"ILUMINAÇÃO NATURAL EM ESPAÇO ESCOLAR EM VITÓRIA-ES"

Yulli Ribeiro Mapelli Basilio (1); Andréa Coelho Laranja (2)
(1) mestranda, arquiteta e urbanista, yullirmapelli@gmail. com, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), (27) 99606-9037
(2) doutora, arquiteta e urbanista, andrea.laranja@ufes.br, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

RESUMO
O conforto visual de espaços escolares é questão que deve ser tratada de maneira cuidadosa durante o processo de projeto arquitetônico. Essa pesquisa tem como objetivo analisar o desempenho luminoso de sala de aula em Vitória-ES. Na metodologia foram feitas simulações com o software TropLux 8, no céu dinâmico de Vitória-ES, orientação Nordeste, em ambiente escolar. Foram realizadas análises com relação à carta solar, percentuais das UDIs, Uniformidade, Daylight Autonomy e Curvas Isolux. Quanto à Carta Solar, a análise aconteceu para 6 pontos no ambiente interno. Quanto às UDIs e Daylight Autonomy, as análises foram feitas para todos os dias do ano, de 7h às 17h. Quanto à uniformidade, analisou-se o dia 21 de cada mês nos horários de 8h, 10h, 12h, 14h e 16h. Quanto às curvas isolux, as análises foram realizadas para 21 de março, junho e de dezembro, às 10h, 12h e 14h. Como principais conclusões observa-se que de uma forma geral os níveis de iluminação natural são adequados para a realização das atividades, detectando-se porém incidência solar direta no ambiente interno em algumas fileiras da sala. Pode-se perceber também que em relação às UDIs, aproximadamente em 80% das horas há iluminação natural satisfatória para a realização das atividades, apesar da uniformidade ter sido detectada com níveis baixos, apenas havendo uma pequena melhora no horário das 14h. Quanto à Daylight Autonomy, constatou-se autonomia de luz natural em 100% das horas dos dias simulados. Quanto às Curvas Isolux, toda a área do ambiente possui valores de iluminância de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e também de acordo com a faixa satisfatória dos percentuais das UDIs.

Palavras-chave: iluminação natural, iluminância, escola.

ABSTRACT
The visual comfort of school spaces is an issue that must be carefully addressed during the architectural design process. This research aims to analyze the light performance of a classroom in Vitória-ES. The methodology used consisted of simulations with the TropLux 8 software, in the dynamic sky of Vitória-ES, Northeast orientation, in a school environment. Percentages of UDIs, Uniformity, Daylight Autonomy and Isolux curves were analyzed in relation to the solar chart. As for the Solar Chart, an analysis took place for 6 points in the indoor environment. As for the UDIs and Daylight Autonomy, the analyzes were performed for all days of the year, from 7:00 am to 5:00 pm. As for uniformity, the 21st of each month was analyzed at 8:00 am, 10:00 am, 12:00 pm, 2:00 pm and 4:00 pm. As for the isolux curves, the analyzes were performed for March 21, June and December, at 10:00 am, 12:00 pm and 2:00 pm. The main observations are that, in general, the levels of natural lighting are adequate for carrying out the activities, although direct sunlight is detected in the indoor environment in some rows of the room. It can also be seen that, in relation to the IDUs, approximately 80% of the hours of daylighting are satisfactory for carrying out activities, despite the uniformity having been detected at low levels, with only a small improvement in the time of 2 pm. As for Daylight Autonomy, natural light autonomy was found in 100% of the hours of the simulated days. As for the Isolux Curves, the entire area of the environment has illuminance values in accordance with NBR ISO / CIE 8995-1: 2013 and also in accordance with the satisfactory range of percentages of the UDIs.

Keywords: natural lighting, illuminance, school.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos comprovam a influência da luz natural nos usuários de ambientes internos edificados, indicando a luz como uma facilitadora das sensações que promovem bem-estar (HESCCHONG, 2003; BOYCE, 2009; VANDERLEI et al., 2019; TECHIO et al., 2021). De acordo com pesquisas realizadas por Bertolotti (2007), Yao *et al*. (2020) e Baloch *et al*. (2021), a saúde humana pode também ser impactada pela ausência da luz natural, considerando que esta ativa o sistema circadiano, orientando os indivíduos fisiologicamente e psicologicamente sobre seus afazeres ao longo do dia e noite. Além da iluminação natural ser uma fonte essencial para a saúde e bem-estar dos usuários, ressalta-se sua relevância com relação a redução de energia elétrica com iluminação artificial, aumentando a eficiência energética das edificações (WILLIAMS et al., 2012; FONSECA e PEREIRA, 2017).

Desta forma, levando em consideração os benefícios da luz natural para a saúde dos usuários e eficiência energética da edificação, ressalta-se a relevância de estudos com relação à incidência de iluminação natural em espaços educacionais. Barrett *et al*. (2015) e Carvalho e Cabús (2020) afirmam que as características físicas das salas de aula são fatores bastante relevantes para o bom desenvolvimento das atividades e consequentemente para o desempenho dos usuários.

