



ANÁLISE ERGONÔMICA DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM SALAS DE AULAS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO SEMIÁRIDO

Recebido: 30 jul. 2021

Aprovado: 20 dez. 2021

Versão do autor aceita publicada online: 20 dez. 2021

Publicado online: 06 jan. 2022

Como citar esse artigo - American Psychological Association (APA):

Gomes, L. B. N., Lucena, A. D., & Oliveira, F. N. (2023, out./dez.). Análise ergonômica dos níveis de iluminação em salas de aulas de uma instituição de ensino superior do semiárido. *Exacta*, 21(4), 905-925. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2022.20519>

Submeta seu artigo para este periódico

Processo de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor: Dr. Luiz Fernando Rodrigues Pinto



Dados Crossmark



ANÁLISE ERGONÔMICA DOS NÍVEIS DE ILUMINAMENTO EM SALAS DE AULAS DE UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR DO SEMIÁRIDO

Laura Beatriz Nogueira Gomes¹ André Duarte Lucena² Fabrícia Nascimento de Oliveira³

Resumo: O objetivo dessa pesquisa foi analisar os níveis de iluminação de salas de aula de uma instituição de ensino superior. Realizou-se um estudo de caso utilizando-se luxímetro digital para coleta de dados e comparou-se os resultados com os parâmetros da Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Em cada ambiente realizou-se leituras em 7 pontos nos 3 turnos e para a análise dos dados foram considerados aspectos como a área das salas, o turno de coleta e a alocação da edificação. Os resultados apontam que algumas áreas das salas de aula, dependendo do turno e da incidência da iluminação natural, não atendem os requisitos mínimos exigidos pela norma, podendo gerar prejuízos no desempenho das atividades acadêmicas. Portanto, é necessário que ocorra manutenção periódica nos sistemas de iluminação das salas de aula para que essas se adequem às recomendações da norma atendendo assim os requisitos ergonômicos.

Palavras-chave: Aspectos ergonômicos. Ambiente escolar. Conforto lumínico.

Abstract: The aim of this research was to analyze the lighting levels of classrooms at a university. A case study was carried out using a digital luximeter for data collection and the results were compared with the parameters of the standard of Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. In each classroom data collection was performed at 7 points in the 3 shifts, and to analyze data were considered aspects such as the area of the rooms, the collection shift and the allocation of the building. The results indicate that some areas of the classrooms, depending on the shift and the incidence of natural lighting, do not comply with the minimum values required by the standard, which can lead to losses in the performance of academic activities. Therefore, periodic maintenance is necessary in the classroom lighting systems so that they adapt to the standard's recommendations, thus meeting the ergonomic requirements.

Keywords: Ergonomic aspects. School environment. Light comfort.

¹ Universidade Federal Rural do Semi-árido – Ufersa / Mossoró, Rio Grande do Norte – Brasil. Especialista em Psicopedagogia Institucional, Clínica e Educação Infantil; e em Educação Especial Inclusiva e Neuropsicopedagogia Institucional e Clínica, pela Faculdade Acesita. laurabeatriz1958@hotmail.com

² Universidade Federal Rural do Semi-árido – Ufersa / Mossoró, Rio Grande do Norte – Brasil. Doutor em Segurança e Saúde Ocupacionais. Professor de Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-árido. andrelucena@ufersa.edu.br

³ Universidade Federal Rural do Semi-árido – Ufersa / Mossoró, Rio Grande do Norte – Brasil. Doutora em Fitotecnia. Professora de Engenharia de Produção do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-árido. fabricia@ufersa.edu.br

1 Introdução

Atividades acadêmicas sejam de ensino, pesquisa ou extensão, geralmente envolvem uma grande quantidade de pessoas e demandam tempo para o desenvolvimento dessas tarefas em ambientes de estudo. No ambiente escolar, diversos fatores influenciam diretamente na iluminação considerada ideal, como a orientação e a localização da edificação, as janelas presentes em cada sala de aula, a distribuição da iluminação artificial que deve ser uniforme, os tipos e quantidades de luminárias utilizadas, as dimensões do ambiente, o pé direito, dentre outros fatores.

A iluminação de um ambiente pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambos. A iluminação natural promove benefícios à saúde e ao bem-estar humano ao passo que a iluminação artificial também é necessária, pois permitiu ao ser humano o uso dos espaços e a realização de atividades em que não havia luz natural (Moraes & Claro, 2013). Nesse contexto, a combinação da iluminação artificial e natural em ambientes escolares é imprescindível para um melhor rendimento de alunos, professores e pesquisadores. A iluminação é um dos fatores físicos que influencia nas condições de trabalho de professores e demais usuários (Losekan *et al.*, 2021). Em ambientes de estudo, tal como bibliotecas, a iluminância é um dos fatores ergonômicos ambientais que quando não adequados gera desconforto aos usuários (Mendes & Bergiante, 2018).

Sendo assim, o papel da iluminação em salas de aula é de grande relevância e requer adequação, uma vez que está relacionado com o desenvolvimento de processos de ensino-aprendizagem, geração de conhecimento, pesquisa, inovação, entre outros. A adequação da iluminação de um ambiente produz efeitos na satisfação, no desempenho profissional, na segurança e saúde das pessoas envolvidas em processos produtivos (Dianat *et al.*, 2013).

A iluminação de um ambiente influencia diretamente na produtividade das pessoas, considerando inclusive aspectos climatológicos como o solstício de inverno e verão (Juslén, Wouters, & Tenner, 2007). Os níveis de iluminação também interagem com a produção a ponto de serem considerados como um indicador em sistemas de avaliação de desempenho produtivo (Rodrigues *et al.*, 2015).

Os níveis de iluminação também podem provocar sensações variadas nos usuários de um ambiente a depender, por exemplo, da temperatura das cores, gerando no indivíduo sensações de relaxamento, tensão, conforto, desconforto, sonolência, agitação, prazer e desagrado (Hsieh *et al.*, 2020). Logo, a adequação da iluminação no ambiente se faz necessária porque tanto o déficit como o excesso podem prejudicar o desempenho na execução de atividades.

Algumas consequências da iluminação inadequada podem ser elencadas, tais como ofuscamento, dores de cabeça, enxaqueca, redução da acuidade visual, irritação, fadiga visual, lacrimejamento, perda de nitidez, duplicação de imagem e depressão. Além disso, a luz influencia a



fisiologia humana nos processos hormonais, no ciclo circadiano, no sono, entre outros (Kroemer & Grandjean, 2005).


A importância da iluminação não pode ser subestimada no processo de aprendizagem e desenvolvimento educacional, pois a luz permite que o corpo se adapte a realização de tarefas que serão realizadas pelo indivíduo. O estímulo educacional é transferido através da percepção dos sentidos, sendo a visão um dos mais importantes nesse processo (Hybiner, 2015).

Assim, um ambiente de trabalho com iluminação adequada promove condições salubres, proporcionando aos envolvidos melhores desempenhos de suas atividades. Portanto, esse trabalho tem como hipótese que os turnos, a combinação da iluminação natural com a artificial, a localização e orientação das salas em relação à incidência solar e os horários de medição têm influência sobre a uniformidade e os níveis de iluminância nas salas de aula estudadas. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi analisar os níveis de iluminação de salas de aula de uma instituição de ensino superior localizada no semiárido potiguar.

