XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Avaliação da iluminação em salas de aula: estudo de caso

Evaluación de la iluminación em aulas: estudio de caso

Evaluation of classroom lighting: a case study

Iluminação Natural e Artificial / *Iluminación Natural y Artificial / Natural and Artificial Lighting*

Nalon Macedo, Rita de Cássia
Graduanda, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, ritanalonrn@hotmail.com
Silva Sardeiro Vanderlei, Paula
Doutora, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, pssvanderlei@uem.br
Gomes Bazotti, Raquel
Graduanda, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil, ra124667@uem.br

Resumo

A iluminação é fundamental na concepção dos ambientes, e muitos pesquisadores buscam avaliar o conforto visual por diferentes métodos. Estudar o conforto luminoso permite entender a qualidade da luz natural e artificial com base nos padrões de iluminância e nas necessidades dos usuários. Este estudo teve como objetivo avaliar o conforto luminoso em salas de aula de uma instituição de ensino superior, utilizando medições *in loco* para verificar a conformidade com os requisitos normativos, como níveis e uniformidade de iluminância, além da aplicação de questionários aos usuários. Os resultados mostraram que a maioria das iluminâncias excedeu os limites normativos, independentemente da estação do ano. Ainda assim, a percepção dos usuários foi, em geral, satisfatória. A pesquisa fornece dados importantes para identificar intervenções no edifício, contribuindo para a otimização do uso de energia, a eficiência do sistema de iluminação e o conforto dos ocupantes.

Palavras-chave: Conforto luminoso. Medição *in loco*. Salas de aula.

Resumen

La iluminación desempeña un papel fundamental en el diseño de los espacios, y numerosos investigadores buscan evaluar el conforto visual mediante distintos métodos. Analizar el conforto lumínico permite comprender la calidad de la luz natural y artificial en función de los estándares de iluminancia y las necesidades de los usuarios. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el conforto lumínico en las aulas de una institución educativa, mediante mediciones in situ para verificar el cumplimiento de los requisitos normativos, como los niveles y la uniformidad de la iluminancia, además de la aplicación de cuestionarios a los usuarios. Los resultados indicaron que la mayoría de los valores de iluminancia superaron los límites establecidos en las normativas, independientemente de la estación del año. Aún así, la percepción de los usuarios fue, en general, positiva. La investigación aporta datos clave para identificar posibles mejoras en el edificio, contribuyendo a la optimización del consumo energético, la eficiencia del sistema de iluminación y el bienestar de los ocupantes.

Palabras clave: Conforto luminoso. Medición in situ. Aulas.

Abstract

Lighting plays a fundamental role in spatial design, and many researchers seek to assess visual comfort through various methods. Analyzing luminous comfort allows for an understanding of the quality of natural and artificial light based on illuminance standards and user needs. This study aimed to evaluate luminous comfort in classrooms of an educational institution by conducting on-site measurements to verify compliance with regulatory requirements, such as illuminance levels and uniformity, in addition to administering user surveys. The results indicated that most illuminance levels exceeded the normative limits, regardless of the season. Even so, user perception was generally positive. This research provides valuable data to identify potential building interventions, contributing to the optimization of energy use, the efficiency of the lighting system, and occupant comfort.

Keywords: Luminous comfort. On-site measurement. Classrooms.

Introdução

Segundo estudo de Barret *et al.* (2015) realizado em ambientes educacionais, em salas de aula bem iluminadas naturalmente, os estudantes demonstraram maior nível de eficiência, o que implica que quanto mais a iluminação em um local de trabalho for aprimorada, melhores serão os resultados das tarefas executadas tendo um menor esforço visual, ou seja, a boa distribuição de níveis de iluminação pelo ambiente e a ausência de ofuscamento são fatores essenciais.

O ambiente da sala de aula foi escolhido, pois "[...] a preocupação com a qualidade ambiental nas edificações escolares deve ser uma prática, uma vez que [...] [os alunos] gastam mais tempo nos ambientes internos da escola do que em sua própria edificação residencial" (Ochoa; Araújo; Saattler, 2012).

