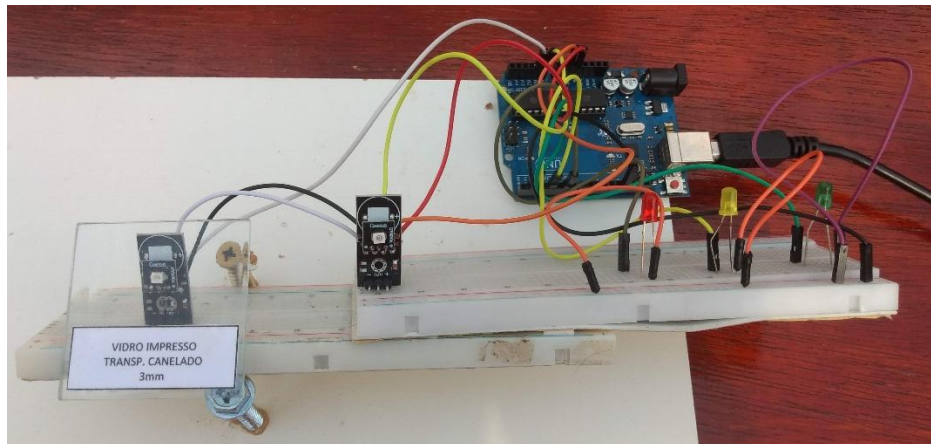
Fonte: Autoras, 2019

Figura 43 - Vidro Impresso Martelado



Fonte: Autoras, 2019

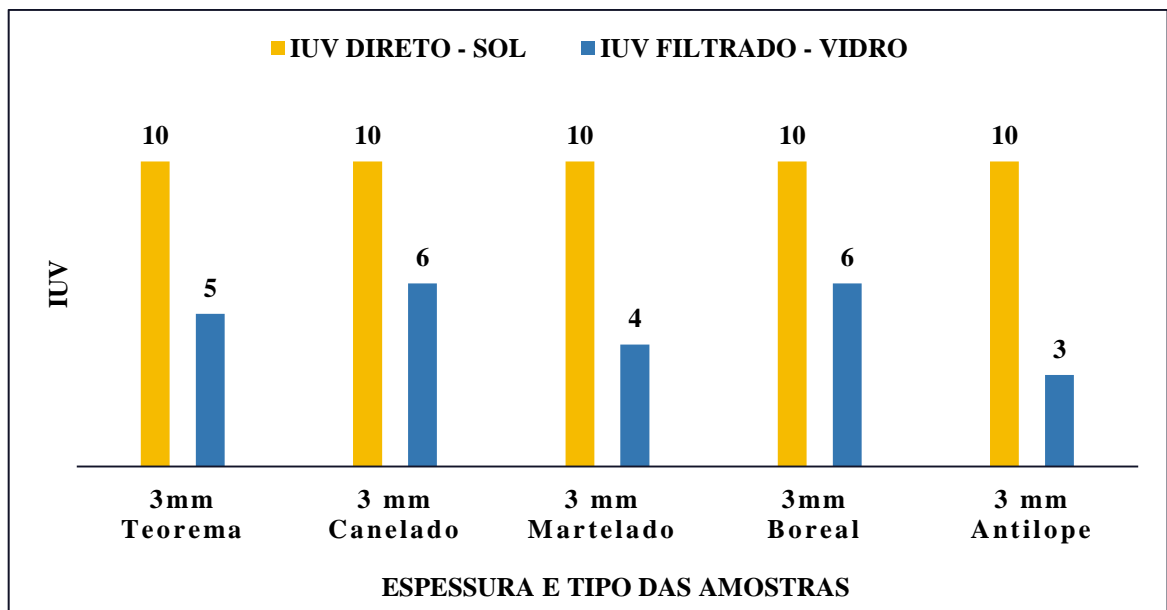
Figura 44 - Vidro Impresso Canelado



Fonte: Autoras, 2019

De acordo com a ABRAVIDRO, (2019) os desenhos neles impressos possuem a propriedade de difundir a luz e a radiação solar. Apesar de não serem destinadas para a finalidade de bloqueio de radiação UV, todas as amostras ensaiadas obtiveram redução significativa em relação ao IUV direto como explicito no Gráfico 12.

Gráfico 12 – Vidros Impressos



Fonte: Autoras, 2019

Dentre todos os vidros impressos analisados constatou-se que os vidros Canelado e Boreal obtiveram o maior percentual de redução no índice IUV, alcançando 60% de bloqueio de radiação.

As demais amostras Teorema, Martelado e Antílope também corresponderam bem ao ensaio, reduzindo o IUV igual a 10 correspondente a leitura direta, para IUV 5, 4 e 3 respectivamente, índices estes considerados moderados de acordo com a Tabela 3.

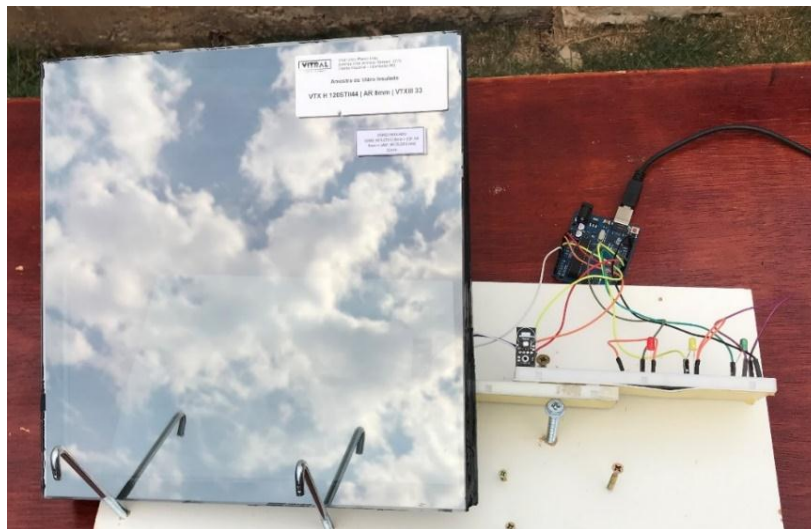
4.5.12 Vidro Insulado

Para este ensaio obteve-se apenas uma amostra com espessura total de 22 mm, sendo composta por um vidro laminado refletivo champagne de 8 mm, espaçamento de ar de 8 mm, e laminado incolor de 6 mm, do fornecedor denominado como “W”, exposto na Figura 45.