Houck (2015) em estudo sobre a incidência de iluminação natural em salas de aula e o potencial para mudanças de layout em função dessa iluminação, ressalta a relevância em se considerar a iluminação natural no processo de projeto desses espaços. O autor expõe pesquisas que relatam sobre concursos arquitetônicos de edificações escolares e ressalta que os projetos vencedores tendem a ser projetos com salas de aula profundas, com poucos metros de fachada, ressaltando a falta de critérios avaliativos nos concursos com relação a entrada de iluminação natural nesses ambientes internos. Matos e Scarazzato (2018) em uma revisão de literatura sobre a iluminação natural no projeto de arquitetura, concluem que são necessários novos estudos que possam incentivar o projetista para a adequada apropriação da luz do dia, de modo que tenha subsídios para incluí-la nas etapas iniciais do projeto.

Nesse sentido, entendendo a importância de tratar a iluminação natural como parte integrante do projeto de arquitetura de espaços educacionais, acredita-se que este estudo vem contribuir com o processo de projeto arquitônico, assim como na avaliação de edificações existentes.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar o desempenho luminoso de sala de aula em Vitória-ES.

3. MÉTODO

Esta pesquisa faz parte do desenvolvimento de um trabalho de dissertação de mestrado que se utiliza de tipologias estáticas de condições de céu para a avaliação. Este artigo vem complementar esta análise considerando a atualização do software TropLux, fazendo uso de condições de céu dinâmico da cidade de Vitória-ES, o qual considera uma simulação que acontece de hora em hora para todos os dias do ano (CABÚS e RIBEIRO, 2015).

Deste modo, para este estudo a análise da iluminação natural se deu por meio da Carta Solar e de simulação computacional com o software TropLux 8. O TropLux caracteriza-se como programa recomendado pelo RTQ- R (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais) (BRASIL, 2012). O software possibilita a análise luminosa quantitativa no ambiente interno, sendo possível a inserção das características do ambiente por meio de coordenadas. Também é fornecido ao programa a localização do ambiente, refletância de superfícies internas e externas, orientação das aberturas, horários e dias das simulações e a distribuição dos pontos de medição dentro do ambiente.

3.1. Objeto de Estudo

Nas simulações, foi utilizado como padrão de ambiente interno, uma sala de aula 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

A sala de aula analisada localiza-se no segundo pavimento da edificação escolar e tem como dimensões 7,35m x 7,15m x 3,20m, respectivamente comprimento, largura e pé direito, com área correspondente a 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 (FIGURA 2). A abertura possui área equivalente a 1/5 da área do piso; razão entre a área de janela e piso (Window to Floor Ratio, WFR) correspondente a 19,04% e razão entre a área de janela e o restante da fachada (Window to Wall Ratio, WWR) correspondente a 43,7%. A abertura possui externamente uma marquise, conforme mostra desenhos do Quadro 1.



(a) (b)

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

3.1. Métricas de avaliação

De acordo com a IES LM-83 (IES, 2012) um conjunto de métricas úteis e significativas fornecem uma avaliação mais completa do ambiente. Sendo assim, para a avaliação do ambiente interno nesta pesquisa, foram utilizadas: a carta solar do município de Vitória-ES com demarcação da máscara de sombra do elemento sombreador e simulações com o sofware TropLux 8, sendo avaliados os percentuais das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*), uniformifade, Autonomia de luz natural (*Daylight Autonomy*) e curvas isolux.

No que se refere à carta solar do município de Vitória-ES, a análise foi baseada nos dados fornecidos pela máscara de sombra. Foram analisados pontos no interior do compartimento em função do posicionamento do leiaute existente, que permitirá a análise da ocorrência de radiação direta ao longo de

todas as fileiras de cadeiras de acordo com o leiaute interno (FIGURA 3). Cada ponto determinou dois pontos em planta (β da direita e β da esquerda) e um ponto vertical (α).

