

Caracterização da Iluminância em salas de aula de escolas da cidade de Viseu

Manuel Pinto

*Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
mpinto@estv.ipv.pt*

R.M.S.F. Almeida

*Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
ralmeida@estv.ipv.pt*

P.G. Pinho

*Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
ppaulo@estv.ipv.pt*

L.T. de Lemos

*Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu
ltlemos@estv.ipv.pt*

Área Científica - CT 7

Resumo

Os edifícios devem ser projetados e construídos de modo a proporcionarem condições de iluminação natural e artificial adequadas para que as tarefas e atividades visuais que neles decorrem possam ser efetuadas em segurança, de modo preciso, em conforto, sem fadiga visual para os ocupantes e em condições de eficiência energética. Um dos principais critérios para uma caracterização adequada dos requisitos visuais nos edifícios, na perspetiva da satisfação das necessidades de conforto visual dos ocupantes e da utilização racional da energia, são os níveis de iluminância. No presente artigo apresentam-se os primeiros resultados de uma campanha experimental em curso (projeto QUAMIS) levada a efeito em salas de aula de oito escolas da cidade de Viseu, pertencentes a diferentes níveis de ensino e épocas de construção. Deste modo, poderão comparar-se os níveis médios de iluminâncias e a distribuição espacial das mesmas com valores normativos existentes.

Palavras-chave: qualidade do ambiente interior; salas de aula; iluminação natural; iluminação artificial; uniformidade da iluminação

1. Qualidade do ambiente interior e iluminação em salas de aula

A qualidade do ambiente interior depende significativamente dos parâmetros e critérios utilizados na sua avaliação (ex.: temperatura, ruído, ventilação e iluminação), assim como da conceção e funcionamento do edifício (incluindo os sistemas) e do comportamento dos indivíduos [1]. Por outro lado, o ambiente interno afeta, nomeadamente, a saúde, o conforto e a produtividade dos ocupantes. Neste contexto, pode referir-se que estudos recentes têm demonstrado que a qualidade da iluminação, natural e/ou artificial, numa sala de aula é um fator preponderante na aprendizagem dos alunos [2 - 5].

Pretende-se neste artigo apresentar os primeiros resultados de uma campanha experimental em curso, no âmbito do projeto QUAMIS, levada a efeito em salas de aula de oito escolas da cidade de Viseu, pertencentes a diferentes níveis de ensino e épocas de construção. Este projeto apresentará resultados, nomeadamente, de poluentes interiores (ex.: CO₂, PM₁₀), condições acústicas das salas de aula, taxas de ventilação, permeabilidade ao ar da envolvente e condições de conforto térmico e de iluminação.

Quanto à iluminação, foram realizadas campanhas de medição de iluminâncias em modo contínuo (ciclo diário, com ocupação) e em registo pontual (sem ocupação). Deste modo, obtiveram-se, respetivamente, os níveis médios de iluminâncias e a distribuição espacial das mesmas, os quais se comparam com valores normativos existentes.

2. Caracterização física das salas de aula estudadas

A caracterização física das salas de aula estudadas encontra-se apresentada na Tabela 1.

Tabela 1- Caracterização física das salas de aula estudadas.

