ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Análise do conforto lumínico em salas de aula com uso da ferramenta DIALux evo

Analysis of lighting comfort in classrooms using DIALux evo

Josilene Lopes Teixeira
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES | Vitória - ES| Brasil | josilopes.teixeira@gmail.com
Saulo Vieira de Oliveira Silva
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES | Vitória - ES| Brasil | saulovieira@ifes.edu.br
Marcio Almeida Có
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES | Vitória - ES| Brasil | marcio@ifes.edu.br
Pablo Rodrigues Muniz
Instituto Federal do Espírito Santo, IFES | Vitória - ES| Brasil | pablorm@ifes.edu.br

Resumo

A qualidade ambiental em espaços educacionais é influenciada por diversos fatores, incluindo qualidade do ar, ventilação e iluminação. Em escolas, projetos padronizados nem sempre consideram os efeitos da luz solar no ambiente. Este estudo investiga o comportamento da luz natural em duas salas de aula, no município de Serra/ES, visando propor a melhoria do conforto lumínico. Realizaram-se simulações estáticas considerando diferentes dias, três tipos de céu e distintos horários. Modelou-se a iluminação natural e criou-se uma superfície para calcular a iluminância em pontos específicos das salas. A análise preliminar dos ambientes indicou níveis elevados próximo às janelas e baixos em áreas mais afastadas, resultando em desconforto. Com a implementação de brises horizontais, elementos passíveis de baixo custo, houve significativa redução na incidência excessiva de luz e do ofuscamento, com melhoria da distribuição da iluminação. Os resultados indicam que a intervenção foi eficaz para o melhor desempenho lumínico das salas estudadas. Este trabalho reforça o uso de estratégias passivas para o desempenho no ambiente construindo, sendo relevantes para o campo da eficiência energética.

Palavras-chave: Iluminação natural. Desempenho lumínico. Salas de aula. Conforto ambiental.

Abstract

The environmental quality in educational spaces is influenced by various factors, including air quality, ventilation, and lighting. In schools, standardized projects do not always consider the effects of sunlight in the environment. This study investigates the behavior of natural light in two classrooms, in the city of Serra/ES, aiming to propose improvements in lighting comfort. Static simulations were conducted considering different days, three types of sky, and different

Como citar:
TEIXEIRA, J. L et. al. Análise do conforto lumínico em salas de aula com uso da ferramenta DIALux evo. ENTAC2024. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

times. Natural lighting was modeled, and a surface was created to calculate illuminance at specific points in the rooms. The preliminary analysis indicated high levels near the windows and low levels in more distant areas, resulting in discomfort. With the implementation of horizontal sunshades, elements that are low-cost potential, there was a significant reduction in excessive light incidence and glare, with an improvement in lighting distribution. The results indicate that the intervention was effective for better lighting performance in the studied classrooms. This work reinforces the use of passive strategies for performance in the built environment, being relevant to the field of energy efficiency.
Keywords: Natural light. Lighting performance. Classrooms. Environmental comfort.

INTRODUÇÃO

Pessoas buscam condições de abrigo e comodidade em ambientes interiores para realização de suas atividades [1], uma vez que, em média, passam neles a maior parte de seu tempo [2]. Neste contexto, a Arquitetura tem a responsabilidade de cuidar para a conformidade dos parâmetros da Qualidade Ambiental Interna [3] [4]. A aplicação de conhecimentos de arquitetura, engenharia e tecnologias para concepção e design, dimensionamento, construção e operação de equipamentos permitem o controle de aspectos do conforto que influenciam o ambiente [1].

A Qualidade Ambiental Interna é um campo de estudo que aborda aspectos de natureza física, química ou biológica que podem interferir no conforto, saúde, bem-estar ou desempenho das pessoas em ambientes interiores e engloba disciplinas como Conforto Térmico, Lumínico, Ergonômico, Acústico, Qualidade do Ar Interior, entre outras [5] [6].

Lamberts, Dutra e Pereira [4] reforçam a relevância da adequação dos diversos parâmetros do Conforto Ambiental, pois, em um espaço interno, os ocupantes se deparam com um conjunto de variáveis ambientais, como temperatura, umidade, níveis de ruído e de iluminamento, que influenciam o sentimento de bem-estar e satisfação com o ambiente. Por isso, a busca por níveis adequados de qualidade é imprescindível em edificações educacionais, pois é preciso colaborar com o conforto e desempenho dos usuários [6].

Posto isto, quanto à qualidade interna do ambiente, estudos relacionados ao tema em escolas demonstram que parâmetros inadequados podem influenciar diretamente na habilidade cognitiva dos ocupantes [7].

Todavia, cabe lembrar que avaliar a qualidade do processo de Ensino e Aprendizagem é uma tarefa complexa, pois depende de fatores econômicos, sociais e culturais. Envolve também o mobiliário que compõe o ambiente, material didático, propostas pedagógicas e perfil do aluno, que são para Kowaltowski [8] alguns destes fatores. Em seu estudo, a autora destaca que os aspectos físicos do ambiente escolar representam um papel fundamental na composição de uma educação de qualidade.

Para Ventorin *et al.* [9], a utilização da luz natural em salas de aula apresenta vantagens como a interpretação adequada das cores, percepção temporal, contato com o meio exterior, além de economia de energia elétrica por meio da redução do uso da

iluminação artificial. Por isso, se apresenta como alternativa complementar para proporcionar o conforto lumínico necessário para as atividades escolares.

Porém, a iluminação excessiva pode causar ofuscamento, ou seja, uma perturbação ou desconforto que pode causar a dificuldade ou até mesmo a perda visibilidade. O ofuscamento pode ser do tipo direto, quando a fonte de luz está próxima ao centro de visão causando incidência direta nos olhos, ou indireto, que é causado pela reflexão da luz em superfícies polidas [4]. Na presente pesquisa, adotou-se o limite de 2000 lux, acima do qual considera-se que há situação de desconforto por iluminação excessiva, conforme Mapelli-Basílio e Laranja [10].