O desconforto causado pela iluminação em locais de trabalho tem sido alvo de estudos em várias pesquisas, com os principais elementos de preocupação sendo o ofuscamento e o brilho excessivo. Comparando diferentes índices de brilho ao longo de um dia em escritórios, observou-se que o *Visual Comfort Probability* (Índice de Conforto Visual), que avalia o brilho proveniente de fontes artificiais de luz, frequentemente prevê níveis de desconforto mais elevados em comparação com outros índices, independentemente de terem sido desenvolvidos para uso sob iluminação artificial ou luz natural. Pesquisas adicionais indicam que tanto o brilho quanto o ofuscamento podem ser fontes potenciais de problemas devido ao excesso de luz ou de contraste, resultando em insatisfação e no fechamento de persianas e cortinas, o que por sua vez leva ao uso de iluminação artificial durante o dia (Cústodio; Bilésimo; Schaefer; Ghisi, 2020).

A avaliação do desempenho luminoso em salas de aula requer a consideração de critérios específicos, tais como: atender aos valores estabelecidos pelas normas para atividades visuais; uniformidade de iluminância; evitar a radiação solar direta e eliminar o ofuscamento. Destaca-se também que a percepção humana do ambiente é influenciada pelas diferenças na iluminância, o que significa que contrastes excessivos podem fazer com que um espaço seja percebido como escuro, mesmo que esteja em conformidade com as normas estabelecidas.

Uma sala de aula pode ser considerada bem iluminada para as atividades realizadas nela quando conta com a quantidade e qualidade apropriada de luz, permitindo a execução das tarefas visuais de forma fácil e sem esforço, evitando assim, a fadiga visual. Caso a quantidade

de luz seja insuficiente ou excessiva, medidas devem ser adotadas para adequá-la às necessidades dos usuários. Uma abordagem possível é o uso de cores que promovam um maior conforto visual por meio de reflexões internas, além da utilização de dispositivos de proteção solar para evitar a entrada direta da radiação solar (Neto; Vanderlei, 2012).

Objetivo

Realizar uma avaliação da iluminação nas salas de aula de uma instituição pública de ensino superior.

Materiais e Métodos

O método utilizado para a avaliação da luz natural foi por levantamento de dados quantitativos, que ocorreu pelas medições das iluminâncias e aplicação de questionários aos usuários das salas de aula. O objeto de estudo escolhido foram quatro salas de aula, em dois blocos diferentes, com aberturas voltadas para orientações distintas, localizadas na Universidade Estadual de Maringá – UEM (Figuras 1 e 2).

Figura 1: Blocos de salas de aula estudados

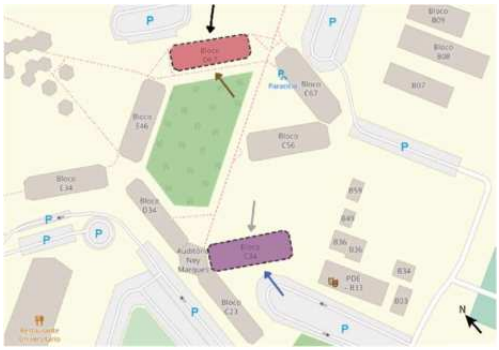


Figura 2: Entorno dos blocos com as salas de aula



Fonte: Google Maps. Adaptado pelas autoras, 2023.

Para o bloco D67, foram determinadas as salas 208 (seta preta) e 209 (seta marrom), e no bloco C34 as salas foram a 104 (seta cinza) e 111 (seta azul), como pode-se visualizar na (Figura 1). Essas salas foram escolhidas a partir de características internas semelhantes e por possuírem aberturas em fachadas opostas. Portanto, nessas salas de aula a configuração ocorre em um formato retangular tendo como medidas: sala 208 (9,88m x 5,86m), sala 209 (9,98m x 5,86m), sala 104 (10,20m x 5,80m) e sala 111 (9,75m x 5,80m). Todas as salas contêm a mesma tipologia de janelas, sendo basculantes, com vidro incolor de 3mm, se estendendo

por quase toda a parede (Figuras 3 e 4). Há também cortinas internas para controle da incidência direta da radiação solar. As medições foram realizadas nos dia 18 de março de 2023 (verão) e no dia 24 de junho de 2023 (inverno), executadas no intervalo de tempo de duas em duas horas a partir do nascer do sol, seguindo todos os procedimentos recomendados pela NBR 15215-4.