2 Fundamentação teórica

A educação é um aspecto fundamental para a sociedade, uma vez que está relacionado ao desenvolvimento nos âmbitos humano, tecnológico, cultural, econômico, da cidadania, entre outros. De acordo com a Constituição Federal brasileira (Brasil, 1988), a educação tem como objetivo o desenvolvimento pleno do indivíduo, a formação para cidadania e para o trabalho. Por tal relevância, os ambientes escolares, incluindo os de instituições de ensino superior, são objeto de estudo e intervenção de várias áreas do conhecimento, inclusive do conforto ambiental, considerando os aspectos térmicos, acústicos, visuais, bem como os lumínicos, dentre outros (Kowaltowski, 2021). Segundo Bortolan, Ferreira e Tezza (2020), considerando o conforto visual que compreende aspectos visuais, não visuais e psicológicos, a iluminância pode ser avaliada de acordo com o nível de conforto e o desempenho exigido pela tarefa. Porém, no presente estudo, optou-se pela avaliação de acordo com aspectos normativos do contexto de segurança e ergonomia.

Em relação aos aspectos lumínicos há algumas normas que tratam do tema para ambientes de trabalho, tais como a Norma de Higiene Ocupacional NHO – 11 (Avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho); e a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (Iluminação em ambientes de trabalho - Parte 1: Interior). A Norma Regulamentadora NR – 17 que trata de ergonomia (Escola Nacional da Inspeção do Trabalho, 2018) menciona a norma NHO – 11 como referência dos métodos recomendados para medições de níveis mínimos de iluminação. Apesar das normas NHO – 11 e ISO/CIE 8995:2013 apresentarem similaridades em seus parâmetros de avaliação e medição da iluminação, optou-se nesse trabalho por adotar como referência principal esta última.



A norma ISO/CIE 8995:2013, além de recomendar a observância de aspectos como ofuscamento e uniformidade, recomenda para as áreas de trabalho do tipo ambientes de estudo a iluminância mínima de 500 lux com percentual de 10% de tolerância (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). A iluminância é dita como o fluxo luminoso que é projetado numa unidade de área numa superfície. A unidade de medida da iluminância é o lux (Lx), que é a densidade do fluxo luminoso, ou seja, a quantidade de luz sobre uma determinada área (Niskier & Macintyre, 2013). Um aparelho de iluminação, uma luminária, ou uma lâmpada emite lúmens. O Método dos Lúmens é o método de cálculo do sistema de iluminação artificial mais utilizado, devido principalmente à sua facilidade de utilização (Cuttle, 2010).

Para cada tipo de ambiente existe uma quantidade específica de lux, sendo medido com aparelhos, como o luxímetro que é instalado na altura do local onde é realizado o trabalho. O item 5 da norma ISO/CIE 8995:2013, trata dos requisitos para o planejamento da iluminação, apontando para ambientes de estudo, especificamente bibliotecas, que a iluminância mantida deverá ser igual a 500 lux.

Conforme ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, o plano de trabalho é a área parcial em um local de trabalho no qual a tarefa visual está localizada e é realizada (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013). O campo de trabalho em ambientes escolares pode ser, por exemplo, a área das mesas, carteiras, pranchetas, bancadas, dentre outros, visto que são as áreas utilizadas pelas pessoas para realizarem as suas atividades na maior parte do tempo.

Durante as avaliações deve ser considerada a luz do ambiente, seja ela natural, artificial ou ambas. São incontáveis as vantagens que a boa utilização da iluminação natural pode oferecer, tanto às atividades desenvolvidas no ambiente construído, quanto aos usuários nele inseridos. Estudos certificam que o ser humano e seu relógio biológico são favoráveis aos estímulos naturais que recebem principalmente da luz do dia em seus ambientes de trabalho, proporcionando uma sensação de bem-estar e em diversos benefícios para a saúde envolvendo aspectos fisiológicos, psicológicos e socioeconômicos (Nazzal, 2005). Apesar dessas inúmeras vantagens da luz natural, nem sempre é possível utilizar-se apenas dela, principalmente no desenvolvimento das atividades no período noturno, quando é necessária a luz artificial.

A iluminação artificial é obtida, tendo como fonte as luminárias, cujos principais tipos são: incandescentes comuns, halógenas dicróicas, incandescentes halógenas, fluorescentes tubulares, fluorescentes compactas, lâmpadas à vapor de mercúrio, lâmpadas à vapor metálico e LEDs (Nazzal, 2005).

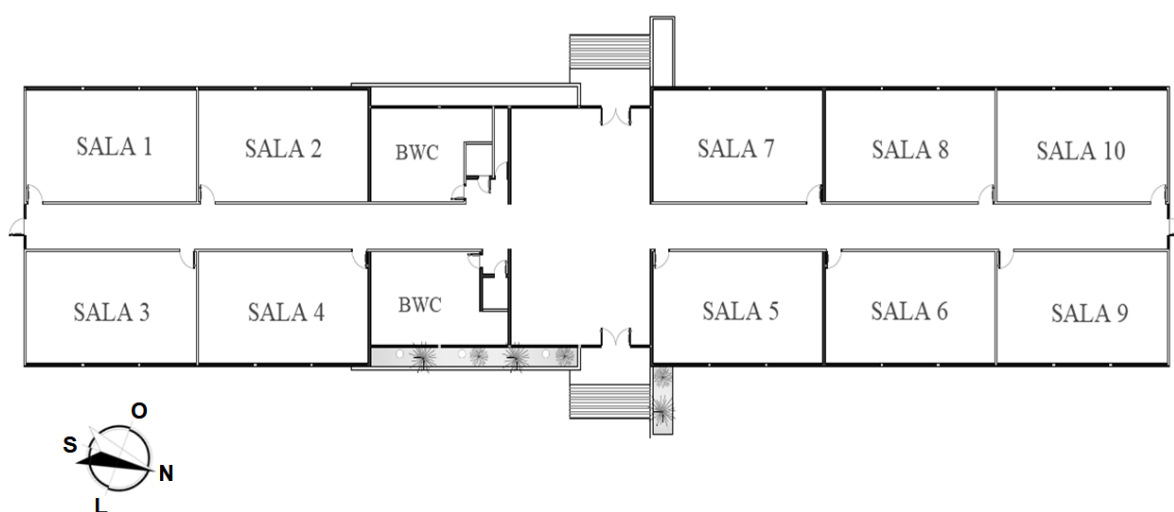
Diante disso, percebe-se a importância da adequação dos ambientes escolares quanto à iluminação de forma que atenda critérios técnicos de conforto e a legislação vigente sobre o tema.

3 Metodologia

A pesquisa foi realizada tendo como objeto de estudo as salas de um dos prédios padronizados para aulas de graduação de uma Instituição de Ensino Superior – IES pública localizada na cidade de Mossoró, a 280 km da capital do estado do Rio Grande do Norte. A Figura 1 representa a posição do prédio analisado e das respectivas salas de aula em relação ao norte.

Figura 1

Posicionamento das salas e do prédio analisado



Fonte: Planta baixa cedida pelo setor responsável da IES e adaptada pelos autores, 2019.

Essa pesquisa teve as seguintes etapas: definição do local da análise, levantamento da planta baixa do prédio analisado, medições do local e medições lumínicas, identificação de adequações à norma e sugestões de melhorias para atendimento ao disposto na norma.

