2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

# ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALA DE AULA EM VITÓRIA-ES[1]

**MAPELLI-BASILIO, Yulli R. (1); LARANJA, Andréa (2)**

**(1)** Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), yullirmapelli@gmail.com
**(2)** Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), andrea.laranja@ufes.br

## RESUMO

*O conforto visual no ambiente interno é considerado bastante relevante por ser fator imprescindível no bem estar e aprendizagem em ambientes escolares. Desta forma esta pesquisa tem como objetivo analisar a disponibilidade de iluminação natural em sala de aula em Vitória-ES. Na metodologia foram feitas simulações com o software TropLux, para as tipologias de céus padrões da CIE: Céu 3 (encoberto), Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro), orientação Nordeste. Foram feitas análises com relação aos percentuais das UDIs (Useful Daylight Illuminances) e uniformidade de acordo com a ABNT. Quanto às UDIs, as análises foram feitas para todos os dias do ano, de 7h às 17h. No que se refere à uniformidade esta foi analisada no dia 21 de cada mês (janeiro a dezembro) nos horários de 8h, 10h, 12h, 14h e 16h, conforme sugere a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Os resultados das simulações mostram que, para Céu 7 e Céu 12, 75% das horas simuladas caracterizam-se com iluminação natural satisfatória (500<E<2.000lx). No que se refere à uniformidade foi nos Céus 7 e 12 nos horários simulados de 10 e 12h que se observou os melhores resultados, quando a marquise existente consegue garantir o sombreamento e reduzir o ofuscamento.*

***Palavras-chave:*** *Iluminação Natural. Escola. Simulação Computacional.*

## ABSTRACT

*Visual comfort in the indoor environment is considered to be very relevant because it is an essential factor in well-being and learning in school environments. Thus, this research aims to analyze the availability of natural lighting in the classroom in Vitória-ES. In the methodology, simulations were made with the TropLux software, for the CIE standard sky typologies: Sky 3 (overcast), Sky 7 (partly cloudy) and Sky 12 (clear), Northeast orientation. Analyzes were made regarding the percentages of IDUs (Useful Daylight Illuminances) and uniformity according to ABNT. As for IDUs, analyzes were made for all days of the year, from 7 am to 5 pm. With regard to uniformity, this was analyzed on the 21st of each month (January to December) at 8:00 am, 10:00 am, 12:00 pm, 2:00 pm and 4:00 pm, as suggested by NBR 15215-4 (ABNT, 2005). The results of the simulations show that, for Céu 7 and Céu 12, 75% of the simulated hours are characterized by satisfactory natural lighting (500 <E <2.000lx). With regard to uniformity, it was in the Skies*

[1] MAPELLI-BASILIO, Yulli R.; LARANJA, Andréa C. Análise da iluminação natural em sala de aula em Vitória-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

*7 and 12 at the simulated times of 10 and 12h that the best results were observed, when the existing marquee manages to guarantee shading and reduce glare.*

***Keywords:*** *Natural lighting. School. Computational Simulation.*

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização da luz natural nos ambientes internos proporciona aos usuários benefícios biológicos e psicológicos Nascimento (2019). Para Yao *et al*. (2020) as pessoas naturalmente têm uma forte preferência para a iluminação proveniente da luz do dia. Além disso, o conforto visual no ambiente interno tem sido relatado como um fator muito importante para a aprendizagem e é reconhecido por melhorar o processo educacional (MICHAEL E HERACLEOUS, 2017). Entretanto, estudo feito por Kowaltowski (2011) comprova que os principais problemas detectados em avaliações de ambientes escolares são os baixos níveis de iluminação.

Sendo assim, ressalta-se a relevância de estudos que contemplam a análise da iluminação natural de ambientes voltados ao ensino e aprendizagem. Meresi (2016) reforça esta afirmação quando diz que a luz natural desempenha um papel ainda mais importante em espaços educacionais do que em qualquer outra edificação. Zapata González *et. al*. (2016) reforça que a luz natural pode ser um dos atributos mais importantes de um estabelecimento educacional.