Figura 3: Janela da sala do bloco C34



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

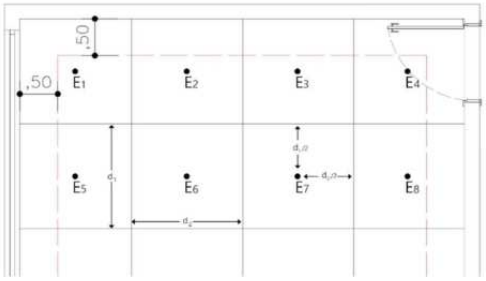
Figura 4: Janela da sala do bloco D67



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Os procedimentos de medições da iluminação foram de acordo com as normas, a NBR 15215-4 (ABNT, 2005) e a ISO-NBR 8995 (ABNT,1992). Para a obtenção das iluminâncias, primeiramente realizou-se uma malha de pontos para cada sala, com a equação dada pela NBR 15215-4 que determina o valor de k, que é o índice local, que define o número mínimo de pontos a serem medidos em um ambiente. Feito isso, foram calculados: sala 104 ($k = 2{,}12$, mínimo 25 pontos), sala 111 ($k = 2{,}08$, mínimo 25 pontos), sala 208 ($k = 1{,}78$, mínimo 16 pontos) e sala 209 ($k = 1{,}80$, mínimo 16 pontos). Posteriormente, após os valores obtidos, foi realizado a divisão dos retângulos para formar a malha (Figura 5).

Figura 5: Exemplo da configuração da malha de pontos



Fonte: NBR 15215-4, 2005.

Para uniformizar o número de pontos utilizados, foram medidos 27 e 28 pontos, sendo eles: sala 104 (28 pontos e malha de 1,46 x 1,45), sala 111 (27 pontos e malha de 1,45 x 1,39), sala 208 (28 pontos e malha de 1,46 x 1,41) e sala 209 (28 pontos e malha de 1,46 x 1,43). A partir

desses dados, para a medição *in loco,* utilizou-se o Luxímetro Digital (Homis Mod.204 200K Lux), as carteiras dos alunos, que possuíam 75cm de altura, foram utilizadas como superfície de trabalho, onde era posicionada a fotocélula do aparelho.

Com todos esses processos realizados, foram obtidas as medições em cada ponto de cada sala, em um intervalo de tempo de duas horas, do nascer até o pôr do Sol. Os dados foram coletados somente com luz natural e com luz natural mais a luz artificial, sendo esse processo repetido em cada ponto da malha. Esse processo descrito foi executado tanto na estação do verão, quanto no inverno.

Simultaneamente, foi avaliado a iluminação natural e artificial suplementar das salas de aula, por meio de questionários aplicados pessoalmente aos usuários, nos períodos da manhã e tarde, a fim de obter a percepção dos usuários. O questionário permitiu organizar e selecionar as informações no tocante a iluminação, a fim de futuramente ser utilizada para melhorias no próprio bloco ou outros com fachadas parecidas e futuras edificações.

O questionário aborda questões relacionadas ao conforto luminoso especificamente pensando no entendimento e tempo do entrevistado com aproximadamente 5 minutos de duração. O bloco D67 utilizado majoritariamente pelos alunos dos cursos das engenharias durante todo o período do dia (das 07:45 às 23:00h), com idade prevalecendo entre 17 a 25 anos, e ambos os gêneros, e o bloco C34 utilizado majoritariamente pelos estudantes de economia e engenharias em todos os períodos (das 07:45 às 23:00h). Esses blocos são bem semelhantes entre si, entretanto, por conta do seu entorno, a forma em que o sol os atinge é divergente. A extensa massa de vegetação próxima a janela altera a quantidade de luz presente no interior da sala, e consequentemente, a sensação luminosa dos usuários que estudam nas salas.

Os questionários eram constituídos de dez perguntas de múltipla escolha onde percebeu os problemas velados da iluminação natural e iluminação artificial suplementar. Com a aplicação do questionário, os usuários refletiram sobre o conforto luminoso, algo que não é habitual no dia a dia deles e apontaram reclamações sobre as salas e sobre desconfortos existentes.

