

ABORDAGEM À PROBLEMÁTICA DA ILUMINAÇÃO NA SALA DE AULA

Ana Rebelo^a, J. Santos Baptista^a, Miguel Diogo^b

^aCIGAR – Centro de Investigação em GeoAmbiente e Recursos

jsbap@fe.up.pt

^bFaculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Fernando Pessoa

mtatod@ufp.edu.pt

RESUMO

O estudo que se apresenta procura caracterizar a iluminação natural existente nas salas de aula planas da FEUP. Foi utilizado um luxímetro MAVOLUX 5032C – USB. Foram efectuadas várias medições ao longo do dia em salas com diversas orientações e diferente exposição solar. Da análise dos resultados será possível avançar com soluções que poderão contribuir para uma diminuição dos consumos de electricidade para iluminação.

Palavras-chave: Iluminação, Risco, Escola, Sala de Aula

INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos várias têm sido as opiniões acerca da utilização da luz nos locais de trabalho e nas escolas. Actualmente, privilegia-se a utilização de luz natural sempre que possível, no entanto esta tendência nem sempre prevaleceu. Com o aparecimento das lâmpadas fluorescentes nos anos 60 do século passado, as quais emitiam um padrão de iluminação semelhante ao da luz natural, rapidamente a luz natural foi substituída, procurando-se deste modo facilitar o controlo de outros parâmetros de conforto, como o ruído e a temperatura. Adicionalmente, de um ponto de vista arquitectónico deixava-se de ser necessário atender a parâmetros como a orientação solar.

A influência da luz natural no desempenho humano

A partir dos anos 70 do século passado têm sido realizados estudos no sentido de avaliar a reacção psicológica a edifícios sem janelas, normalmente considerados inconclusivos. Apenas duas décadas depois, nos anos 90, esta tendência se começou a inverter quando estudos levados a cabo pelo Rocky Mountain Institute em 1994, evidenciam que as pessoas que trabalham com luz natural são mais produtivas entre 6% e 16%, para além de haver menos absentismo em trabalho realizado com a existência de luz natural. Outros autores evidenciaram também efeitos ao nível hormonal, na assiduidade, na capacidade de aprendizagem da matemática, na leitura e até no crescimento das crianças.

Exigências de iluminação em edifícios escolares

A tabela abaixo indica-nos os valores indicados pela Norma ISO 8995 para as salas de aula. As exigências de iluminação nos edifícios escolares dependem da actividade exercida, mas, regra geral, actualmente podemos indicar valores situados entre 300 e 500lux

Tabela 16: Indicações da norma ISO 8995 de 2002 para salas de aula

Tipo de interior, actividade ou tarefa	Lux *	UGR _L **	R _a ***	Observações
Salas de aula	300	19	80	A luz deve ser controlável
Salas de aula para aulas à noite	500	19	80	
Quadro preto	500	19	80	Prevenir reflexos

Adaptado da norma ISO 8995 de 2002;

*Valor abaixo do qual a iluminância média da superfície medida não deve descer.

**Unified Glare Rating – índice de brilho interno do ambiente em função das características de observação e lay-out das luminárias

***Índice mínimo de rendimento em cor das fontes de luz

Iluminância a adoptar

Como ponto de partida para avaliação das medições realizadas considerou-se como grau de iluminância adequado o valor de 300 lux, valor aconselhado pela norma ISO 8995:2002 para salas de aula durante o período diurno. Embora algumas salas sejam também usadas de noite, o período de maior utilização situa-se entre as 8H00 e as 18H00. De acordo com a referida norma, 300 lux será o valor que permite corresponder da melhor forma à segurança visual no trabalho, aos aspectos psico-fisiológicos, à economia e às indicações da experiência prática.

Iluminância envolvente

Tendo em atenção as recomendações dadas pela norma ISO 8995:2002, se o local de trabalho tiver uma iluminância de 300 lux, a iluminância envolvente imediata deverá ser de 200 lux. De acordo com esta norma, o rácio (mínimo/média) da área da tarefa não deverá ser menor que 0,7 e o rácio (mínimo/média) da área envolvente imediata não deverá ser inferior a 0,5 para que a iluminância se possa considerar uniforme.