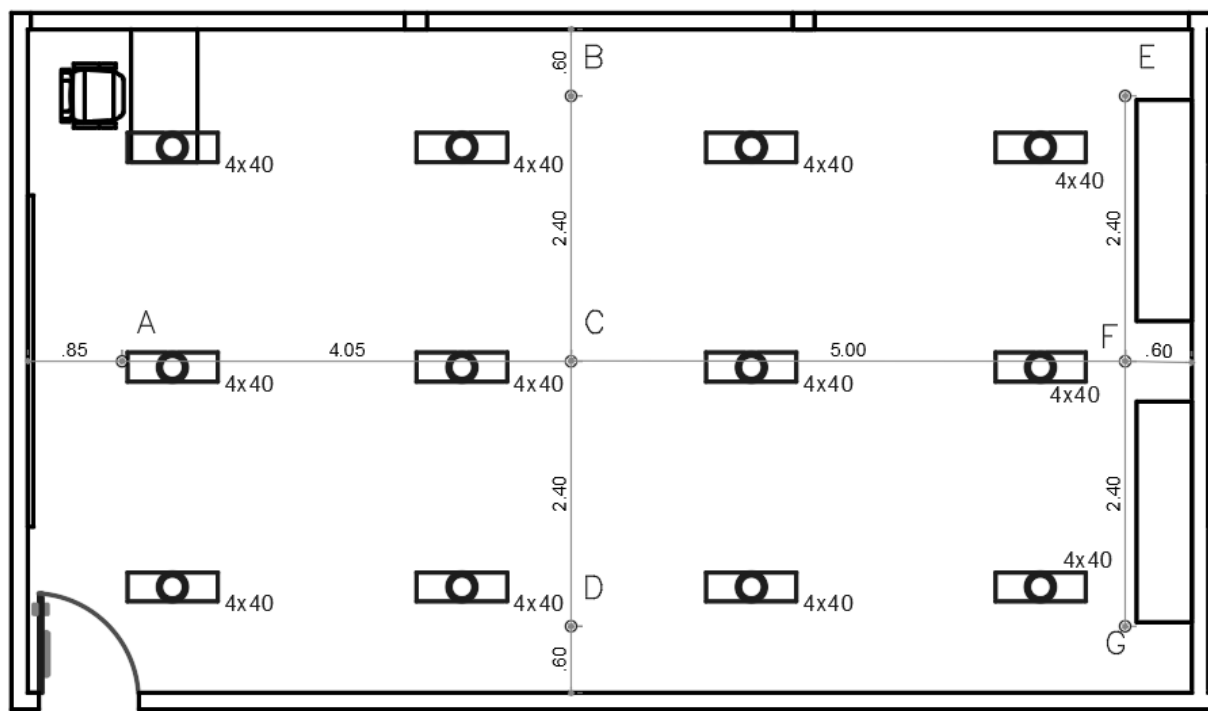
Essa pesquisa pode ser classificada como estudo de caso por analisar um ambiente específico; descritiva por descrever as características de um fenômeno; aplicada por buscar soluções para os problemas identificados no ambiente analisado; exploratória por buscar maior familiaridade com o tema da pesquisa, no caso um ambiente de sala de aula; e quantitativa por se basear em quantificação para coletar e tratar os dados obtidos, utilizando-se de técnicas quantitativas evitando a influência dos pesquisadores sobre os resultados (Mascarenhas, 2012).

Os instrumentos de coleta de dados utilizados na pesquisa foram luxímetro digital Minipa MLM-1011, trena, planilha para coleta de dados, aparelho de telefone celular para registro fotográfico do modelo Motorola Moto G5, observações diretas e planilhas eletrônicas para tratamento dos dados.

Para coleta dos dados referentes aos níveis de luminosidade foram feitas medições nos três turnos de uso das salas de aula utilizando-se o luxímetro digital posicionando-o na altura de 0,70 m do piso em 7 pontos previamente escolhidos, onde 1 dos pontos foi alocado na área de utilização do professor, denominado ponto A e os demais pontos foram distribuídos na área das carteiras escolares. Os pontos denominados B, C e D distanciaram-se paralelamente dos pontos E, F e G em 5,00 m. A distância entre os pontos centrais C e F e os pontos paralelos a eles era de 2,40 m. Os pontos próximos às paredes distaram 0,60 m delas. Os pontos B e E foram sempre próximos à parede das janelas, os pontos D e G sempre juntos à parede oposta e os pontos A, C e F, localizados no centro da sala, conforme a Figura 2.

Figura 2

Disposições dos pontos escolhidos para análise e distribuição das luminárias nas salas de aula



Fonte: Planta baixa cedida pelo setor responsável da IES e adaptada pelos autores, 2019.

As medições de iluminância foram realizadas nos meses de dezembro de 2019 e janeiro de 2020 e em dias de pleno sol por volta das 9:30 nos períodos matutinos, por volta das 15:30 nos períodos vespertinos e por volta das 18:00 nos períodos noturnos; na ausência de usuários para evitar interferência nos resultados.



Para a análise e comparação dos dados utilizou-se a metodologia indicada na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, registrando-se os dados nas planilhas de coleta e tratando-os com auxílio de planilhas eletrônicas. Utilizou-se como parâmetro o valor de 500 lux que consta no quadro do item 5 denominado “Requisitos para o planejamento da iluminação”, da Norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013), para ambientes de salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos. Tais valores são indicados para projeto, entretanto, como não se teve acesso ao projeto de iluminação do ambiente estudado, foram definidos pontos equidistantes para medição, denominados pontos de A a G, já apresentados na Figura 2.

Os valores da iluminância foram registrados após a estabilização do luxímetro, conforme estabelece o respectivo método, com os cuidados para que não houvesse sombreamento na fotocélula nem consequente influência nos resultados obtidos.

A caracterização das salas de aula se deu por observações diretas e medições com trena, identificando-se aspectos gerais, tais como: piso de granilite com 3 níveis, paredes e tetos com pintura fosca na cor branca, presença de iluminação natural e artificial. As paredes de interface com o exterior (fachadas nordeste e sudoeste) apresentam janelas em toda a sua extensão com dimensões de 3,24m x 1,40m, sendo 3 janelas por sala, com *brises* fixos de alumínio e película escura nos vidros.

Internamente, as salas possuem projetor multimídia, tela de projeção e quadro branco. A área total das salas é de 63,00 m² e a capacidade projetada é de 62 alunos sentados, dos quais 2 lugares são de assentos com *design* universal. As salas apresentam uma única porta que dão acesso ao corredor central do bloco. O corredor é coberto e tem 2,40m de largura, separando 5 salas para cada lado do bloco. O prédio analisado apresenta orientação com a fachada principal voltada para o nordeste (61° NE).

As lâmpadas presentes são do tipo fluorescente tubular com cada sala apresentando 12 pontos de iluminação com 2 luminárias de 40 watts cada, apesar do projeto indicar 4 luminárias por ponto de iluminação, conforme ilustrado na Figura 2.

Para o cálculo da uniformidade adotou-se a metodologia indicada por (Moraes & Claro, 2013), apresentada como sendo a razão entre a iluminância mínima (E_{\min}) e a iluminância média ($E_{\text{média}}$) obtidas para cada sala de aula em cada turno, além de ser mais utilizada entre os projetistas pela sua praticidade, segundo os autores.