Desta forma, alguns parâmetros como orientação da edificação, área das janelas, tipo de vidro, sombreamento e obstruções externas influenciam o desempenho da iluminação natural em um ambiente [11]. A orientação das janelas em relação ao sol desempenha um papel significativo na quantidade e na qualidade da iluminação natural que penetra em uma sala de aula. A exposição solar varia de acordo com a orientação das janelas (norte, sul, leste e oeste), o que influencia diretamente a distribuição da luz, sua intensidade e sua qualidade [4].

O trabalho de Karapetsis e Alexandri [6], avaliou por meio de monitoramento de parâmetros ambientais, como temperatura, umidade, intensidade luminosa e ventilação, em escolas da Grécia. Além disso, aplicaram questionários aos usuários desses ambientes, cujos resultados apontam que o desconforto lumínico foi uma das maiores causas de insatisfação, em 64% das respostas. Os autores sugerem ainda que, no que diz respeito ao desconforto lumínico, as condições negativas não são facilmente superadas pelos usuários no quesito adaptação.

Devido à complexidade inerente aos aspectos da qualidade ambiental interior, cresce o número de pesquisas científicas que aliam a simulação computacional aos estudos das condições de conforto e desempenho das edificações. Entre elas, a pesquisa de Santos *et al.* [12] analisou o desempenho da luz natural em salas de aula de Vitória-ES nos dias de solstício de verão e inverno, nos horários de 9h, 12h e 15h, por meio do *software* DIALux 4.7. Seus resultados apontaram que os dispositivos aplicados foram capazes de melhorar o conforto lumínico em 62,5% das horas simuladas. Já o trabalho de Silva e Laranja [13], avaliou o uso de prateleiras de luz para melhoria do desempenho lumínico em sala de aula localizada em Vitória-ES com uso do software TropLux. Por meio de simulações, as autoras observaram que o uso de prateleiras de luz, sobretudo com anteparo duplo, resultou em reduções no percentual de iluminação excessiva, principalmente na orientação Norte e nos tipos de céu parcialmente nublado e claro.

Como parâmetro normativo para os níveis adequados de iluminação, a presente pesquisa adotou a NBR CIE 8995-1 [14], que recomenda o valor de 300 lux para iluminância média mínima.

O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento da luz natural em uma sala de aula localizada numa escola pública estadual situada no município de Serra-ES, com uso da ferramenta DIALux evo 12.0. O presente estudo se propõe, ainda, avaliar uma opção de intervenção externa na janela, para melhoria do conforto lumínico.

METODOLOGIA

O objeto de estudo é uma sala de aula (Figura 1) localizada no segundo pavimento de uma Instituição de Ensino pública pertencente ao Município de Serra-ES. A cidade se situa na Latitude -20.12°, Longitude -40.30° [15], fuso horário UTC -3, estando na Zona Bioclimática 8 (ZB8) [16].

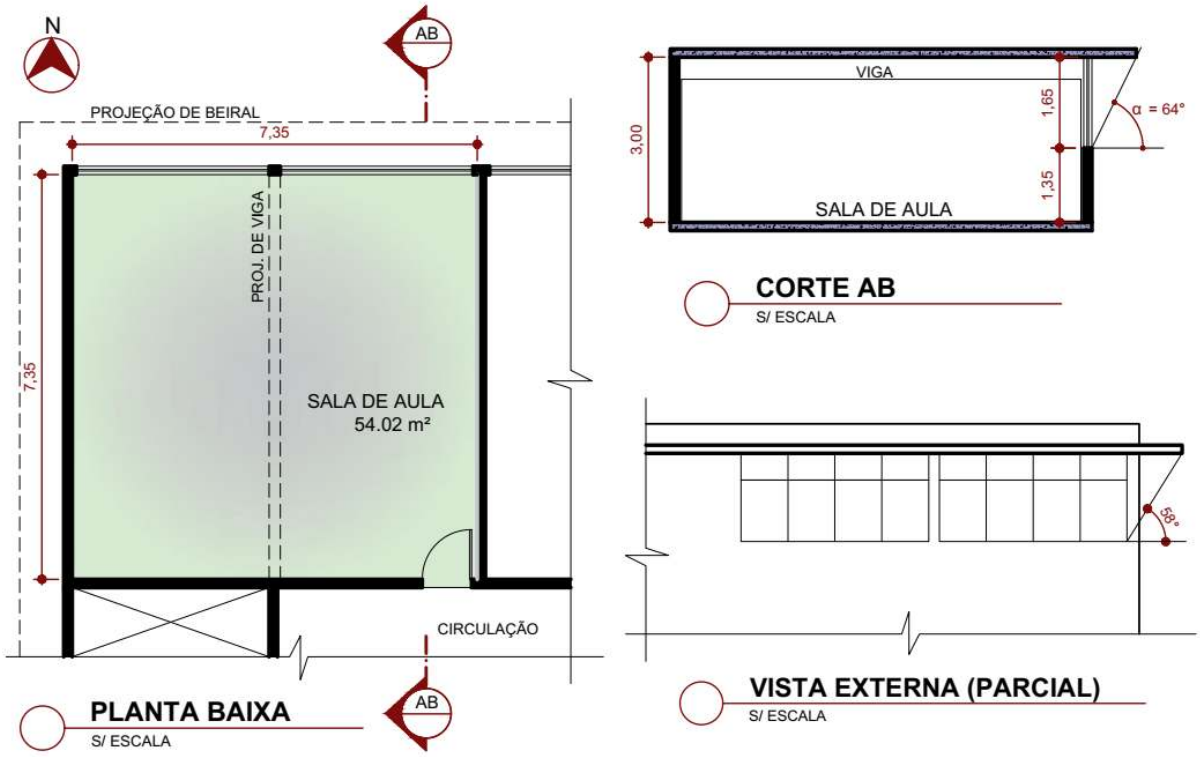
Figura 1: Orientação da fachada que contém as janelas. Vista interna da sala de aula.