Resultados e Discussão

Segundo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, as salas de aula devem apresentar valores de iluminância de 300 lux para atividades diurnas. No entanto, considerando que também

ocorrem aulas no turno da noite, a norma recomenda um nível de iluminância de 500 lux para garantir o conforto visual adequado nesse período. Dessa forma, no primeiro momento será discutido a iluminância média medida no verão (Figura 6).

Figura 6: Valores médios da iluminação medidas no verão

C34 – Sala:104 (Verão)		08:30	10:30	12:30	14:30	16:30	18:30
Ilumin. Média (E)	IN	289,9	364,2	596,5	787,6	984,2	*
	IA	677,8	808,5	1053,9	1176,8	1424,2	434,5

C34 – Sala:111 (Verão)		08:30	10:30	12:30	14:30	16:30	18:30
Ilumin. Média (E)	IN	320,1	319,4	367,8	444,9	126,9	*
	IA	735,4	732,1	869,4	833,6	499,7	381,1

D67 – Sala:208 (Verão)		08:30	10:30	12:30	14:30	16:30	18:30
Ilumin. Média (E)	IN	749,3	853,7	1629,2	1959,8	1182,8	*
	IA	1274,3	1378,0	2157,1	2453,0	1690,1	750,2

D67 – Sala:209 (Verão)		08:30	10:30	12:30	14:30	16:30	18:30
Ilumin. Média (E)	IN	286,0	277,7	653,6	367,9	900	*
	IA	767,8	784,3	1124,6	822,4	1397,5	502

Nota: o símbolo " ∗ ", destaca os valores desconsiderados por conta do pôr do sol as 18:30 e da variação climática (chuva) que ocorreram nas últimas medições. (IN= iluminação natural / IA-Iluminação artificial)

Fonte: Elaborado pelas autoras,2023.

Nessas medições, o céu encontrava-se, em maior parte do tempo, parcialmente encoberto. Em primeiro plano será apresentado os momentos em que o valor não foi atendido, começando pelas salas do bloco C34, em que, na sala 104, aberturas orientadas para leste, somente às 08:30h não foi atingido, já na sala 111, direcionada para oeste, o valor não foi atingido às 16:30h. Na Figura 7 é possível observar como a partir desse horário a sala já começou a escurecer. Esse resultado pode ser considerado inesperado, visto que a orientação oeste geralmente proporciona maior entrada de luz no período da tarde, porém neste caso considerou-se também que possuía uma obstrução por vegetação no exterior, o que influencia na entrada de luz. Enquanto no bloco D67, na sala 208 (fachada leste) todos os horários ultrapassaram os 300 lux indicados por norma. Já na sala 209 (fachada oeste) os horários das 08:30h e das 10:30h não alcançaram o necessário.

Figura 7: Foto da sala 111, as 17h



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Acerca dos resultados que foram compatíveis com a norma tem-se, a sala 104 às 10:30h com 364,2 lux, na sala 111 foi onde se obteve mais valores compatíveis a norma (Figura 8), sendo eles das 08:30h às 12:30h com valores variando de 319 a 367 lux e na sala 209 às 14:30h com 367,9 lux. Em contrapartida, o restante das medições todos ultrapassaram os 300 lux.

A consistência dos bons resultados da sala 111 no turno da manhã indica que, apesar da orientação oeste, a iluminação natural ainda pode ser eficiente quando combinada com fatores como ausência de obstruções e tempo atmosférico favorável. A sala 104, com orientação leste, demonstra melhor desempenho no fim da manhã, como esperado, evidenciando que o horário de uso influencia diretamente na qualidade do conforto visual.