Os vidros insulados são utilizados principalmente com o intuito de bloqueio acústico e térmico, tendo também outras finalidades a eles conferidos mediante a sua composição.

Devido a singularidade da amostra, o intuito deste estudo foi medir sua eficiência em relação ao bloqueio de radiação UV e compara-lo aos demais vidros testados.

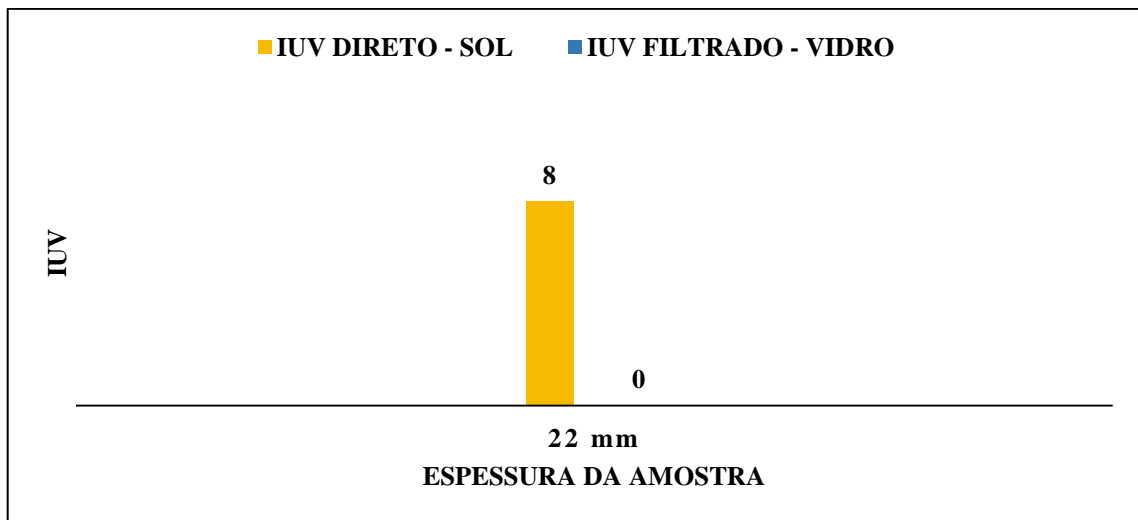
Figura 45 - Vidro Insulado



Fonte: Autoras, 2019

No momento do ensaio, o índice IUV se encontrava em 8, classificado como muito alto pela Tabela 3 e reduziu-se para 0 ao ser sobreposto ao sensor. Esta amostra obteve eficiência aproximada de 100%, tendo em vista que o fabricante oferece um bloqueio de cerca de 99%, conferindo então alto desempenho, visto as expectativas. O resultado está indicado no Gráfico 13 abaixo.

Gráfico 13 - Vidro Insulado



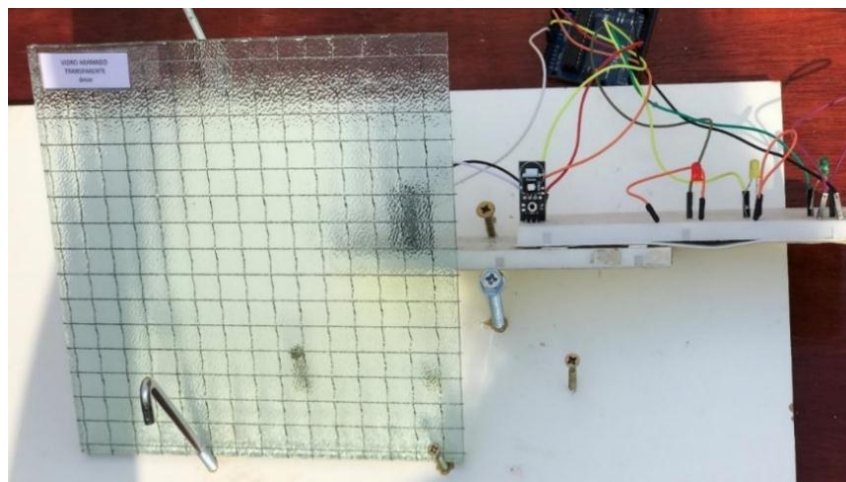
Fonte: Autoras, 2019

4.5.13 Vidro Aramado

Os vidros aramados possuem utilização principalmente em guarda-corpos, fachadas, coberturas, portas, muros e janelas, por este motivo foi objeto deste estudo.

Foi possível a obtenção de apenas uma amostra, especificada como incolor e com espessura de 6 mm. Esta foi a última a ser testada neste trabalho e está exposta na Figura 46.