Frente às questões mencionadas e com base nos estudos de Michael e Heracleuous (2017), tendo em vista que o potencial lumínico não é explorado de modo satisfatório na grande maioria dos espaços destinados à educação no país, esta pesquisa objetiva analisar a disponibilidade de iluminação natural em sala de aula em Vitória-ES. Este artigo é parte de uma dissertação de mestrado, contribuindo para a validação de um *checklist* de análise da inserção da iluminação natural no processo de projeto de edificações escolares.

## 2 METODOLOGIA

Neste estudo a análise da iluminação natural se deu por meio da simulação computacional com o software TropLux (CABÚS, 2005). Nas simulações, foi analisada uma sala de aula padrão da escola EMEF "Alvimar Silva". Esta escola caracteriza-se pela mais recente edificação escolar construída pela Prefeitura Municipal de Vitória (PMV). Localiza-se no bairro Santo Antônio, na parte continental da cidade de Vitória- ES, latitude 20ºS e longitude 40ºW, de clima tropical úmido, conforme Figura 1.

Figura 1 – Localização da escola na cidade de Vitória-ES




Fonte: Adaptado de Google Maps, 2020.

A sala de aula analisada localiza-se no segundo pavimento da edificação escolar, tem como dimensões 7,35m x 7,15m x 3,20m, respectivamente comprimento, largura e pé direito, com área correspondente de 52,5m². A abertura do compartimento constitui-se de janela em fita com tipologia de vidro transparente, dimensões de 7,15m x 1,40m, respectivamente comprimento e altura, com área equivalente a 1/5 da área do piso. A abertura possui externamente uma marquise (FIGURA 2).

Figura 2 - (a) Planta de situação com demarcação do ambiente analisado. (b) Imagem do ambiente analisado.

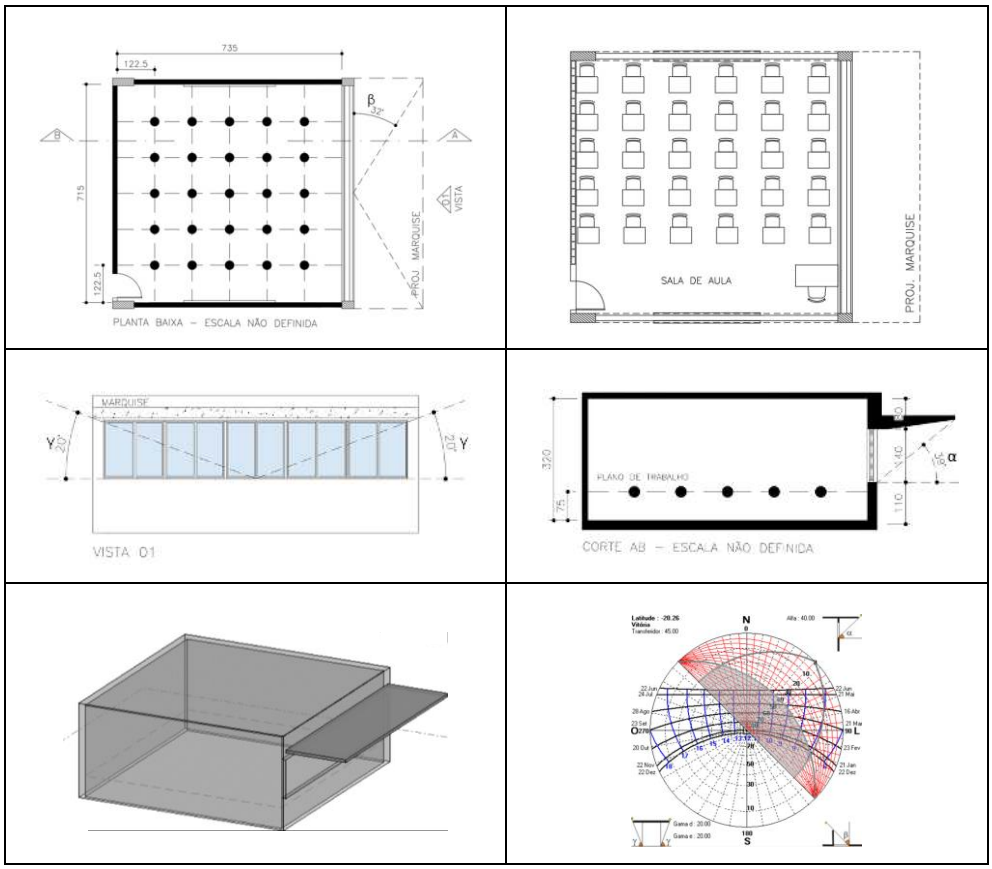



(a) (b)

Fonte: (a) (b) Adaptado de Secretaria Municipal de Obras de Vitória; (c) As Autoras.

