

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

### DESEMPENHO ENERGOLUMINOSO DE SALAS DE AULA EM LATITUDE 15°S<sup>1</sup>

DURANTE, Luciane Cleonice (1); CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio (2); ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho (3); NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque (4); NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva (5)

(1) UFMT, e-mail: luciane.durante@hotmail.com; (2) UFMT, e-mail: ivancallejas1973@gmail.com; (3) UFMT, e-mail: karyna.rosseti@gmail.com; (4) UFMT, e-mail: mcjan@gmail.com; (5) UFMT, e-mail: tokdarte@gmail.com

#### RESUMO

A qualidade do espaço físico das salas de aula contribui para o processo de ensino-aprendizagem e o conforto visual é um fator relevante para realização das tarefas de leitura e escrita. Este estudo tem por objetivo apresentar proposta de abordagem integrada da luz natural e artificial, com vistas à melhoria do desempenho energoluminoso de uma sala de aula, localizada em latitude 15°S. Por meio de realização de medições da iluminância natural, constatou-se que os níveis normativos só são atingidos nas proximidades das janelas baixas, ficando as demais regiões abaixo do nível recomendado. Foram elaboradas duas propostas para a iluminação artificial: a primeira, denominada convencional e, a segunda, que considerou a contribuição da luz natural e contemplou a independência dos circuitos de acionamento das luminárias. A partir de simulações computacionais, foi mapeada a distribuição das iluminâncias, sendo que na segunda proposta foi obtida economia de energia mensal de 50% em relação ao sistema existente, com maior qualidade e quantidade de luz na sala.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. Conforto visual. Iluminância.

#### ABSTRACT

*The physical space quality of the classroom contributes to the teaching-learning process and the visual comfort is an important factor to do tasks that involve reading and writing. This study aims to present a proposal for an integrative approach for natural and artificial light, in order to improve the energetic and luminous classroom performance, located at latitude 15°S. By measurements of natural illuminance, it was found that the normative levels are only achieved near of low windows, leaving the remaining regions below the recommended level. Two proposals for artificial lighting system were prepared: the first, called conventional and the second, which considered the natural light contribution in the room and included the independence of the drive circuits of luminaires. Using computer simulations, the distribution of illuminance was mapped. The second proposal was obtained monthly energy savings of 50% compared to the existing system, with higher quality and quantity of light.*

**Keywords:** Energy efficiency, visual comfort, illuminance.

---

<sup>1</sup> DURANTE, Luciane Cleonice, CALLEJAS, Ivan Júlio Apolônio, ROSSETI, Karyna de Andrade Carvalho, NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus Albuquerque, NOGUEIRA, Jocely Rosanna da Silva. Desempenho energoluminoso de salas de aula em latitude 15°S. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

No que diz respeito à luz, um ambiente pode sofrer interferências de fatores externos ao edifício, que determinam a quantidade e qualidade da luz disponível para a edificação, e de fatores internos, que influenciam na distribuição da luz no interior do edifício. "A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento" (LAMBERTS, 1997, p.44).

O conforto luminoso é um fator determinante para a saúde e a produtividade das pessoas e de particular importância para os edifícios educativos, visto o seu uso diurno e o tipo de funções realizadas nestes ambientes (MAIRINC e OCHOA, 2003; ALMEIDA, RUIZ e GRAÇA, 2012; MONTEOLIVA e PATTINI, 2013). Assim confirma Frandoloso (2001, p.156):

"O conforto visual nas edificações escolares revela-se de grande importância visto que as tarefas visuais a serem desenvolvidas são frequentemente no processo de aprendizagem: a leitura e a escrita, por exemplo. O conjunto de métodos de sociabilização e construção do conhecimento da criança exige que o desempenho visual em escolas seja eficiente: para atingir esse objetivo, vários aspectos contribuem, tanto em termos quantitativos, como qualitativos, interferindo no ambiente visual da sala de aula e demais compartimentos nos quais acuidade e precisão visual se fazem necessários."

Kowaltowski (2011) afirma que em uma sala de aula deve ser proporcionada luz em quantidade suficiente e destaca a superioridade da qualidade da luz natural em relação à artificial, por conter luz em todas as faixas do espectro. Destaca que são comuns problemas de ofuscamento, ausência de uniformidade, níveis de iluminamento abaixo dos requeridos para a atividade, além da falta de manutenção das luminárias.

Segundo Jaramillo e Pereira (2014), a própria disposição dos agrupamentos de alunos em relação à fonte de luz interferem na distribuição da iluminação, ocorrendo sempre decréscimo da luz de forma contínua à medida que se afasta da janela.

Oliveira, Maciel e Carlo (2014) concluíram que o usuário tem preferência pela proximidade da abertura, mesmo que ela se localize em uma área com maior temperatura e possibilidade de ofuscamento, evidenciando que os mesmos reconhecem a sua importância para proporcionar conforto.

Ventorim et al. (2014), com o objetivo de verificar as condições de conforto a que os usuários estão submetidos, analisaram comparativamente resultados das medições *in loco* de iluminância, segundo a NBR 15215-4 (ABNT, 2011) e as percepções dos alunos, coletadas por meio de questionário. Os resultados indicaram que o sistema de iluminação natural das salas era insuficiente para promover o conforto lumínico dos usuários, tendo em vista que os níveis de iluminância medidos não atingiam os níveis determinados pela NBR 8995-1 (ABNT, 2013). Constataram que, nas áreas mais próximas às janelas, a iluminância era mais próxima à adequada, e de

acordo com as percepções dos alunos, os níveis de iluminação natural destas áreas eram suficientes.