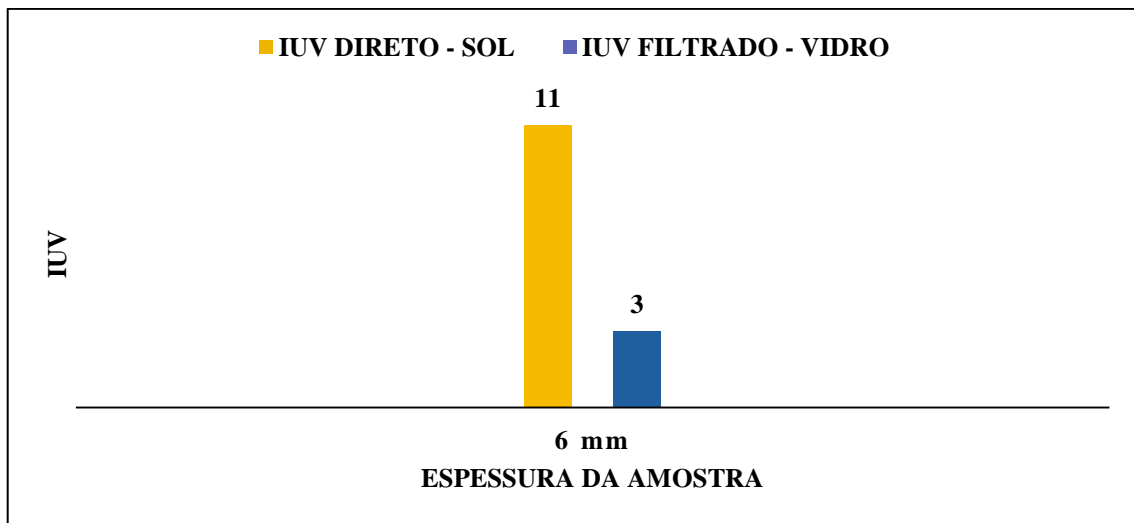
Figura 46 - Vidro Aramado



Fonte: Autoras, 2019

No momento de teste, o índice UV foi identificado como 11 sendo este classificado como extremo, de acordo com a Tabela 3 deste trabalho. O vidro obteve resultado satisfatório ao bloquear cerca de 72,7% dos raios incidentes no momento do ensaio, dados estes que estão demonstrados no Gráfico 14 abaixo.

Gráfico 14 - Vidro Aramado



Fonte: Autoras, 2019

Para melhor visualização e compreensão dos resultados, elaborou-se a Tabela 7 na qual foram especificados o tempo de exposição ao sol, o IUV direto, o IUV filtrado pelos vidros, enfatizando suas respectivas categorias e por fim o percentual de barreira UV alcançado por cada uma das amostras ensaiadas e no Gráfico 15, é possível visualizar o resumo de resultados. Todos os dados foram separados devidamente pelo número da amostra, apresentados na Tabela 6 (p. 45).

Tabela 7 - Resultados dos Ensaio

(continua)

AMOSTRA	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	IUV SOL	CATEGORIA IUV	IUV FILTRADO	CATEGORIA IUV	BARREIRA (%)
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	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
7	12:30 – 13:15	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
8	13:15 – 14:00	12	Extremo	2	Baixo	83,33
9	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
10	11:45 – 12:30	12	Extremo	3	Moderado	75,00
11	12:30 – 13:15	12	Extremo	1	Baixo	91,76
12	13:15 – 14:00	11	Extremo	0	Baixo	100,00
13	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	1	Baixo	90,00
14	11:45 – 12:30	11	Extremo	0	Baixo	100,00

Tabela 7 – Resultados dos Ensaios

(conclusão)

AMOSTRA	PERÍODO DE EXPOSIÇÃO	IUV SOL	CATEGORIA IUV	IUV FILTRADO	CATEGORIA IUV	BARREIRA (%)
15	12:30 – 13:15	9	Muito Alto	4	Moderado	55,56
16	13:15 – 14:00	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
17	11:00 – 11:45	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
18	11:45 – 12:30	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
19	12:30 – 13:15	9	Muito Alto	1	Baixo	88,89
20	13:15 – 14:00	10	Extremo	0	Baixo	100,00
21	11:00 – 11:45	8	Muito Alto	1	Baixo	87,50
22	11:45 – 12:30	9	Muito Ato	0	Baixo	100,00
23	12:30 – 13:15	10	Muito Alto	0	Baixo	100,00
24	13:15 – 14:00	9	Muito Alto	0	Baixo	100,00
25	11:00 – 11:45	8	Muito Alto	0	Baixo	100,00
26	11:45 – 12:30	10	Muito Alto	5	Moderado	50,00
27	12:30 – 13:15	10	Muito Alto	6	Alto	40,00
28	13:15 – 14:00	10	Muito Alto	4	Moderado	60,00
29	11:00 – 11:45	10	Muito Alto	6	Alto	40,00
30	11:45 – 12:30	10	Muito Alto	3	Moderado	70,00
31	12:30 – 13:15	11	Extremo	3	Moderado	72,73

Fonte: Autoras, 2019

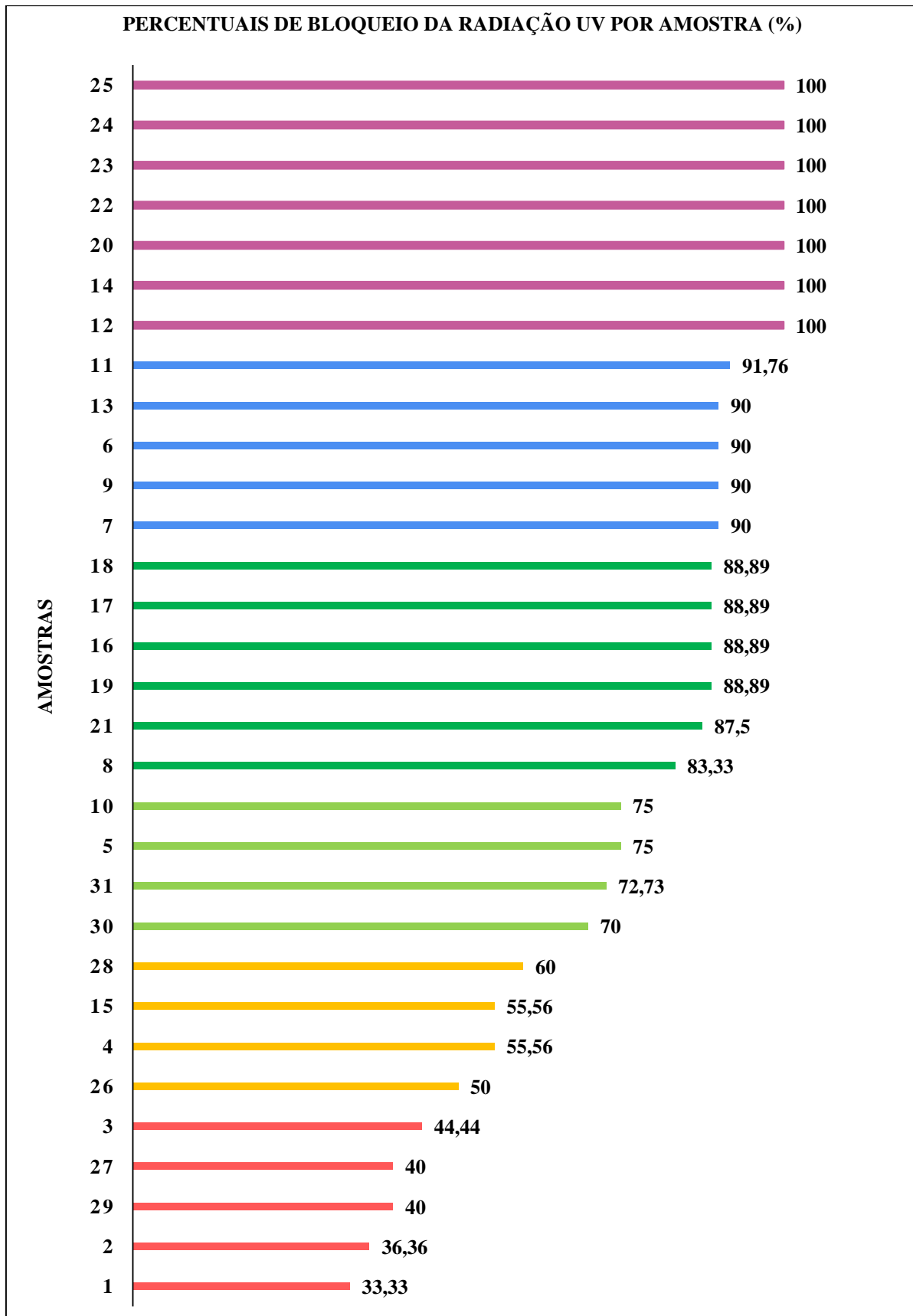
Legenda: Categoria IUV dada de acordo com a Tabela 3 deste estudo. Período de exposição dado em horário do dia, computando um total de 45 minutos de duração.