ESCOLA			SALAS DE AULA						
Código da Escola	Nível de ensino	Ano de construção	Designação	Piso	Orientação	Aútil [m ²]	Aenv/Aútil	Comp/larg [*]	Observações
A	Superior	1993	A1	0	S	52,8	27%	1,7	
			A2	0	S / W	51,1	23%	1,7	88% da área env. a sul
			A3	1	S	72,2	13%	1,2	
			A4	1	S / W	59,7	17%	1,3	66% da área env. a sul
B	2.º ciclo	1991	B1	0	NE	59,2	18%	1,3	
			B2	0	SW	74,2	11%	0,7	
			B3	1	NE	47,6	13%	1,0	
			B4	1	SW	49,0	17%	1,0	
C	1.º ciclo	2004	C3	1	SE	51,0	25%	1,4	
			C4	1	NW	51,0	25%	1,4	
D	2.º ciclo	1968	D1	-1	S	53,0	26%	1,2	
			D2	1	S	52,9	26%	1,2	
			D3	0	S	53,9	26%	1,2	
			D4	-1	S / E	37,5	37%	1,5	56% da área env. a sul
E	1.º e 2.º ciclo	1996	E1	0	E	49,6	16%	1,1	
			E2	0	S / E	73,1	13%	1,5	60% da área env. a sul
			E3	1	E	47,6	17%	1,0	
			E4	1	W / S	73,1	19%	1,5	58% da área env. a oeste
F	1.º ciclo	1958	F1	0	S	48,0	25%	1,3	
			F2	1	S / N	48,0	32%	1,3	77% da área env. a sul
			F3	0	S	47,6	25%	1,3	
			F4	1	S / N	47,6	33%	1,3	77% da área env. a sul
G	1.º ciclo	2011	G3	1	S	47,4	25%	1,3	
			G4	1	S	44,4	25%	1,2	
H	1.º ciclo	2011	H3	1	W	51,1	22%	1,4	
			H4	-1	E	50,0	23%	1,3	
Média						53,6	22%	1,3	

*Nota: considera-se como comprimento o lado da sala onde se situam as janelas.

Da análise da Tabela 1, pode concluir-se que:

- o rácio Aenv/Aútil apresenta um valor médio elevado relativamente ao estabelecido no Regulamento Geral das Edificações Urbanas (RGEU) - 10% [6] e ao recomendado no Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) - 15% [7] (embora estes regulamentos não sejam de aplicação direta em escolas). Este valor elevado pode levar a sobreaquecimentos, evitáveis com dispositivos de sombreamento adequados (fator solar reduzido mas transmitância luminosa elevada);
- os vãos situam-se predominantemente numa só fachada;
- o valor médio do rácio Comp/larg revela que o maior lado da sala está no alçado que recebe incidência solar, beneficiando a penetração da iluminação natural.

Na Tabela 2 apresentam-se os tipos de proteções solares e os revestimentos interiores com possibilidade de influenciar significativamente os níveis de iluminância interiores. Da referida tabela, pode concluir-se que:

- duas escolas recorrem somente a uma proteção solar interior (escolas D e E);
- na proteção solar interior predomina o rolo de tecido (escolas C, F, G e H);
- cinco escolas apresentam uma proteção solar dupla, interior e exterior (escolas A, C, F, G e H);
- o recurso a proteções solares fixas, palas horizontais ou verticais, é usado por escolas das diversas épocas construtivas (escolas A, C, G e H).

3. Parâmetros caracterizadores da iluminação

O principal objetivo da iluminação nos edifícios é o de criar um ambiente visual que permita aos ocupantes desempenharem as diferentes tarefas visuais em segurança, de modo eficaz, com precisão, sem causar fadiga e desconforto visuais indevidos contribuindo, deste modo, para o seu conforto e o bem-estar global [8].

Tabela 2- Revestimentos interiores e proteções solares.

Sala	Revestimentos interiores	Proteções solares exteriores	Proteções solares interiores	Observações
A1		Pala horizontal	Metálicas - lâminas horizontais orientáveis	
A2		“	“	Duas orientações com janelas
A3		“	“	
A4		“	“	Duas orientações com janelas
B1	Teto em cortiça	PVC - lâminas horizontais		Bandeiras interiores de reduzidas dimensões
B2	“	“		“
B3		“		“
B4		“		“
C3		Pala horizontal	Rolo de tecido semiopaco bege	Bandeiras interiores de grandes dimensões
C4		“	“	“
D1			Metálicas - lâminas horizontais orientáveis	Bandeiras interiores de grandes dimensões
D2			“	“
D3			“	“
D4			“	
E1	Teto em cortiça		Cortina de tecido opaco bege	Bandeiras interiores de reduzidas dimensões
E2	“		“	Bandeiras interiores de reduzidas dimensões; duas orientações com janelas
E3	“		“	Bandeiras interiores de reduzidas dimensões
E4	“		“	Bandeiras interiores de reduzidas dimensões; duas orientações com janelas
F1		Pala horizontal	Rolo de tecido semiopaco bege	Bandeira exterior de grandes dimensões no lado oposto às janelas
F2		“	“	Bandeira interior de grandes dimensões no lado oposto às janelas
F3		“	“	Bandeira exterior de grandes dimensões no lado oposto às janelas
F4		“	“	Bandeira interior de grandes dimensões no lado oposto às janelas
G3		Metálicas - lâminas horizontais orientáveis	Rolo de tecido opaco cinzento	Bandeiras interiores de reduzidas dimensões
G4		“	“	
H3		Palas verticais	Rolo de tecido semiopaco cinzento	
H4		“	“	

