

## **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA LUZ NATURAL SOBRE O AMBIENTE INTERNO DAS CONSTRUÇÕES, COM ÊNFASE EM VIDROS**

**Giovana Miti Aibara Paschoal<sup>1</sup>**

**Paula Silva Sardeiro Vanderlei<sup>2</sup>**

### **RESUMO**

A disponibilidade da luz natural nas regiões tropicais é enorme e esta deve ser usada de forma criteriosa. O desafio, portanto, é equilibrar sabiamente o ingresso da luz difusa, bloqueando o calor gerado pela luz solar direta, evitando problemas de conforto térmico. A luz natural oferece grandes vantagens e pode ser utilizada como estratégia para obter maior qualidade ambiental e eficiência energética em edificações. A proporção de raios ultravioleta (UV), visível (V) e infravermelho (IV) transmitidos através dos vidros varia de acordo com o tipo, espessura e ângulos de incidência. Esta pesquisa objetivou a compreensão das características de transmissão e reflexão no espectro (UV, V e IV) dos diferentes tipos de vidro. Por meio de ensaios em espectrofotômetro com amostras de diferentes tipos de vidro obteve-se que o vidro pontilhado transmite 90,62% na região do visível, também sendo o vidro que transmite maior porcentagem na região do infravermelho.

**Palavras-chave:** Construção civil. Iluminação natural. Transmissão espectral. Vidros.

---

<sup>1</sup> Acadêmica, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Curso de Engenharia Civil, giovanamitiap@hotmail.com

<sup>2</sup> Prof<sup>a.</sup>, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Departamento de Engenharia Civil-DEC, pssvanderlei@uem.br

## 1. INTRODUÇÃO

Fundamental na vida da maioria dos seres vivos, desde a produção de clorofila até os estímulos sensoriais e a orientação dos períodos do dia, a luz solar também ilumina ambientes, tornando-os melhor para o desenvolvimento humano em suas atividades. Foi preciso então direcionar essa luz, atendendo as necessidades de cada local e horário e utilizar de materiais e meios para sua passagem, dando destaque para vidros nas aberturas das construções. Com o uso de tecnologia, está cada vez mais aprimoradas as técnicas para permitir a iluminação natural no interior das edificações.

### 1.1. Luz Natural

A luz natural é a denominação para o conjunto de raios luminosos, provenientes do Sol. Segue então suas características principais e a explicação de seu comportamento.

#### 1.1.1. Classificação segundo a origem

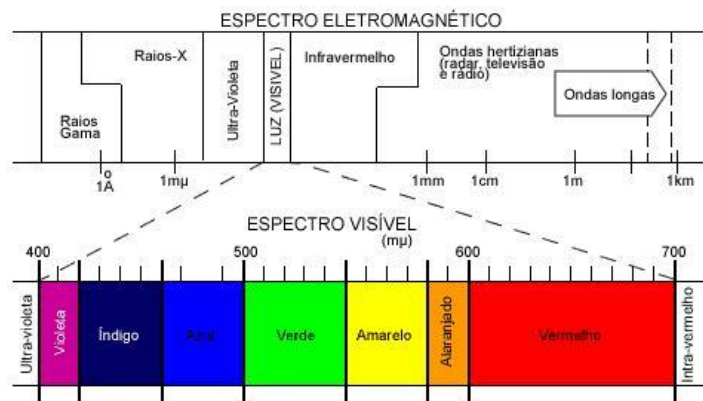
As fonte de luz natural podem ser diretas ou indiretas, de acordo com a classificação de Moore (1991, apud Macedo, 2002).

- Luz Direta do Sol: é uma fonte primária, logo emite luz própria. Composta de ondas eletromagnéticas de diferentes comprimentos, sendo separadas entre a parte visível ao olho humano, a ultravioleta e infravermelha, esta última, comumente associado ao calor. Seus raios iluminam o ambiente de forma direta ou indiretamente.
- Luz Direta e Difusa do Céu: raios luminosos de fonte solar e energia suficiente para iluminar um ambiente, que sofreram interferência de elementos do céu, por exemplo de nuvens, partículas, poeira, gases e umidade. Possui menor carga térmica e por isso é um tipo de luz muito usado quando se quer redução de gastos com energia artificial.
- Luz Indireta: é a iluminação proveniente de uma fonte secundária.