Fonte: os autores (2024), adaptado de Google *Earth* (2022).

A sala possui dimensões 7,35 x 7,35 m e pé direito de 3,00 m. A parede norte conta com duas janelas de correr, em alumínio com vidro comum, de dimensões 3,50 x 1,60 m e peitoril de 1,35 m. O ambiente possui janelas voltadas para o norte geográfico. A planta baixa, corte e vista externa são apresentados na Figura 2.

Figura 2: Planta baixa, corte e vista externa



Fonte: os autores (2024).

A edificação foi construída na década de 1980 e não sofreu intervenções na sua estrutura. Além disso, o ambiente não possui sistema de condicionamento de ar e conta apenas com ventiladores de teto. Além do beiral de 0,80 m, não há obstáculos externos que causem sombreamento na parede norte, o que a deixa exposta à luz solar e à radiação térmica.

SIMULAÇÃO

A metodologia adotada se baseia na avaliação dos níveis internos de iluminação natural por meio de simulações computacionais com uso do *software* DIALux evo, versão 12.0. O programa é capaz de calcular a luz direta, indireta e difusa, sendo possível definir parâmetros de reflexão para superfícies dos objetos e da edificação. Possui aceitação profissional e acadêmica, presente na literatura científica [17] [18].

Na modelagem, levou-se em consideração as cores e revestimentos existentes e, para a reprodução mais precisa do local, foram criadas texturas dos revestimentos cerâmicos das paredes e do piso a partir das fotos feitas no ambiente. Os parâmetros utilizados para compor os materiais utilizados são apresentados no Quadro 1, com base no estudo realizado por Castro *et al.* [19].

Quadro 1: Parâmetros dos materiais utilizados na modelagem

Elemento	Tipo	Cor	Grau de reflexão (%)	Espelha-mento (%)	Índice de refração
Paredes	Pintura	Verde claro	64	0	_
Paredes	Revest. cerâmico	Bege	67	8	_
Teto	Pintura	Branco puro	86	0	_
Piso	Granilite	Cinza escuro	16	0	_
Esquadrias	Alumínio	Natural	36	0	_
Vidros	Vidro comum	Transparente	8	90	1,5

Fonte: os autores (2024).

Para computar o nível de iluminância do ambiente, foi criada uma superfície de cálculo com as mesmas dimensões da sala de aula, posicionada à altura de 0,75 m. Neste plano, optou-se por utilizar a quantidade de pontos determinada pelo software, no total de 81, distribuídos uniformemente. Portanto, o DIALux evo calculou a iluminância (lux) em todos os pontos e, em seguida, a iluminância média. A solução adotada está em conformidade com a NBR 15215-4 [20], que determina uma quantidade mínima de 16 pontos, com base no índice do local. A uniformidade geral, definida como a razão entre a iluminância mínima e a média, também foi calculada pelo *software* para a mesma superfície de cálculo.

Desta forma, para a análise da incidência da luz natural, foram realizadas simulações estáticas considerando os tipos de céu conforme NBR 15215-2 [21], que são: céu claro, parcialmente encoberto e encoberto. No *software* DIALux evo, estas tipologias correspondem, respectivamente, às opções: claro, médio e encoberto.

As datas escolhidas para as simulações foram próximas aos equinócios e solstícios: 21 de março, 22 de junho, 21 de setembro e 10 de dezembro. A última data foi definida para o dia 10/12 para uma adaptação ao estudo de caso (escola), pois na ocasião do

solstício de verão (22/12) as atividades escolares estariam encerradas. Definiu-se horários que contemplassem o dia letivo, de acordo com o horário de funcionamento da escola: 7h, 9h, 11h, 13h, 15h e 17h. Todas as definições estão de acordo com a NBR 15215-4, em seu item 6.1.3 [20].

Por fim, as simulações foram realizadas em duas etapas: a primeira com objetivo de fazer um diagnóstico da iluminação nas condições originais da sala de aula e, a segunda, para avaliar uma solução na tentativa de melhoria do desempenho lumínico no ambiente.

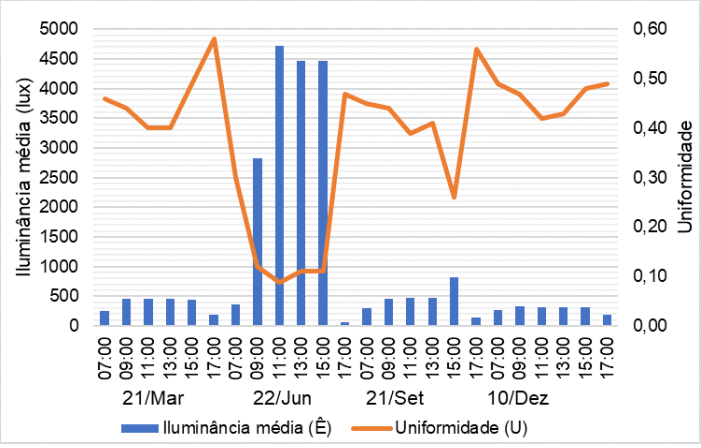
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, apresentam-se os resultados das simulações realizadas para avaliar a iluminação natural em uma sala de aula. Primeiramente seguem-se os resultados em relação ao ambiente sem intervenções. Em seguida, discute-se a eficácia da estratégia de sombreamento com brises horizontais, bem como os impactos observados na uniformidade da iluminação e no fenômeno de ofuscamento.