Fica nítido na Tabela 7 que todos os tipos de vidros utilizados reagiram de maneira satisfatória ao estudo, a maior parte deles reduzindo significativamente o IUV captado pelo sensor direto, suavizando índices descritos como muito altos ou até mesmo extremos, considerados prejudiciais à saúde, para índices baixos e moderados.

De um total de trinta e um vidros ensaiados, as amostras 12, 14, 20, 22, 23 e 24 foram as que mais se destacaram, obtendo aproximadamente 100% de bloqueio como demonstrado no Gráfico 15 abaixo, tendo em vista que captaram índices UV zerados. Vale ressaltar que tal destaque se deve principalmente ao fato de se tratarem de vidros do tipo refletivos, com exceção da amostra 14.

Os resultados estão dispostos no Gráfico 15 de forma decrescente, de acordo com o percentual de eficiência de bloqueio dos raios UV e, as cores demonstram o grau de eficiência dos resultados, em vermelho os resultados classificados como baixos, em amarelo e verde claro, medianos, em verde escuro e azul, eficiência alta e em roxo, resultados máximos.

Gráfico 15 - Resumo dos resultados dos ensaios



Fonte: Autoras, 2019

Como já explicado anteriormente os vidros refletivos são fabricados de acordo com a ABRAVIDRO, (2019) com o intuito de realizar controle solar em relação a transmissão e reflexão de luz e calor, sendo estes utilizados principalmente em fachadas e devido a este fato apresentam maior potencial em relação aos demais.

Ainda de acordo com o Gráfico 15, pode-se constatar que as amostras 1 e 2 referentes ao vidro *float* incolor 3 e 4 mm respectivamente, foram as que menos se sobressairam, alcançando percentual de barreira de pouco mais de 30%.

Este resultado pode ser esclarecido enfatizando-se algumas circunstâncias. O vidro *float* de acordo com a ABRAVIDRO, (2019) não recebe por si só nenhum tipo de tratamento, a espessura mais fina juntamente com a ausência de coloração também se mostraram fatores determinantes no processo de interceptação como já supracitado anteriormente.

4.6 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO

Analisando os resultados apresentados na Tabela 7 (4.6), nota-se quais tipos de vidros possuem melhor eficiência de bloqueio da radiação UV incidente. Tendo em vista a utilização destes na construção civil, é importante destacar a relação custo-benefício entre os variados tipos de vidros analisados, mostrando quais são os mais recomendados quando se trata de proteção solar e seu custo em relação aos demais que não obtiveram percentuais de bloqueios satisfatórios, porém são demasiadamente utilizados.

Vale ressaltar que nem todos os vidros analisados possuem a finalidade de proteção de contra raios UV, porém entraram neste estudo por se encaixarem na categoria dos vidros mais utilizados no setor da construção civil, enfoque deste trabalho.

De acordo com PKO (2018), a diferença de custo entre uma janela de vidro comum em comparação a uma janela em vidro com proteção solar, se dá por um percentual de 13%, sendo que o custo médio do metro quadrado do vidro incolor 4 mm seria de R\$113,00 e o de um vidro refletivo cinza com proteção solar de R\$220,00.

Com base nos resultados obtidos os ensaios e nos orçamentos coletados, a Tabela 8 a seguir demonstra o custo médio por metro quadrado de chapa de vidro, cotado em pelo menos três empresas fornecedoras, das amostras que obtiveram os resultados iguais ou acima de 60% de eficiência. Preços estes coletados no dia 04 de novembro de 2019.

Tabela 8 - Relação Custo Benefício

GRUPO	TIPO	ESPESSURA	COR	EFICIÊNCIA MÉDIA (%)	PREÇO MÉDIO (R\$)
01	Float	3 mm	Verde	90	46,85
		4 mm	Fumê	82,77	61,20
			Verde	75	57,70
		6 mm	Fumê	90	82,05
			Bronze	91,76	75,00
02	Temperado	8 mm	Verde	90	115,00
			Fumê	100	124,20
			Refletivo	100	136,62
03	Laminado	8 mm	Refletivo	97,22	199,83
			Incolor	88,89	169,87
			Fumê	88,89	197,48
		10 mm	Bronze	88,89	196,61
			Verde	87,5	216,74
12 mm	Acidado	100	298,00		
04	Impresso	3 mm	Incolor	60	38,82
05	Aramado	6 mm	Incolor	72,73	149,02
06	Insulado	22 mm	Refletivo	100	531,66

Fonte: Autoras, 2019

É possível analisar a diferença de preço em relação aos diferentes tipos de vidros apresentados. Tendo em vista que a utilização destes são em grande parte as mesmas, destacando-se para fachadas, janelas e portas, permite-se fazer uma relação custo benefício entre eles, indicando o melhor vidro a ser utilizado de acordo com a necessidade do consumidor.