Para as simulações, foi definida para o ambiente uma malha de 25 pontos locados ortogonalmente no ambiente interno a uma altura de 75cm do piso, de acordo com o que estabelece a NBR 15215-4 (ABNT, 2004), conforme Quadro 1 com imagens.

Quadro 1 - Planta Baixa com de malha de simulação, planta baixa com leiaute, vista externa e corte com ângulos verticais, perspectiva do ambiente e máscara de sombra da marquise




Fonte: As Autoras, Software TropLux 7 e Software SOL-AR.

Foram utilizados os céus padrões da CIE (*International Commission on Illumination*), adotando para análise o Céu 3 (encoberto), Céu 7 (parcialmente nublado) e o Céu 12 (claro), sendo estes respectivamente os valores mínimo, intermediário e máximo da média anual dos valores de iluminação interna decorrente de pesquisa em ambiente interno (LARANJA, 2010). Na simulação foi adotada a orientação Nordeste em função da implantação da edificação da escola e disposição da abertura da sala. As refletâncias internas adotadas foram: piso = 0,4, parede = 0,57 e teto = 0,9, levando em consideração a média dos valores de refletância dos materiais utilizados como revestimento nas superfícies internas, sendo cerâmica branca e tinta na cor laranja.

A norma brasileira, NBR ISO/CIE 8995-1(ABNT, 2013), define valores de uniformidade e de iluminância de acordo com a atividade a ser exercida no ambiente interno. Porém, há outras métricas de avaliação baseadas em estudos sobre iluminação na área de trabalho, como por exemplo os percentuais das UDIs UDIs (*Useful Daylight Illuminances*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006) que é aceito pela comunidade científica. Assim, nas simulações foram extraídos os dados de iluminância em função dos percentuais de horas das UDIs que são classificados de acordo com faixas, em que valores de iluminação inferiores a 100lx são considerados insuficientes; entre 100 e 500lx são considerados suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar; entre 500lx e 2.000lx são considerados suficiente; e acima de 2.000lx os valores são considerados excessivos. Estas análises foram feitas para todos os dias do ano, de 7h00 às 17h00, período que engloba os dois períodos de aulas durante o dia (período matutino e vespertino).

Nas simulações também foram extraídos valores de uniformidade, os quais foram comparados com o mínimo estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1(ABNT, 2013), que prevê valores de uniformidade superiores a 0,5. A uniformidade foi analisada no dia 21 de cada mês do ano (janeiro a dezembro) nos horários de 8h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00.

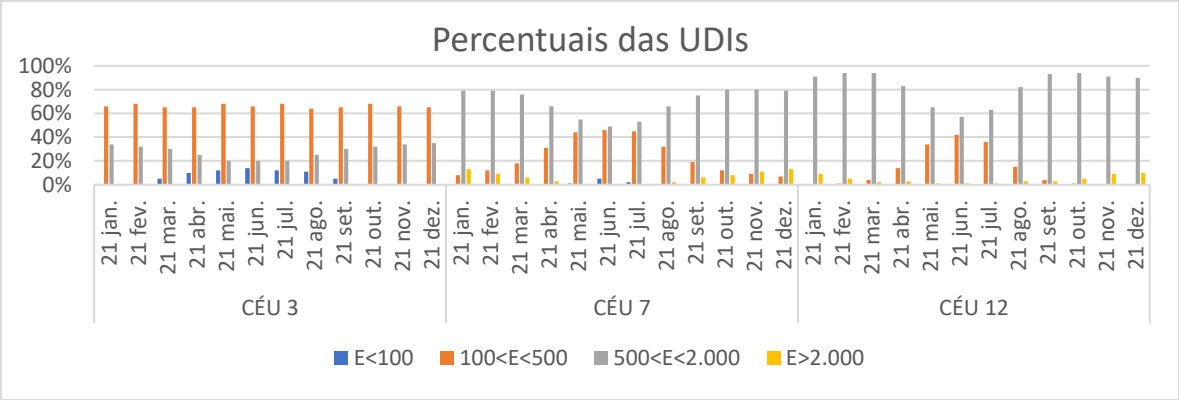
## 2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 2.1 Percentuais das UDIs

