

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO LUMÍNICO, CONSIDERANDO-SE AS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL DE UMA SALA DE AULA DE ESCOLA PÚBLICA DE GOIÂNIA

Sandra Kurotusch de Melo (1); Miguel Aloysio Sattler (2); Daniel de Lima Araújo (3)

(1) Eng^a Civil, mestranda pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Goiás,
kurotusch@gmail.com

(2) Engenheiro, PhD, Professor no Núcleo Orientado para Inovação da Edificação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, masattler@gmail.com

(3) Engenheiro, Dr., Professor do Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil – Universidade Federal de Goiás, dlaraujo@eec.ufg.br

RESUMO

O planejamento do sistema de iluminação, envolvendo uso de luz natural e artificial, deve estar integrado ao edifício como um todo, promovendo maior eficiência energética e favorecendo um melhor desempenho desse sub-sistema. O presente trabalho tem por objetivo apresentar os resultados da avaliação do desempenho lumínico de uma sala de aula uma escola pública de Goiânia num dia de céu aberto do mês de setembro de 2008, obtidos por meio de medição *in loco*. Foram realizadas medições das iluminâncias do sistema de iluminação natural e geral em 25 pontos no plano horizontal a uma altura de 72 cm do piso acabado, sem interferência da reflexão da mesa de trabalho e 8 pontos no quadro negro, em intervalos de 1 hora durante o período de 8 às 19 horas. Os valores de iluminância média encontrados para iluminação natural, artificial e geral foram inferiores aos recomendados pela NBR5413/1992 e o nível de desempenho do sistema foi considerado insatisfatório.

Palavras-chave: Desempenho lumínico, iluminação, iluminação natural, ambiente construído.

ABSTRACT

The planning of the lighting system, involving use of natural and artificial light must be integrated to the building as a whole, promoting greater energy efficiency and promoting a better performance of this sub-system. This paper aims to present the results of the benchmarking light of a classroom of a public school on a Goiânia open the month of September 2008, obtained by measuring on the spot. Were measured illuminance of the lighting system in general natural and 25 points in the horizontal plane at a height of 72 cm over the floor, without interference from reflection of the work-table and 8 points on the blackboard, at intervals of 1 hour during the 8 to 19 horas. The average illuminance values found for natural light, artificial and generally were below those recommended by NBR5413/1992 and the level of system performance was considered unsatisfactory.

Keywords: Performance light, lighting, natural lighting, the built environment.

1. INTRODUÇÃO

Um projeto de iluminação, combinando o aproveitamento da luz visível natural e artificial, integrado aos projetos de arquitetura e demais subsistemas, contribui com a melhoria da eficiência energética da edificação, além de conferir-lhe valores estéticos e proporcionar ao usuário o contato com a natureza. Broos (1995), *apud* Rosso (1995) ressalta que a integração dos ambientes aos efeitos da luz percorrendo a construção devido ao movimento aparente do sol ao longo do ano é fundamental para o planejamento da iluminação natural e conforto térmico.

Por essa razão, o planejamento de uma edificação constitui uma atividade complexa e multidisciplinar. Todavia, observa-se no estado de Goiás uma tendência à padronização de projetos e sistemas construtivos para a implantação dos edifícios de escolas públicas. O resultado é uma relação pouco proveitosa com o entorno e um aproveitamento energético ineficiente.

A avaliação da eficácia de um sistema lumínico envolve o estudo do edifício como um todo e de seus ambientes. Do ponto de vista da eficiência energética, Amorim (2007) sugere parâmetros para identificar as relações do edifício com o entorno em três níveis denominados espaço urbano, edifício e ambiente interno, que constituem o Diagrama Morfológico. A avaliação do desempenho lumínico permite descrever a eficiência do sistema de iluminação natural, artificial e geral com base nos níveis de iluminâncias mínimas prescritas pela NBR 5413 (ABNT, 1992), estabelecidos em função do grupo de tarefas e características do observador. Combinados, esses critérios possibilitam um diagnóstico mais objetivo, facilitando a identificação de intervenções que podem ser realizadas a curto e longo prazo no edifício.

2. OBJETIVO

O presente artigo tem por objetivo apresentar os resultados da avaliação do desempenho lumínico de uma sala de aula de uma escola pública, realizada por meio de medição das iluminâncias *in loco* e pela análise morfológica do edifício.

3. MÉTODO

A avaliação do desempenho lumínico da sala foi realizada em duas etapas:

1. Análise qualitativa do edifício pelo Diagrama Morfológico;
2. Verificação experimental das condições de iluminação interna

3.1. Diagrama Morfológico

O Diagrama morfológico proposto por Amorim (2007), é um instrumento para análise de projeto já executados ou em elaboração. Esse Diagrama apresenta-se dividido em três níveis: Espaço urbano, Edifício e Ambiente Interno.