Analisando os vidros componentes do grupo 01, os que obtiveram resultados percentuais de bloqueio iguais e acima de 90 %, possuem uma diferença de 11,93% sendo mais onerosos que os demais. Na análise feita por espessura, as amostras de 4 mm são 26,89% mais caras que as de 3 mm e representam 32,07% de economia em relação as 6 mm.

O grupo 2 apresenta três análises de vidros temperados com resultados satisfatórios quanto ao bloqueio de IUV, sendo que a diferença de preço entre o vidro verde em relação aos de coloração fumê e refletivo é de 8% e 18,8% respectivamente.

Os vidros laminados compõe o grupo 3 com seis amostras. A análise pode ser feita em relação as espessuras das mesmas e aos percentuais de bloqueio. O vidro com percentual igual a 97,22% de eficiência, possui um custo maior de 2,33% em relação as amostras de eficiência na faixa de 80 a 90%, e a amostra que obteve 100% possui um custo mais elevado em 34,19% que os demais vidros do grupo.

Se tratando das espessuras, os valores se elevam mediante a elas e a coloração de cada vidro, sendo que a amostra de espessura igual a 12 mm custa em média R\$81,26 a mais que a de 10 mm e R\$ 107,05 a mais que as de 8 mm. Demonstrando que dependendo de seu uso, em especial as fachadas, o vidro laminado refletivo que obteve percentual de bloqueio igual a 97,22 % é vantajoso em relação aos demais, porém se a intenção for um aspecto fosco, com proteção, o vidro acidado com 100% de eficiência se mostra uma boa opção.

As demais análises podem ser feitas de um modo geral entre os grupos, comparando-os por tipo de vidro ensaiado, eficiência de bloqueio IUV e por fim, o custo entre eles.

Os grupos 01, 03, 04 e 05 possuem amostras com desempenhos abaixo de 90 % até 60%, com faixa de custo médio de R\$ 38,82 a R\$ 216,74, mostrando uma diferença percentual de 82,08% no preço destas. Os grupos apresentam amostras de vidros *float*, laminado, impresso e aramado.

As amostras com eficiência igual ou acima de 90%, possuem faixa de custo médio entre R\$ 46,85 a R\$ 531,66, uma diferença de aproximadamente 91,19%. Porém, a amostra de custo mais elevado é classificada como vidro insulado, com espessura de 22 mm, composto por chapas de vidros laminados, enquanto o de menor custo se trata de um vidro *float* 3 mm. Se tratando de questões características, o vidro insulado possui não só redução do índice UV, mas também vantagem de maior resistência mecânica, conforto térmico e redução no custo de energia, assim como especificado no catálogo do fabricante.

Considerando que este tipo de relação deve conciliar a funcionalidade e preço viável, dentre todas as amostras analisadas observou-se por meio das informações obtidas que os vidros temperados se destacaram neste sentido.

Desta categoria, das três amostras ensaiadas, duas delas alcançaram eficiência máxima, unindo isto a sua elevada resistência, bem como ao seu preço mais acessível em relação aos demais com o mesmo desempenho, este se tornaria o vidro com melhor custo benefício de acordo com as aplicações apresentadas, expondo uma diferença monetária de aproximadamente 47% menor, em relação ao vidro laminado de mesma espessura e coloração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo dos objetivos propostos infere-se que os resultados alcançados foram satisfatórios, uma vez que se possibilitou pontuar e apresentar a diferença entre o potencial de barreira UV atingido por cada um dos tipos de vidros ensaiados, e ainda, compara-los entre si e aos fatores indicados pelos fabricantes.

Vidros com características como, finalização laminada, coloração refletiva, fumê ou bronze, espessura maior ou igual a 8 mm, insulados, temperados, promovem maior bloqueio contra raios UV, já que os mesmos apresentaram resultados acima de 60%. Sendo assim recomendados aos consumidores que buscam conforto e proteção contra a radiação incidente.

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

Quanto a relação custo benefício, é importante destacar que esta dependerá principalmente da aplicação para o qual o vidro será empregado, considerando que para certas utilizações esta característica não se faz fundamental.

Contudo baseado nos estudos e orçamentos realizados, como ressaltado anteriormente, o vidro temperado tem sido uma ótima opção no setor da construção civil, uma vez que é demasiadamente utilizado, pois o mesmo une aspectos como segurança, resistência, proteção e preço acessível, fatores estes considerados fundamentais no emprego de qualquer material em uma obra.

Diversas empresas não se manifestaram quanto aos índices prometidos, pois alegaram que estudos deste 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 catálogos dos fabricantes de vidros, haja vista que nem todos se preocupam em oferecer a seus clientes uma segurança em relação à proteção contra a radiação UV.

O Engenheiro Civil tem papel fundamental nesse processo de apropriação e divulgação deste tipo de conhecimento, já que se encontram em contato direto com o consumidor e poderão dessa forma propor projetos que atentem para esta questão ambiental, principalmente neste momento em que a sociedade como um todo, tem se preocupado com a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681. Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 293. Terminologia De Vidros Planos E Dos Componentes Acessórios A Sua Aplicação.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14697. Vidro. Laminado: Características, Requisitos E Métodos De Ensaio.** Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Boxes De Banheiro Fabricados Com Vidros De Segurança: NBR 14207,** 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7199. Vidros Na Construção Civil.** Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 297. Vidro Impresso: Características, Requisitos E Métodos De Ensaio.** Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16015. Vidro Insulado: Características, Requisitos E Métodos De Ensaio.** Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14698. Vidro Temperado: Características, Requisitos E Métodos De Ensaio.** Rio de Janeiro, 2001.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 295. Vidro Aramado.** Rio de Janeiro, 2004.