4 Resultados e discussões

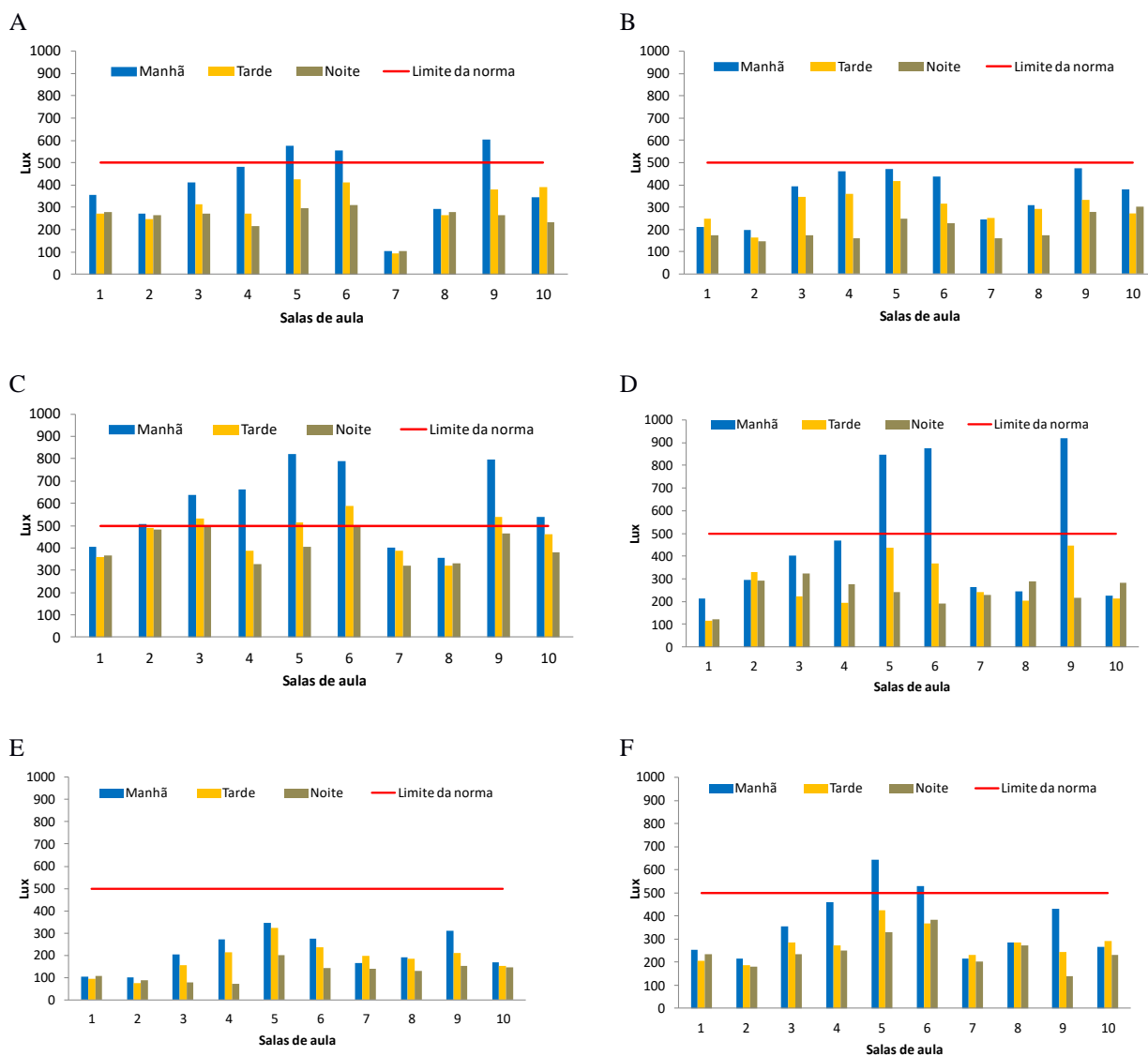
4.1 Análise da iluminância por pontos de medição

O ponto A apresentou maiores índices de iluminância no turno da manhã nas salas 5, 6 e 9, atendendo o valor mínimo indicado na norma. Essas salas estão do lado leste do prédio e não recebem

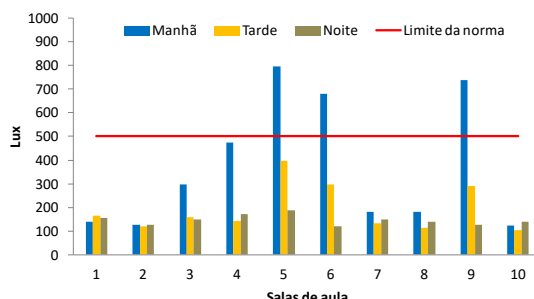
interferência de sombreamento da vegetação. Já no turno da tarde as mesmas salas adicionadas da sala 10 apresentaram os maiores valores de iluminância no ponto A; porém em valores abaixo do recomendado na norma. As salas 5, 6 e 9 recebem iluminação pelo reflexo do prédio adjacente. Por outro lado, a sala 10 está posicionada no sentido oeste, mas não recebe influência de sombreamento dos prédios circunvizinhos, ao contrário das demais salas do mesmo lado do prédio. Vale salientar que as salas 5 e 6 não apresentavam nenhuma luminária sem funcionamento, todavia as salas 9 e 10 apresentavam 1 luminária sem funcionamento, porém distantes do ponto A (Figura 3).

Figura 3

Iluminância nos pontos A, B, C, D, E, F e G das salas de aula analisadas



G



Fonte: Autoria própria, 2020.

No ponto B nenhum valor registrado atingiu o mínimo da norma nos turnos e salas analisadas. Porém, os valores mais próximos do mínimo foram os valores encontrados nas salas 3, 4, 5, 6 e 9, no turno da manhã, sendo estas as salas localizadas no lado leste do prédio.

O ponto médio das salas denominado C é o que apresenta maiores valores de iluminância em todas as salas e turnos, com exceção das salas 5, 6 e 9 no turno da manhã que obtiveram maiores valores no ponto D. Essas salas apresentam suas janelas voltadas para o lado leste sem influência de sombreamento dos prédios circunvizinhos nem da vegetação. No turno da manhã apenas as salas 1, 7 e 8 no ponto C não apresentaram valores que atendessem o limite mínimo estabelecido na norma. Já no turno da tarde apenas as salas 3, 5, 6 e 9 atenderam tal limite mínimo. No turno da noite, nenhum ponto com exceção do ponto C, nas salas 3 e 6 atendeu ao requisito da norma, além disso todas as luminárias dessas duas salas (3 e 6) estavam funcionando.

No ponto D apenas as salas 5, 6 e 9 apresentaram valores acima do nível mínimo da norma no turno da manhã. Esses valores foram os maiores encontrados dentre todos os obtidos nas medições desse estudo, podendo ser explicado pela proximidade desse ponto em relação às portas das salas, bem como a maior incidência da luz natural nessas salas que estão do lado leste do prédio. Além disso, a vegetação ao lado das janelas das salas 5, 6 e 9 é mais rala permitindo maior entrada de luz.

Os pontos G e E podem ser influenciados pelo sombreamento de 2 condicionadores de ar tipo *split* fixados nas paredes de fundo de todas as salas, bem como pelo sombreamento das marquises do prédio. Embora o ponto E esteja mais próximo à parede com janela, não foram registrados valores de iluminância que atendessem o limite mínimo indicado na norma em nenhuma das salas e turnos analisados.

As salas 5, 6 e 9 apresentaram valores no ponto G acima do valor mínimo recomendado em norma no turno da manhã. As demais salas e turnos apresentaram valores abaixo do mínimo

estabelecido. Nas salas 1, 2, 7, 8 e 10 verificou-se os menores valores no ponto G podendo ser explicado pelo fato de estarem localizadas do lado oeste do prédio, estando tais pontos sujeitos a influência externa do sombreamento dos prédios circunvizinhos e internamente pelos condicionadores de ar.