3.1.1. Nível I: Espaço urbano

Na avaliação do espaço urbano são considerados os parâmetros: desenho urbano, refletância das fachadas, especularidade das fachadas e ângulo máximo do sol na fachada do edifício. O desenho urbano, que visa conhecer a quantidade de luz natural que chega ao edifício, a porção do céu visível e a visão para o exterior e a ventilação do edifício. Desse modo observa-se o tamanho dos quarteirões e a orientação das fachadas. A refletância está relacionada com a quantidade de luz refletida para o entorno (cor da fachada) e a especularidade se relaciona com a luz refletida de maneira especular, isto é causando ofuscamento.

3.1.2. Nível II: Edifício

Nesse nível são considerados os parâmetros de forma volumétrica e planta baixa, taxa de abertura nas fachadas, proteções solares nas fachadas e mecanismos de ventilação.

3.1.3. Nível III: Ambiente interno

Na análise do ambiente interno são observadas a posição e dimensão do coletor de luz, controle de entrada de luz e controle de ventilação natural e controle integração da iluminação artificial.

3.2. Verificação experimental das condições de iluminação interna

O levantamento lumínico foi realizado no domingo, dia 28 de setembro de 2008, data próxima ao Equinócio de primavera. O sol nasceu às 6:01H e se pôs às 18:14H. O céu permaneceu claro durante todo o dia sem ocorrência de chuva. Escolheu-se a sala 2, situada no pavimento térreo do bloco posterior “B”, cuja entrada está voltada para fachada nordeste (Fig.5) por se configurar como a de pior condição de aproveitamento de iluminação natural.

Foram adotados os procedimentos descritos na NBR 15215-4 (ABNT, 2005) e no anexo B da NBR15575-1 (ABNT, 2008) para a verificação das condições de iluminação natural e geral em ambiente real. O método consiste em dividir a área do piso em áreas iguais, com formato próximo ou igual a um quadrado e a iluminância é medida no centro de cada área. O conjunto de pontos constitui uma malha.

3.2.1. Malha de pontos

Adotou-se a mesma malha para a medição da iluminâncias referentes a iluminação natural, artificial e geral da sala. O número de pontos da malha depende das dimensões do ambiente em planta baixa e da distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela. As figuras 1A e 1B mostram as dimensões em planta da sala 2 e a malha de pontos determinada.

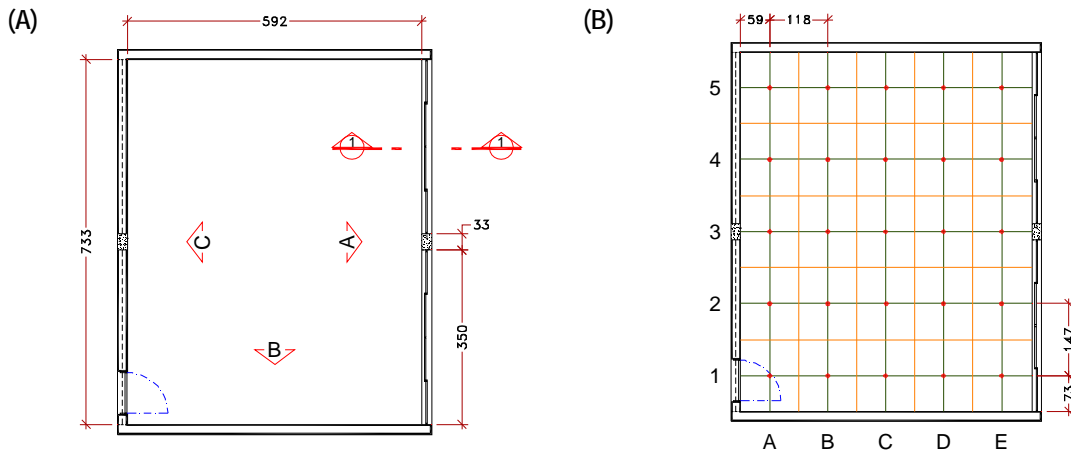


Figura 1 – Sala 2: (A) Planta Baixa; (B) Malha de pontos

Mediram-se, também, as iluminâncias sobre a superfície do quadro-negro, utilizando-se a malha mostrada na figura 2.