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.

ABRAVIDRO. **Benefícios Em Dose Dupla.** 2017. Disponível Em: <<https://Abravidro.Org.Br/Vidros-Insulados-Beneficios/>>. Acesso Em: 01 Maio 2019.

AEC WEB. **Vidro Insulado.** 2017. Disponível Em: <https://Www.Aecweb.Com.Br/Prod/E/Vidro-Insulado_108_5806>. Acesso Em: 01 Maio 2019.

AKERMAN, Mauro. **Escola Do Vidro: Introdução Ao Vidro E Sua Produção.** [S.L.]: Abividro, 53 P., 2013.

ALVES, O.L.; GIMENEZ, I.F.; MAZALI, I.O. **Vidros, Cadernos Temáticos - Química Nova Na Escola,** São Paulo, V.24, N.2, P.9-19, 2001.

ALLUCI, Marcia Peinado. Banco De Dados: **Características Térmicas, Luminosas E Acústicas De Vidros Planos E Plásticos Translúcidos.** Departamento De Tecnologia Da

Fauusp/Sequência De Conforto Ambiental.2001. Disponível Em:
[Http://Www.Usp.Br/Fau/Deptecnologia/Docs/Bancovidros/](http://www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/)Acesso Em: 21 Abril 2019.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **C162-05 (2015): Standard Terminology Of Glass And Glass Products**. West Conshohocken, Pa: Astm International, 2015. Disponível Em: <[Http://Www.Astm.Org/Cgi-Bin/Resolver.Cgi?C162](http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C162)>. Acesso Em: 02 Abr. 2019.

APRIMATIC, Nova. **Vidro Laminado**. 2015. Disponível Em:
 <[Https://Www.Novvaaprimatic.Com.Br/Blog/Vidro-Laminado-Ou-Temperado-Qual-A-Melhor-Opcao/](https://www.novvaaprimatic.com.br/blog/vidro-laminado-ou-temperado-qual-a-melhor-opcao/)>. Acesso Em: 25 Abr. 2019.

ASHBY, Michael F.; JONES, David. **Engenharia Dos Materiais** Vol. 2. [S.L.]: Elsevier, 2007. 451 P.

AZEREDO, Hélio Alves De. **O Edifício E Seu Acabamento**. São Paulo: Blucher, 1987. 178 P. (Reimpressão 2006).

BALOGH, Tatiana Santana Et Al. Proteção À Radiação Ultravioleta: Recursos Disponíveis Na Atualidade Em Fotoproteção. **Anais Brasileiros De Dermatologia**, [S.L.], V. 86, N. 4, P.732-742, Ago. 2011. Fapunifesp (SciELO). [Http://Dx.Doi.Org/10.1590/S0365-05962011000400016](http://dx.doi.org/10.1590/S0365-05962011000400016).

BANSAL, N. P.; DOREMUS, R. H. **Handbook Of Glass Properties**. [S.L.] Academic Press, 1986.

BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Tipos De Câncer: Câncer De Pele Melanoma**. 2018. Disponível Em:
 <[Https://Www.Inca.Gov.Br/Tipos-De-Cancer/Cancer-De-Pele-Melanoma](https://www.inca.gov.br/Tipos-De-Cancer/Cancer-De-Pele-Melanoma)>. Acesso Em: 23 Abril 2019.

BRINCANDO COM IDEIAS. **Sensor De Raios Uv Com Arduino. 2019**. Disponível Em <[Https://Www.Youtube.Com/Watch?V=791uv5simmc](https://www.youtube.com/watch?v=791uv5simmc)> Acesso Em: 25 Setembro 2019.

CALLISTER JR., WILLIAM D. **Ciência E Engenharia De Materiais: Uma Introdução**. 5.Ed. Rio De Janeiro: Ltc, 2002.

CANEVAROLO Junior, Sebastião V.. **Ciência Dos Polímeros: Um Texto Básico Para Tecnólogos E Engenheiros**. 2. Ed. São Paulo: Artilber Editora, 2002.

CEBRACE. **A História Do Vidro**. 2015. Disponível Em:
 <[Http://Www.Cebrace.Com.Br/#!/Enciclopedia/Interna/A-Historia-Do-Vidro](http://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/a-historia-do-vidro)>. Acesso Em: 19 Abr. 2019.

CEBRACE. **A Composição Do Vidro**. 2015. Disponível Em:
 <[Http://Www.Cebrace.Com.Br/#!/Enciclopedia/Interna/A-Composicao-Do-Vidro](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](http://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/o-processo-de-fabricacao)>. Acesso Em: 10 Mar. 2019.

CEBRACE. **Linha Habitat**. 2019. Disponível em: <<http://www.cebrace.com.br/#!/produtos/obras-residenciais/linha-habitat>> Acesso em 10 Out. 2019.

CEBRACE. **Linha Habitat**. 2019. Disponível em: <http://www.cebrace.com.br/Arquivos/Product/18/18_folheto.pdf> Acesso em 10 Out. 2019.

CEBRACE **Vidro Laminado**. 2019. Disponível em: <<http://www.cebrace.com.br/Arquivos/Download/16/16.pdf>> Acesso em 5 Out. 2019.

CPTEC. **Radiação UV e Saúde Humana**. [2010]. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em: 20 set. 2019.

CPTEC. **O que é Radiação Ultravioleta?** [2010]. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em: 20 set. 2019.

CPTEC. **O que é índice Ultravioleta (IUV)?** 2010. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/uv/>>. Acesso em: 20 set. 2019.

CLEDWYN-DAVIES, D. N. **Float in Glass Architecture**. *Glass Technology*, V.34, N.6, P. 223-228, 1993.

CNV VIDROS. **Vidro Impresso**. 2017. Disponível Em: <[Http://Www.Cnvvidros.Com.Br/Vidro-Impresso](http://www.cnvvidros.com.br/vidro-impresso)>. Acesso Em: 03 Maio 2019.

CORRÊA, Marcelo De Paula. **Índice Ultravioleta: Avaliações E Aplicações**. 2003. 311 F. Tese (Doutorado) - Curso De Meteorologia, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2003.