No ponto F apenas as salas 5 e 6 no turno matutino atenderam o requisito da norma, sendo na sala 5 onde se encontrou o maior valor de iluminância no turno da manhã. Pode-se justificar que além dessas salas estarem no lado leste do prédio a vegetação junto à sala 5 é mais rala, permitindo maior incidência da luz natural. As demais salas do mesmo lado do prédio (salas 3, 4 e 9) atingiram valores próximos ao mínimo da norma no turno da manhã.

4.2 Análise da iluminância por salas

Nas salas 1, 7 e 8 nenhum dos pontos nos três turnos apresentou valores de iluminância que atendessem o mínimo estabelecido na norma, estando essas salas no lado oeste do prédio e apresentando as maiores quantidades de luminárias sem funcionamento: três luminárias nas salas 1 e 7, e duas na sala 8. Os maiores valores encontrados nessas salas foram no ponto C, respectivamente, 354 lux na sala 1, 401 lux na sala 7 e 405 lux na sala 8. Os menores valores nessas mesmas salas foram observados no turno da tarde, a saber: 93 lux na sala 1, no ponto E; 92 lux na sala 7, no ponto A; e 113 lux na sala 8, no ponto G.

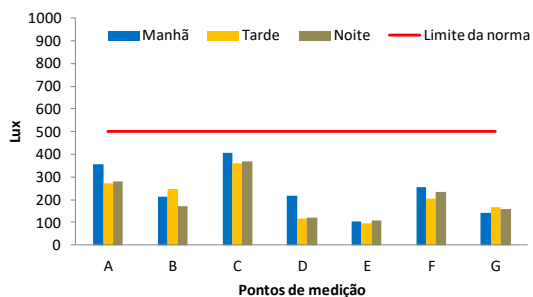
Nas salas 2, 4 e 10, apenas o ponto C, no turno da manhã, apresentou valores que atingiram o mínimo estabelecido em norma, sendo eles: 508 lux, 661 lux e 540 lux. As salas 2 e 10 estão no lado oeste do prédio enquanto a sala 4 está do lado leste. Na parte externa da sala 4 observou-se a vegetação na altura das janelas, podendo influenciar na passagem de luz natural. Entretanto, as salas 2 e 4 não apresentam nenhuma luminária sem funcionamento. A sala 10 apresenta apenas uma luminária sem funcionamento, mas esta encontra-se distante do ponto C, sendo mais próxima do ponto E. Conforme apresentado na Figura 4.



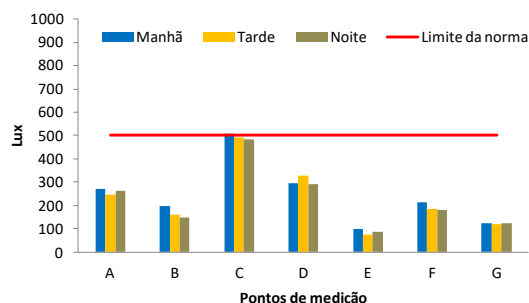
Figura 4

Iluminância nas salas por ponto de medição

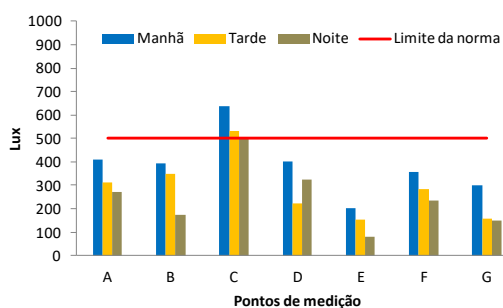
Sala 1



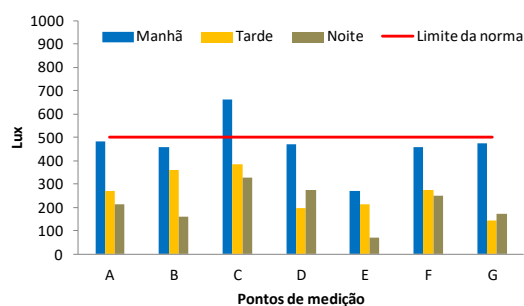
Sala 2



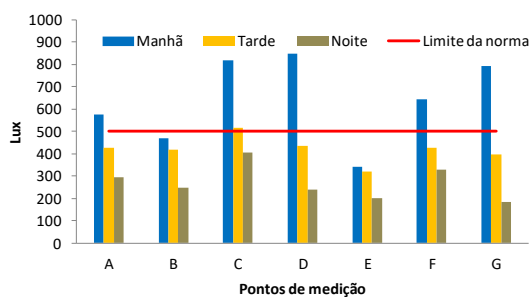
Sala 3



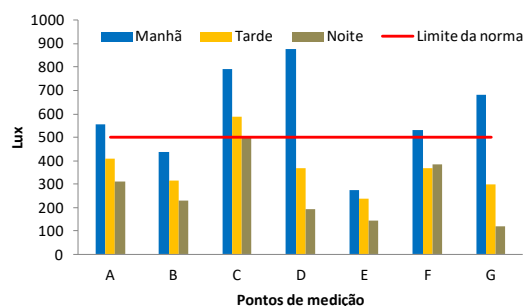
Sala 4



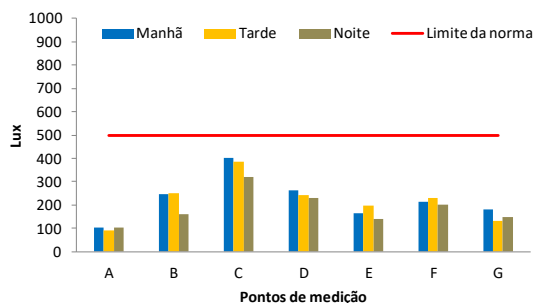
Sala 5



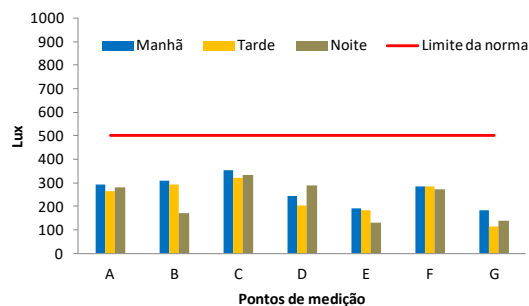
Sala 6



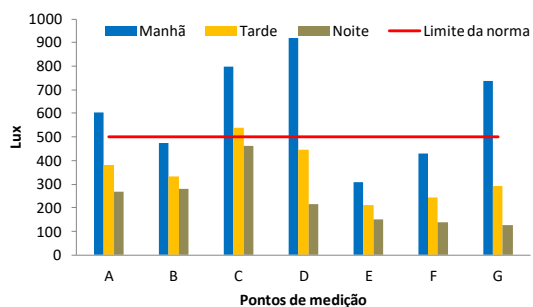
Sala 7



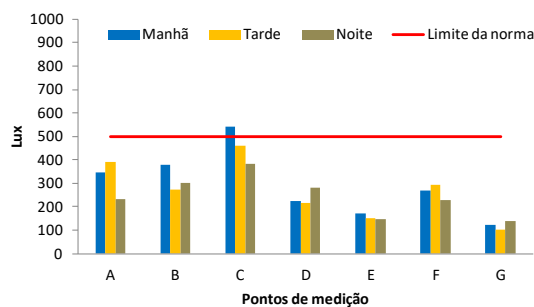
Sala 8



Sala 9



Sala 10



Fonte: Autoria própria, 2020.

Na sala 3, apenas o ponto C apresentou valores que atendem a norma nos três turnos avaliados sendo os valores 638 lux, 532 lux e 501 lux, respectivamente nos turnos da manhã, tarde e noite. Já as medições nos demais pontos ficaram abaixo dos limites estabelecidos, sendo o ponto E o mais crítico.