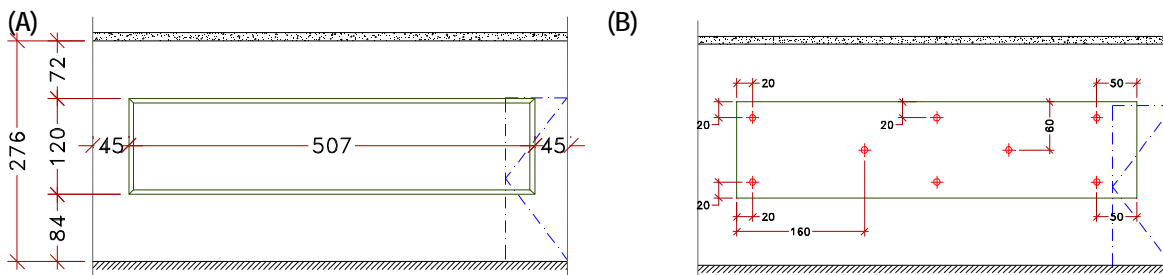


Figura 2 – Quadro negro: (A) Vista frontal; (B) Malha de pontos

3.2.2. Medição

Em virtude do baixo nível de aproveitamento da iluminação natural, constatado por inspeção visual numa visita anterior, buscou-se avaliar também a contribuição da iluminação artificial durante o período diurno. Por isso foram realizadas duas seqüências de medições: uma com as lâmpadas apagadas e outra com elas acesas. Ressalta-se ainda que durante as medições diurnas o ambiente permaneceu sem uso e a porta ficou aberta. Durante a medição de iluminação artificial feita á noite a sala não recebeu contribuição de luz artificial vinda de outro ambiente

O instrumento para medição de iluminância utilizado foi um luxímetro, cujo elemento fotossensível é um fotodiodo de silício com filtro de correção óptica, calibrado em lâmpada incandescente padrão à temperatura de cor de 2586k, precisão de +5% mais 10 dígitos, visor digital, receptibilidade de +-2%, temperatura característica +-1%/°C.



Figura 3 – Medição da iluminância com tripé

As medições da iluminação natural e geral (natural e artificial) foram feitas a uma altura de 72 cm (correspondente a altura do plano da mesa de trabalho dos alunos) a partir do piso acabado, com auxílio de um tripé de altura regulável e de cor preta (Fig. 3), procurando-se evitar a contribuição da luz refletida pela superfície da mesa de trabalho.

Essa operação se repetiu para os 25 pontos no plano horizontal e oito no quadro-negro a cada hora do período de 8 às 19h.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Situado no maior setor comercial de Goiânia, o Instituto de Educação de Campinas Presidente Castelo Branco foi inaugurado em 28 de março de 1969 e desde então o prédio não sofreu qualquer intervenção significativa de manutenção ou reforma. Em pleno funcionamento, oferece ensino fundamental (6º ao 9º ano) no período vespertino, ensino médio no período matutino e Educação de Jovens e Adultos (EJA) no período noturno. Como não oferece educação profissional as atividades visuais típicas são leitura e escrita. A faixa etária em anos varia no período matutino de 14 a 17, no vespertino de 10 a 17 e no noturno de 18 a 70. Segundo a NBR 5413: 1991, os níveis de iluminância mínimo exigido para sala de aula de modo a atender todas essas faixas etárias é de 300 e para o quadro-negro de 500 lux

4.1. Análise morfológica

4.1.1. Nível I: Espaço urbano

Em seu aspecto volumétrico, o edifício é uma construção horizontal, composto por dois blocos dispostos bilateralmente, com 17 salas de aulas distribuídas nos andares térreo e superior. Ao fundo, vizinho à fachada sudoeste há um prédio pouco mais alto que os referidos blocos.

As fachadas principais são voltadas para o nordeste (Fig. 4B), cujo zênite é de aproximadamente 19°. A fachada nordeste do bloco posterior “B”, onde está localizado o objeto de estudo (Fig. 5A), recebe incidência de raios solares apenas no pavimento superior, em virtude da pequena distância entre os dois blocos (Fig. 6A). Pintadas nas cores azul e branca foscas, nenhuma das fachadas reflete luz de modo especular (Fig.5B).

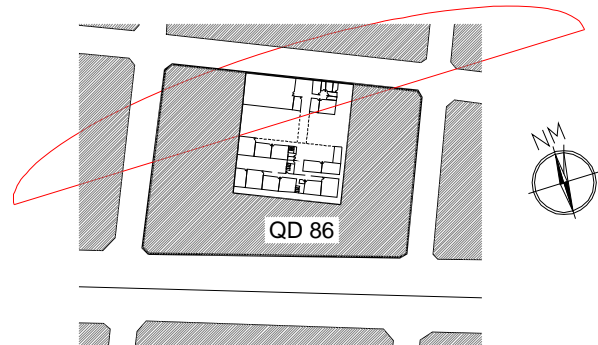


Figura 4 – Localização da escola: (A) Características do entorno; (B) Planta de situação e trajetória solar.

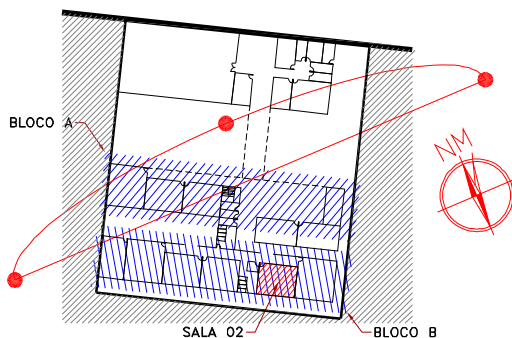


Figura 5 – (A) Localização da sala 2 e trajetória solar; (B) Pátio interno: Iluminação natural às 8h.