Figura 8: Foto da sala 111



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Ressalta-se que ao comparar os valores da luz natural nas salas 208 e 209, percebe-se uma grande diferença significativa dos valores, que pode ser explicado além da diferença da orientação, já que a sala 208 está para leste e a sala 209 para oeste, pela obstrução de elementos externos, em que, a sala 209 possui uma significativa obstrução por vegetação, enquanto a sala 208 possui bem menos interferência de elementos externos. Importante destacar que nessas medições da luz natural os valores coletados as 18:30h foram desconsiderados, visto que, nesse horário acontecia o pôr do sol. Na Figura 9 pode-se observar, registro realizado por volta das 18:00h, percebe-se a carência de luz natural, e a necessidade das luzes artificiais. Essa comparação direta entre salas com fachadas opostas (leste e oeste) em condições similares reforça a importância do projeto paisagístico na iluminação natural. A vegetação, quando mal posicionada, pode comprometer significativamente o desempenho luminoso.

Os valores da luz natural com a iluminação artificial suplementar, excedem a média de 300lux, determinado por norma em todos os horários em todas as salas. Tendo registrado o valor mais baixo a sala 111, às 18:30 com 381,1 lux. A contribuição da iluminação artificial, ainda que eficiente para manter os níveis adequados, evidencia a limitação da luz natural em horários extremos, o que reforça a necessidade de integração eficiente entre soluções naturais e artificiais.

Figura 9: Foto da sala 209, às 18h



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Nas avaliações efetuadas durante a estação do inverno (Figura 10), obteve-se primeiro os valores obtidos a partir da iluminação natural, tendo como resultado às 17h na sala 104, um valor abaixo do necessário. Enquanto na sala 111 e na 209, nenhum horário atingiu os 300 lux exigidos por norma.

Durante o inverno, observa-se uma redução geral nos níveis de iluminância natural, principalmente nas salas voltadas para oeste. Isso sugere que as estratégias passivas devem ser revistas para este período do ano. A sala 104 teve desempenho superior às demais em alguns horários, o que confirma a vantagem da fachada leste no inverno, aproveitando melhor o curto período de sol da manhã.

Figura 10: Valores médios da iluminação medidas no inverno

C34 – Sala:104 (Inverno)		09:00	11:00	13:00	15:00	17:00
Ilumin. Média (E)	IN	1139,4	4147,4	3860,9	3749,3	81,5
	IA	1398,4	4544,7	4227,2	4541,8	451,5

C34 – Sala:111 (Inverno)		09:00	11:00	13:00	15:00	17:00
Ilumin. Média (E)	IN	227,4	260,8	212,1	201,1	44,0
	IA	612,9	616,3	581,6	587,0	430,9

D67 – Sala:208 (Inverno)		09:00	11:00	13:00	15:00	17:00
Ilumin. Média (E)	IN	2426,9	2954,4	3339,1	3365,2	996,4
	IA	2945,4	3472,2	3781,7	3891,9	1508,4

D67 – Sala:209 (Inverno)		09:00	11:00	13:00	15:00	17:00
Ilumin. Média (E)	IN	255,7	209,5	233,1	208,9	131,4
	IA	706,8	597,3	492,0	476,5	403,7

Fonte: Elaborado pelas autoras,2023.

É relevante considerar que nesse dia o pôr do sol ocorreu às 17:00h, o que resultou em medições mais baixas durante esse período, por se tratar da estação do inverno. Quanto aos outros valores e horários não mencionados, pode-se observar que eles passaram do valor de 300 lux, isso ocorreu por conta da grande quantidade de luz natural que entrou nestas salas (Figuras 11 e 12).

Figura 11: Sala 208 (Bloco D67)



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Figura 12: Sala 104 (Bloco C34)



Fonte: Arquivo pessoal das autoras, 2023.

Acerca dos resultados obtidos pelo questionário verificou-se que há divergências de necessidades entre as salas e turnos, principalmente sobre a iluminação natural, quando as cortinas ficam abertas ou fechadas. Pois em algumas das salas, no bloco D67 não possuem cortinas do tamanho adequado ou há falta de manutenção, e isso faz com que haja um desconforto proeminente e conflitos nos resultados, e os estudantes alegam que há ofuscamento principalmente quando é necessário o uso do projetor. Os usuários do bloco C34, sobre se a iluminação natural, especificamente na sala 111 no período da tarde citam que a claridade não os incomoda, já no período da manhã e tarde na sala 104 a maioria se incomoda mesmo a sala tendo uma proteção mais adequada que a do D67, ou seja, a iluminação natural é mais intensa no C34, devido as aberturas serem orientadas a leste e avaliação no período da estação do inverno, com alturas solares mais baixas, permitindo maior penetração da radiação solar pelas aberturas.