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.

D'ORAZIO, John Et Al. **Uv Radiation And The Skin**. *International Journal Of Molecular Sciences*, [S.L.], V. 14, N. 6, P.12222-12248, 7 Jun. 2013. Mdpi Ag. [Http://Dx.Doi.Org/10.3390/ijms140612222](http://dx.doi.org/10.3390/ijms140612222).

EL-MALLAWANY, R. **The Optical Properties Of Tellurite Glasses**. *Journal Of Applied Physics*, New York, V. 5, N. 72, P.1774-1777, 1992.

FARADAY, M. **Chemical Manipulation: Being Instructions To Students In Chemistry, On The Methods Of Performing Experiments Of Demonstration Or Of Research, With Accuracy And Success**. London- Murray, 1830.

FELIPEFLOP. **Sensor De Raio Ultravioleta Uv Uvm 30 A**. 2019. Disponível Em <[Https://Www.Filipeflop.Com/Produto/Sensor-De-Raio-Ultravioleta-Uv/](https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-raio-ultravioleta-uv/)> Acesso Em: 25 Setembro 2019.

FELIPEFLOP. **Medidor de Índice UV com Arduino**. 2015. Disponível Em < [Https://https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino//](https://www.filipeflop.com/blog/medidor-de-indice-uv-com-arduino/)> Acesso Em: 25 Setembro 2019.

ERENCE, M. Jr.; Lemon, H., B.; Stephenson, R., J. **Curso De Física: Calor** (Edgar Blücher Ltda, São Paulo, S.D.), P. 8-15.

GERE, James M. – **Mecânica Dos Materiais** – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2010. 698 P.

GUPTA, Prabhat K. **Non-Crystalline Solids: Glasses And Amorphous Solids**. Journal Of Non-Crystalline Solids. Columbus, Oh., P. 158-164. Jul. 1996.

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

GUTZOW, Ivan S. Et Al. **Glasses And The Glass Transition**. Weinheim: Wiley Vch, 2011.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos Da Física 4.10º**. Ed. São Paulo: Ltc, 2016.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo**. 9. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012. 355 p. (Volume 3).

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; **Fundamentos da Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica** . 10. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2016. 314 p. (Volume 2).

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

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 820 p.

ICE-INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS (Uk). **Ice Manual Of Structural Design: Buildings**. London: Ice Publishing, 2012.

INOVGlass. **Vidro Laminado E Vidro Temperado. Sabe A Diferença?** 2019. Disponível Em: <[Http://Www.Inovglass.Com.Br/Blog/Vidro-Laminado-E-Vidro-Temperado.-Sabe-A-Diferenca--63---/4/%3c?=&Dir?%3e/Home/](http://www.inovglass.com.br/blog/vidro-laminado-e-vidro-temperado.-sabe-a-diferenca--63---/4/%3c?=&Dir?%3e/Home/)>. Acesso Em: 15 Maio 2019.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. **Ozônio E Radiação Uv-B**. São José Dos Campos: Transtec Editorial, 66 P., 1995.

KRAUSE. D. Glasses In: Martienssen, W. Warlimont H. (Eds). **Springer Handbook Of Condensed Matter And Materials Data**. Berlin Heidelberg. Springer. P 523-572, 2005.

LEBEDEV, A.A. (1921) **Tr. Gos. Opt. Inst.** 2, 1-20.

MARTINS, João Guerra; Pinto, Emanuel Lopes. **Materiais De Construção I – O Vidro**. 1º Ed. Porto: Faculdade De Engenharia Civil Da Universidade Do Porto, 2004.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. [tradução Rafael Zanolli]. – São Paulo: Novatec Editora, 2011. 22 - 24 p.

MONTANO, Paulo Fernandes; Bastos, Hugo Bertha. **A Indústria De Vidro Plano: Conjuntura Atual E Perspectivas**. Bndes Setorial, Rio De Janeiro, N. 38, P. 265-290, Set. 2013.

MOREY, George W. **The Properties Of Glass**. New York: Reinhold Publishing Corporation, 561 P., 1983.

MULTPAINEL. **Vidro Float, O Que É?** 2018. Disponível Em: <<https://www.multipainel.com.br/blog/vidro-float-o-que-e/>>. Acesso Em: 19 Abr. 2019.

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

NEWTON, R.G.; Davison, S. **Conservation Of Glass For Series**. [S.L.]: Butterworths, 1989.

OLIVEIRA, Marcia Maria Fernandes De. **Radiação Ultravioleta/ Índice Ultravioleta E Câncer De Pele No Brasil: Condições Ambientais E Vulnerabilidades Sociais**. Revista Brasileira De Climatologia, Paraná, V. 13, N. 9, P.60-73, Jul/Dez 2013.

OKUNO, Emico; YOSHIMURA, Elisabeth Mateus. **Física Das Radiações**. [S.L.]: Oficina De Textos, 296 P, 2010.

PKO, Universo Transparente. **Descubra como usar muito vidro na construção e ser econômico!** Disponível em < <https://site.pkodobrasil.com.br/blog/usar-muito-vidro-pode-ser-economico/>> Acesso em 30 Out. 2019.

PKO, Universo Transparente. **Vidro de Controle Solar**. Disponível em< <https://site.pkodobrasil.com.br/produto/vidro-de-controle-solar/>> Acesso em 13 Dez. 2019.

QURESHI, Abrar A.. **Geographic Variation And Risk Of Skin Cancer In Us Womendifferences Between Melanoma, Squamous Cell Carcinoma, And Basal Cell Carcinoma**. Archives Of Internal Medicine, [S.L.], V. 168, N. 5, P.501-507, 10 Mar. 2008. American Medical Association (Ama). [Http://Dx.Doi.Org/10.1001/Archinte.168.5.501](http://dx.doi.org/10.1001/archinte.168.5.501).

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

SHELBY, J.E.; Lopes, M. **Introduction To Glass Science And Technology**. Cambridge: The Royal Society Of Chemistry, 2005.

SOUSA, Edicarlos Pereira De. **Cinética De Cristalização Em Vidros Teluritos Do Sistema Tlwn**. 2013. 88 F. Monografia (Especialização) - Curso De Ciência Dos Materiais, Unesp, Ilha Solteira, 2013.