#### 1.1.2. Espectro eletromagnético e cores

Espectro eletromagnético é a composição de frequências da radiação eletromagnética. A figura 1 demonstra a faixa de frequências para cada tipo de onda. Seguindo a sequência crescente de comprimento e decrescente de frequência de onda, respectivamente, temos a luz ultravioleta (UV), luz visível (V) e luz infravermelha (IV).

Segundo Dantas (2011), a radiação eletromagnética da luz visível tem comprimento de onda de 400 a 700 nm, que varia do violeta ao vermelho. Essa faixa de cores é possível de ser reconhecida e vista pelo olho humano, por isso o destaque.



**Figura 1 - Espectro magnético da luz com ênfase no visível**

Fonte: Cor e Frequência (2016)

Cor pode ser explicada também como uma qualificação da percepção visual, dada pela combinação entre elementos: um cromático e um acromático. Caracteriza-se por nomes de cores cromáticas (amarelo, alaranjado, pardo, vermelho, rosa, etc.), ou nomes de cores acromáticas (preto, cinza, branco, entre outras). Pode receber um adjetivo quanto a luminosidade, como claro, fosco, luminoso, etc. (NBR 5461/1991).

### 1.1.3. Comportamento diante de objetos

De acordo com Bear et al (2002), reflexão é o fenômeno em que a luz incide sobre uma superfície de um meio e retorna dentro do mesmo. Outra ação é da absorção, que é a transferência de energia da luz para uma molécula ou superfície. Os pigmentos têm a propriedade de absorver energia da luz de até certo comprimento de onda e refletir a energia dos demais e quanto ao ser humano, as células fotorreceptoras da retina do olho, sensíveis à luz, contêm pigmentos que utilizam a energia absorvida da luz para gerar mudanças no potencial da membrana. Já a refração é a mudança de direção do raio de luz após incidir em um meio. Isso acontece porque o índice de refração de cada meio é diferente, influenciando assim na velocidade da luz.

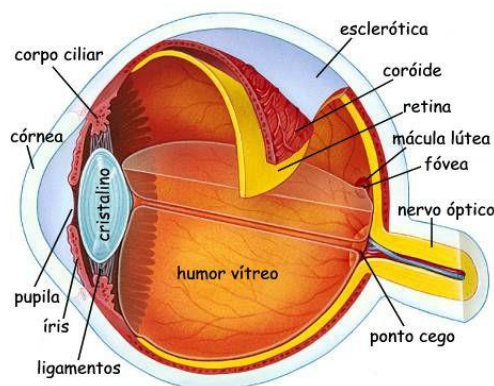
## 1.2. Ser Humano

A visão é um dos cinco sentidos do corpo humano e permite a maior parte da criação de memórias ao longo da vida. De acordo com Bear et al (2002), a importância da visão é comprovada ao sabermos que aproximadamente metade do córtex cerebral humano é influenciado pela análise do que vemos.

Os raios luminosos atravessam a córnea, o humor aquoso, a lente (cristalino) e o humor vítreo, antes de chegar na retina. A luz sofre refração nos meios transparentes do olho para formar as imagens sobre a retina. Nesta há fotorreceptores, cada um com sua função, capazes de converter energia luminosa em atividade neural, seguindo para as outras partes do encéfalo através do nervo óptico (axônios da retina). E com isso, formarem-se as imagens. Para receber estas, o olho terá dois tipos de visão: visão central (com percepção de altas frequências espaciais, acuidade visual e visão cromática) e visão periférica (com percepção de movimentos e de baixas frequências espaciais e campo visual).

A fim de se ter uma visão nítida dos objetos diante das variações luminosas do ambiente e de distância, o olho acomoda-se de acordo com a necessidade, por exemplo pela abertura da pupila e

pela contração dos músculos ciliares. A pupila, situada entre a córnea e a lente, é a abertura que regula uma maior ou menor entrada de luz no olho. Quanto mais estreita, as imagens adquirem melhor qualidade. (Figura 2)



**Figura 2 - Estrutura do olho humano**

Fonte: Site do Grupo Retina (2016)