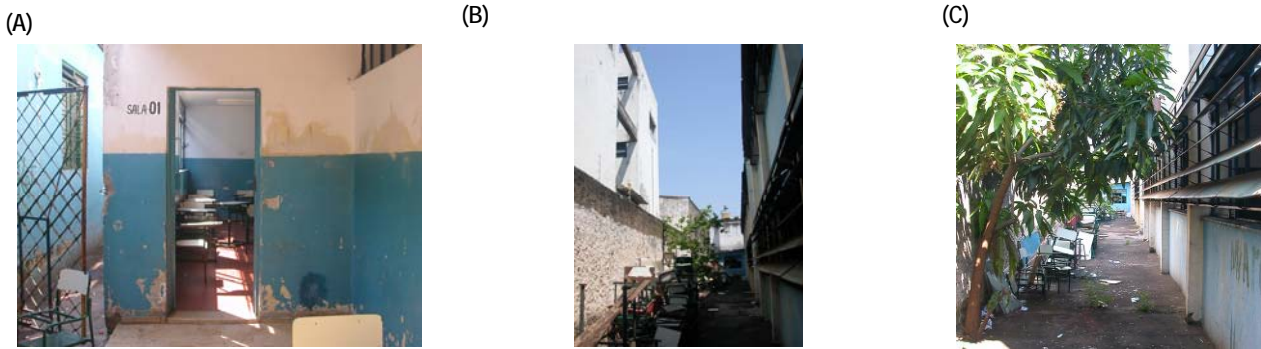


Figura 6 – (A) Corredor separando os blocos A e B; (B) Vizinhança com fachada sudoeste; (C) Brises nas aberturas sudoeste.

4.1.2. Nível II: Edifício

Um pátio interno separa os blocos de sala de aula e o da administração, pavimentado com cimento rústico. Ao lado da passarela há quadra polivalente descoberta (Fig.5B). Devido à pequena distância que a separa do bloco A, a luz solar refletida pelo piso causa desconforto visual ao usuário que transita no corredor em frente às salas do pavimento térreo, causando ofuscamento em quase todos os horários.

As aberturas nas fachadas voltadas para o nordeste são protegidas por beirais e brises metálicos, fixados horizontalmente e pintados na cor azul. Por sua vez, as aberturas da fachada sudoeste são protegidas apenas pelos brises (Fig. 6C).

4.1.3. Nível III: Ambiente interno

A coleta de luz solar na sala 2 se dá pelas aberturas laterais (janelas horizontais e portas) presentes nas paredes nordeste e sudoeste (Fig. 7). Embora a taxa de abertura corresponda a aproximadamente 50% da área da parede sudoeste (Fig. 7B), os brises horizontais metálicos fixos a 45°, impedem a entrada de luz em mais de 50% da área efetiva dessas aberturas (Fig. 7C). As janelas da parede nordeste recebem pouca incidência de luz direta o que ocorre com sol próximo ao zênite, devido a proteção solar oferecida pelo beiral e a biblioteca.

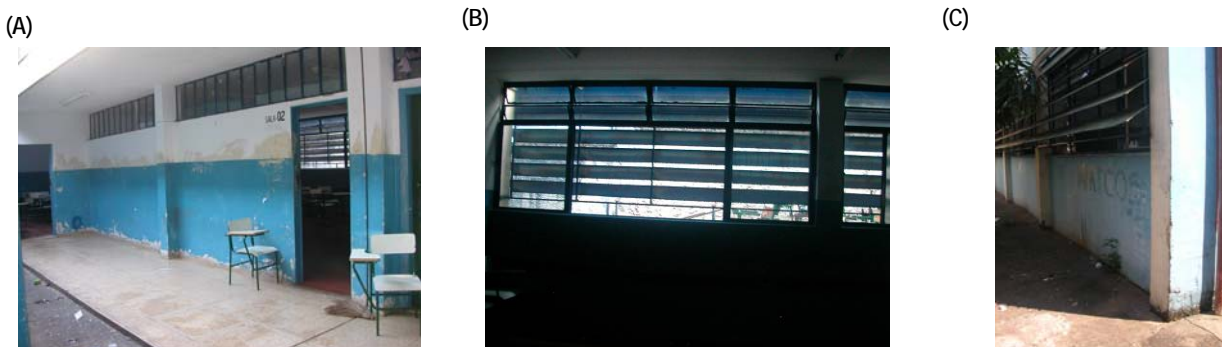


Figura 7 – Características das fachadas e aberturas da sala 2: (A) Nordeste; (B) Sudoeste; (C) Disposição dos brises nas janelas sudoeste

O sistema de iluminação artificial compõe-se por 10 lâmpadas fluorescentes tubulares de 40 W instaladas em cinco luminárias tipo calha chanfrada (Fig. 8) com comando manual do tipo on/off, conforme se pode ver na figura 10. A potência total instalada é de 400 W para iluminar os 43,39 m² de área de piso.