TOURNIER, Robert F. **Thermodynamic Origin Of The Vitreous Transition**. Materials, France, V. 4, N. 2011, P.869-892, Maio 2011.

VIDRAÇARIA DEL MOTA. **Vidro Aramado**, 2019. Disponível Em <
<<https://Vidracariadelmota.Com.Br/Vidros-Diversos/>> Acesso Em 07 Maio 2019.

REVISTA VIDROS IMPRESSOS. **Vidros Comuns E Temperados**. 2019. Disponível Em:
<<https://vidroimpresso.com.br/noticia-setor-vidreiro/rede-habitat-anuncia-lancamentos-para-2018>>. Acesso Em: 13 Dezembro 2019.

VIDROS, MARTIONE. **Vidros Comuns E Temperados**. 2019. Disponível Em:
<<https://Martionevidros.Com.Br/Produtos/Vidros-Comuns-E-Temperados>>. Acesso Em: 10 Maio 2019.

VITRAL. **Vidro Monolítico Comum**. Disponível em
<http://www.vitral.com.br/1869/Produtos/Comum_40692/ > Acesso em 20 Out. 2019

VITRAL. **Vidro Laminado - Laminado Refletivo de Controle Solar** Disponível em
<http://www.vitral.com.br/1869/Produtos/LaminadoRefletivoDeControleSolar_40769/ >
Acesso em 29 Set. 2019

WESTPHAL, Fernando Simon. **Manual Técnico Do Vidro Plano Para Edificações**. São Paulo: Abividro, 174 P. 2016.

WIGGINTON, **Glass In Architecture**. 1 Ed. Phaidon. 320p. 1996

WILTRONICS. **Uv Detector Sensors**. 2019. Disponível Em <
<<https://Www.Wiltronics.Com.Au/Product/9273/Uv-Detection-Sensor/>> Acesso Em 02 Outubro 2019.

ZACHARIASEN, W.H. **The Atomic Arrangement In Glass**. **Journal Of The American Chemical Society**. V. 54, P. 3841-3851, 1932.

ZARZYCKI, J. **Glasses and The Vitreous State**. Cambridge: Cambridge University Press, 511 P.1991.

APÊNDICE A - CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO UTILIZADO NESTE ESTUDO

```
// INCLUSÃO DE BIBLIOTECAS

// DEFINIÇÕES DE PINOS
#define pinLedVermelho 6
#define pinLedAmarelo 4
#define pinLedVerde 2

#define pinSensorUV A0
#define divisor 20
#define pinSensorUV_vidro A1
#define divisor 20

// DEFINIÇÕES
#define liga HIGH
#define desliga LOW

#define DEBUG
// INSTANCIANDO OBJETOS

// DECLARAÇÃO DE FUNÇÕES

// DECLARAÇÃO DE VARIÁVEIS
int leituraUV=0; // VARIÁVEL PARA ARMAZENAR A LEITURA DA PORTA ANALÓGICA
byte indiceUV=0; // VARIÁVEL PARA ARMAZENAR A CONVERSÃO PARA INDICE UV
int leituraUV_vidro=0; // VARIÁVEL PARA ARMAZENAR A LEITURA DA PORTA ANALÓGICA
byte indiceUV_vidro=0; // VARIÁVEL PARA ARMAZENAR A CONVERSÃO PARA INDICE UV

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    pinMode(pinLedVerde, OUTPUT);
    pinMode(pinLedAmarelo, OUTPUT);
    pinMode(pinLedVermelho, OUTPUT);
    pinMode(pinSensorUV, INPUT);

#ifdef DEBUG
    Serial.println("Fim Setup");
#endif
}

void loop() {

    if (indiceUV >= 8){ // SE O INDICE FOR MAIOR OU IGUAL A 8 LIGA O LED VERMELHO

        digitalWrite (pinLedAmarelo , desliga);
        digitalWrite (pinLedVerde , desliga);
        digitalWrite (pinLedVermelho , liga);

    } else if (indiceUV >= 6){ // SE O INDICE FOR MENOR QUE 8 E MAIOR OU IGUAL A 6 LIGA O LED
    AMARELO E VERMELHO

        digitalWrite (pinLedAmarelo , liga);
        digitalWrite (pinLedVerde , desliga);
        digitalWrite (pinLedVermelho , liga);
    }
}
```

```

}else if (indiceUV >= 3){ // SE O INDICE FOR MENOR QUE 6 E MAIOR OU IGUAL A 3 LIGA O LED
AMARELO

digitalWrite (pinLedAmarelo , liga);
digitalWrite (pinLedVerde , desliga);
digitalWrite (pinLedVermelho , desliga);

}else { // SE O INDICE FOR MENOR QUE 3 LIGA APENAS O LED VERDE

digitalWrite (pinLedAmarelo , desliga);
digitalWrite (pinLedVerde , liga);
digitalWrite (pinLedVermelho , desliga);

}

delay(500); // DELAY PARA APROXIMAR AS MEDIDAS DO TEMPO DE RESPOSTA DO SENSOR
DE 500 mS

leituraUV = analogRead(pinSensorUV); // REALIZA A LEITURA DA PORTA ANALÓGICA
indiceUV = map(leituraUV, 0,203,0,10) ; // CONVERTE A FAIXA DE SINAL DO SENSOR DE 0V A 1V
PARA O INDICE UV DE 0 A 10.
leituraUV_vidro = analogRead(pinSensorUV_vidro); // REALIZA A LEITURA DA PORTA ANALÓGICA
indiceUV = map(leituraUV_vidro, 0,203,0,10) ; // CONVERTE A FAIXA DE SINAL DO SENSOR DE 0V
A 1V PARA O INDICE UV DE 0 A 10.
#ifdef DEBUG
Serial.print("Indice UV: ");
Serial.println(indiceUV);
Serial.print("Indice UV_vidro: ");
Serial.println(indiceUV);
#endif
}

// IMPLEMENTO DE FUNÇÕES

```

Fonte: Adaptado de BRINCANDO COM IDEIAS (2019)