### 1.3. Vidros

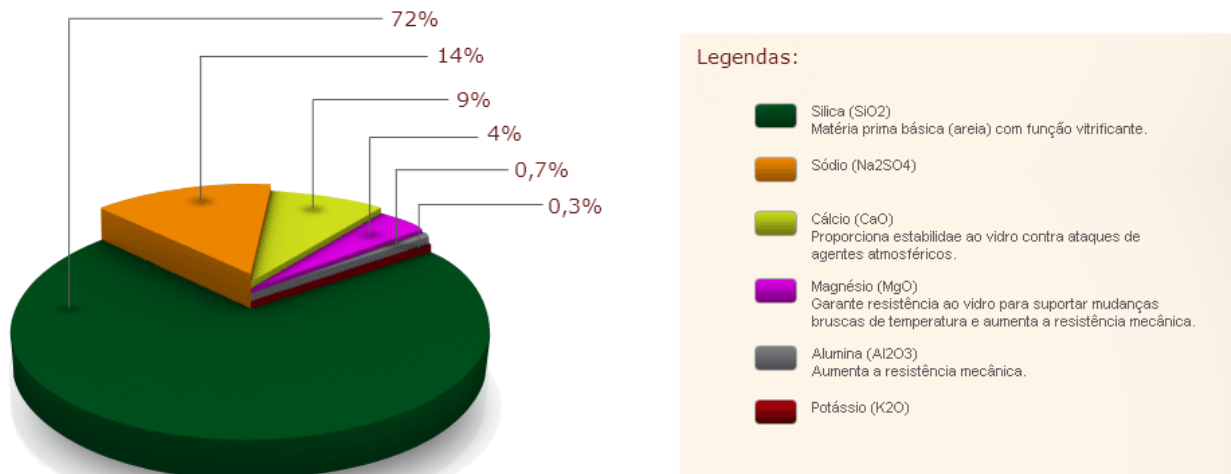
As aberturas nas construções são o meio de passagem de luz e de trânsito de seres humanos entre o ambiente externo e o interno. Porém não somente isso, por elas passam água da chuva, água da umidade do ar, vento, animais, poeira, entre outros. A partir disso, surgiu a necessidade de separar os ambientes, não só para barrar a entrada de elementos indesejados.

Uma das soluções encontrada foi o uso do vidro, material translúcido e de baixo custo. Sua descoberta foi em aproximadamente 5000 a.C., quando mercadores fenícios à beira da praia esquentavam panelas numa fogueira e a mistura de fogo, areia e nitrato de sódio (dos blocos que apoiavam as panelas) tornou-se um líquido transparente, assim acidentalmente descobriram o vidro. Os romanos foram os primeiros a utilizar o material em janelas pela técnica de sopro em moldes, disseminando assim por toda a Europa, com técnicas cada vez mais aprimoradas. No Brasil, a chegada do vidro ocorreu entre 1624 e 1635, quando aconteceram invasões holandesas às cidades de Olinda e Recife, em Pernambuco. Com a expulsão dos invasores das terras brasileiras, a oficina foi fechada e todo o vidro fabricado foi importado para países europeus. Somente em 1812, foi retomada a produção brasileira de vidros em uma indústria baiana e depois com uma no Rio de Janeiro, em 1839. Seu auge ocorreu em 1950, passando a exportar para os países europeus.

Atualmente, há indústrias espalhadas por todo o mundo, produzindo em larga escala este material que serve para esquadrias, piso, paredes, decoração e tantas outras funções.

#### 1.3.1. Características

O site do Setor Vidreiro diz que, em geral, o vidro é composto quimicamente de sílica ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), cálcio ( $\text{CaO}$ ), magnésio ( $\text{MgO}$ ) e potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ). Na produção dos coloridos é adicionado corante como o selênio (Se), óxido de ferro ( $\text{FeO}$ ) e cobalto (Co). (Figura 3)

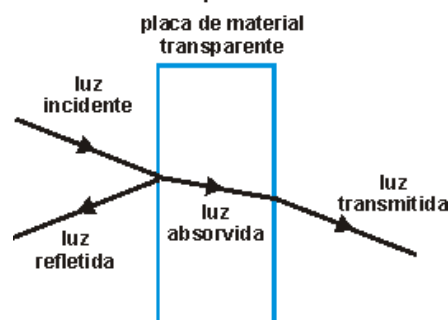


**Figura 3 - Substâncias que compõem o vidro e suas atribuições**

Fonte: Site San Vidro (2016)

Algumas de suas características são: baixo índice de dilatação e condutividade térmica, porosidade baixa (não absorvência), composto por recursos abundantes na natureza, reciclável, grande durabilidade (tempo de decomposição) e suporta pressões entre 5.800 e 10.800 kg.cm<sup>-1</sup>. Ao comparar algumas das suas características com as de outros materiais comuns na construção, verifica-se que o vidro tem um peso específico aproximadamente igual ao do concreto armado, porém com uma rigidez mais elevada, mesmo que em ambas as propriedades apresente valores inferiores ao aço.