Figura 8 – Sistema de iluminação artificial: (A) Potência instalada; (B) Interferência na iluminação geral; (C) condições de manutenção.

4.2. Desempenho Lumínico

Goiânia localiza-se geograficamente na latitude 16,7° sul e longitude 49,25° oeste, próximo ao Trópico de Capricórnio, numa região de transição entre os climas tropical e subtropical. A estação de inverno, predominantemente seca, é caracterizada por céu claro e por período de insolação maior que o de verão em virtude da ocorrência de chuvas nesta última (Tab.1). Por isso constata-se na maioria dos projetos para escolas públicas, uma preocupação em não se projetar aberturas nas fachadas norte e nordeste ou de protegê-las com sistemas fixos como beirais e brises, como é o caso do objeto em estudo. Como se pode notar na tabela 1, o mês de setembro apresenta uma das mais altas insolação e radiação solar.

Tabela 1: Dados climáticos característicos de Goiânia

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nebulosidade (%)	80	77	74	60	49	43	38	34	50	67	78	80
Insolação (h/mês)	177	162	188	233	267	275	288	299	211	207	178	161
Radiação solar (w/m ² .dia)	3285	3148	2451	3120	3077	2708	3501	3473	3798	2871	3077	3361

Fonte: adaptado de Fernandes, 2006.

Na data de realização das medições experimentais, era um dia de céu claro, sem ocorrência de chuva, com intensa insolação (Tab. 2).

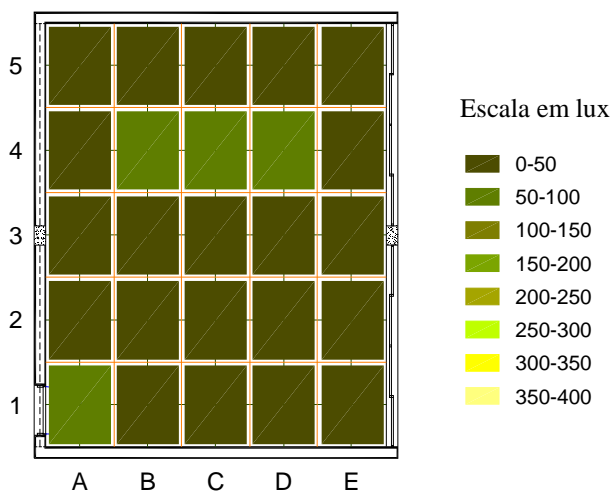
Tabela 2: Características climáticas no dia 28 de setembro de 2008

Horário		Temperaturas médias - °C		
Nascer do sol	Pôr-do-sol	Máximas	Mínimas	Média
06:01	18:14	31	19	25

Fonte: adaptado de INMET(2008).

4.2.1. Níveis de iluminância natural e geral às 8 horas

(A)



(B)



(C)



(D)



As figuras 9A e 9B mostram o mapeamento dos níveis de iluminação natural a e tabela 3 os valores das iluminâncias medidos às 8 horas da manhã.

Tabela 3. Valores de iluminâncias medidos

Valores de Iluminância natural às 8h					
5	38	48	40	36	35
4	46	61	62	62	47
3	31	34	30	28	24
2	45	39	32	29	25
1	98	37	28	25	23
	A	B	C	D	E
Iluminância média natural (lux)					
40,1					

Figura 9 –Níveis de iluminação natural em lux às 8h: (A) Mapeamento; (B) e (C) condições reais; Contraste entre iluminação interna e externa

A baixa inclinação vertical do sol e a sua posição horizontal mais a leste nesse horário favoreceu a projeção da sombra do bloco A e do beiral sobre o B (Fig. 9D), dificultando a entrada de luz pelos coletores

(janelas e porta) presentes na parede nordeste da sala 2. É quase insignificante a entrada de luz natural, pelas janelas sudoeste (Fig. 9C) devido à presença dos brises (Fig. 9C).

O ponto A1, localizado em frente à porta foi o que apresentou o maior nível de iluminamento (Tab. 3). As iluminâncias dos pontos B4, C4 e D4, se devem às janelas da fachada nordeste.

A contribuição do sistema de iluminação artificial foi insuficiente para elevar os níveis de iluminamento ao mínimo de 300 lux, exigido por norma (Fig. 10 e tabela 4).