Do ponto de vista energético, para assegurar uma iluminação de qualidade e sem desperdícios é necessário explorar o potencial da iluminação natural, que traz benefícios econômicos e proporciona a aplicação dos índices de conforto (OCHOA, ARAÚJO e SATTLER, 2012). Nesse sentido, Dias (2011) sugere que a luminação natural seja analisada de forma conjunta com os fatores térmicos e acústicos.

Assim sendo, o objetivo geral deste trabalho é verificar o desempenho energoluminoso de um sistema de iluminação de sala de aula, considerando a contribuição da luz natural.

Utiliza-se, neste artigo, o termo "energoluminoso" para diferenciar seu caráter de abordagem integrada entre a iluminação do ambiente, considerando a natural e a artificial, e o consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação artificial, de maneira análoga à expressão "termoenergético", utilizada quando se pretende fazer referência às condições térmicas e o consumo de energia que se destina aos sistemas de condicionamento artificial para adequá-las aos limites requeridos. Também, se pretende diferenciar a abordagem da avaliação de desempenho lumínico, tal como estabelecido na ABNT (2013), uma vez que nesta expressão, cabe apenas a avaliação e comparação dos níveis de iluminância de um ambiente com os níveis normativos estabelecidos.

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

O objeto deste estudo é uma sala de aula de escola da rede pública estadual, localizada na zona urbana de Cuiabá/MT. A sala mede 6,0 x 8,0m, possui forro em laje com pé-direito de 2,9m. A cor das paredes internas é amarelo claro, o teto é branco, o piso é cinza claro e os caixilhos são vermelhos. O vidro das janelas é do tipo comum, transparente (Figura 1).

A sala de aula possui orientação de implantação da parede que contém as janelas altas (peitoris de 2,10m) a 138° (fachada SE) e da parede que contém as janelas baixas (peitoril de 0,90m), a 318° (fachada NO). A cobertura em telhas de fibrocimento ultrapassa as paredes da sala, formando beirais de 2,50m (Figura 2).

As obstruções externas à edificação não proporcionam sombreamento na fachada 138°. Já os beirais, proporcionam sombreamento nessa fachada desde as 8h até às 12h (Figura 3).

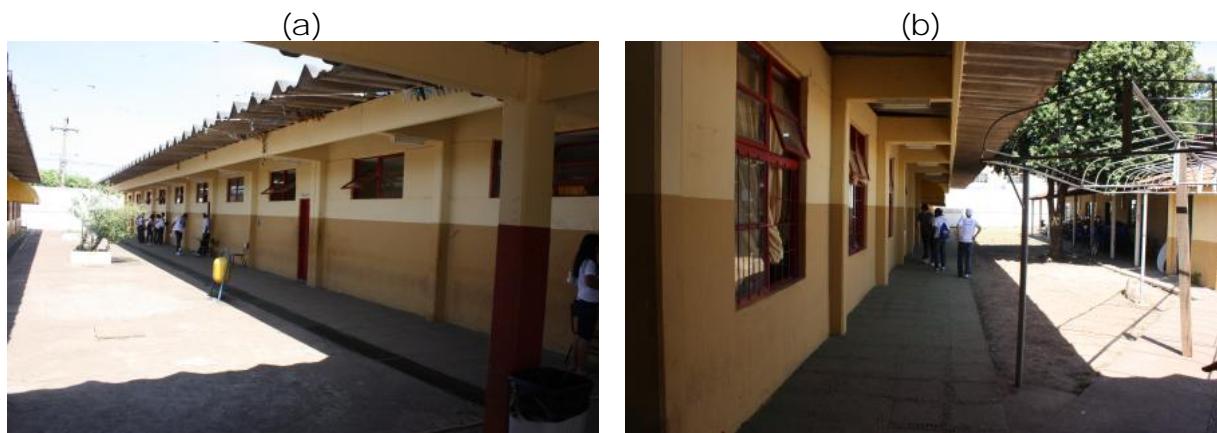
Na fachada 318°, os beirais proporcionam sombreamento desde as 12h até às 14h30min no solstício de inverno e, até às 17h30min, no solstício de verão. As obstruções proporcionadas pelos blocos adjacentes à sala (obstruções externas) complementam a máscara após as 16h15min no solstício de inverno e após as 18h15min no solstício de verão. Desta forma, observa-se que ocorre incidência solar direta na sala no meio da tarde (Figura 3).