De acordo com Gráfico 1, observa-se que para a tipologia de Céu 3 (encoberto) em nenhum momento dos dias durante todo o ano haverá percentuais que apresentarão características de iluminação excessiva no interior do compartimento (E>2.000lx). Porém, apenas 30% das horas dos dias durante o ano obterão iluminação natural considerada suficiente (500<E<2.000lx) sem a necessidade de iluminação complementar artificial. Desta forma, ambientes iluminados com aberturas orientadas para Nordeste para esta tipologia de céu, irão requerer, em 70% das horas dos dias durante o ano, complementação com a iluminação artificial.

Para a tipologia de Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro), observa-se um pequeno percentual de horas enquadrados no intervalo de iluminação excessiva (E>2.000), ocasionando desconforto visual para o ambiente interno em função de ofuscamentos. Nota-se que tanto para o Céu 7 (parcialmente nublado), quanto para o Céu 12 (claro) o percentual de iluminação considerado suficiente (500<E<2.000lx) cresceu consideravelmente, onde para o Céu 7 (parcialmente nublado) este valor chega a 70% e no Céu 12 (claro) o valor chega à 80%, reduzindo desta forma consideravelmente a necessidade de iluminação artificial complementar. Tanto para Céu 7 (parcialmente nublado) quanto para Céu 12 (claro) verifica-se que o atual dispositivo sombreador (marquise) não consegue proteger por completo a sala dos inconvenientes da alta iluminância. Isto pode ser observado também no Quadro 1, onde a máscara de sombra pode ser visualizada, tendo em vista que o sombreamento da abertura só é eficaz para alguns horários do dia, principalmente quando a altura solar é maior, em determinados meses do ano.

Gráfico 1 - Percentuais das UDIs para o dia 21 de cada mês do ano, para os Céus 3, Céu 7 e Céu 12



Fonte: (a) As Autoras.