No que se refere as propriedades ópticas, a luz que incide sobre o vidro sofre reflexão na superfície, absorção no interior do material e parte é transmitida, no caso de vidros transparentes e translúcidos. (Figura 4)



**Figura 4 – Comportamento da luz ao incidir em um meio transparente ou translúcido**

Fonte: Site do Alpha Connection (2017)

Por meio da equação 1 pode ser explicado matematicamente a característica da luz ao incidir em um vidro.

$$I = R + A + T \quad (1)$$

Na qual, I é a porcentagem de luz incidente (100 %), R, A e T são as porcentagens de luz que é refletida, absorvida e transmitida, respectivamente. Esses valores variam de acordo com o material e comprimento da onda que é incidido.

Sabendo essas principais características, o mercado vítreo desenvolveu vários tipos de vidro, cada qual com propriedades e funções diferentes, atendendo as necessidades dos consumidores.

## 1.4. Objetivo da pesquisa

Estudar os vidros quanto sua capacidade de transmissão e reflexão de luz e calor, identificando o de maior eficiência energética, quanto aos objetivos específicos:

- Obter o conhecimento sobre a influência da luz natural em relação ao ambiente e ao ser humano, através de pesquisa bibliográfica;
- Estudar os tipos de vidros usuais nas edificações e suas características e selecionar uma amostra para maior aprofundamento;
- Fazer as medições de transmissão e reflexão de luz (V) e calor (IV) nas amostras de vidro selecionadas;
- Fornecer valores de transmissão e reflexão do UV, V e IV para os vidros usados nas edificações.

## 2. METODOLOGIA

Buscando aprofundar-se no estudo sobre vidros e seu comportamento físico ao incidir luz sobre ele, fez-se medições de amostras de vidro sobre percentuais de transmitância e refletância.

### 2.1. Materiais e métodos

Os materiais utilizados no experimento foram:

- Amostras de vidro;
- Espectrofotômetro Lambda 1050 UV/VIS/NIR Spectrometer – Perkin Elmer;
- Excel;
- OriginPro 8.5.

Durante a pesquisa selecionou-se amostras de vidros mais utilizados nas edificações. O tipo de vidro de cada amostra foi organizado na tabela 1.

**Tabela 1 - Tipo de vidro das amostras desta pesquisa**

<b>Amostra</b>	<b>Tipo</b>
1	Mini Boreal
2	Quadrato
3	Fumê
4	Lacobel preto
5	Bronze
6	Sentideco
7	Incolor
8	Espelhado
9	Antílope
10	Verde
11	Pontilhado
12	Lacobel Branco

Fonte: Autor (2016)

As amostras possuíam espessura de 10 mm, foram cortadas nas dimensões de 4 cm por 6 cm para facilitar o acoplamento no interior do espectrofotômetro e é constituída de vidros opacos, transparentes e translúcidos. É importante ressaltar que as amostras de vidro Lacobel branco e preto eram opacos, optou-se por fazer os experimentos só com o último.

Depois, em laboratório, inseriram-se as amostras no espectrofotômetro Lambda 1050 UV/VIS/NIR Spectrometer – Perkin Elmer, fazendo a medição de refletância de cada um e de transmitância posteriormente. Nos dois experimentos, o espectrofotômetro incidiu ondas eletromagnéticas com comprimento de 250 a 900 nm sobre a amostra que estava devidamente encaixada e fazia-se a leitura da porcentagem que ela refletia/transmitia a cada comprimento de onda.