OBJECTIVOS

Com este estudo pretendemos alcançar os seguintes objectivos:

- A. Avaliar a quantidade de luz natural que chega às salas de aula em dias de céu limpo se não forem utilizados quaisquer meios para controlo da iluminação.
- B. Analisar qual a influência da hora do dia e da orientação das salas na sua iluminância.

PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

A recolha de dados da iluminação das salas efectuou-se da seguinte forma:

Foram realizadas medições em todas as filas das salas, tendo-se registado a iluminância existente em lugares alternados contados a partir da janela. Assim, por exemplo, numa fila de oito lugares, procedeu-se à medição e registo do primeiro, terceiro, quinto e sétimo lugares.

Procurando responder aos pressupostos considerados, procedeu-se à recolha de dados com o registo da iluminância dos lugares das diversas salas em dias de Sol com céu limpo, com a abertura dos estores no máximo e com as luzes apagadas. Estes registos foram realizados de forma a abranger pelo menos dois momentos distintos do dia em termos de exposição solar.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Posto de Trabalho do Docente (PTD)

Os resultados obtidos revelam que a iluminância no PTD é excessiva nas salas viradas a Sul (entre 470 e 1300 lux) e na generalidade das salas viradas a Este (entre 273 e 2670 lux). Nas viradas a Oeste apenas no período da tarde se registou excesso de iluminância. Conforme seria de esperar, os valores mais elevados foram registados pelas 12H00 nas salas viradas a Sul, no período da manhã nas com orientação Este e no da tarde para as voltadas para Oeste.

Salas orientadas a Sul

Nos lugares dos alunos, as medições nas salas orientadas a sul apenas evidenciaram uma ligeira tendência associada às horas de medição. Em relação aos valores de iluminância medidos apenas uma sala apresentou no lugar mais afastado da janela da 1ª fila valores de iluminância inferiores a 300 lux, todas as restantes medições apresentaram valores superiores a 300 lux. Nestas condições verifica-se haver luz excessiva para as tarefas que se realizam em aula (tabela 1).

Considerada a iluminância nos lugares adjacentes na mesma fila, constata-se que a iluminância envolvente de cada lugar, está sujeita a alterações bruscas o que poderá levar ao stress visual e ao desconforto. Tanto a iluminância medida nas superfícies de trabalho como a da envolvente estão longe dos 300 e dos 200 lux respectivamente. Tendo em atenção o rácio mínimo/média que dá informação sobre a uniformidade da iluminância, verifica-se a existência de valores inferiores ao mínimo recomendado de 0,5 na generalidade das salas (tabela 1).

Tabela 1: Resultados das medições das salas orientadas a Sul (algumas características)

Sala	Orientação	Hora	Clima	Iluminância					
				Nº Lugares		Máximo	Mínimo	Média	Mín/méd
				>300 lux	<300 lux				
220	Sul	12H29	Sol	16	0	5270	975	1961	0,50
		15H26	Sol	16	0	49700	395	4105	0,10
322	Sul	12H08	Sol	15	1	3370	295	809	0,36
		15H05	Sol	16	0	5270	437	1157	0,38
323	Sul	12H00	Sol	14	0	4140	573	1654	0,35
		14H56	Sol	14	0	3120	457	1397	0,33
330	Sul	11H50	Sol	16	0	3900	445	1187	0,37
		14H47	Sol	16	0	62800	559	5308	0,11

Nas figuras 1 e 2 pode ser observada a variação dos níveis de iluminância ao longo das várias filas de uma das salas. Pode verificar-se uma diminuição global da iluminância à medida que nos afastamos da janela. É também de salientar, como anómalo, o registo de valores muito superiores aos restantes no 1º lugar da 4ª fila. Estes valores não podem ser explicados pela incidência da luz solar directa, uma vez que ocorrem no mesmo sítio em horas diferentes. Colocou-se a hipótese de este resultado ser causado pelo reflexo com origem noutra edificação. Analisando a planta das instalações da FEUP verificou-se ser a cantina a origem deste reflexo. Esta possui uma fachada envidraçada na parte do restaurante orientada a noroeste. Este facto foi confirmado através de medições suplementares a outras horas do dia e com diferentes condições de luminosidade.