MODELO SEM INTERVENÇÕES

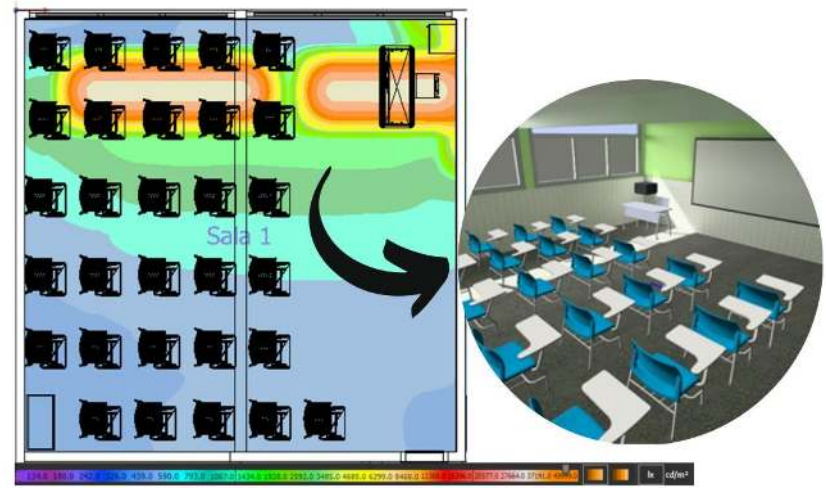
Para a condição de céu claro, para a maioria dos cenários simulados, verificou-se que a iluminância atende os requisitos mínimos da NBR CIE 8995-1 [14] para salas de aula, uma vez que não deve ser inferior a 300 lux. A Figura 3 apresenta valores de iluminância média e de uniformidade para os dias 21 de março, 22 de junho, 21 de setembro e 10 de dezembro. Para cada dia, os dados são representados em intervalos de 2 horas, de 7h00 às 17h00. No dia 22 de junho, as elevadas iluminâncias médias, ultrapassando 4500 lux às 9h00, foram muito superiores aos registros feitos para os demais dias. Tais registros foram acompanhados de uniformidades muito reduzidas, abaixo de 0,10. Portanto, percebeu-se que a iluminação não é uniforme, pois apresentou valores elevados de iluminância nos pontos próximos às janelas e reduzidos para os pontos mais afastados, perto da parede oposta, conforme Figura 4. Os resultados indicam que os valores obtidos para a uniformidade estão abaixo do mínimo para este parâmetro, que é 0,7 [14].

Figura 3: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu claro, nos horários estabelecidos



Fonte: os autores (2024).

Figura 4: Incidência de luz natural para céu claro, no dia 22 de junho, às 13h

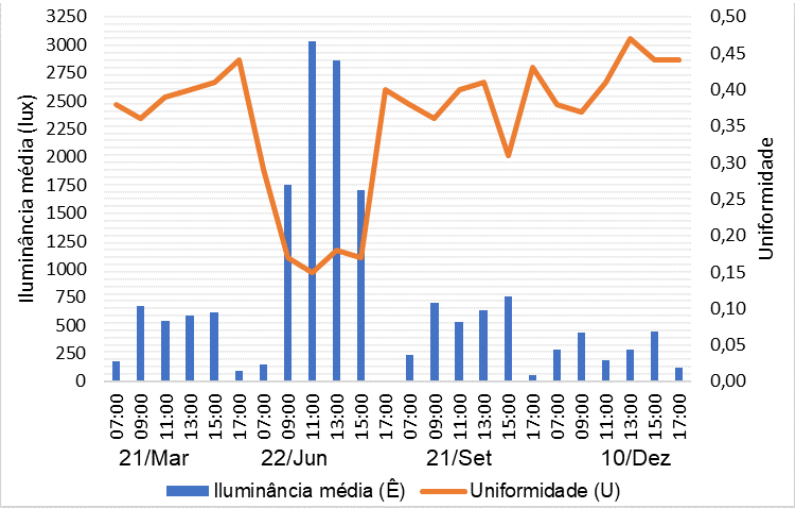


Fonte: os autores (2024).

Os valores discrepantes para a iluminância, que apresentaram máximas superiores a 30.000 lux para céu claro, observados para o dia 22 de junho, devem-se à posição do sol nesta época do ano, que incide diretamente no ambiente através das janelas. Os resultados também revelaram iluminâncias médias excessivas, acima de 2000 lux, que podem ocasionar desconforto visual em função do ofuscamento. Além de disso, a incidência direta de luz nas estações de trabalho pode gerar desconforto térmico.

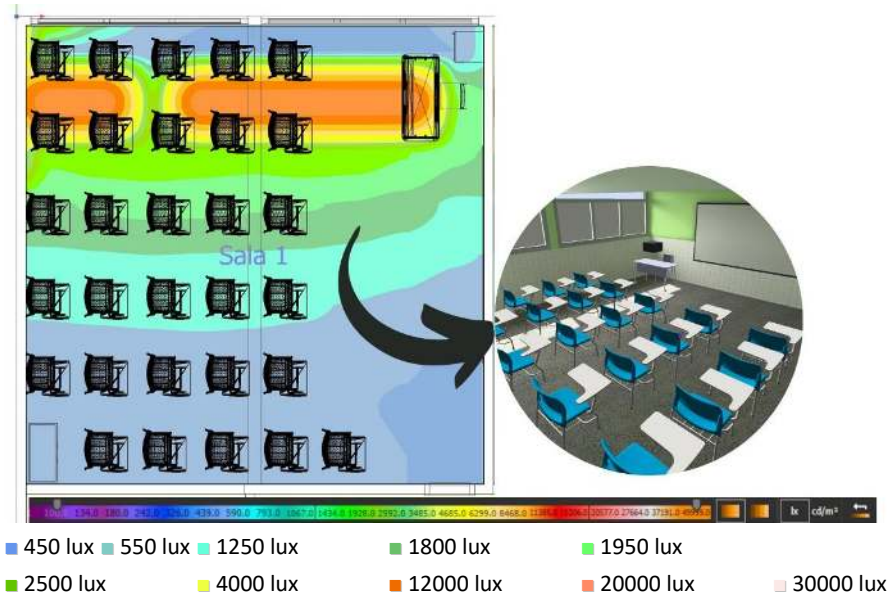
Na análise do comportamento da luz em dias de céu parcialmente encoberto (céu médio), as iluminâncias excessivas em junho foram novamente observadas, porém em níveis menores, mas ainda suficientes para causar desconforto (Figura 5). E, apesar das intensidades simuladas serem próximas do nível mínimo recomendado, a baixa uniformidade indica a grande amplitude de valores de iluminância, mais elevados quando próximos às janelas, conforme Figura 6.