Na sala 9, no turno da manhã, os valores medidos nos pontos A, C, D e G atenderam o mínimo estabelecido na norma, sendo respectivamente: 602 lux, 798 lux, 920 lux e 738 lux. No turno da tarde apenas no ponto C verificou-se um valor de 539 lux, atendendo assim a norma.

Assim como a sala 9, as salas 5 e 6 estão no lado leste do prédio apresentando a maior quantidade de pontos com valores que atendem aos requisitos normativos. Dos sete pontos avaliados, cinco deles apresentaram valores dentro dos critérios da norma no turno da manhã, sendo estes os pontos: A, C, D, F e G. Os pontos B e E não atingiram os valores da norma, o que pode ser uma influência do sombreamento da marquise desta parte do prédio no horário de medição desse turno, estando os pontos próximos às janelas. Já no turno da tarde apenas o ponto C dessas salas apresentou valores que atingiram o mínimo da norma, sendo respectivamente 516 lux e 587 lux. No turno da noite apenas o ponto C da sala 6 atingiu o valor mínimo com 502 lux medidos.

4.3 Análise da iluminância por turno

O turno da manhã foi o que apresentou a maior quantidade de pontos de medição com valores que atendem o mínimo de iluminância estabelecido por norma, totalizando 18 dos 70 pontos de medição. Já o turno da tarde apresentou valores que atenderam a norma em 4 pontos sendo todos eles no ponto C. No turno da noite foi identificado a maior quantidade de pontos que não atingiu o mínimo estabelecido na norma e apenas 2 pontos cumpriu tal critério, sendo esses dois valores identificados também no ponto C. O Quadro 1 apresenta os valores medidos em lux, no turno da manhã, nos pontos avaliados nas 10 salas.



Quadro 1

Valores de iluminância (em lux) medidos nas 10 salas nos 7 pontos no período matutino

Salas	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	Ponto F	Ponto G
1	356	212	405	215	104	255	140
2	270	197	508	295	100	215	125
3	410	394	638	403	203	355	298
4	483	460	661	470	272	458	475
5	576	472	820	847	344	644	795
6	556	436	790	876	274	530	680
7	102	246	401	264	165	216	182
8	294	309	354	244	190	284	182
9	602	473	798	920	310	430	738
10	346	380	540	225	170	267	123

Fonte: Autoria própria, 2020.

No turno da manhã o ponto que se destacou com maior quantidade de valores acima do mínimo estabelecido em norma foi o ponto C e as salas 5 e 6. As salas 1, 7 e 8; bem como os pontos B e E não apresentaram valores que atendessem o estabelecido em norma. Esse resultado pode ser justificado pelo fato das salas 5 e 6 estarem do lado leste e todas as luminárias funcionando. Por outro lado, as salas 1, 7 e 8 estão localizadas no lado oeste e apresentam o maior número de luminárias sem funcionamento.

No turno da tarde apenas o ponto C das salas 3, 5, 6 e 9 apresentou valores que atenderam a norma. Isso pode ser justificado porque o ponto C está no ponto médio das salas podendo receber influência da iluminação das outras luminárias. Além disso, todas as luminárias das salas 3, 5 e 6 estavam funcionando e na sala 9 somente uma delas não funcionava, porém, localizada mais distante do ponto C. O Quadro 2 apresenta os valores medidos em lux, no turno da tarde, nos pontos avaliados nas 10 salas.

Quadro 2

Valores de iluminância (em lux) medidos nas 10 salas nos 7 pontos no período vespertino

Salas	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	Ponto F	Ponto G
1	270	248	359	116	93	206	165
2	246	162	491	330	76	186	121
3	312	347	532	224	155	284	159
4	271	360	386	196	212	273	144
5	426	417	516	436	322	426	397
6	410	316	587	368	237	369	298
7	92	250	387	241	198	232	134
8	264	292	319	204	184	286	113
9	380	331	539	446	210	245	291
10	391	273	461	214	151	293	103

Fonte: Autoria própria, 2020.

O período noturno foi o que apresentou o menor número de pontos que atenderam o valor mínimo estabelecido na norma, sendo eles o ponto C nas salas 3 e 6. Nessas salas não se identificou nenhuma luminária sem funcionamento. Embora não tenha atingido o valor mínimo requisitado na norma, o ponto C nas demais salas apresentou os maiores valores em relação aos demais pontos avaliados. Possivelmente, por esse ponto estar no ponto médio das salas recebe influência de iluminação circunvizinha das demais luminárias. No Quadro 3 constam os valores medidos em lux, no turno da noite, nos pontos avaliados nas 10 salas.

Quadro 3

Valores de iluminância (em lux) medidos nas 10 salas nos 7 pontos no período noturno

Salas	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	Ponto F	Ponto G
1	280	172	368	122	108	235	157
2	264	147	482	291	89	182	125
3	273	175	501	324	79	236	150
4	215	160	327	276	71	249	172
5	297	248	405	241	202	330	187
6	311	229	502	192	142	384	120
7	102	160	320	230	140	203	150
8	280	172	332	288	130	274	140
9	266	279	464	216	152	140	128
10	232	302	382	282	147	230	140

Fonte: Autoria própria, 2020.

Portanto, dos sete pontos avaliados, o ponto C se destacou dos demais. Já com relação às salas de aulas, as de número 5 e 6 apresentaram melhores valores de iluminância, seguidas da de número 9.



Em relação aos turnos, no período matutino obteve-se os maiores valores de iluminância, atendendo ao mínimo estabelecido na norma.

4.4 Análise da uniformidade

Os resultados referentes à uniformidade das salas de aula variaram nos três turnos analisados. O maior valor identificado foi na sala 5 no turno da tarde ($U = 76\%$); e o menor valor na sala 3 no turno da noite ($U = 33\%$). Os valores da uniformidade nas dez salas nos três turnos estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4

Valores da uniformidade por sala e por turno

Salas	Turno		
	Manhã	Tarde	Noite
1	43,15%	44,68%	52,43%
2	40,94%	33,00%	39,43%
3	52,61%	53,90%	31,82%
4	58,07%	54,72%	33,81%
5	53,53%	76,67%	68,53%
6	46,31%	64,18%	44,68%
7	45,30%	41,98%	54,71%
8	68,61%	47,59%	56,31%
9	50,81%	60,20%	54,47%
10	41,98%	38,23%	57,14%
Máximo	68,61%	76,67%	68,53%
Mínimo	40,94%	33,00%	31,82%
Amplitude	27,67%	43,66%	36,72%

Fonte: Autoria própria, 2020.

Os valores de uniformidade identificados nas salas indicam que a iluminação natural influencia negativamente nos resultados. Nota-se que as salas que recebem maior incidência de luminosidade natural no turno da manhã (salas 3, 4, 5, 6, e 9) apresentaram uniformidade menor em relação ao turno da tarde. Já nas salas que recebem maior incidência de luminosidade natural no turno da tarde (salas 1, 2, 7, 8 e 10) foi onde se obteve melhor uniformidade no turno da manhã (salas 2 e 8) ou no turno da noite (salas 1, 7 e 10).