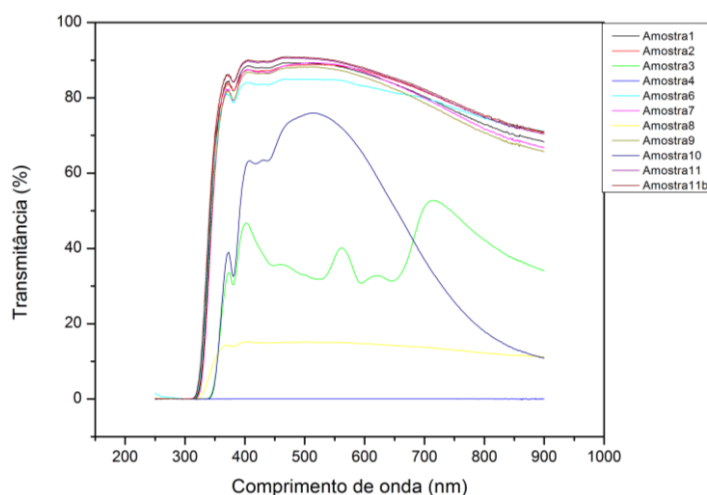
Por meio do programa OriginPro 8.5, elaborou-se gráficos com os dados obtidos que permitiram saber o comportamento de cada amostra, além de se elaborar os dados de absorbância por meio da equação 1, no programa Excel.

Finalmente, analisou-se os resultados com o auxílio do programa Excel, no qual os dados de ambas medições foram selecionados nos intervalos de 400 a 700 nm (luz visível ao olho humano) e 701 a 900 nm (infravermelho - calor) e fez-se uma média dos valores nesse intervalo.

## 2.2. Resultados

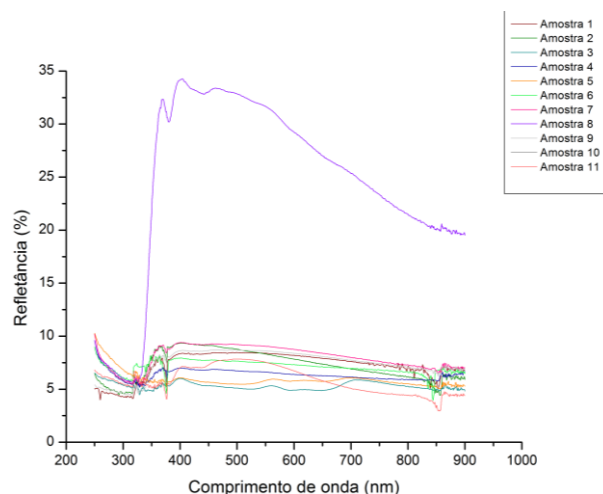
A radiação ao incidir numa superfície transparente ou translúcida, parte será refletida, parte absorvida e transmitida, enquanto que em superfícies opacas a radiação vai apenas ser refletida e absorvida. Essas características devem ser analisadas levando em conta a região do espectro Ultravioleta ( $\lambda < 400$  nm), Visível (luz, com  $400 < \lambda < 700$  nm) e infravermelho (calor, com  $\lambda > 700$  nm). Observou-se a transmissão da radiação na região do espectro correspondente ao visível de 15% a 90%, variando de acordo com o tipo de vidro.

A partir dos dados obtidos com os experimentos, atingiu-se resultados da característica de cada amostra de vidro, que foram expressos nas figuras 5, 6 e 7.

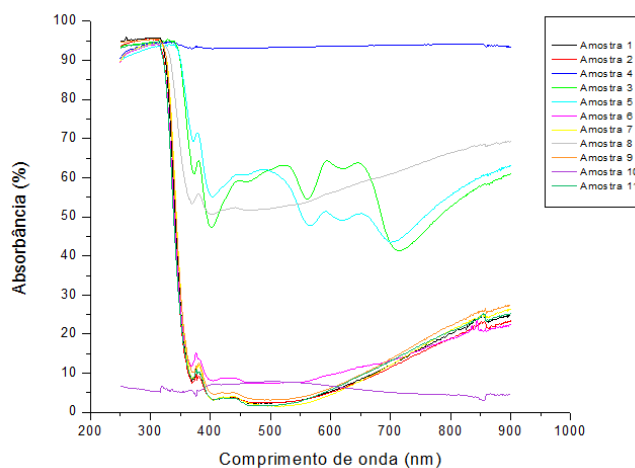


**Figura 5 - Transmissão da radiação das amostras para cada comprimento de onda**

Fonte: Autor (2016)



**Figura 6 - Refletância da radiação das amostras para cada comprimento de onda**  
 Fonte: Autor (2016)



**Figura 7 - Absorbância da radiação das amostras para cada comprimento de onda**  
 Fonte: Autor (2016)

Para melhor análise dos resultados, agregou-se os resultados de transmitância, absorbância e refletância médias de todas as amostras nos intervalos de espectro de luz visível e infravermelho, nas tabelas 2 e 3.