Figura 5: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu médio, nos horários estabelecidos



Fonte: os autores (2024).

Figura 6: Incidência de luz natural, para céu médio, em 22 de junho, às 11h

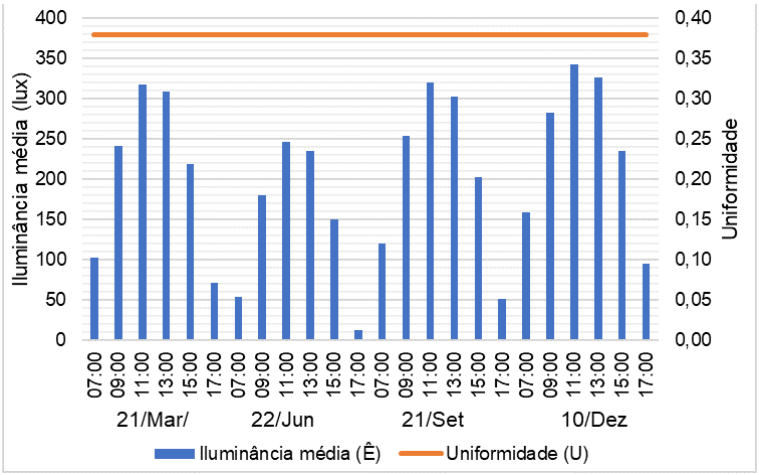


Fonte: os autores (2024).

É importante ressaltar que as simulações ocorreram em datas estratégicas, sendo assim, os resultados obtidos para o dia 22 de junho demostram o comportamento característico da luz solar num determinado período do ano. Devido a este resultado expressivo, que, para iluminâncias médias do ambiente, superaram 4700 lux para céu claro e 3000 lux para céu médio, investigou-se datas próximas. Desta verificação, constatou-se que as iluminâncias acima de 2000 lux podem ocorrer de 18 de maio a 12 de agosto.

Já para o céu encoberto, as iluminâncias variaram bastante ao longo do dia e as repetidas simulações mostraram um valor constante para a uniformidade, mas ainda muito inferior à referência de 0,7 (Figura 7). Nesse cenário não houve ocorrência da iluminação excessiva.

Figura 7: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu encoberto, nos horários estabelecidos



Fonte: os autores (2024).

Dos resultados obtidos afere-se que a incidência dos raios solares no ambiente sem proteção pode causar transtornos por um período considerável do ano devido aos valores elevados de iluminância alcançados, sobretudo em áreas próximas das janelas. Mesmo nos casos em que os valores encontrados para a iluminância são satisfatórios, a uniformidade não é adequada.

MODELO COM INTERVENÇÃO

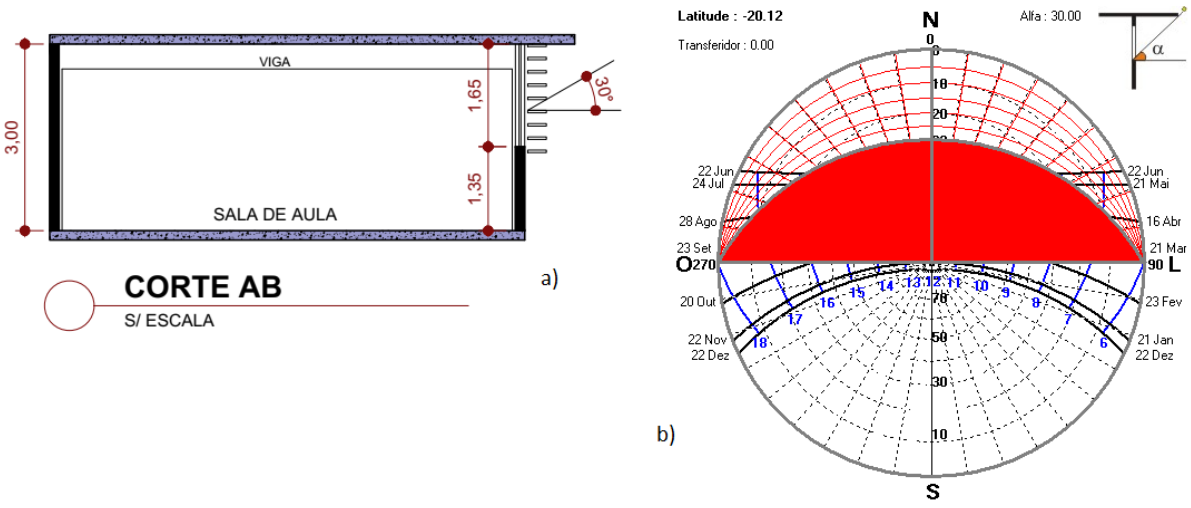
Com base nos resultados obtidos na primeira etapa de simulações, que considerou a condição original do ambiente, confirmou-se a necessidade de implementar uma estratégia para minimizar a incidência de luz direta, tornar a iluminação das salas mais uniforme e reduzir o ofuscamento.

Além disso, de acordo com Lamberts, Dutra e Pereira [4], a radiação solar é fonte de luz e também de calor. Logo, a incidência excessiva de luz observada também pode contribuir para o aquecimento do ambiente, causando desconforto térmico. Embora o objetivo do trabalho não seja o estudo aprofundado do conforto térmico, a literatura entende que o acréscimo de brises, elementos passíveis de baixo custo, possivelmente traga benefício adicional para o desempenho térmico do ambiente.

Assim sendo, foram realizadas simulações com brises horizontais para as mesmas condições de céu, dias e horários. Com o auxílio do *software* SOL-AR 6.2, verificou-se que um ângulo de abertura vertical de 30° (α externo) melhoraria as condições de incidência da luz solar direta de 8h às 16h, o que beneficiaria o conforto durante os horários mais críticos observados nas simulações sem intervenções.