Quanto à iluminação artificial suplementar, perguntados sobre o que acham sobre a iluminação natural e artificial suplementar das salas o resultado foi satisfatório, 79% dos alunos avaliaram como “bom”, mas não “excelente”, indicando a necessidade de melhorias.

O questionário (Figura 13) foi elaborado com dez perguntas de múltipla escolha e aplicado nos dias 1, 2, 3, 4, 7 e 8 de agosto aos usuários da edificação no horário das 7:45 às 8:15 e 13:30 às 14:00. Os usuários refletiram os problemas velados da iluminação natural na aplicação do questionário, porém sobre parâmetros relacionados ao conforto lumínico, não foram específicos. Apontaram reclamações dos usuários presentes nas salas e desconfortos existentes devido à falta de proteção da radiação solar, na Figura 11, pode-se visualizar os resultados obtidos no questionário, apresentando a porcentagem geral de algumas perguntas feitas aos usuários dos blocos D67 e C34 *in loco*.

Figura 13: Questionário com as perguntas e respostas dos usuários das salas de aula

TODAS AS SALAS (124 ALUNOS)							
PERGUNTAS	Menos de um mês	1 a 2 meses	Mais de 2 meses	PERGUNTAS	Sim	Não	
Quanto tempo você estuda nessa sala?	4,8%	74,2%	21%	Você gostaria que o ambiente da sala fosse mais claro?	35,8%	64,2%	
PERGUNTAS	Insuficiente	Bom	Exagerado	PERGUNTAS	Insuficiente	Bom	Exagerado
Você considera a iluminação natural dessa sala como:	17,9%	74%	8,1%	Você considera a iluminação artificial dessa sala como:	15,3%	79%	15,3%
PERGUNTAS	Sim	Não		PERGUNTAS	Abertas	Fechadas	Fechadas para a proteção
A claridade vinda da janela em dias ensolarados te incomoda?	38,7%	61,3%		Durante as atividades em sala as cortinas estão:	52,4%	27,8%	19,8%
PERGUNTAS	Sim	Não		PERGUNTAS	Excelente	Bom	Ruim
A falta de luz recorrente na UEM interfere na sua qualidade de estudo?	48,4%	51,6%		Tarefas sendo executadas no local: Lendo e escrevendo:	19,4%	76,6%	4%
PERGUNTAS	Excelente	Bom	Ruim	PERGUNTAS	Mais claro	Do mesmo jeito	Mais escuro
Tarefas sendo executadas no local: Digitando:	22,3%	72,7%	5%	Você gostaria que sua sala fosse:	28%	64,8%	7,2%

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2023.

Sobre os dados apontados, a maioria dos alunos estuda de um a dois meses nas salas avaliadas, esse período de utilização do ambiente é importante para se obter uma percepção mais fiel do local. Grande parte dos usuários afirma que a iluminação das salas estão entre “boa” e “excelente”, não trazendo prejuízos tanto na leitura e escrita. Quanto à digitação, quando questionados sobre como eles gostariam que a sala fosse, cerca de 64,8% dizem que manteriam do mesmo jeito. Em relação ao bloco C34, os ocupantes relataram que apenas o uso da iluminação natural não é suficiente para realizar as atividades, sendo necessário recorrer a iluminação artificial suplementar, esse fato é constatado na sala 111 (período da tarde) pois cerca de 30% diz que a sala deveria ser mais clara indicando a falta de luz natural no ambiente de estudo.

Conclusão

Por meio das informações obtidas, tornou-se evidente que na maioria dos casos abordados, tanto se tratando de valores de iluminação natural quanto os de iluminação artificial suplementar das salas de aula, ambas ultrapassaram ao que é determinado para ambientes estudantis. Em termos quantitativos, observou-se que, no verão, as medições ultrapassaram os 300 lux exigidos pela norma em até 148% (como no caso da sala 208 às 10:30h, com 745,8 lux), enquanto no inverno esse excedente chegou a 128% (na mesma sala e horário, com 685,7 lux). Por outro lado, houve casos em que os valores ficaram abaixo do mínimo exigido, como na sala 209 às 08:30h no inverno, que apresentou apenas 158,1 lux cerca de 47% abaixo do recomendado.