Figura 1 – Interior da sala de aula somente com iluminação natural



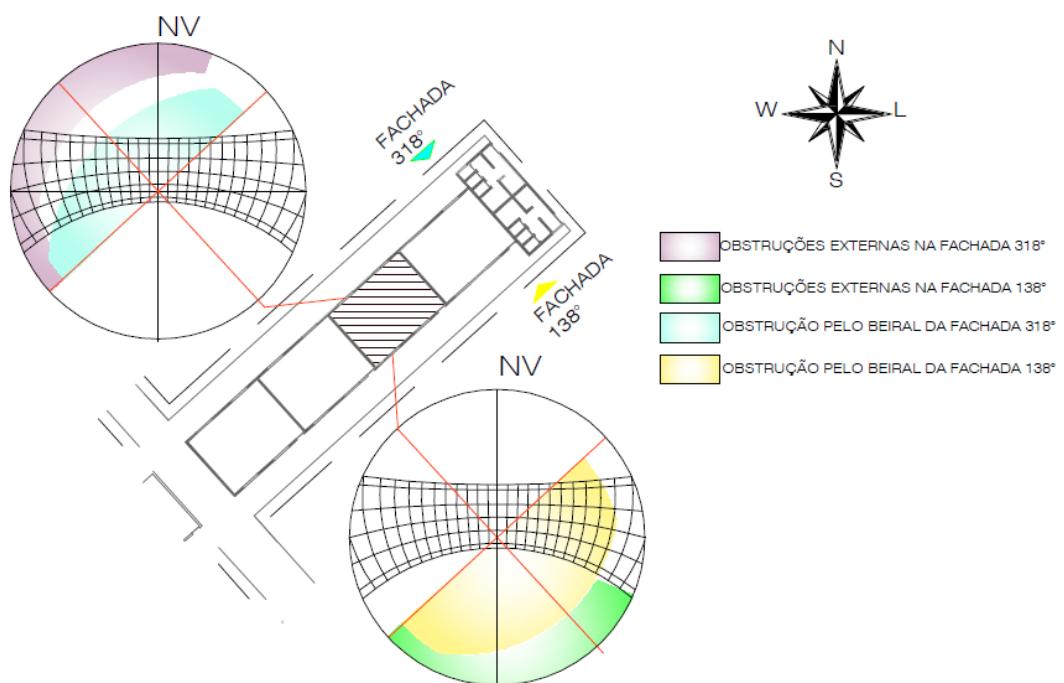
Fonte: Os autores

Figura 2 – (a) Beiral na fachada  $318^\circ$  e (b) Beiral na fachada  $138^\circ$



Fonte: Os autores

Figura 3 – Máscara solar nas fachadas da sala de aula



Fonte: Os autores

A proposta de revitalização do sistema de iluminação encontra pressupostos teóricos no conceito de zonas luminosas (*lighting zones*), definidas por Robbins (1986) como áreas do ambiente que usam a luz natural conjuntamente para prover os níveis de iluminância requeridos. Segundo este autor, o primeiro passo para um projeto integrado de iluminação natural e artificial é o conhecimento das características do desempenho da luz natural em cada ambiente a ser trabalhado e o reconhecimento das zonas luminosas.

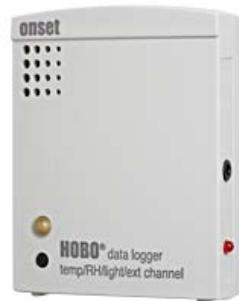
A pesquisa percorreu as seguintes etapas metodológicas de PROCEL (2002, 2011): diagnóstico da iluminação natural, diagnóstico da iluminação artificial, elaboração de proposta de revitalização do sistema de iluminação artificial e avaliação da eficiência energética da proposta.

## 2.1 Diagnóstico da iluminação natural

O diagnóstico da iluminação natural foi feito por meio de medições da iluminância ao longo da largura da sala, seguindo adaptação do método estabelecido na NBR 15215-4 (ABNT, 2011), devido à restrição na disponibilidade de equipamentos. Por isso, além dos resultados da avaliação quantitativa, optou-se por realizar avaliação qualitativa, a partir da observação do uso da sala de aula, o que permite que sejam consideradas as opiniões subjetivas, além das técnicas.

A instrumentação teve por finalidade reconhecer a distribuição da iluminância na largura da sala. Foi feita com as salas desocupadas e somente com a iluminação natural. Para tanto, utilizaram-se três sensores HOBO U12-013 (Figura 4), que registram a iluminância de 10 a 32.280lux.