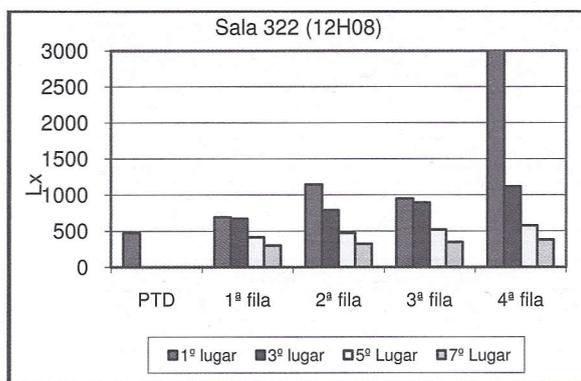


Figura 1 – Iluminância na sala 322 às 12H08

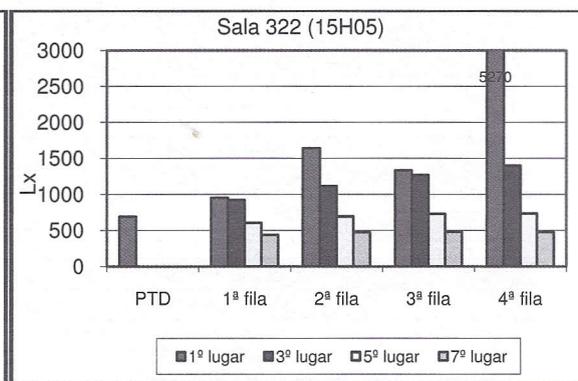


Figura 2 – Iluminância na sala 322 às 15H05

Salas orientadas a Este

Nas salas viradas a Este foram realizadas medições no período da manhã e no início da tarde, tendo sido as medições efectuadas conforme os procedimentos já descritos.

A figura 3 que representa o resultado das medições feitas na sala 109 pelas 10H49. Podemos verificar a existência de resultados diferentes na 3ª fila quando comparados com as restantes. Este registo, consideravelmente inferior, pode ser explicado pelo posicionamento das mesas nesta fila relativamente a um pilar entre janelas que impede aí a incidência directa da luz solar.

Constata-se que as salas orientadas a Este evidenciaram tendência a apresentar valores de iluminância superiores nas medições realizadas no início da manhã, quando comparadas com as medições a meio do dia. Os valores mais elevados registados, ocorreram nos lugares mais próximos das janelas nas medições que se realizaram a meio do dia (cerca das 13H00). Estes valores podem ser explicados pela posição alta do Sol, o qual incide a essa hora directamente naqueles lugares provocando valores de iluminância que chegaram a atingir os 60 000 Lux (tabela 2).

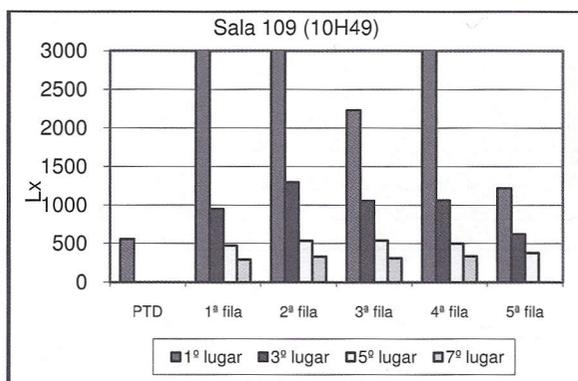


Figura 3 – Iluminância na sala 109 às 10H49

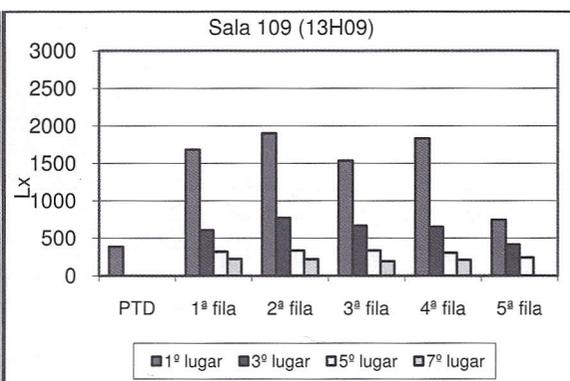


Figura 4 – Iluminância na sala 109 às 13H08

Tabela 2: Resultados das medições a Este (algumas características)