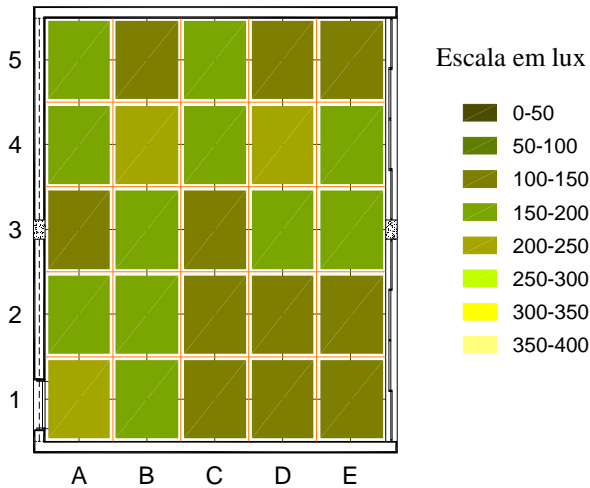


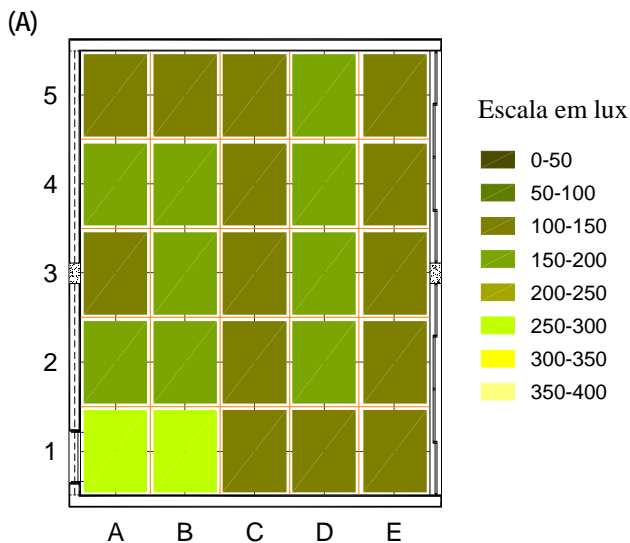
Figura 10 - Mapeamento dos níveis de iluminação geral em lux às 8h

Observa-se que uma maior quantidade de luminárias ofereceria melhores condições de luz para o usuário que se posiciona próximo às janelas sudoeste.

Tabela 4. Valores de iluminâncias medidos.

Valores de Iluminância geral às 8h					
5	145	163	151	149	141
4	183	216	199	210	194
3	148	162	143	155	150
2	185	182	137	160	168
1	226	155	116	136	148
	A	B	C	D	E
Iluminância média natural (lux)					164,9

4.2.2. Níveis de iluminância natural e geral às 11 horas



Nesse horário foram lidos os maiores níveis de iluminamento (Fig 11A), porém nenhum ponto atingiu 300 lux. O sol, quase a pino, possibilita entrada de luz entre os blocos. A porta ainda se mostra como o maior coletor de luz, justificando os mais altos níveis de iluminâncias nos pontos A1 e B1.

Observa-se, também, que as janelas a sudoeste (Fig. 11B) contribuem mais significativamente com a entrada de luz solar, o que pode ser constatado pela maior iluminância nos pontos da coluna D.

(B)



Tabela 5. Valores de iluminâncias medidos.

Valores de Iluminância natural às 11h					
5	138	147	137	159	135
4	152	166	149	170	144
3	145	164	143	165	133
2	151	165	135	156	137
1	285	161	121	126	108
	A	B	C	D	E
Iluminância média natural (lux)					151,7

Figura 11 – Aspectos da iluminação às 11 horas: (A) Mapeamento dos níveis de iluminação natural em lux ; (B) Quadro-negro; (C) Fundo da sala

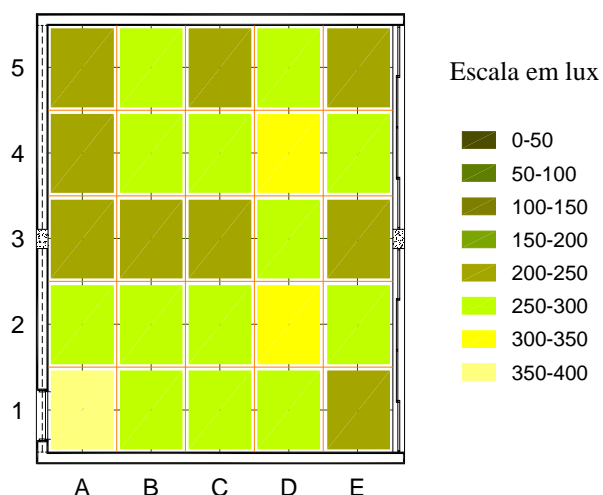


Figura 12 – Mapeamento dos níveis de iluminação geral às 11h

Quando os sistemas natural e artificial são integrados, o ponto A1 apresentou uma iluminância maior que 300 lux e a do ponto B1 mostrou-se próximo desse valor. Ainda assim a média geral é de 268 lux

Tabela 6. Valores de iluminâncias medidos.