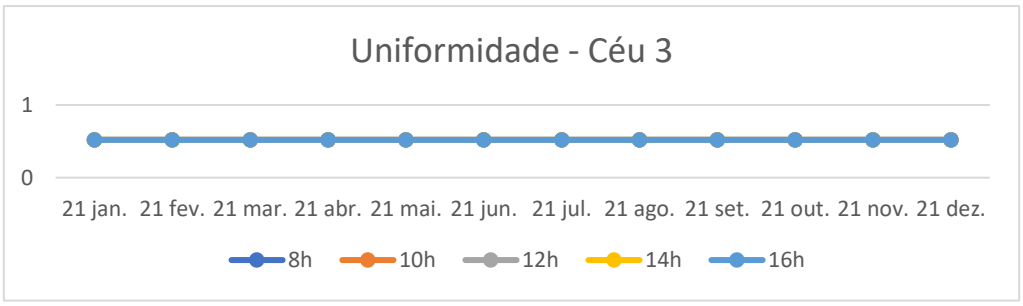
## 2.2 Uniformidade

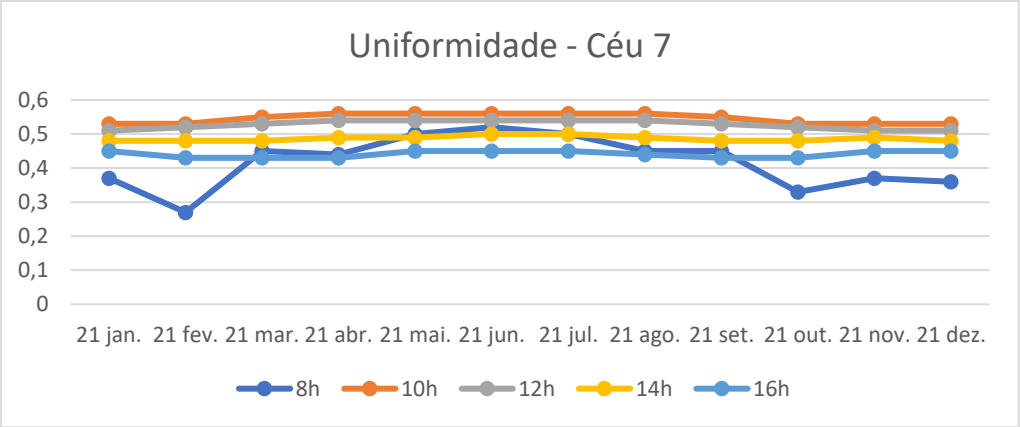
De acordo com o Gráfico 2, para o Céu 3 (encoberto), observa-se a baixa uniformidade para todos os horários dos dias simulados durante o ano e uma constância nesses valores, característica predominante nesta tipologia de céu. Logo, edificações em cidades com característica predominante de Céu 3 (encoberto), ao empregarem aberturas orientadas para Nordeste com características semelhantes às desta sala de aula, ou latitudes próximas à analisada, acarretarão para o ambiente interno, alto contraste de iluminância ao longo dos meses do ano.

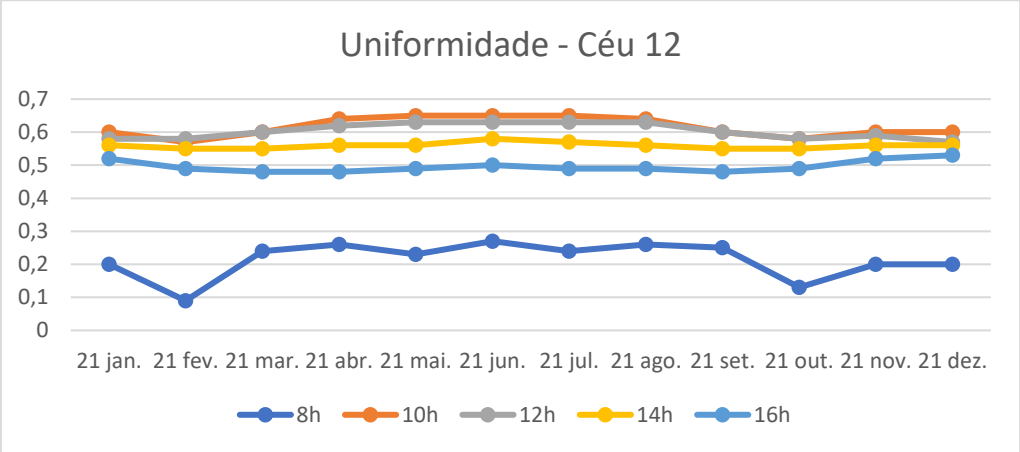
Para o Céu 7 (parcialmente nublado), observa-se uma variação dos valores de uniformidade no decorrer dos horários dos dias durante o ano. Vale ressaltar que o pior desempenho neste quesito ocorre nos horários de 8h e de 16h, sendo estes respectivamente o primeiro e o último horário do dia simulados, horários em que o sol está com menor altura solar. Este baixo valor da uniformidade, no horário das 8h, é decorrente da incapacidade da marquise de impedir a entrada da radiação solar direta. Já no horário das 16h, a baixa uniformidade provavelmente é decorrente de maior luminosidade próxima à abertura. A melhor situação acorre para os horários de 10h e 12h, em que os níveis de uniformidade ultrapassam 0,5, porém ainda não alcançam o mínimo de 0,7 estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Observa-se que para estes horários a profundidade da marquise contribui de maneira significativa com o sombreamento da abertura, impedindo a entrada de radiação solar direta, conforme máscara de sombra, no Quadro 1.

Para o Céu 12 (claro), observa-se uma maior variação dos valores de uniformidade no decorrer dos horários dos dias simulados. Assim como no céu 7 (parcialmente nublado) são nos horários de 10h e 12h que se observam os melhores desempenhos. Nota-se um leve aumento da uniformidade no ambiente interno, com valores mais próximos de 0,7, conforme estabelece a NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Isto provavelmente é decorrente da capacidade da marquise de conter a radiação solar direta, consequentemente reduzindo a alta iluminância próximo da abertura e reduzindo os contrastes de iluminação.