Sala	Orientação	Hora	Clima	Iluminância					
				Nº Lugares		Máximo	Mínimo	Média	Mín/méd
				>300 lux	<300 lux				
101	Este	11H06	Sol	11	0	49700	740	5986	0,12
		13H39	Sol	11	0	1695	354	853	0,42
102	Este	---	---	---	---	---	---	---	---
		13H30	Sol	16	0	1940	327	926	0,35
105	Este	---	---	---	---	---	---	---	---
		13H21	Sol	4	7	823	110	293	0,38
106	Este	10H57	Sol	8	0	54800	479	8180	0,06
		13H16	Sol	6	2	2660	260	1021	0,25
109	Este	10H49	Sol	18	1	49900	291	8332	0,03
		13H08	Sol	13	5	1900	191	694	0,28
110	Este	10H39	Sol	16	0	49800	337	4386	0,08
		13H01	Sol	13	3	2150	206	853	0,24
214	Este	09H53	Sol	3	12	506	58,7	191	0,31
		---	---	---	---	---	---	---	---
318	Este	09H30	Sol	18	0	39000	971	13337	0,07
		12H08	Sol	18	0	4050	483	1698	0,28
326	Este	09H20	Sol	14	0	35900	1181	9023	0,13
		11H58	Sol	14	0	59800	568	9507	0,06
332	Este	09H08	Sol	12	0	31500	530	6166	0,09
		11H52	Sol	12	0	59400	415	5960	0,07
333	Este	09H00	Sol	12	0	31600	1304	11514	0,11
		11H38	Sol	12	0	60000	608	11239	0,05
334	Este	08H50	Sol	20	0	29200	1494	8734	0,17
		11H30	Sol	20	0	60300	728	10412	0,07

Em relação aos valores mais baixos de iluminância nestas salas, apenas as salas situadas no primeiro piso apresentaram lugares com valores de iluminância inferiores a 300 lux nos lugares mais afastados da janela e no período após as 13H00 horas. Durante as medições antes do meio-dia apenas um lugar apresentou valores inferiores a 300 lux, sendo esse valor medido no 7º lugar da 1ª fila da sala 109 por volta das 10H50. Analisando a iluminância da envolvente verificaram-se resultados que apontam para a possibilidade de ocorrência de stress e desconforto visual. Conforme se pode verificar na tabela 2, os valores do rácio mínimo/média nunca atingem o mínimo de 0,5.

Salas Orientadas a Oeste

As medições foram realizadas nas mesmas condições que nas restantes salas. Conforme seria de esperar nas salas com esta orientação, os valores mais elevados de iluminância foram registados no período da tarde. As diferenças entre as medições efectuadas nos dois períodos

foram maiores nos lugares perto da janela. Os lugares mais afastados da janela registaram valores muito próximos nas duas medições quando se compara o mesmo lugar da mesma sala.

Nestas salas verificou-se uma maior uniformidade na iluminância durante o período da manhã, altura em que o Sol não tem incidência directa. Esta uniformidade registou-se também nos valores do rácio mínimo/média o qual verifica sempre valores superiores ou iguais a 0,5 nas leituras nesse período (tabela 3).

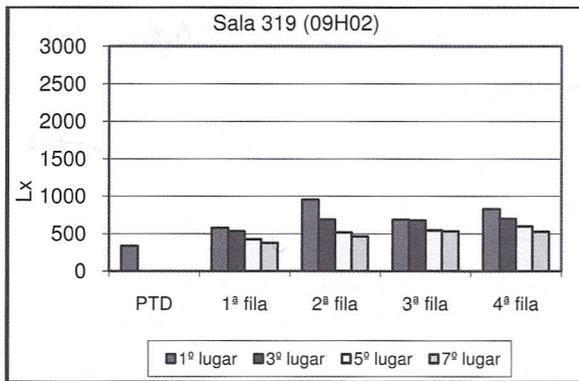


Figura 5 – Iluminância na sala 319 às 09H02

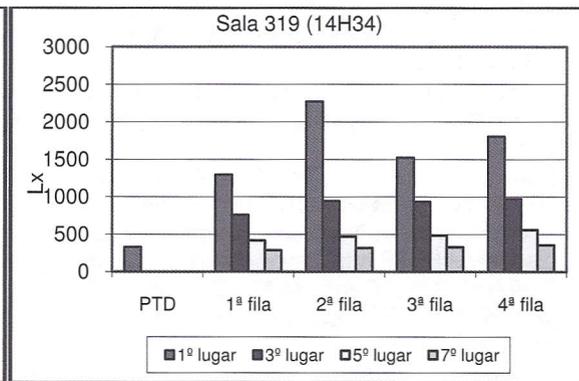


Figura 6 – Iluminância na sala 319 às 14H34

Tabela 3: Resultados das medições a Oeste (algumas características)