Figura 4 – Sensor de iluminância interna modelo HOBO U12-013



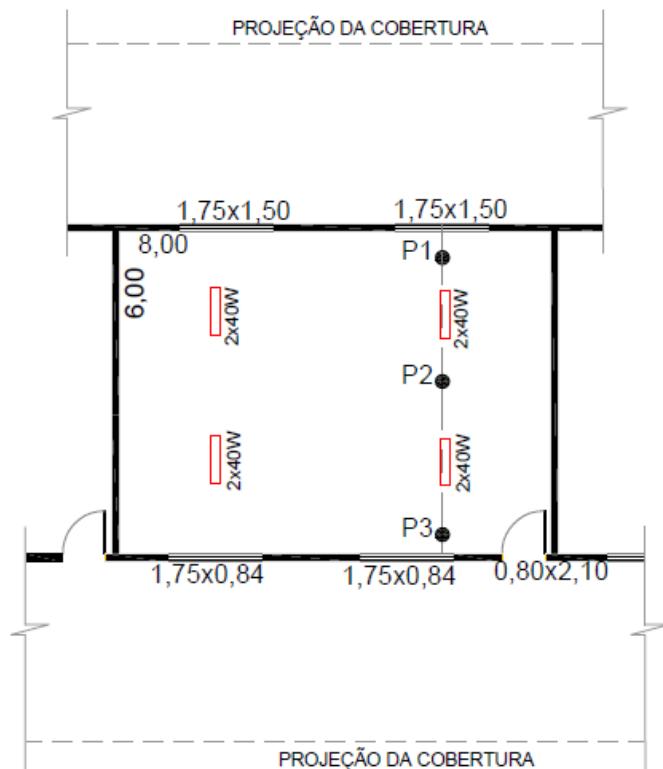
Fonte: <http://www.onsetcomp.com/>

Os sensores foram distribuídos no ponto P1, a 0,6m da janela baixa, no ponto P2, no centro da sala e no ponto P3, a 0,6m da janela alta, conforme a Figura 5, que também apresenta a locação das luminárias, que se encontravam desligadas no momento das medições de luz natural. Todos os sensores estavam devidamente calibrados e foram sincronizados para realizar medições no intervalo de 10 minutos, no período de 28/12/2010 a 23/01/2011.

Para a análise da contribuição da luz natural foram calculadas as médias

horárias de todo o período de medição, em cada um dos três pontos, das 7 às 17h. A iluminância foi comparada aos requisitos mínimos para sala de aula, conforme NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que estabelece iluminância mantida ( $E_m$ ) de 300lux.

Figura 5 - Pontos de medição da iluminação natural e locação das luminárias



Fonte: Os autores

## 2.2 Diagnóstico da iluminação artificial

A sala de aula conta com sistema de iluminação artificial com quatro luminárias contendo duas lâmpadas fluorescentes de 40 watts cada. Cada luminária produz uma intensidade luminosa total de 4700 lúmens.

Para verificar as condições de iluminação artificial utilizou-se o software Lumisoft (versão 2010) da Lumicenter (LUMICENTER, 2010), que utiliza o método dos Lúmens para realizar o cálculo luminotécnico. Os parâmetros de entrada foram:

- Largura do ambiente: 6,00 m
  - Comprimento do ambiente: 8,00 m
  - Altura do ambiente: 2,94 m
  - Altura de instalação das luminárias: 2,94 m
  - Plano de trabalho considerado: 0,75 m
  - Índice de reflexão:
- Teto (cor branca): 70,0%;

Parede (cor média): 30,0%;

Chão (cor escura): 10,0%

- Fator de perda: 0,85
- Fluxo utilizado no cálculo: 4.700 lúmens/luminária.
- Luminárias: quatro luminárias de sobrepor, modelo Itaim, para duas lâmpadas fluorescentes de 40W com reator eletromagnético 2x40 de 4W (Figura 6).

Figura 6 - Luminária fluorescente com 02 lâmpada de 40W



Fonte: Lumicenter (2010)

### 2.3 Elaboração de proposta de sistema de iluminação

Após constatação prévia do número insuficiente de luminárias no local, foram elaboradas duas propostas de iluminação, sem e com a consideração da contribuição da luz natural, a saber:

- a) Sistema de iluminação artificial convencional: seis luminárias, dispostas em duas fileiras e três linhas;
- b) Sistema de iluminação artificial complementar à iluminação natural: esta proposta foi elaborada tomando-se por base os resultados das medições da distribuição da luz natural na sala, e complementa a iluminância natural onde os níveis não atingem o nível recomendado pela norma NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013).

### 2.4 Avaliação da eficiência energética da proposta

Para verificação da eficiência energética da proposta de iluminação foi elaborada análise comparativa do consumo diário de energia (kWh) do sistema atual e do sistema proposto.

O consumo de uma lâmpada é o produto de sua potência (W) pelo tempo de funcionamento (h) e o consumo diário considerou o tempo de funcionamento de 8h, em que as lâmpadas ficam ligadas no período diurno, uma vez que somente a iluminação natural não é suficiente para proporcionar os níveis recomendados para a sala de aula em estudo.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Diagnóstico da iluminação natural da sala de aula

##### 3.1.1. Resultados da avaliação quantitativa

A iluminância média obtida por meio das medições foi de 531, 154 e 190lux, respectivamente nos pontos de medição P1, P2 e P3. O centro da sala apresentou menor iluminância que o ponto a 60cm da janela alta, provavelmente devido à contribuição de parcelas de luz refletida nas paredes e tetos.

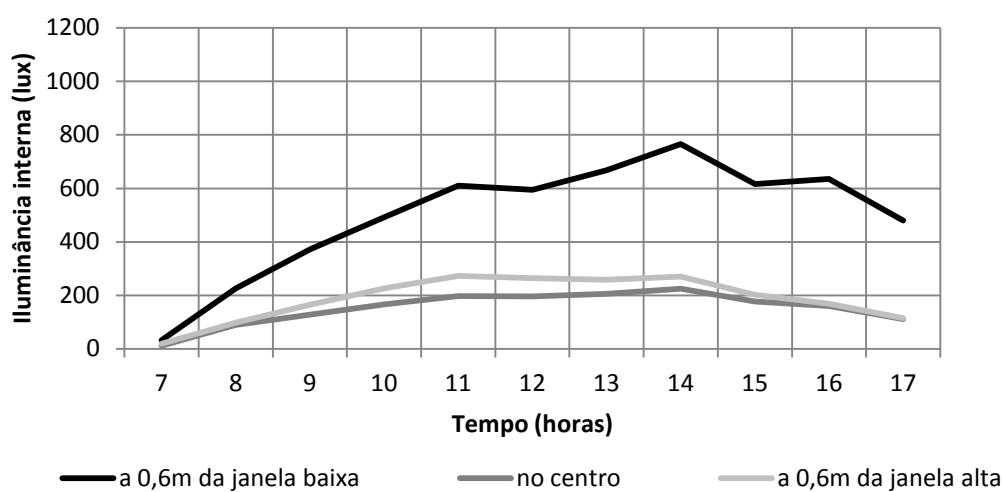
Comparados os níveis medidos com a recomendação normativa de 300lux, verifica-se que, somente no ponto P1, a 60cm da janela baixa, o mesmo é atingido. Portanto, se faz necessária a complementação de luz artificial nos demais pontos (Tabela 1, Figura 7).