**Tabela 2 - Resultados das amostras sob luz visível**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11b
Transmitância média (%)	86,8	86,9	36,0	0,0	40,2	83,4	86,6	14,7	85,6	63,7	88,1	88,4
Refletância média (%)	8,2	8,3	5,2	6,6	5,7	7,4	8,9	30,6	8,4	6,9	6,9	-
Absorbância média (%)	5,0	4,8	58,8	93,4	54,1	9,2	4,5	54,7	6,0	29,4	5,0	-

Fonte: Autor (2016)

[petcivium.com](http://petcivium.com)

[petcivium@gmail.com](mailto:petcivium@gmail.com)

[facebook.com/petcivium](https://facebook.com/petcivium)

Avenida Colombo, 5790 (UEM)

Bloco C67 (DEC) – Sala 102A

(44) 3011-5865

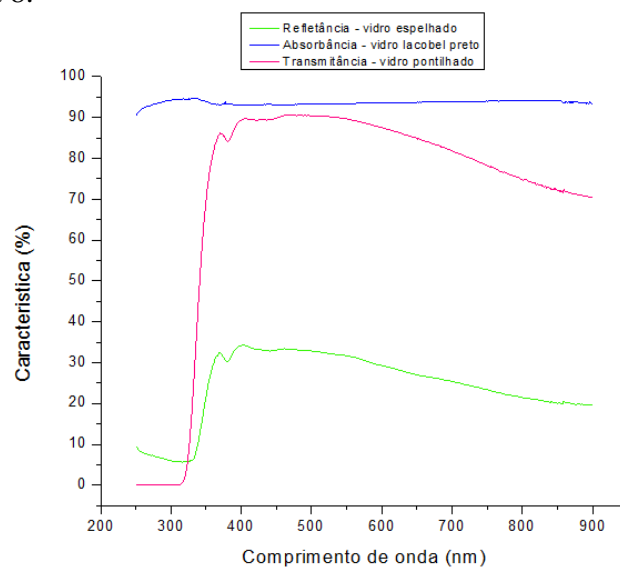


**Tabela 3 - Resultados das amostras sob luz infravermelha**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11b
Transmitância média (%)	73,5	75,4	43,0	0,0	40,0	75,0	72,4	12,3	71,3	20,0	75,3	75,8
Refletância média (%)	6,9	6,2	5,4	6,1	5,6	6,6	7,3	21,8	7,1	4,4	4,4	-
Absorbância média (%)	19,6	18,4	51,6	93,9	54,4	18,4	20,3	65,9	21,6	75,6	20,3	-

Fonte: Autor (2016)

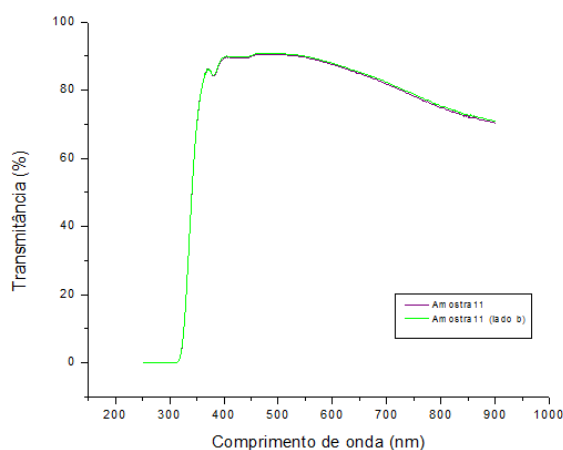
Compilou-se então as amostras de vidro de maior destaque em cada característica óptica, como explicito na figura 8.



**Figura 8 - Amostras com maiores níveis de absorbância, refletância e transmitância**

Fonte: Autor (2016)

Foi realizada uma medição extra mudando-se o lado do vidro pontilhado que receberia luz (lado b – no qual a superfície não era lisa), para verificar se a transmissão de luz depende da rugosidade da superfície em que o raio de luz, como mostra a figura 9, confirmando que independe.