A estratégia de estender o beiral existente não foi escolhida, pois para se obter o ângulo de 30° seria necessário uma marquise de 2,86 m, o que seria inviável do ponto de vista construtivo. Portanto, decidiu-se por avaliar a instalação de brises horizontais com mesmo ângulo. A alternativa adotada é ilustrada na Figura 8.

Figura 8: a) Alternativa para sombreamento com brises horizontais; b) Carta solar, ângulo α = 30°

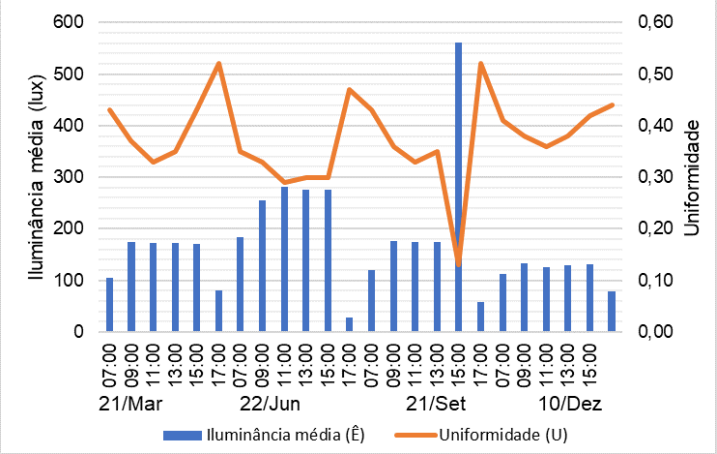


Fonte: os autores (2024), adaptado de SOL-AR 6.2.

Após as novas simulações, com o acréscimo dos brises horizontais, observou-se a redução significativa da incidência excessiva de luz direta, principalmente no mês de

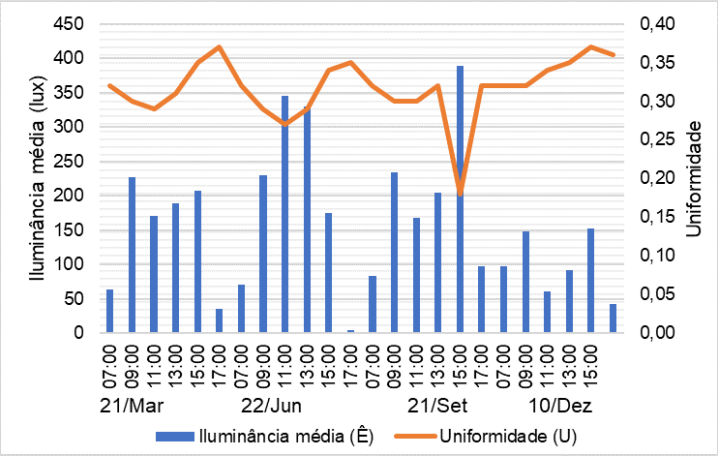
junho, para os tipos de céu claro e médio, condições de maior exposição solar. Houve também uma pequena melhora no valor da uniformidade, mas sem atingir o patamar adequado. Os resultados são apresentados nas Figuras 9 e 10.

Figura 9: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu claro, após intervenção com brises



Fonte: os autores (2024).

Figura 10: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu médio, após intervenção com brises

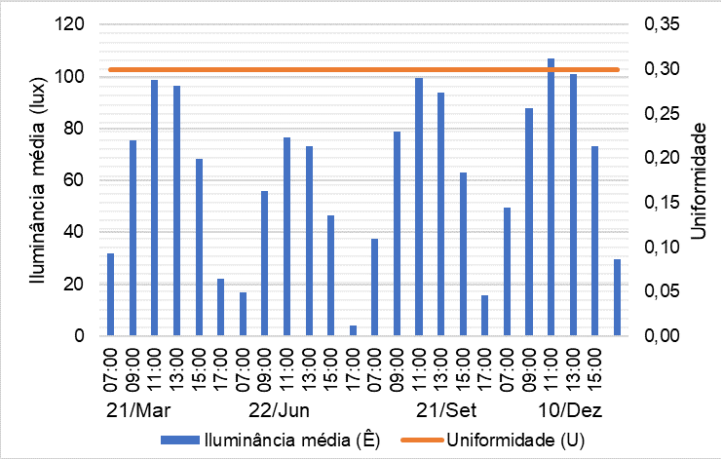


Fonte: os autores (2024).

A iluminância verificada para o dia 21 de setembro deve-se a uma pequena região onde se obteve incidência direta da luz, o que causou tal discrepância nos dados, tanto para os dias de céu claro, quanto para os de céu parcialmente encoberto. Mesmo assim, essa situação apresentou valores pouco acima de 550 lux para céu claro e de aproximadamente 380 lux para céu médio, sendo portanto muito menores que a referência estabelecida para o desconforto, que foi de 2000 lux.

Para o céu encoberto (Figura 11), as iluminâncias médias sofreram uma redução considerável e a contribuição da iluminação natural para o ambiente é mínima.

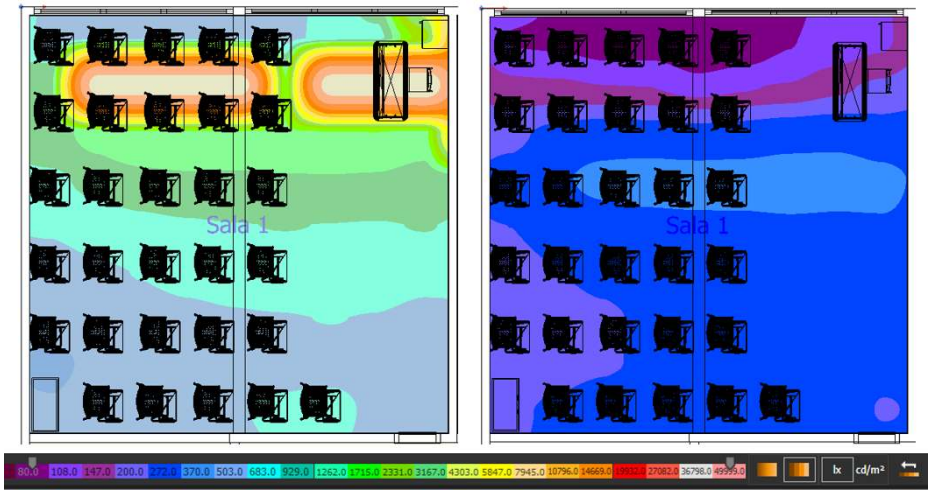
Figura 11: Iluminâncias médias do ambiente e uniformidades simuladas para céu encoberto, após intervenção com brises



Fonte: os autores (2024).