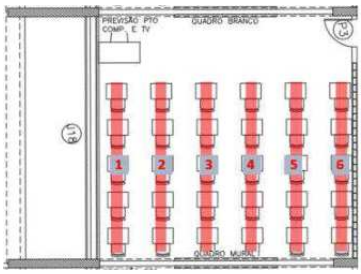
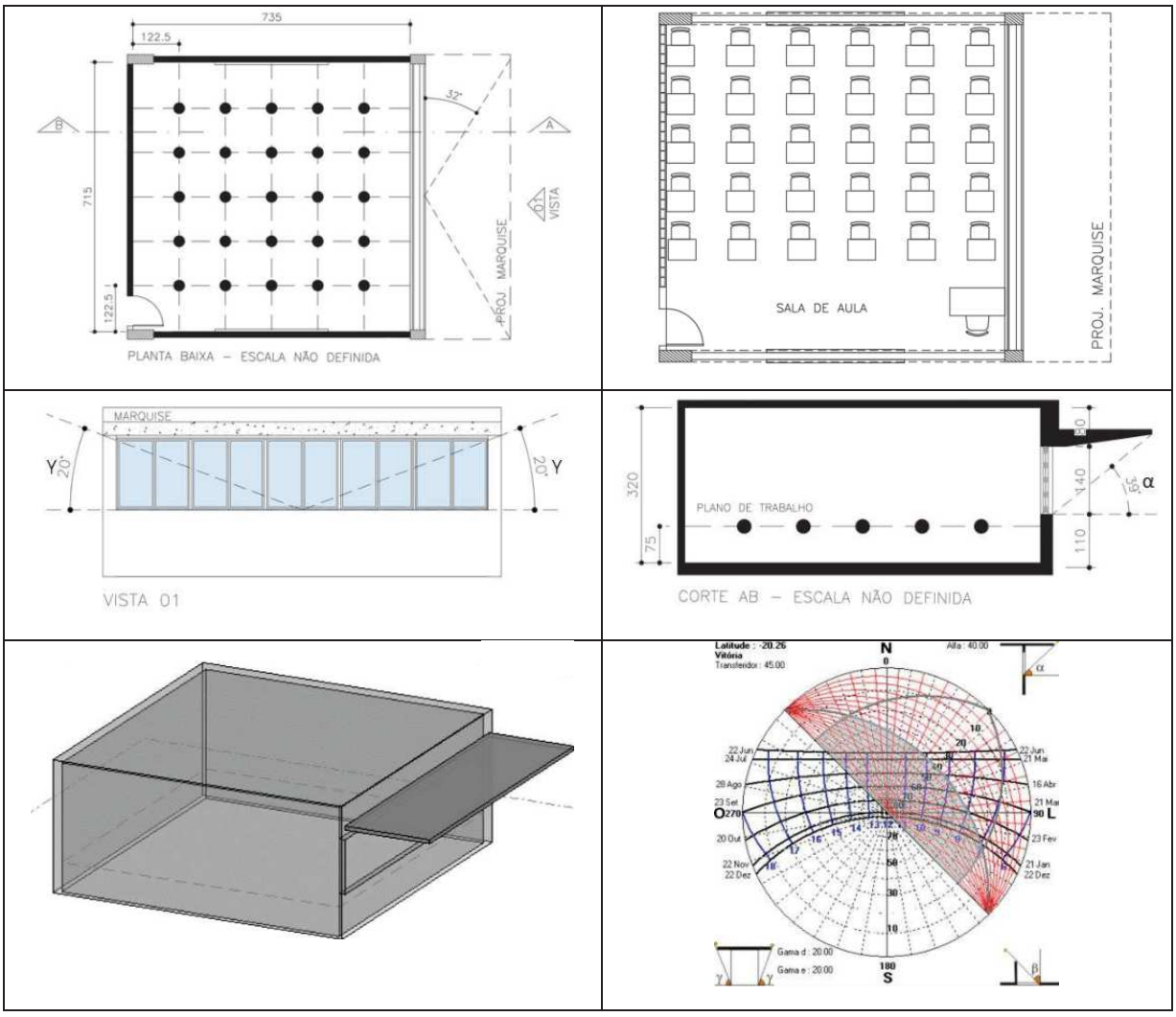


Figura 3 - (a) Planta baixa com demarcação das fileiras para análise na carta solar.

No que se refere às 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.

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 demarcada em ponto externo da abertura, conforme ângulos apresentados



Foi utilizado para a simulação a condição de céu dinâmico, o qual se baseia nos arquivos da cidade escolhida, Vitória-ES. As simulações aconteceram para a orientação Nordeste em função da implantação da edificação da escola e disposição da abertura da sala de aula analisada. As refletâncias internas adotadas para o ambiente analisado foram: marquise = 0,5; 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.

Nas simulações foram extraídos os dados de iluminância em função dos percentuais de horas das UDIs (*Useful Daylight Illuminances*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006) e atualizados em pesquisa de Mardaljevic (2011). Os percentuais de horas das UDIs são classificados de acordo com faixas, em que valores de iluminação inferiores a 100lx são considerados insuficientes; entre 100 e 300lx são considerados suficiente, porém com necessidade de iluminação complementar; entre 300lx e 3.000lx são considerados suficiente; e acima de 3.000lx 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, que se trata do valor de iluminância mínima (Emin), dividido pelo valor de iluminância média (Emédia) do plano de trabalho, considerando a área de tarefa e seu entorno imediato (MORAES e CLARO, 2013). Os valores de uniformidade foram analisados levando em consideração que quanto mais próximo de 1, maior a uniformidade e consequentemente melhor a distribuição da iluminação no ambiente interno. A uniformidade foi analisada no dia 21 de cada mês do ano (janeiro a dezembro) nos horários de 8h00, 10h00, 12h00, 14h00 e 16h00.

Na análise com relação à *Daylight Autonomy* (Autonomia de luz natural) foi possível observar a porcentagem de horas no ano na qual determinada iluminância foi mantida apenas pela iluminação natural, sem a necessidade de complementação com iluminação artificial (REINHART; WIENOLD, 2011). Assim foi possível identificar o período em que haverá a necessidade do acionamento da iluminação artificial, utilizando como parâmetro de análise os valores de iluminância estipulados pela NBR 8.995-1 (ABNT, 2013) para sala de aula (300lx), sala de leitura (500lx) e sala de artes (750lx). Isoladamente a Daylight Autonomy não é uma métrica suficiente para avaliar a iluminação natural no ambiente, em função disso, as demais métricas (UDIs, uniformidade e curvas isolux) complementam as análises.