Inclusive, os resultados analisados apresentam independentemente da estação do ano, valores extremamente altos tendo uma grande discrepância em relação aos valores estipulados na NBR 8995-1:2013, que são de 300 lux.

Os altos valores de iluminância em alguns pontos da sala de aula, não ocorrendo a uniformidade de iluminância, expõem os usuários ao ofuscamento, podendo gerar dor de cabeça, fadiga ocular, cansaço visual, irritação e redução da concentração. Além disso, a distribuição desigual da luz pode comprometer a saúde e o bem-estar de alunos e professores. Observou-se, no inverno às 17h, a sala 208 registrou 543,7 lux, enquanto a sala 104, no mesmo horário, teve apenas 156 lux uma diferença de 248%, demonstrando a falta de equilíbrio entre os ambientes com a mesma função.

A ausência de um elemento de proteção solar, como brises, beirais, etc..., resulta em alta incidência de radiação solar próximo as janelas, levando ao uso constante de cortinas e maior demanda por iluminação artificial. Para viabilizar a iluminação natural, não basta ter grandes aberturas é essencial que o projeto arquitetônico preveja estratégias de controle e distribuição da luz, permitindo que a iluminação artificial atue apenas como complemento, e não substituição, da luz natural.

Quanto ao resultado dos questionários, infere-se que apesar das respostas parecerem “boas” de modo geral, há sutilezas que devem ser observadas para um bom diagnóstico, como a diferença de iluminação entre as salas 111 e 104, orientadas pela fachada oeste e leste, onde cerca de 90% dos usuários da sala 104 relatam que o brilho/intensidade de luz é desconfortável, para elaborar um diagnóstico correto. E na sala 111, 96% afirmaram não ter sido incomodados. Diante desses fatos, é importante pensar no conforto luminoso no início e desenvolvimento do projeto arquitetônico para conseguir uma solução mais eficaz e custo mais baixo, e não ter desafios futuros.

Deste modo, conclui-se que com os altos níveis de iluminância medidos mais a avaliação dos usuários quanto ao desconforto em alguns momentos nas salas de aula, entende-se que os usuários das salas estarão expostos a níveis altos de iluminância, o que não seria necessário para realização das atividades de sala de aula, e que , conforme demonstrado nas análises, os principais impactos do excesso ou falta de luz não estão apenas na intensidade, mas na sua variação e distribuição ao longo do dia, o que exige atenção no planejamento arquitetônico e em estratégias de controle da luz para garantir o conforto visual ao longo de toda a jornada escolar.

Agradecimentos

As autoras agradecem o apoio da Fundação Araucária pelos recursos aplicados no financiamento do projeto vinculado ao PIBIC -AF-IS-UEM

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215** – Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna nas edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-ISO 8995-1** – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

BARRETT, P.; DAVIES, F.; ZHANG, Y.; BARRETT, L. The impact of classroom design on pupils' learning: final results of a holistic, multi-level analysis. **Building and Environment**, v. 89, p. 118–133, jul. 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132315000700 . Acesso em: 06 maio 2025.

CÚSTODIO, D. A.; BILÉSIMO, T. L.; SCHAEFER, A.; GHISI, E. Conforto visual em ambiente de trabalho: Estudo de caso em um laboratório de pesquisa. *In*: **XVII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.** Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/752/441. Acesso em: 14 janeiro 2025.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SAATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: Comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v.12, n. 1, p 91-114, jan/mar. 2012. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/19439/15620. Acesso em: 14 janeiro 2025.

NETO, A. R.; VANDERLEI, P. S. S. Estudo do desempenho iluminação natural e a percepção do usuário: estudo de caso. *In*: **III Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia** Urbana, 7 a 8 de novembro 2012. Disponível em: http://www.eventos.uem.br/index.php/simpgeu/simpgeu/paper/view/974/586. Acesso em: 14 janeiro 2025.