Tabela 1 – Iluminância média nos pontos de medição

Ponto	Iluminância (lux)	Recomendação NBR 8993 (lux)	Necessita de complemento de luz artificial?
P1 – a 0,6m da janela baixa	531	300	não
P2 – no centro da sala	154	300	sim
P3 – a 0,6 m da janela alta	190	300	sim

Fonte: Os autores

Figura 7 – Médias horárias da iluminância nos pontos de medição da sala



Fonte: Os autores

##### 3.1.2. Resultados da avaliação qualitativa

Verificou-se que, o uso da sala se dá com a iluminação artificial, mesmo no período diurno, independentemente das condições de céu, e que devido à distância entre as janelas baixas e distribuição das luminárias, tem-se uma região central com pouca luz, que necessita de complemento (Figura 8a). A disposição das carteiras é de livre escolha por parte dos alunos, que se

agrupam em diversas regiões. Não se verifica contraste excessivo ao longo da largura da sala (Figura 8b).

Figura 8 – (a) Região mal iluminada entre janelas baixas e (b) iluminação no centro da sala e próximo às janelas altas



Fonte: Os autores

### 3.2 Diagnóstico da iluminação artificial

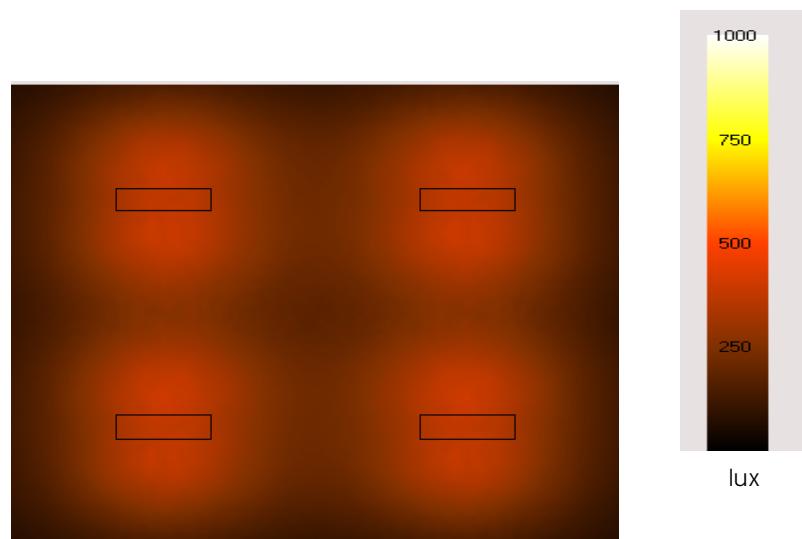
O software Lumisoft gera a distribuição das iluminâncias no ambiente, cujo valor médio foi de 242,78 lux (Figura 9). Nas regiões central, lateral, da frente e do fundo da sala, a iluminância é de cerca de 200lux, sendo alcançados cerca de 350 lux sob as luminárias (Figura 10), com distribuição não uniforme.

Figura 9 – Malha de iluminância do sistema de iluminação artificial existente

	Malha de iluminância		Largura									
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m	
C o m pri m en to	0,0m	74	108	123	127	120	110	123	127	124	106	75
	0,8m	110	185	224	235	213	181	210	231	228	187	110
	1,6m	151	285	352	358	320	258	321	362	347	282	145
	2,4m	150	289	365	374	332	267	329	376	364	292	156
	3,2m	126	217	262	272	248	211	251	272	265	215	124
	4,0m	110	177	211	217	204	179	206	218	210	176	109
	4,8m	125	215	260	275	249	211	247	268	265	216	126
	5,6m	157	292	363	369	330	268	330	374	357	290	150
	6,4m	145	280	355	362	322	258	318	365	352	285	151
	7,2m	110	189	225	234	211	181	215	233	229	185	110
	8,0m	74	107	125	128	122	108	121	129	124	107	72

Fonte: Os autores a partir de simulação no programa Lumisoft.

Figura 10 – Iluminância do sistema de iluminação artificial existente



Fonte: Os autores a partir de simulação no programa Lumisoft.

A simulação computacional da iluminação artificial existente a partir dos parâmetros de entrada no software Lumisoft, demonstrou que as quatro luminárias não proporcionam o nível recomendado de 300lux pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) nos pontos de medição (Tabela 2).