Em relação aos turnos, pela manhã ocorreu a menor amplitude de iluminância (27,67%), seguido dos turnos da noite (36,72%) e da tarde (43,66%), respectivamente. No turno da manhã o máximo valor de iluminância ocorreu na sala 8 ($U = 68,61\%$) e o mínimo na sala 2 ($U = 40,94\%$), sendo estes os maiores valores dessas salas. No turno da tarde o menor valor obtido foi na sala 2 ($U = 33,00\%$)

e o maior valor de uniformidade foi na sala 5 ($U = 76,67\%$), sendo este último o maior valor de uniformidade desta sala. Já no turno da noite, o maior valor de uniformidade foi na sala 5 ($U = 68,53\%$) e o menor na sala 3 ($U = 31,82\%$).

De todas, apenas a sala 5 no turno da tarde atingiu o valor mínimo de uniformidade estabelecido na norma NBR ISO/CIE 8995-1 de $U \geq 70\%$ (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013).

5 Discussão

A combinação da **iluminação** natural com a artificial tem seu papel de importância, principalmente em ambientes onde suas atividades são executadas no período diurno. Entretanto, quando se trata de ambientes cujas atividades também são desenvolvidas diuturnamente é necessário se considerar em projeto a ausência de iluminação natural durante a noite, projetando-se o espaço para atender o nível de luminosidade dessas atividades, aproveitando a iluminação natural para se obter ganhos, como por exemplo, de economia com energia elétrica (Moraes & Claro, 2013).

Nesse sentido, a localização e alocação das edificações também influenciam no melhor aproveitamento e captação da iluminação natural e conseqüentemente no desempenho relativo às atividades desenvolvidas em sala de aula. É possível que a iluminação natural fosse aproveitada de melhor forma no projeto do prédio analisado tendo em vista que a região semiárida tem sol o ano inteiro e apenas duas estações bem definidas. Como exemplo, algumas possibilidades são: o uso de claraboias ou elementos translúcidos na cobertura das salas e dos corredores; a substituição do modelo de prédio com corredor separando os conjuntos de salas por outro; o espaço entre os prédios poderia ter seguido o plano diretor que constava de áreas verdes para convivência entre os prédios, sem vagas de estacionamento; o uso de elementos vazados e permanecer com o uso predominante das cores frias.

Essa interação da iluminação natural com a iluminação artificial influencia diretamente na uniformidade da iluminância dos ambientes. No caso das salas analisadas, observou-se um efeito negativo dessa interação nos valores de uniformidade, pois nos ambientes em que a incidência da iluminação natural foi menor durante o dia ocorreu maior uniformidade. Entretanto, a uniformidade foi maior durante o dia do que no turno da noite, com exceção de três salas (1, 7 e 10).

Para melhorar os níveis de iluminância e de uniformidade desses ambientes são necessárias intervenções fazendo uso de ergonomia de correção, proporcionando melhorias no ambiente e gerando conforto visual para os usuários. Há várias alternativas projetivas relacionadas à uniformidade. Dentre elas, pode-se citar a utilização de simulação computacional que parte de níveis pré-estabelecidos de iluminância e uniformidade, ajustando-se os demais valores aos parâmetros pré-definidos, conforme demonstram Moraes e Claro (2013), em um estudo comparativo de sistemas de iluminação artificial considerando luz natural e consumo de energia.



A presente pesquisa identificou valores satisfatórios de iluminância em sete das dez salas analisadas em pelo menos um dos pontos e turnos, já em relação à uniformidade apenas uma sala no turno da tarde atingiu o mínimo estabelecido em norma. Esses resultados corroboram com os de Moraes e Claro (2013), em termos de iluminância e uniformidade e com os de Robert *et al.* (2020) e Athanázio-Heliodoro *et al.* (2017), no tocante à iluminância. Por outro lado, Magalhães e Vieira (2017), ao analisarem o conforto ambiental e ergonômico em uma instituição de ensino, encontraram valores para sala de aula, sala de professores, sala dos técnicos administrativos e corredores que atenderam os parâmetros normativos. Porém, esses últimos autores afirmam que os dois elementos importantes da iluminação que são a suficiência de luz e a eliminação de brilhos ofuscantes são facilmente resolvidos; diferentemente de Moraes e Claro (2013), que apontam a complexidade e dificuldade em se obter um equilíbrio entre os níveis de iluminância, uniformidade e economia de energia elétrica.

Apesar da iluminância e a economia de energia elétrica serem aspectos relevantes e mais estudados, a uniformidade também precisa ser considerada no momento do projeto, levando em conta a atividade a ser desenvolvida naquele ambiente. Sobre esse parâmetro, os resultados de Athanázio-Heliodoro *et al.* (2017), identificaram valores de uniformidade superiores aos recomendados para ambiente da secretaria de uma instituição de ensino superior.

Em relação à iluminação artificial, identificou-se que o projeto previa uma quantidade de 4 luminárias de 40 watts por pontos de iluminação, mas observou-se *in loco* que essa quantidade não foi obedecida na execução do projeto, constando de apenas 2 luminárias de 40 watts por ponto de iluminação. Isso teve influência na avaliação de iluminância, pois vários valores não atingiram o indicado em norma, principalmente no período noturno que depende exclusivamente da iluminação artificial e durante o período diurno essa deficiência foi amenizada pela iluminação natural. É importante que o projeto seja planejado e executado adequadamente para garantir uma visibilidade satisfatória durante as atividades visuais executadas no ambiente e as exposições com uso de quadro e projeções, facilitando a transmissão de informações durante as aulas entre professor e alunos. Dessa forma evita-se e mitiga-se possíveis consequências sobre a saúde dos professores e dos alunos, e rendimento acadêmico dos discentes, tais como: ofuscamento, dores de cabeça, enxaqueca, redução da acuidade visual, irritação, fadiga visual, lacrimejamento, perda de nitidez, duplicação de imagem, sinais de depressão, sonolência, agitação, desconforto, entre outros como indicam (Kroemer & Grandjean, 2005; Hsieh *et al.*, 2020).

No contexto de educação, pode-se considerar produtividade como uma relação entre aprendizagem e as atividades desenvolvidas em sala de aula e fora dela. Dessa forma, quando o ambiente está adequadamente iluminado favorece a produtividade do ensino. Isso pode ter reflexos nos resultados dos processos avaliativos utilizados pelos professores para verificar a aprendizagem individual e da turma. Os níveis de atenção também são afetados quando o ambiente é mal iluminado,

principalmente quando se trata de atividades teóricas, sejam ativas ou passivas, refletindo no rendimento acadêmico do discente.

Na segurança do trabalho as normas que tratam diretamente sobre conforto lumínico e ergonomia são respectivamente a NHO – 11 e a NR – 17. Apesar de se tomar como base para esse trabalho a NBR ISO 8991- 1, essas outras normas também estabelecem critérios e procedimentos para avaliar os níveis de iluminação. A NHO – 11 estabelece os níveis de iluminação em ambientes internos voltando-se para a segurança e desempenho eficiente do trabalho. Já a NR – 17 faz menção à NHO – 11 em relação aos critérios e procedimentos de avaliação. Nesse estudo optou-se pelo uso da NBR ISO 8991- 1 por atender os objetivos traçados inicialmente para a pesquisa.

Outros autores, a exemplo de Hybiner (2015), desenvolveram pesquisas sobre iluminância também em âmbito escolar e identificaram níveis de iluminância abaixo do recomendado em norma. Isso pode indicar que o resultado alcançado no presente estudo não é pontual, mas se repete em outras instituições de ensino. Hybiner (2015), identificou *in loco* algumas dificuldades, durante a realização de tarefas escolares, tais como atividades de cálculo ou outras que exigem maior acuidade visual. Na presente pesquisa o prédio avaliado é utilizado predominantemente por alunos dos primeiros anos dos cursos de engenharia, como engenharia química, civil, de produção, mecânica, elétrica e de petróleo. Nesses primeiros anos, a maioria das disciplinas é da área de ciências exatas e naturais e envolve cálculos.