Para as curvas isolux a distribuição de luminosidade foi analisada no dia 21 de março, 21 de junho e 21 de dezembro, às 8h,12h e 14h, datas e horários conforme sugere a NBR 8.995-1 (ABNT, 2013) e comparados com os valores de iluminância estipulados pela NBR 8.995-1 (ABNT, 2013) para sala de aula (300lx), sala de leitura (500lx) e sala de artes (750lx), e pela métrica UDI.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Carta Solar de Vitória-ES

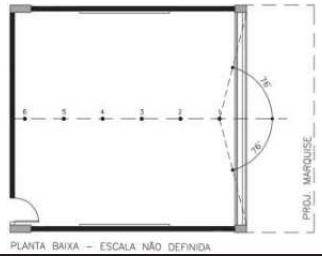
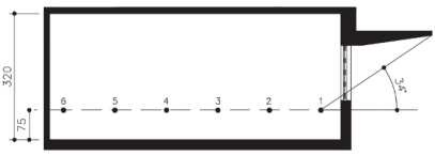
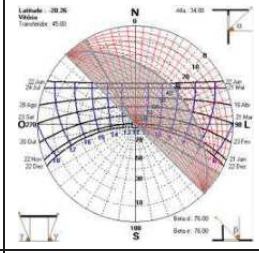
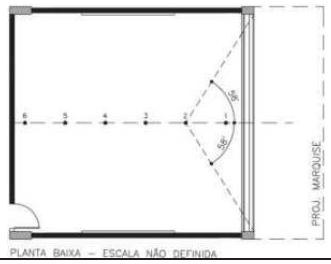
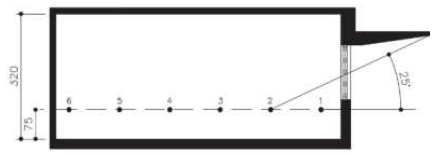
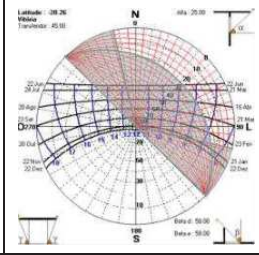
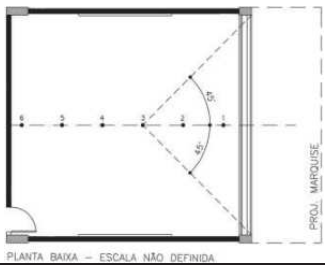
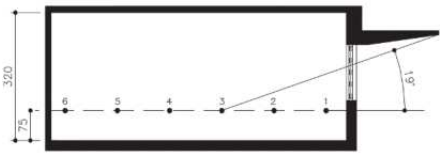
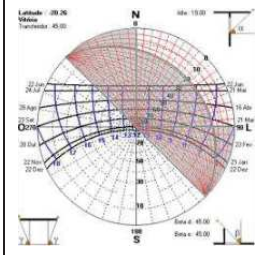
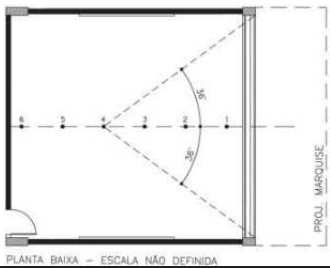
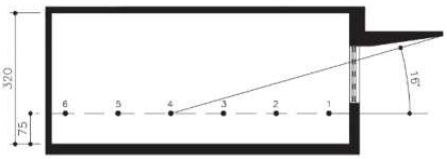
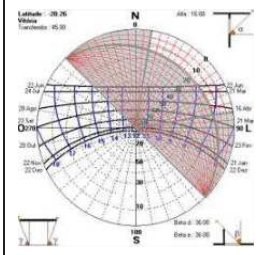
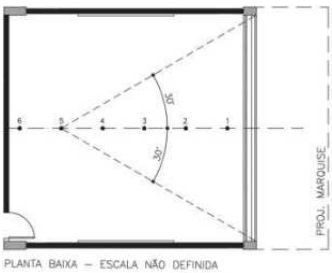
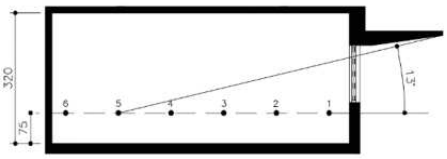
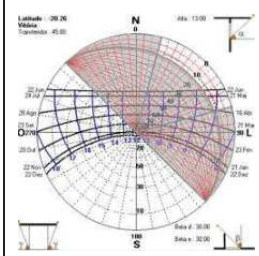
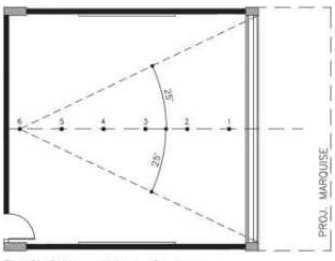
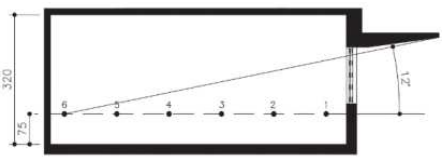
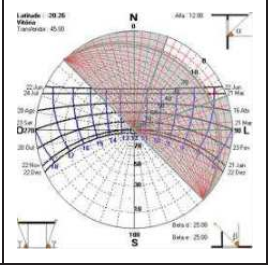
De acordo com o Quadro 2, observa-se que, de maneira geral, à medida que os pontos se afastam da abertura, como é esperado, há um maior sombreamento. No ponto da fileira 1 (o mais próximo da abertura) não há incidência solar no horário de aula (a partir das 7h00) apenas nos meses de maior altura solar (novembro, dezembro, janeiro). Porém, para todos os demais meses há uma incidência solar que aumenta gradativamente a medida que vai se aproximando os meses de menor altura solar, chegando a uma insolação de cerca de 2h de sol (7h às 9h) no mês de junho.