Tabela 2 – Iluminância dos pontos de medição conforme sistema existente

Ponto	Iluminância (lux)	Recomendação NBR 8993 (lux)	Necessita de adequação de luz artificial?
P1 – a 0,6m da janela baixa	185	300	sim
P2 – no centro da sala	181	300	sim
P3 – a 0,6 m da janela alta	187	300	sim

Fonte: Os autores

### 3.3 Elaboração da proposta de iluminação artificial

#### 3.3.1. Sistema de iluminação artificial convencional

Foi elaborada proposta convencional de iluminação artificial, solicitando-se que o software Lumisoft (LUMICENTER, 2010) calculasse a quantidade de luminárias para obtenção da iluminância de 300 lux, mantendo-se o mesmo modelo de luminária.

O cálculo luminotécnico resultou em seis luminárias, com iluminância média de 330,52 lux (Figuras 11 e 12).

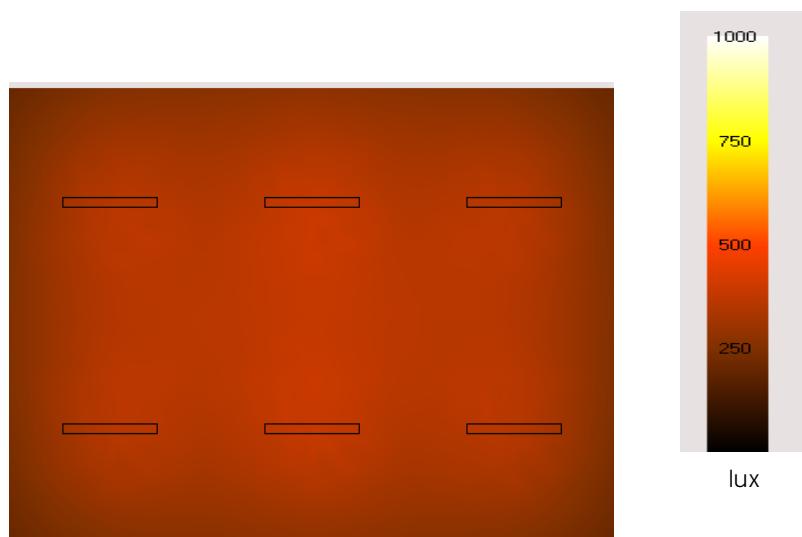
Figura 11 – Malha de iluminância do sistema de iluminação artificial convencional proposto

Malha de iluminância	Largura										
	0,0m	0,6m	1,2m	1,8m	2,4m	3,0m	3,6m	4,2m	4,8m	5,4m	6,0m
0,0m	204	223	237	249	252	254	252	247	240	224	203
0,8m	240	278	308	323	320	319	322	323	309	277	239
1,6m	261	310	352	364	361	357	362	369	347	308	280
2,4m	266	305	336	352	359	362	359	354	335	305	284
3,2m	271	314	350	372	370	370	371	368	353	315	271
4,0m	278	333	382	391	390	384	392	400	372	330	278
4,8m	271	314	354	365	372	371	370	372	347	316	270
5,6m	264	304	337	353	358	360	359	355	336	305	285
6,4m	260	307	347	366	360	355	360	364	348	307	280
7,2m	240	279	308	324	321	320	323	322	309	277	239
8,0m	203	224	239	248	253	253	252	248	239	224	203

Fonte: Os autores a partir de simulação no programa Lumisoft.

A iluminação resultante das seis luminárias é mais uniforme que a existente, a qual possui apenas quatro luminárias. Nos pontos de medição, a iluminância se mantém pouco acima de 300lux, nível recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013) (Tabela 3).

Figura 12 – Iluminância em planta do sistema de iluminação artificial convencional proposto



Fonte: Os autores a partir de simulação no programa Lumisoft.

Tabela 3 – Iluminância dos pontos de medição conforme sistema de iluminação artificial convencional proposto

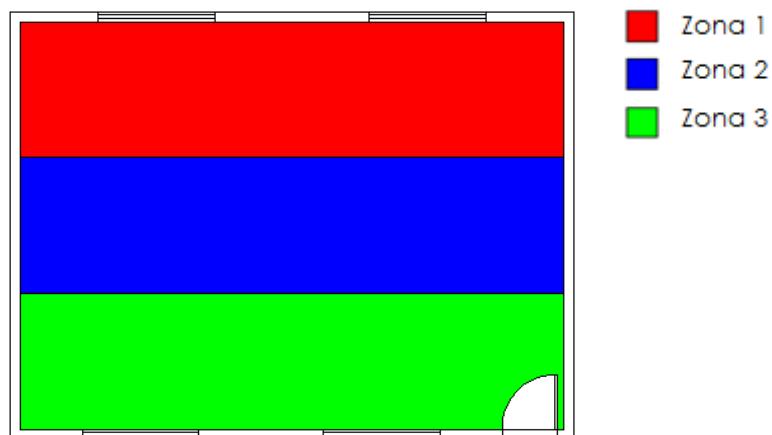
Ponto	Iluminância (lux)	Recomendação NBR 8993 (lux)	Necessita de adequação de luz artificial?
P1 – a 0,6m da janela baixa	310	300	não
P2 – no centro da sala	357	300	não
P3 – a 0,6 m da janela alta	308	300	não

Fonte: Os autores

### 3.3.2. Sistema de iluminação artificial complementar à iluminação natural

Com base nos resultados das medições dos pontos P2 e P3 que necessitam de complemento de iluminação artificial, a sala foi dividida em três zonas, conforme a Figura 13, sendo a Zona 1, mais próxima à janela baixa, a Zona 2, na região central da sala e a Zona 3, próxima à janela alta.