Valores de Iluminância geral às 11h					
5	244	275	246	289	234
4	215	285	268	320	250
3	220	248	248	298	240
2	258	292	263	305	275
1	379	293	241	277	237
	A	B	C	D	E
Iluminância geral (lux)					268,0



Figura 13 – Condições reais da iluminação geral às 11h; (A) Quadro-negro; (B) Fundo da sala

4.2.3. Níveis de iluminância natural e geral às 17 horas

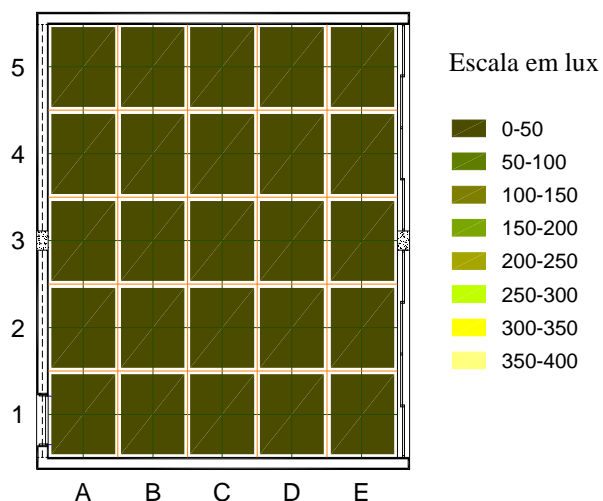


Figura 14 – Mapeamento dos níveis de iluminação natural em lux às 17h

Às 17 horas foram registrados os menores níveis de iluminação (Fig. 14 e 15), devida à baixa inclinação solar e a interferência da presença do bloco A (Fig. 2). A porta já não contribui tanto com a entrada de luz. A sombra se projeta para o fundo, não disponibilizando luz refletida para serem coletadas pelas aberturas sudoeste. A tabela 7 mostra os valores de iluminâncias obtidos.

Tabela 7. Valores de iluminância medidos

Valores de Iluminância natural às 17h					
5	8	10	13	31	37
4	9	11	15	32	37
3	9	10	13	29	40
2	8	11	13	24	36
1	15	10	11	18	21
	A	B	C	D	E
Iluminância média natural (lux)					18,8



Figura 15 – Condições reais da iluminação natural

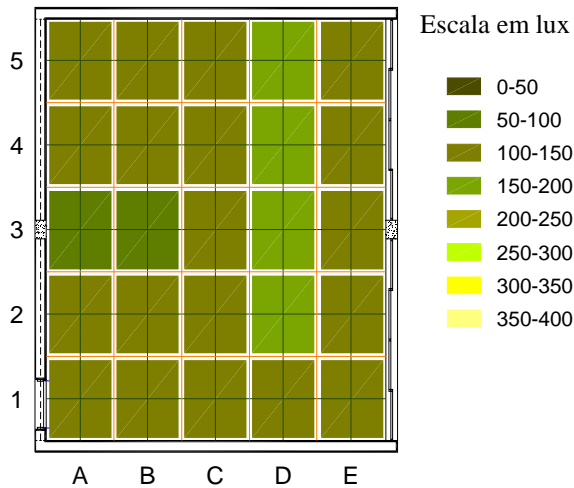


Figura 15 – Mapeamento dos níveis de iluminação geral em lux às 17h

Como os níveis de iluminação natural foram muito baixos, a contribuição da luz artificial apresentou-se mais significativa. Todavia, como já era esperado, nenhum ponto atingiu o 300 lux (Fig 16 e tab. 8)

Tabela 8. Valores de iluminância medidos

Valores de Iluminância geral às 17h					
5	114	135	121	162	128
4	100	124	127	168	133
3	79	97	113	150	131
2	109	133	128	164	137
1	105	130	121	149	119
	A	B	C	D	E
Iluminância geral (lux)					127,1

4.2.4. Níveis de iluminância artificial às 19 horas

Como era esperada, a iluminação artificial (Fig. 16) se mostrou deficiente para atender o período noturno. Além disso, a ausência de lâmpadas, constatada em uma das luminárias (Fig. 10), prejudicou a uniformidade da iluminação do ambiente da sala.

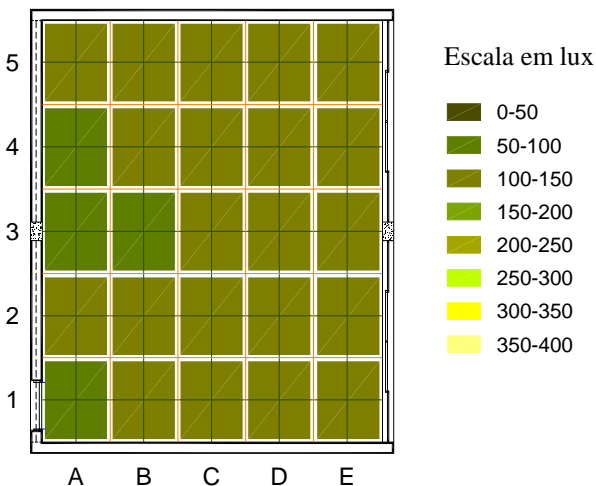


Figura 16 – Mapeamento dos níveis de iluminação artificial em lux às 19h

Tabela 9. Valores de iluminância medidos

Valores de Iluminância geral às 19:00h					
5	109	131	115	139	103
4	97	119	117	140	107
3	73	89	103	129	101
2	102	127	120	148	111
1	94	128	113	136	103
	A	B	C	D	E
Iluminância artificial (lux)					114,2