No ponto da fileira 2 não há incidência solar no horário de aula (a partir das 7h00) nos meses de maior altura solar (outubro, novembro, dezembro, janeiro e fevereiro). Porém, para todos os demais meses há uma incidência solar que, assim como a fileira 1, aumenta gradativamente a medida que vai se aproximando os meses de menor altura solar, chegando a uma insolação de cerca de 2h de sol (7h às 9h) no mês de junho.

No ponto da fileira 3 haverá incidência solar nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto. Esta incidência solar é cerca de uma hora e meia de insolação. No ponto da fileira 4 haverá incidência solar nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto, sendo que esta incidência é em torno de 15 minutos, chegando a quase uma hora de insolação. No ponto da fileira 5 haverá incidência solar direta por cerca de quarenta minutos em apenas três meses do ano, corresponde aos meses de menor altura solar, maio, junho e julho. No ponto da fileira 6 haverá incidência solar direta de aproximadamente meia hora em maio e junho.

A incidência de iluminação nas áreas de trabalho do estudante provocará ofuscamento indireto, no qual os raios solares incidem sobre a superfície de trabalho e são refletidos para os olhos do estudante, ocasionando altos índices de iluminância no campo visual. Devido ao fato da ocorrência da insolação acontecer logo nos primeiros horários das aulas do período matutino isto acabará levando os usuários do ambiente a fazerem uso de dispositivos sombreadores internos, como exemplo as persianas. Consequentemente também haverá o acionamento da iluminação artificial para garantir a iluminação suficiente nas demais áreas do ambiente.

Quadro 2 - Máscara de Sombra da marquise sobre carta solar de Vitória-ES para seis pontos dentro do ambiente.

Nº	Planta com Ângulos Beta	Corte com Ângulo Alfa	Máscara de Sombra
Fileira 1			
Fileira 2			
Fileira 3			
Fileira 4			
Fileira 5			
Fileira 6			

4.2. Percentuais das UDIs

De acordo com Figura 4 é possível observar no gráfico os percentuais das UDIs no período matutino e no período vespertino para todos os dias do ano. Para ambos os períodos do dia, observa-se que em aproximadamente 80% das horas simuladas a quantidade de iluminação na sala de aula analisada está

enquadrada dentro do intervalo considerado suficiente (300<E<3.000lx). É possível observar também que, mesmo no período vespertino (período em que não há insolação solar direta na fachada), a existência da marquise não impede o acesso da luz natural no ambiente interno, visto que a sala continua com iluminação suficiente para a realização das atividades. Desta forma as atividades acontecerão dentro deste ambiente escolar, em ambos os períodos do dia, com pouca demanda pela iluminação artificial.

No que se refere à iluminação excessiva (E>3.000lx) para ao período matutino, observam-se percentuais em proporções bem reduzidas, sendo isto provavelmente decorrente da incapacidade da marquise de bloquear a insolação direta nos horários de início do dia nos meses onde se tem a menor altura solar. Isto pode ser também comprovado no gráfico solar com o mascaramento elaborado para cada um dos pontos de acordo com cada Fileira de cadeiras determinadas no leiaute (QUADRO 2). No que se refere à iluminação excessiva (E>3.000lx) para o período vespertino, também observam-se percentuais em proporções bem reduzidas, possivelmente nos pontos mais próximos da abertura, sendo isto provavelmente decorrente da luz refletida do céu.

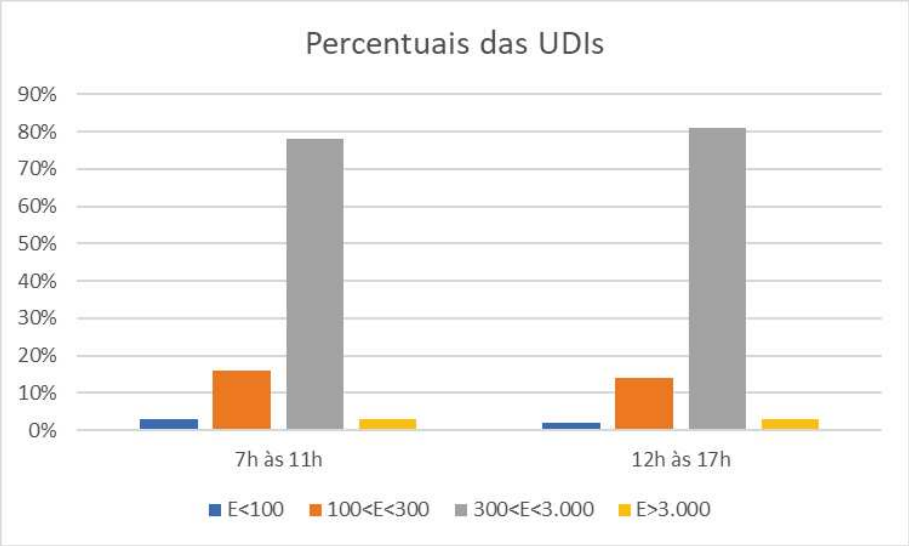


Figura 4 – Percentuais das UDIs para período matutino e vespertino, céu dinâmico, orientação Nordeste.