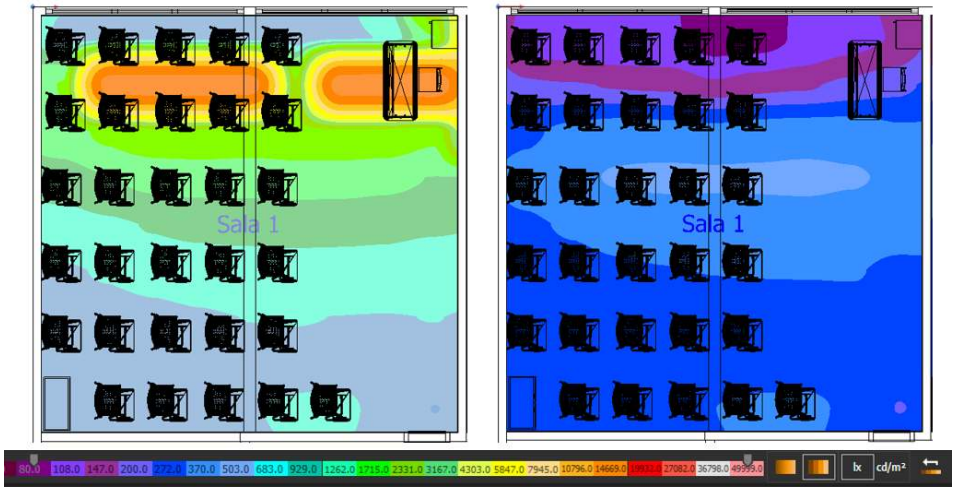
Comparando-se os cenários sem brises e com brises, para o dia 22 de junho às 13h com céu claro (Figura 12) e céu parcialmente encoberto (Figura 13), percebe-se a redução da iluminação excessiva devido à estratégia de sombreamento com brises. As figuras apresentam uma escala de cores falsas em que é possível observar que também houve melhoria na uniformidade da iluminação na sala de aula, pois na situação com brises, o diagrama de cores falsas apresenta menos mudanças de cor, enquanto a variação de cores para o cenário sem o sombreamento é maior.

Figura 12: Comparação para céu claro, dia 22/06, às 13h, sem brises (esquerda) e com brises (direita)



Fonte: os autores (2024).

Figura 13: Comparação para céu médio, dia 22/06, às 13h, sem brises (esquerda) e com brises (direita)



Fonte: os autores (2024).

Observou-se, portanto, uma melhoria significativa na distribuição da iluminação. Os brises foram eficazes na redução da incidência direta de luz, especialmente durante os períodos de maior exposição solar. Isso resultou em uma iluminação mais uniforme em toda a sala, com uma redução notável no fenômeno de ofuscamento.

CONCLUSÃO

Os resultados apontaram uma variação significativa nos valores obtidos das simulações em função dos parâmetros de céu e horários do dia. Em dias de céu claro, os níveis de iluminância foram mais elevados, enquanto em dias de céu parcialmente encoberto, os níveis se revelaram mais moderados, porém ainda apresentando desafios de uniformidade. Essas variações sazonais e meteorológicas destacam a complexidade do conforto lumínico em ambientes educacionais e a importância de considerar diferentes condições ambientais ao projetar intervenções.

A partir dos resultados da primeira simulação, constatou-se que a iluminação natural, em determinados períodos do ano, incide de forma direta e excessiva no interior do ambiente nas proximidades das janelas da fachada norte. Mesmo com níveis altos de iluminação nesta região, o lado oposto da sala recebe valores de iluminância baixos. Sob o ponto de vista do conforto, haveria necessidade de complementação com iluminação artificial para se obter uma uniformidade adequada.

A solução de sombreamento com brises horizontais reduziu significativamente a incidência excessiva de luz e, em consequência, o ofuscamento para os dias de céu claro e parcialmente encoberto.

Acrescenta-se ainda a considerável melhoria na distribuição da iluminação incidente, que, mesmo não atingindo os níveis apropriados, é um indicativo de que os contrastes, antes existentes, foram reduzidos. Deste modo, conclui-se que a estratégia de sombreamento melhorou a qualidade ambiental interna no quesito conforto lumínico.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a implementação de estratégias passivas, como o uso de brises horizontais, pode melhorar significativamente o conforto lumínico em ambientes escolares. A análise por meio do software DIALux evo

mostrou que a solução proporcionou uma melhora considerável na distribuição da iluminância natural, reduzindo áreas de alta intensidade de luz e sombras excessivas.

A uniformidade da distribuição de luz é um aspecto crucial para o conforto visual dos alunos, contribuindo para um ambiente de aprendizado mais agradável e eficiente. A redução de áreas com excesso de brilho e sombras, conforme identificado nas simulações, aponta para uma potencial melhora na concentração e no desempenho dos estudantes, pois pode minimizar a fadiga ocular e qualificar o ambiente o uso.

Além disso, a estratégia passiva adotada também sugere uma contribuição positiva para a eficiência energética do edifício. Otimizar o uso da luz natural pode diminuir a necessidade de iluminação artificial, resultando em economia de energia e redução de custos operacionais a longo prazo.