Sala	Orientação	Hora	Clima	Iluminância					
				Nº Lugares		Máximo	Mínimo	Média	Mín/méd
				>300 lux	<300 lux				
111	Oeste	10H46	Sol	15	0	1282	629	912	0,69
		16H34	Sol	15	0	55200	365	8187	0,04
216	Oeste	10H02	Sol	12	0	876	301	439	0,69
		15H37	Sol	12	0	55800	302	7720	0,04
217	Oeste	10H07	Sol	12	0	1129	648	833	0,78
		15H45	Sol	12	0	57300	393	10008	0,04
218	Oeste	10H14	Sol	12	0	1113	434	669	0,65
		15H54	Sol	12	0	58900	321	6450	0,05
230	Oeste	09H18	Sol	11	0	817	381	546	0,70
		14H51	Sol	11	0	3260	312	1419	0,22
319	Oeste	09H02	Sol	16	0	954	379	603	0,63
		14H34	Sol	15	1	2270	287	857	0,33
327	Oeste	08H55	Sol	8	8	789	185	361	0,51
		14H20	Sol	12	4	1716	215	564	0,38
337	Oeste	08H47	Sol	12	0	802	319	488	0,65
		14H09	Sol	12	0	2790	303	1109	0,27

CONCLUSÕES

Nas condições estudadas, em que todos os registos foram efectuados com céu limpo e persianas das salas completamente abertas, a generalidade das salas apresentou valores de iluminância muito superiores ao recomendado.

A iluminação natural, a única considerada nestas medições, evidenciou assim que potencialmente poderá ser um bom recurso para a iluminação das salas de aula minimizando os consumos energéticos. No entanto, será necessário aplicar algumas medidas suplementares de controlo, de modo a que chegue a todos os lugares da sala com a maior uniformidade possível, com os valores de iluminância adequados e de forma de evitar brilhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Heschong Mahone Group Daylighting in Schools Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance, 1999.
2. Nicklas, M.; Bailey, G.. Analysis of the performance of students in Daylit Schools.
3. Kuller, R. Lindsten, C. "Health and Behavior of Children in Classrooms with and without Windows", [internet] disponível HTTP:http://gaia.lbl.gov/IHP/IHP_Details.php?Pid=306 (23 Fev. 2008)
4. Erwine, B. Heschong, L. Lighting for learning [internet] disponível HTTP:<http://ergo-eg.com/uploads/books/lightingforlearning.pdf> (16 Jan. 2008)
5. Heschong Mahone Group, Daylighting In Schools – reanalysis report, 2003, [internet] disponível HTTP: <http://www.energy.ca.gov/2003publications/CEC-500-2003-082/CEC-500-2003-082-A-04.PDF> (16 Jan. 2008)
6. Ternoey, S.E. Daylight Every Building, 1999 [internet] disponível HTTP:http://www.lightingassociates.org/i/u/2127806/f/tech_sheets/Daylighting_Every_Building.pdf (23 Jan. 2008)
7. Daly, L.A.; Mclean, R. The Reno Post Office case . [internet] disponível HTTP:<http://greenbiz.com/files/document/O16F8527.pdf> (23 Jan. 2008)
8. Energy Center of Wisconsin, Energy savings from daylighting – a controlled experiment 2005. [internet] disponível HTTP:<http://www.ecw.org/> (junho 2008)
9. Sullivan, G.P.; Oens, M.A.; Spanner, G.E. Impact Evaluation of Lighting Retrofit.1994 [internet] disponível HTTP: <http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/10132293-RSgqk/native/10132293.PDF> (20 jun. 2008)
10. Gaspar, C., Utilização Racional de Energia em Estabelecimentos de Ensino Básico, Évora 2004, [internet] disponível HTTP: <http://www.abae.pt/ee/sem2003-2004/ADENE.pdf> (21 Mar. 2007)