4.3. Uniformidade

De acordo com a Figura 5, observa-se uma pior performance da uniformidade nos horários de 8h e 16h. Isso provavelmente acontece no horário das 8h em decorrência da menor altura solar e consequentemente entrada de radiação solar direta pela abertura, tendo em vista que a marquise não apresenta profundidade suficiente para sombrear os raios solares de menor altura solar, conforme pode-se observar pela máscara de sombra do ponto mais extremo do ambiente, na abertura (QUADRO 1). A entrada desta iluminação direta cria contrastes de iluminação, acarretando em uma área próxima da abertura muito iluminada e uma área mais distante da abertura menos iluminada.

Sendo a luz natural composta por uma parcela de iluminação direta e uma parcela de iluminação refletida, observa-se no horário das 16h horas que a composição dessa iluminação é somente decorrente da parcela refletida. Esta parcela de luz refletida não é suficiente para iluminar os pontos mais distantes da abertura, acarretando novamente em contrastes de iluminação no ambiente interno, em função das maiores iluminâncias nas áreas mais próximas da abertura. Este resultado demonstra consonância com o abordado por Houck (2015) que mostra uma preocupação em salas de aulas profundas e a dificuldade de acesso da iluminação natural.

Por outro lado pode-se evidenciar a ocorrência de resultados um pouco melhores nos horários de 10h e 14h, com destaque para o horário de 14h onde a uniformidade é levemente superior às 10h. Observa-se que para o horário de 10h a profundidade da marquise contribui de maneira mais significativa com o sombreamento da abertura, impedindo a entrada de radiação solar direta, conforme também apresenta a máscara de sombra do ponto na abertura (QUADRO 1). Já no horário de 14h a melhor performance da uniformidade se deu provavelmente em função da redução dos valores de iluminância em todo o ambiente, principalmente nos pontos mais próximos da abertura, favorecendo para menores contrastes luminosos.

Porém, vale destacar que em nenhum dos horários simulados os valores de uniformidade atingiram 0,7, ressaltando desta forma que a iluminação natural não é distribuída proporcionalmente no interior do compartimento em nenhum dos horários simulados.

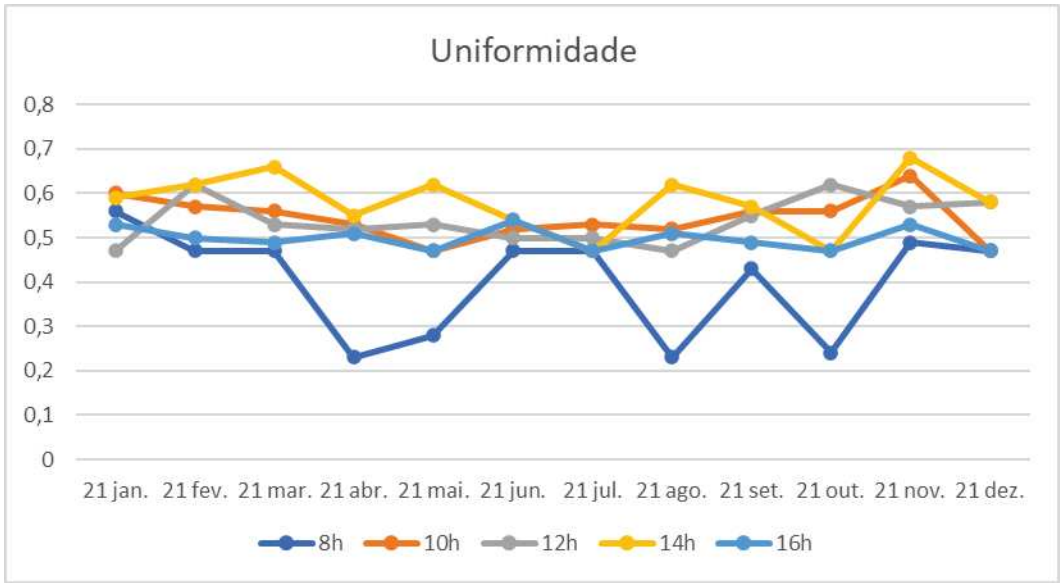


Figura 5 - Uniformidade, céu dinâmico, orientação Nordeste.

4.4. Daylight Autonomy (Autonomia de Luz Natural)

A autonomia da Luz Natural foi constatada em 100% das horas simuladas, de acordo com o mínimo estabelecido pela NBR 8.995-1 (ABNT, 2013) para os ambientes de sala de aula (300lx), sala de leitura (500lx) e sala de artes (750lx). Este resultado indica, desta forma, que a iluminação complementar artificial não se faz necessária para essas atividades, contribuindo para a redução da eficiência energética da edificação.