Como encaminhamentos para trabalhos futuros, sugere-se o estudo de diferentes aberturas para os brises, ou mesmo outras soluções de sombreamento para verificação das consequências para a iluminância média do ambiente e para a qualidade da iluminação. Além disso, futuras pesquisas sobre o impacto da instalação dos dispositivos de sombreamento na redução da temperatura do ambiente e um estudo de iluminação artificial complementar eficiente com estratégias de acionamento e dimerização de lâmpadas.

Este estudo ressalta a importância do conforto lumínico no ambiente escolar e destaca os benefícios potenciais da implementação de brises horizontais para melhoria das condições de iluminação natural em salas de aula.

AGRADECIMENTOS

Não declarado.

REFERÊNCIAS

[1] GODISH, Thad. **Indoor environmental quality**. Boca Raton: CRC Press/Taylor & Francis, 2000. ISBN 1-56670-402-2.

[2] KLEPEIS, N. E.; NELSON, W. C., OTT, W., R.; ROBINSON, . P.; TSANG, A. M.; SWITZER, P. **The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS)**: A resource for assessing exposure to environmental pollutants, article. Denton: UNT Digital Library, 2001. Disponível em: https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc719357. Acesso em: 09 fev. 2022.

[3] MUELLER, C. M. **Espaços de ensino-aprendizagem com qualidade ambiental:** o processo pedagógico para elaboração de um anteprojeto. 2007. 291 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-19092007-142731/publico/MUELLER_mestrado.pdf. Acesso em: 09 maio 2024.

[4] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/PROCEL: Ministério de Minas e Energia, 2014.

Disponível em: https://labeee.ufsc.br/pt-br/publicacoes/livros. Acesso em: 23 abr. 2024.

[5] AKANMU, W. P.; NUNAYON, S. S.; EBOSON, Uche C.. Indoor environmental quality (IEQ) assessment of Nigerian university libraries: A pilot study. **Energy and Built Environment**, 2020. ISSN 2666-1233. DOI: https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2020.07.004. Acesso em: 28 set. 2020.

[6] KARAPETSIS, A.; ALEXANDRI, E. Indoor Environmental Quality and its Impacts on Health – Case Study: School Buildings. In: **5th International Conference "Energy in Buildings 2016"**, v. 1, p. 78-81, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/317888474_Indoor_Environmental_Quality_and_its_Impacts_on_Health_-_Case_Study_School_Buildings. Acesso em: 26 nov. 2020.

[7] MUJAN, I.; ANDELKOVIĆ, A. S.; MUNĆAN, V.; KLJAJIĆ, M.; RUZIĆ, D. Influence of indoor environmental quality on human health and productivity – A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 217, p. 646-657, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.307. Acesso em: 02 maio 2024.

[8] KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **Arquitetura Escolar:** o projeto do ambiente de ensino. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. ISBN: 978-85-7975-011-3.

[9] VENTORIM, F.; BRAGATTO, L.; RODRIGUES, M. L.; DIAS, I.; MÁRQUEZ, A. C.; DINIZ, A. C.; ACHIAMÉ, G.; SAUER, A. S.; REMBISKI, F. Análise do desempenho da iluminação natural de salas de aula de desenho em Vitória (ES). In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, 2014. **Anais …** Maceió-AL: ENTAC, 2014.

[10] MAPELLI-BASILIO, Y. R.; LARANJA, A. ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM SALA DE AULA EM VITÓRIA-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2020. p. 1–8. DOI: 10.46421/entac. v18i.743. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/743. Acesso em: 06 nov. 2023.

[11] OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91–114, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S1678-86212012000100007. Acesso em: 26 abr. 2024.

[12] SANTOS, L. S.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. de; AMORIM, C. N. D. O potencial de uso da luz natural em edifício escolar para a situação de Vitória-ES. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2010. **Anais…** Canela-RS: ENTAC, 2010. Disponível em: https://lpp.ufes.br/o-potencial-de-uso-da-luz-natural-em-edif%C3%Adcio-escolar-para-situa%C3%A7%C3%A3o-de-vit%C3%B3ria-%E2%80%93-es. Acesso em: 13 maio 2023.

[13] SILVA, Anna Carolina S.; LARANJA, Andréa Coelho. Uso de prateleiras de luz pra melhoria do desempenho luminoso em ambiente escolar em Vitória, Espírito Santo. **Sítio novo**, v. 6, p. 58-68, 2022. DOI: http://dx.doi.org/10.47236/2594-7036.2022.v7.i0.58-68p. Acesso em: 04 jun 2023.

[14] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

[15] IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Mapa Municipal. 2021. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_municipais/colecao_de_mapas_municipais/2020/ES/serra/3205002_MM.pdf. Acesso em: 06 maio 2024.

[16] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3**: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

[17] MAIOLI, R. N. ALVAREZ, C. E. Análise da utilização de prateleiras de luz em Vitória-ES (Brasil). **Revista Hábitat Sustentable**, v. 3, n. 1, p. 37-46, ISSN 07190700. Disponível em: https://lpp.ufes.br/an%C3%A1lise-da-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-prateleiras-de-luz-em-vit%C3%B3ria-es-brasil. Acesso em: 04 abr. 2023.

[18] PILENGHI, C.; LUCAS, B.; WILGES, M.; GRALA, E. Avaliação do projeto luminotécnico e estudo da integração da iluminação natural e artificial utilizando simulação computacional. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais [...].** [S. l.], 2023. p. 1–10. DOI: 10.46421/encac.v17i1.4073. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4073. Acesso em: 8 abr. 2024.

[19] CASTRO, A.; LABAKI, L.; CARAM, R.; BASSO, A.; FERNANDES, M. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, v.3, n. 2, p. 69–76, 2003. ISSN 14158876. Disponível em: https://repositorio.usp.br/item/001363147. Acesso em: 08 maio 2024.

[20] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4**: Iluminação natural - Verificação experimental das condições de iluminação natural interna. Rio de Janeiro, 2023.

[21] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-2:** Iluminação natural – Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural e para distribuição espacial da luz natural. Rio de Janeiro, 2022.