5. CONCLUSÕES

As iluminâncias médias encontradas para iluminação natural, artificial e geral na sala 2 foram inferiores aos 300 lux recomendados pela NBR 5413:1992 para sala de aula. Portanto, não atendem aos níveis mínimos de desempenho.

O sistema lumínico artificial se mostrou insuficiente apresentando nível de iluminamento médio da ordem de 114 lux.. Além disso, a potência total instalada para iluminação artificial de 400 W não atende as recomendações da NBR 5410:2004, a qual corresponderia a uma potência mínima de 640 W. O número de lâmpadas determinado pelo método dos lumens é igual a aproximadamente o dobro da quantidade atualmente instalada. Por isso recomenda-se a substituição das luminárias existentes por modelos que comportem quatro lâmpadas de 40 W, mantendo-se os pontos e agrupando-os em dois circuitos independentes de modo que as lâmpadas instaladas próximas à janela sudoeste possam ser apagadas no período de maior insolação.

Ao considerar os parâmetros de nível I e II da Análise morfológica, constatou-se que a influência do entorno é pouco significativa sobre o sistema lumínico natural porque não há presença de edifícios altos na vizinhança que possam sombrear ou causar reflexão indesejada sobre o objeto em estudo. A pequena distância entre os blocos A e B, bem como a presença dos beirais e da edificação térrea entre os mesmos, são os maiores responsáveis pelo prejuízo na coleta de luz pelas janelas nordestes da sala 2. Por outro lado, esses beirais protegem as aberturas da fachada nordeste, impedindo incidência de raios solares nos ambientes das salas. Um cálculo aproximado do período de insolação pela carta solar para latitude de 16°S, indicou que a fachada nordeste sofre insolação durante todo o dia no solstício de inverno (22 de jun), do nascer do sol até às 14h30min no equinócio de primavera e do nascer do sol até às 10 horas no solstício de verão (22 de dez). Já a fachada sudoeste não recebe insolação solar no solstício de inverno, está sujeita a insolação após as 14 horas no equinócio de primavera e após as 10 horas no solstício de verão. Portanto, uma intervenção que poderia beneficiar a coleta de luz seria ampliar as áreas efetivas das aberturas sudoeste pela substituição dos brises horizontais fixos por sistemas móveis, com controle manual.

Quanto ao nível III, o parâmetro mais significativo foi o da taxa de abertura efetiva para coleta de luz, a qual esteve abaixo de 50% da área da abertura. Em contrapartida os aspectos positivos observados foram o da não incidência de luz solar direta no ambiente e o fato de o quadro-negro apresentar as mesmas condições de iluminação da sala 2, isto é, nenhum de seus pontos apresenta-se com iluminação que possa ofuscar a visão. A eficiência na distribuição de luz no ambiente pode ser melhorada por reflexão difusa, substituindo-se as cores das paredes por tons claros, o que contribuirá também com a redução do contraste entre as luminâncias da mesa de trabalho (branca) e das paredes (azul), reduzindo o risco de fadiga visual.

6. REFERÊNCIAS

AMORIM, Cláudia N.D. Diagrama morfológico. Parte 1: instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo: Brasília, 2007.

_____. Iluminação natural e eficiência energética – parte II: sistemas inovadores para luz natural: Periódico eletrônico em arquitetura e Urbanismo Paranoá, 2002 Disponível em http://www.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/paranoa.htm. Acessado em 22/10/2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.

_____. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. NBR 5461 / TB - 23: Iluminação. Rio de Janeiro, 1991.

_____. NBR 15215-3: Iluminação natural. Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2007. Versão corrigida.

_____. NBR 15215-4: Iluminação natural. Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

_____. NBR15575-1: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos: desempenho. Parte 1 – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

FERNANDES, Antônio MC. P. Clima, Homem e Arquitetura. Coleção sala de aula. Goiânia: Trilhas Urbanas: 2006.

ROSSO, Silvana. Toda luz, de sol a sol. Técnica: revista de tecnologia da construção. São Paulo: Editora Pini Ltda. mar/abr. 1995, ano 3, n. 15, p. 39 – 43.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados climáticos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/observacoes/estacoes/> Acessado em 22/10/2008.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Direção Geral do Instituto de Educação de Campinas Presidente Castelo Branco pela confiança, colaboração e informações prestadas.