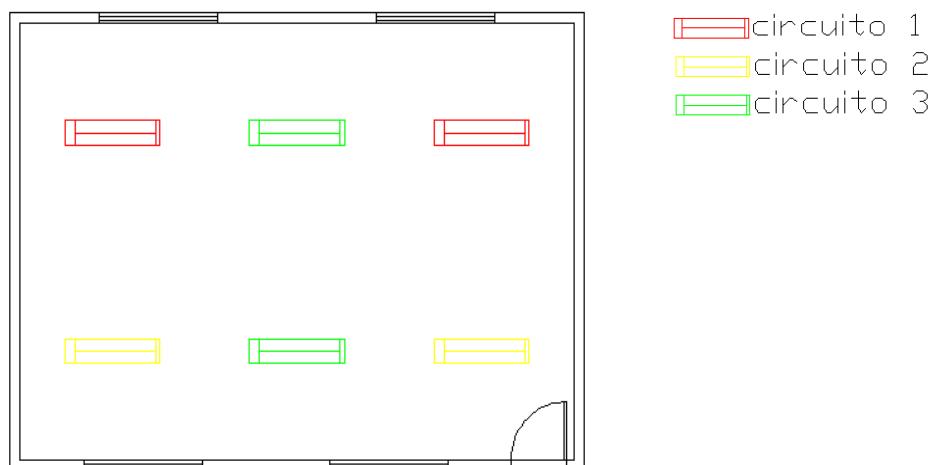
Figura 13 – Zonas da sala



Fonte: Os autores

Considerando a existência de uma zona menos iluminada entre as janelas baixas da sala, propôs-se um sistema de iluminação artificial complementar à iluminação natural. Para tanto, as luminárias foram divididas em três circuitos, com interruptores independentes, conforme a Figura 14.

Figura 14 – Divisão dos circuitos do sistema de iluminação artificial complementar à iluminação natural



Fonte: Os autores

O aproveitamento da iluminação natural se dá na proposição de acionamento dos circuitos de acordo com a necessidade de iluminamento. Calculou-se a contribuição da iluminação artificial do circuito 2 nas Zonas 2 e 3 e os resultados da simulação constam da Figura 15.

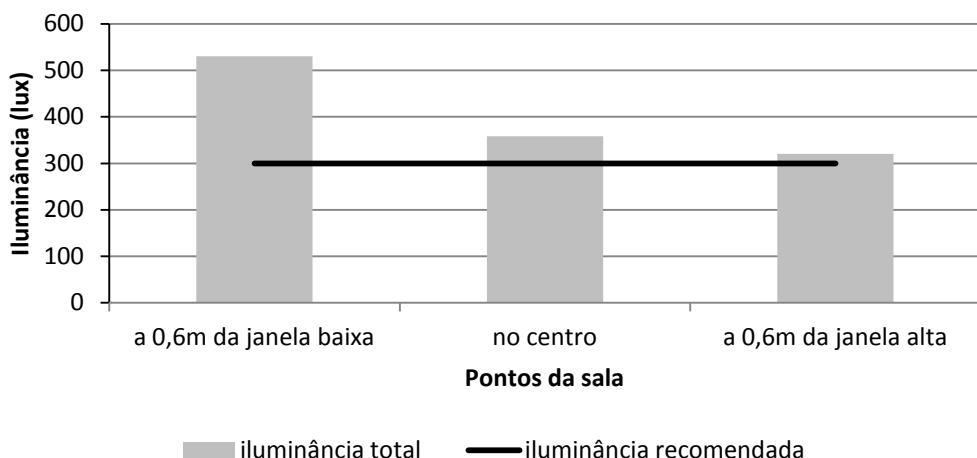
Figura 15 – Malha de iluminância devido ao acionamento do circuito 2

Malha de iluminância		Largura										
		0,0m	0,4m	0,8m	1,2m	1,6m	2,0m	2,4m	2,8m	3,2m	3,6m	4,0m
0,0m		47	59	80	100	111	112	110	100	81	58	47
0,8m		59	87	140	189	211	209	215	190	139	83	58
1,6m		71	114	204	294	340	331	334	296	203	121	73
2,4m		78	124	212	305	352	349	350	305	211	119	74
3,2m		66	97	163	220	246	247	248	220	162	101	68
4,0m		66	88	133	172	195	196	193	170	131	88	66
4,8m		67	101	162	220	245	245	251	219	162	97	66
5,6m		73	120	210	303	350	342	345	306	209	125	76
6,4m		73	120	205	296	342	338	341	296	204	114	72
7,2m		58	83	140	191	211	211	214	189	139	87	81
8,0m		47	58	81	100	112	112	112	99	78	58	47

Fonte: Os autores a partir de simulação no programa Lumisoft.