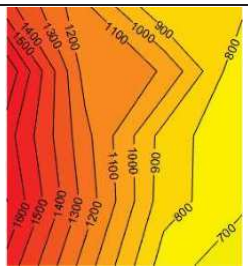
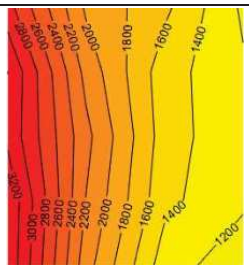
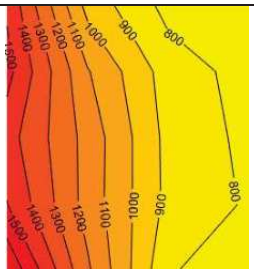
4.5. Curvas Isolux

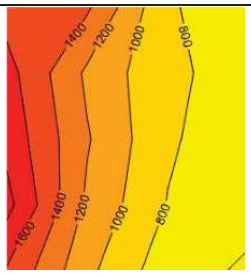
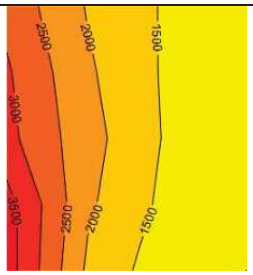
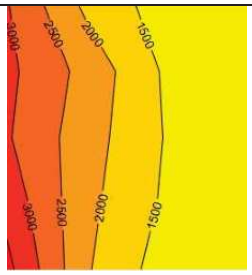
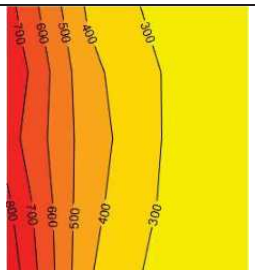
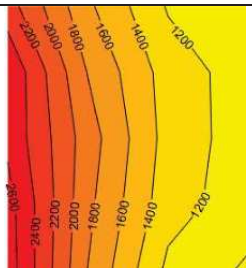
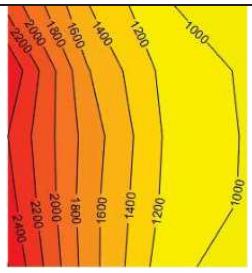
No que se refere às curvas isolux, conforme Quadro 3, observa-se que toda a área do ambiente é contemplada com valores de iluminância que atendem aos níveis estabelecidos pela NBR 8.995-1 (ABNT, 2013), seja para sala de aula (300lx), sala de leitura (500lx) ou ainda para sala de artes (750lx).

Ressalta-se ainda que os valores de iluminância quando comparados com as faixas classificatórias das UDIs, se enquadram no percentual considerado suficiente (300>E>3.000lx), destacando desta forma que não haverá demanda por iluminação artificial em nenhuma área do ambiente.

Esta análise também permite concluir que a distribuição do mobiliário (leiaute) proposto no projeto, conforme mostra Figura 3, com abertura localizada à esquerda do aluno, foi realizada de maneira acertiva. Levando em consideração que a maioria dos alunos são destros, a iluminação quando proveniente do lado esquerdo do usuário favorece a ausência de sombras na área de trabalho.

Quadro 3 - Curvas isolux em planta baixa da sala de aula analisada, com demarcação de três áreas de análise: área próxima à abertura, área central e área mais distante da abertura.

	10H	12H	14H
21 DE MARÇO			

21 DE JUNHO			
21 DE DEZEMBRO			

5. CONCLUSÕES

Este artigo teve como propósito analisar o desempenho luminoso de sala de aula existente no município de Vitória-ES. Na pesquisa foram realizadas análises com relação à máscara de sombra e simulações computacionais a fim de diagnosticar a insolação deste ambiente, bem como os valores de iluminância enquadrados nos intervalos das UDIs, além de análise da uniformidade, daylight autonomy e curvas isolux.

Com relação a análise da carta solar de Vitória-ES , é possível concluir que a configuração da marquise não conseguiu garantir sombreamento em todas as fileiras da sala de aula, havendo pontos nas fileiras que recebem insolação em pequena quantidade (15 minutos) e outros pontos em fileiras que chegam a receber 2h de insolação. Esta incidência de radiação solar direta nas áreas de trabalho do estudante provocará ofuscamento indireto, reduzindo desta forma a performance deste estudante. Devido a ocorrência deste ofuscamento nos primeiros horários de aula do período matutino levará os usuários do ambiente a fazerem uso de dispositivos de sombreamento internos, como exemplo as persianas, além do acionamento da iluminação artificial para garantir a iluminação suficiente para as atividades.

Com relação aos percentuais das UDIs, é possível concluir que para ambos os períodos do dia, observa-se que em aproximadamente 80% das horas simuladas a quantidade de iluminação na sala de aula analisada está enquadrada dentro do intervalo considerado suficiente (300<E<3.000lx). Desta forma as atividades acontecerão dentro deste ambiente escolar com pouca demanda pela iluminação artificial.

Com relação a uniformidade, constatou-se apenas o atendimento aos ao valor mínimo de 0,5 estabelecido pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013 para o entorno imediato à área de trabalho das tarefas.

Os resultados de Daylight Autonomy mostram que em 100% das horas simuladas o ambiente analisado tem autonomia de iluminação natural, indicando que não há necessidade de iluminação artificial complementar.