Diante do exposto, percebe-se a importância da iluminação adequada em ambientes de estudo por sua direta relação com o desenvolvimento nos âmbitos humano, tecnológico, cultural, econômico, da cidadania, entre outros, que são inerentes à educação numa concepção de formação para a cidadania e para o trabalho.

6 Conclusões

Tendo em vista a relevância e abrangência do tema, a presente pesquisa alcançou os objetivos propostos ao apresentar uma análise dos níveis de iluminância de dez salas de um dos prédios padronizados para aulas de graduação de uma Instituição de Ensino Superior – IES pública localizada na cidade de Mossoró-RN. De forma geral, os resultados obtidos possibilitam concluir que os valores de iluminância média dessas salas de aulas estão abaixo do recomendado pela norma NBR ISO 8995-1 em 3 das 10 salas avaliadas, apresentando assim uma iluminação insuficiente para os fins a que as salas se destinam, podendo causar prejuízos à saúde dos seus usuários, mal-estar e diminuição nos níveis de aprendizagem dos alunos e desempenho de professores reduzindo assim o seu rendimento escolar. Nas demais salas, pelo menos em um dos turnos, algum ponto de medição apresentou valores médios que atendem às especificações da norma.



Em relação ao coeficiente de uniformidade, todas as salas exceto a sala 5 no turno vespertino apresenta valores abaixo do mínimo recomendado na norma NBR ISO/CIE 8995-1.

Vários fatores podem ter influenciado no nível de iluminação das salas de aula, como a presença de luminárias defeituosas, a execução parcial do projeto de iluminação, a não consideração durante a elaboração do projeto de iluminação de aspectos da arquitetura do prédio e do seu entorno, bem como a arborização e os recursos de diminuição de luminosidade natural com o uso de *brises* e películas.

Dessa forma, espera-se ter contribuído numa abordagem de ergonomia e segurança ocupacional com o conhecimento sobre iluminância em ambientes de estudo e sua influência na produtividade e conforto dos usuários desses ambientes.

Na execução da pesquisa algumas dificuldades foram encontradas, tais como o acesso ao projeto de iluminação do prédio objeto do estudo, pois os projetos são disponibilizados para o corpo técnico do setor de obras e manutenção e para se ter acesso são necessários procedimentos burocráticos. Outra dificuldade foi a realização das medições precisaram ser feitas em momentos em que as salas estivessem vazias, entretanto, os horários das 9:30 e 15:30 geralmente são horários de aula. Por isso as medições foram realizadas no final do semestre letivo em dias próximos ao recesso de fim de ano, pois nesse período os professores realizaram menos atividades em sala de aula.

Como sugestões de trabalhos futuros podem ser realizadas pesquisas de conforto em ambientes de estudos, avaliação de ofuscamentos e reflexos em ambientes universitários, tais como salas de aula, bibliotecas, laboratórios de informática, laboratórios de desenho, entre outros; trabalhos sobre psicodinâmica das cores em ambientes de estudo; pesquisas sobre a eficiência energética considerando diferentes configurações do projeto de iluminação, de configurações de luminárias e conforto visual; trabalhos sobre a influência da uniformidade nesses ambientes; aplicação de questionários para identificação da percepção de conforto lumínico de usuários, dentre outros.

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho, Parte 1: Interior. 1-54.
- Athanázio-Heliodoro, J. C., Zaruma, D. G., Pupo, C. H., & Fenner, P. T. (2017). Análise de iluminância no ambiente de trabalho. *Revista Ciência do Trabalho*, 7(1), 109-120.
- Bortolan, G. M. Z., Ferreira, M. G. G., & Tezza, R. (2020). Elaboração de um instrumento de avaliação para medir desconforto visual subjetivo de funcionários de lojas de moda. *Revista Design & Tecnologia*, 10(20), 22–33. <https://doi.org/10.23972/det2020iss20pp22-3>
- Cuttle, C. (2010). Towards the third stage of the lighting profession. *Lighting Research and Technology*, 42(1), 73–93. <https://doi.org/10.1177/1477153509104013>

- Dianat, I., Sedghi, A., Bagherzade, J., Jafarabadi, M. A., & Stedmon, A. W. (2013). Objective and subjective assessments of lighting in a hospital setting: Implications for health, safety and performance. *Ergonomics*, 56(10), 1535–1545. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.820845>
- Escola Nacional da Inspeção do Trabalho - ENIT. Norma Regulamentadora NR – 17. (2018). Portaria MTb n. 3214, de 08 de junho de 1978 alterada pela Portaria MTb n. 876, de 24 de outubro de 2018.
- Hsieh, M. C., Hong, L. Y., Wang, E. M. Y., Chao, W. C., Yang, C. C., & Su, L. C. (2020). Effect of correlated colour temperature and illuminance levels on user's visual perception under LED lighting in Taiwan. *Ergonomics*, 63(2), 175–190. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1699964>
- Hybiner, J. M. B. M. (2015). *Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino pública das superintendências regionais de ensino de juiz de fora, Ponte Nova e Ubá, MG*. Universidade Federal de Viçosa.
- Juslén, H. T., Wouters, M. C. H. M., & Tenner, A. D. (2007). Lighting level and productivity: A field study in the electronics industry. *Ergonomics*, 50(4), 615–624. <https://doi.org/10.1080/00140130601155001>
- Kowaltowski, D. K. (2011). *Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino*. Oficina de Textos.
- Kroemer, K. H. E., & Grandjean, E. (2005). *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem* (5th ed.). Bookman.
- Losekan, I., Franz, L. A. dos S., Pereira, A. S., & Bolzan, L. M. (2021). Condicionantes ergonômicos na organização do trabalho docente: uma revisão sistemática da literatura. *Exacta*, 19(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.18252>
- Magalhães, E. N., & Vieira, E. M. (2017). Análise do conforto ambiental e ergonômico em uma instituição de ensino. *Revista Sustinere*, 5(2), 317–337. <https://doi.org/10.12957/sustinere.2017.30168>
- Mascarenhas, S. (2012). *Metodologia Científica* (1st ed.). Pearson Education do Brasil.
- Mendes, L. H. D., & Bergiante, N. C. R. (2018). Promoção da qualidade de vida no trabalho em bibliotecas universitárias através da aplicação da ergonomia. *Brazilian Journal of Development*, 4(6), 2774–2793.
- Moraes, L. N., & Claro, A. (2013). Estudo comparativo de sistemas de iluminação artificial considerando luz natural e consumo de energia. *Ambiente Construído*, 13(4), 59–74. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212013000400005>
- Nazzal, A. A. (2005). A new evaluation method for daylight discomfort glare. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.08.010>
- Niskier, J., & Macintyre, A. J. (2013). *Instalações elétricas* (6th ed.). LTC.
- Robert, L. de F. O. de J., Pinto, J. M. B., Almeida, B. L. de, Tavares, J. F. C. M., & Mendes, J. M. (2020). Análise do nível de iluminação em um Instituto de Ensino Federal, em Belém-PA. *Tecnologia*, 24(Especial), 324–333. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v2i0.15756>



Rodrigues, A. M., Zeviani, C. H., Rebelato, M. G., & Borges, L. (2015). Avaliação de desempenho ambiental industrial: elaboração de um referencial metodológico. *Revista Produção Online*, 15(1), 101. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v15i1.1719>