Com acionamento do circuito 2, a iluminância artificial média resultante nas zonas 2 e 3 é de 204 e 121lux, que complementa a iluminação natural existente nos Pontos 1 e 2, de 154 e 190lux, obtendo-se 358 e 311lux, respectivamente (Figura 16). No Ponto 1, o sistema não deve ser acionado, mantendo os níveis de iluminação em 530lux. Desta forma, os níveis de iluminamento atingem o valor normatizado de 300lux, garantindo um conforto visual e com uma maior eficiência da iluminacão artificial.

Figura 16 – Iluminância natural e artificial, resultante do acionamento do circuito 2



Fonte: Os autores

Para verificação da redução do consumo de energia devido à implantação do sistema de iluminação que considera o aproveitamento e distribuição da luz natural, foi elaborada uma comparação entre o consumo de energia elétrica demandado pelos sistemas atual e proposto, evidenciando a economia energética que seria proporcionada, caso este último fosse implantado.

Segundo Gugel e Westphal (2006), a potência total de uma luminária com duas lâmpadas fluorescentes tubulares com um reator é de 95W, resultando em um consumo de 0,095 kWh por luminária. Com o sistema de iluminação artificial atual composto por quatro lâmpadas que ficam ligadas por 8 horas diárias (4 horas no turno da manhã e 4 horas no turno da tarde), cinco dias por semana, estima-se um consumo mensal de 60,80kWh.

Com a utilização da configuração proposta somente é necessário o acionamento durante o dia do circuito 2, que é composto por duas lâmpadas que ficarão ligadas pelo mesmo tempo do sistema anterior, estimando-se um consumo mensal de 30,40kWh.

Logo, com a instalação do sistema de iluminação proposto, para as condições atuais de uso da sala de aula, o consumo com iluminação sofreria uma redução de 50% durante o dia.

#### 4 CONCLUSÕES

Os resultados das medições na sala de aula pesquisada demonstraram que os níveis de iluminação natural não são suficientes para que seu funcionamento se dê sem a necessidade de acionamento da iluminação artificial.

Muito embora a disponibilidade de luz natural na latitude 15°S, onde a sala de aula se localiza, seja abundante, a presença de beirais, a forma da sala e a disposição das janelas proporcionam uma região próxima às janelas baixas suficientemente iluminada (531lux), ficando a parte central e oposta às janelas baixas, com iluminação deficiente (154 e 190lux, respectivamente).

Um sistema de iluminação artificial que considere a contribuição da iluminação natural existente foi elaborado a partir dos níveis medidos e da observação da distribuição da luz natural na sala. Este sistema contemplou a redistribuição dos circuitos em seis luminárias, de acionamento independente, sendo que, durante o dia, apenas duas precisam ser ligadas.

Com a implantação desse sistema, é possível obter economia de energia com iluminação mensal de 50% em relação ao sistema atual, nas condições atuais de uso e ocupação.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.; RUIZ, E. O.; GRAÇA, V. A. C. Iluminação natural e saúde em salas de aula: a melhoria do desempenho ambiental através do controle da radiação solar. **Sinergia**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 42-53, jan./abr. 2012

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15215-4**: Iluminação natural - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

DIAS, A. F. A. **Análise do uso da luz natural em salas de aula: estudo de caso em Aracaju-SE**. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2011.

FRANDOLOSO, M. A. L. **Critérios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas**. Dissertação (mestardo). 233p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2001.

Gugel, E. C.; Westphal, F. S. **Estudo comparativo entre sistemas de iluminação**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2006. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br>. Acesso em: jun. 2016.

JARAMILLO ,C. B.; PEREIRA, F. R. Alterações na distribuição da luz natural causados pelos agrupamentos de alunos em salas de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ENTAC, 2014. p. 243-252.

KOWALTOWSKI, D. K. **Arquitetura escolar**. O projeto do ambiente de ensino. São Paulo: Oficina de Textos, 1<sup>a</sup> ed., 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, FERNANDO, O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LUMICENTER Engenharia de Iluminação. Lumisoft: Software de Cálculo Luminotécnico. Disponível em:

<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/tecnologia/lumisoft.html>. Acesso em: dez 2010.

MAIRINC, I.; OCHOA, J. M. Metodología de análisis de iluminación natural para edificios educativos em clima cálido seco. In: ENCAC – ENCONTRO NACIONAL, 6., e ENCONTRO LATINOAMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 2003, São Pedro. **Anais...** Curitiba, 2003. CD-ROM.

MONTEOLIVA, J. M.; PATTINI, A. Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en clima soleados. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 235-248, jul./set. 2013.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação Eficiente**. Rio de Janeiro. 2002.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação**. Rio de Janeiro. 2011.

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Design and Analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L.; SATTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: Comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.

OLIVEIRA, M.; MACIEL, L.; CARLO, J. Percepção ambiental e avaliação de desempenho de dispositivos de proteção solar. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ENTAC, 2014. p. 303-312.

VENTORIM, F. C.; BRAGATTO, L. R.; RODRIGUES, M. L. de B.; DIAS, I. P.; MARQUES, A. C. R.; DINIZ, A. C.; ACHIAMÉ, G. G.; SAUER, A. S.; REMBISKI, F. D. Análise do desempenho da iluminação natural de Salas de aula de desenho em Vitória (ES). In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ENTAC, 2014. p. 897-906.