**Figura 9 – Transmitância da amostra de vidro tipo pontilhado, inserindo luz no lado liso e no lado rugoso**

Fonte: Autor (2016)

Na transmissão do visível, o vidro que mais atenuou foi o vidro espelhado com cerca de 15% e o vidro pontilhado foi o que permitiu maior transmissão de luz com 88%. O vidro fumê, muito utilizado nas edificações apresentou uma média de 36% de transmissão do visível, porém quanto ao infravermelho, que é o calor, permite a passagem de proporções significativas de 43%. Como as curvas de transmitância do vidro pontilhado recebendo luz tanto na superfície lisa quanto na de maior irregularidade (lado b) foram praticamente iguais, pode-se afirmar que rugosidade da superfície do vidro não interfere na transmissão de energia luminosa.

Quanto à reflexão, o vidro que atingiu elevados valores foi o vidro espelhado, com 31% de reflexão na região do visível e atenuando significativamente, com 22% na região do infravermelho, os demais tipos de vidro apresentaram comportamento semelhantes destacando o vidro satindeco com 7% de reflexão e o vidro incolor com 9% de reflexão na região do visível.

Com relação à absorção, o vidro do tipo *lacobel* preto destacou-se com 93% na região do visível e quase 94% na região do infravermelho. Os vidros mini boreal, quadrato, incolor e pontilhado tiveram o mesmo comportamento com cerca de 5% de absorção da luz visível e em média 20% de calor.

### 3. CONCLUSÃO

Esta pesquisa permitiu o maior conhecimento das propriedades principais do vidro, contribuindo assim para a escolha adequada dos vidros de uma obra, segundo sua eficiência energética, luminosa e térmica. Cada tipo de vidro tem um comportamento diferenciado ao receber a incidência da radiação solar e conseqüentemente, influenciará no conforto térmico e luminoso no ambiente interno da edificação.

Diante dos resultados, pode-se concluir que o vidro que apresentou melhor desempenho, transmitir mais luz natural para o ambiente e atenuar mais o calor propagado, mantendo o conforto térmico, foi o vidro verde. Enquanto que apesar de barrar bem a energia térmica do infravermelho, o

vidro espelhado compromete a passagem de luz visível; logo, o ambiente com esse tipo de vidro exige maior gasto com iluminação artificial. E por absorver grande parte do calor que incide nele, pode depois por condução de energia.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a professora Paula, por toda paciência e atenção como orientadora do trabalho e pela oportunidade de estudar algo que eu sempre me interessei muito, e ao professor Robson que me ajudou nas medições no laboratório.

## REFERÊNCIAS

As cores na natureza. Disponível em: <<http://www.alfaconnection.pro.br/fisica/luz/cores/as-cores-na-natureza/>>. Acesso em 21 de abril de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. **ABNT NBR 5461**: Iluminação – Terminologia. ABNT, Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 6023**: Informação e documentação – Referências – Elaboração. ABNT, Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR 10520**: Informação e documentação – Citações em documentos – Apresentação. ABNT, Rio de Janeiro, 2002.

BEAR, Mark F.; CONNORS, Barry W.; PARADISO, Michael A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

Cor e Frequência. Disponível em: <[http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracao\\_daluz/cor\\_e\\_frequencia.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracao_daluz/cor_e_frequencia.php)>. Acesso dia 28 de agosto de 2016.

DANTAS, coord. Adalmir Morterá. **Essencial em oftalmologia**. Rio de Janeiro: Cultura Médica Guanabara Koogan, 2011.

MACEDO, C. C. **Análise do Desempenho Térmico e Luminoso de Sistemas de Iluminação Natural que Utilizam a Luz Direta do Sol**. 2002. 135p. Dissertação (Mestrado Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

O olho – Como é sua estrutura. Grupo Retina. Disponível em: <<http://www.gruporetina.org.br/olho.htm>>. Acesso em 14 de julho de 2016.

Propriedades físicas e mecânicas do vidro. Disponível em: <<http://www.setorvidreiro.com.br/o-que-procura/194/propriedades+fisicas+e+mecanicas+do+vidro>>. Acesso em maio de 2016.