Gráfico 2 - Uniformidade no ambiente interno para o Céu 3, Céu 7 e Céu 12.






Fonte: As Autoras.

## 3 CONCLUSÕES

O propósito deste estudo foi analisar a disponibilidade de iluminação natural em sala de aula em Vitória-ES. A pesquisa baseou-se em metodologia onde foram realizadas simulações computacionais a fim de diagnosticar a iluminância deste ambiente por meio dos percentuais das UDIs e uniformidade.

Com relação aos percentuais das UDIs, ambientes com características semelhantes ao estudado ou de latitudes próximas, para a tipologia de Céu 3 (encoberto), irão requerer, em 70% das horas dos dias durante o ano, de complementação com a iluminação artificial. Para a tipologia de Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro) são mínimos os percentuais de horas excessivos, tendo em vista que a marquise consegue proteger o ambiente da iluminação solar direta nas maiores alturas solares. Constatou-se também que cerca de 70% e 80% das horas do dia simulados, respectivamente para o Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro), tem na iluminação natural a garantia de realização das atividades, sendo desnecessário o acionamento da iluminação complementar artificial, aumentando consequentemente o desempenho energético da edificação.

Com relação à uniformidade a melhor situação acorre, nos Céu 7 (parcialmente nublado) e Céu 12 (claro) para os horários da manhã, específico 10h00 e 12h00, onde os níveis de uniformidade são superiores à 0,5. Porém vale destacar que para nenhuma categoria de Céu analisada, o

ambiente atingiu o valor de uniformidade mínimo estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Sendo assim, cabe ressaltar que apesar dos percentuais de iluminação serem bem expressivos no que se refere à economia de energia com iluminação artificial e realização das atividades, nota-se que pequenas alterações nos dispositivos sombreadores podem ser aliadas no aumento do desempenho lumínico do ambiente interno. Portanto, entende-se que a construção de futuros espaços escolares deve contemplar estudos variados com relação as estratégias de sombreamento a serem adotadas. Ressalta-se a relevância do uso da carta solar e de softwares de simulação durante o processo de projeto a fim de garantir à edificação um potencial de iluminação satisfatório durante todo o período escolar. Vale destacar que a pesquisa se delimitou a analisar o ambiente específico aqui estudado. Não foram considerados diferentes configurações urbanas bem como variações de refletâncias das superfícies internas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento dos Profissionais de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro.

## REFERÊNCIAS

_____. **NBR 15215-4**: Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CABÚS, Ricardo. Validação do programa troplux. **Anais…**Alagoas: ENCAC, ELACAC, 2005.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. 2011. Arquitetura Escolar: O projeto do ambiente de ensino. **São Paulo: oficina de textos**. São Paulo. 2011.

LARANJA, A. C. Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno. 2010. 285 f. Tese Doutorado. PPGAU, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

MERESI, A. Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece. **Energy and Buildings**, v. 116, p.190-205, 2016.

MICHAEL, Aimilios; HERACLEOUS. Assessment of natural lighting performance and visual comfort o educational architecture in Southern Europe: The case of typical educational school premises in Cyprus. **Energy and Buildings**, 140, p. 443–457. 2017.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, London: Elsevier, v.38, p. 1343-1348, 2006.

NASCIMENTO, Gúliti Ricardo Fagundes. A saúde vista com outros olhos: Iluminação Hospitalar. Revista **SUSTINERE**. V.7, n. 2, p. 401-413, jul-dez. Rio de Janeiro. 2019.

YAO, Qi; CAI,Wenjing; LI, Min; HUC, Zhiguo; XUE, Peng; DAI, Qi. Efficient circadian daylighting: A proposed equation, experimental validation, and the consequent importance of room surface reflectance. **Energy & Buildings**, 210 (2020).

Zapata González, L.J; Quiceno Hoyos, A.; Arteaga Botero, M.T. Evaluación lumínica de los ambientes pedagógicos de la Universidad Católica de Manizales, Colombia. **Arquetipo** (13), Jul- Dez, p. 157 - 178. 2016.