No que se refere às Curvas Isolux, constatou-se que toda a área do ambiente é contemplada com valores de iluminância que atendem aos níveis estabelecidos pela NBR 8.995-1 (ABNT, 2013), bem como dos intervalo suficiente das UDIs. A distribuição da iluminância no interior da sala de aula também permite concluir que o leiaute proposto no projeto foi realizado de maneira acertiva, considerando a incidência de iluminação proveniente do lado esquerdo do aluno.

Sendo assim, vale salientar que apesar dos níveis de iluminação natural serem adequados para a realização das atividades e consequentemente na economia de energia com iluminação artificial, nota-se que pequenas alterações nos dispositivos de sombreamento podem ser aliadas na redução da incidência solar direta no ambiente interno, reduzido o ofuscamento e sem prejuízos na performance dos estudantes. Assim, entende-se que o processo de projeto de espaços escolares deve contemplar também análises utilizando a Carta Solar e softwares de simulação de forma a garantir iluminação satisfatória durante todo o período escolar para as salas de aula. Novos projetos deveriam repensar a maneira de projetar com vistas a corrigir possíveis deficiências no que se refere à iluminação natural. Sugere-se como trabalhos futuros alguns pontos que a pesquisa teve como limitações: análise de um ambiente específico existente sem considerar diferentes

configurações urbanas, diferentes orientações, variações de refletâncias das superfícies internas ou ainda uma comparação entre os resultados das simulações com medições *in loco*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. 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.

BALOCH, R.M.; NICHOLE MAESANO, C.; CHRISTOFFERSEN, J.; MANDIN, C.; CSOBOD, E.; de Oliveira Fernandes, E.; Annesi Maesano, I.; Daylight and School Performance in European Schoolchildren. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 258. https://doi.org/10.3390/ijerph18010258Rec

BARRETT, P. et al. The impact of classroom design on pupils' learning: final results of a holistic, multilevel analysis. Building and Environment, v. 89, p. 118-133, 2015.

BOYCE, P. R. The impact of light in buildings on human health. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE HEALTHY BUILDINGS, 2., Seoul, 2009.Proceedings […] Seoul, 2009.

HESCCHONG MAHONE GROUP. Windows and Classrooms: astudy of student performance and the indoor environment. Technical report. October, 2003.

CABÚS, Ricardo C.; RIBEIRO, Pedro V. S. TropLux 7: Guia do usuário. Maceió. 2015.

CARVALHO, M. L. S.; CABÚS, R. C. Eficiência da luz solar refletida e desempenho de dispositivos de sombreamento. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 191-209, abr./jun. 2020.

FONSECA, Raphaela W. da ; PEREIRA, Fernando O. R. Sequência metodológica para a estimativa da iluminação natural e suas implicações em sistemas de avaliação de desempenho de edificações. Ambient. constr. vol.17 no.1 Porto Alegre Jan./Mar. 2017. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-86212017000100123

HOUCK, Leif D. A novel approach on assessing Daylight access in Schools. Science Direct. Procedia Economics and Finance 21, 40 – 47. 2015.

IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE), Daylight Metrics Committee. Approved Method IES LM-83-12. IES Daylight Metrics Committee - Illuminating Engineering Society of North America, 2012.

LM-83-12 IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). I Iesna - New York, NY, USA: IESNA Lighting Measurement, 2012.

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.

MARCONDES CAVALERI, Mônica Pereira; CUNHA, Guilherme Reis Muri; GONÇALVES, Joana Carla Soares. Iluminação natural em edifícios de escritórios: avaliação dinâmica de desempenho para São Paulo. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 9, n. 1, p.19-34, mar. 2018. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650725>. Acesso em: 09 maio 2018. doi:https://doi.org/10.20396/parc.v9i1.8650725

MARDALJEVIC, J. et al. Daylighting Metrics for Residential Buildings. In: SESSION OF THE CIE, 27., 2011, Sun City. Proceedings... Sun City: CIE, 2011.

MATOS, Jéssica Cristine da Silva Fonseca; SCARAZZATO, Paulo Sergio. A iluminação natural no projeto de arquitetura: revisão sistemática da literatura. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 8, n. 4, p. 249-256. 2018.

MORAES, L. N.; CLARO, A. Estudo comparativo de sistemas de iluminação artificial considerando luz natural e consumo de energia. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 59-74, jul./set. 2013.

REINHART, Christoph; WIENOLD, Jan. The daylighting dashboard e A simulation-based design analysis for daylit spaces. Building and Environment. V. 46, 386-396 p., dec. 2011.

TECHIO, L. M.; ZAMBONATO, B.; GRIGOLETTI, G. de C.; CLARO, A. Iluminação natural em habitação multifamiliar: o caso do conjunto residencial videiras, Santa Maria, RS. PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção,Campinas, SP, v. 12,p. e021007,2021. DOI: http://dx.doi.org/10.20396/parc.v12i00.8659780

VANDERLEI, P. S.; SILVA, L.C.; GONÇALVEZ, R.B. Desempenho geométrico de um brise soleil: um estudo sobre seu impacto na iluminação e ventilação natural em uma sala de aula. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 5, n. 9, p. 16414-16425, sep. 2019.

WILLIAMS, A. et al. Lighting Controls in Commercial Buildings. Leukos - Journal of Illuminating Engineering Society of North America, v. 8, n. 3, p. 161-180, 2012.

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).

AGRADECIMENTOS

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