Os principais critérios para uma caracterização adequada dos requisitos visuais nos edifícios, na perspetiva da satisfação das necessidades de conforto visual dos ocupantes e da utilização racional da energia, são a iluminação natural e artificial (ex.: garantia das iluminâncias necessárias), insolação, contacto visual com o exterior e características das superfícies (cor, refletância, textura, regularidade, etc.) [9].

A caracterização dos níveis de iluminância é estabelecida, nomeadamente, na EN 12464-1 [9], onde se indica, para a área de trabalho (mesas) de salas de aula, um valor médio de 300 lux.

A iluminação artificial não deve ser encarada como uma alternativa à iluminação natural, mas antes como um modo complementar de proporcionar as necessárias condições de iluminação quando tal não é possível apenas à custa da luz natural.

Nos espaços interiores, a iluminação artificial complementar deverá proporcionar uma iluminação das tarefas visuais o mais uniforme possível. Nas zonas de realização das tarefas visuais o fator de uniformidade das iluminâncias (rácio Ilum. mínima / Ilum. média) deverá ser sempre superior a 0,7. Em áreas/zonas em que a uniformidade das iluminâncias não seja crítica (proximidades das zonas de realização das tarefas visuais) o fator de uniformidade das iluminâncias não deverá ser nunca inferior a 0,5 [8], [9].

No que diz respeito à iluminação natural, o Fator de Luz do Dia (FLD) é o parâmetro de uso mais generalizado na caracterização e quantificação das condições de iluminação natural nos espaços interiores. O FLD num ponto de um plano define-se como sendo *o quociente (expresso em percentagem) entre a iluminância natural nesse ponto no interior de um compartimento devida a um céu com uma distribuição de luminâncias suposta ou conhecida, e a iluminância exterior simultânea num plano horizontal, proveniente de um hemisfério desobstruído desse céu* [10]. O FLD apresenta uma vantagem importante sobre todas as outras formas de caracterização do ambiente de iluminação natural no interior dos edifícios, pois traduz a eficácia de um determinado compartimento como instalação de iluminação natural, ou seja, como meio de penetração da luz do dia exterior disponível. As condições exteriores de iluminação natural podem variar, mas o FLD permanece constante, visto que as iluminâncias no interior se modificam simultaneamente em função das alterações exteriores [8]. Para salas de aula recomenda-se um valor mínimo do FLD de 2%. No entanto, o FLD pode ser utilizado para definir condições mínimas mas não condições médias ao longo do ano [10].

A iluminação natural promove a satisfação das necessidades biológicas e psicológicas dos ritmos naturais, através da ligação com o ambiente exterior, das radiações externas e as condições do céu. Neste sentido, recentemente foram realizadas avaliações pós-ocupação em Portugal, através de inquéritos e entrevistas, a ocupantes de 13 edifícios de escritórios, multifuncionais e educacionais. Participaram 584 indivíduos, 54% do sexo feminino e 46% do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 18 e os 50 anos. A Iluminação natural foi claramente indicada pelos ocupantes como a forma de iluminação preferida (67%) ao passo que a iluminação artificial apenas foi selecionada por 0,5% dos indivíduos e a iluminação efetuada à custa de uma combinação de luz natural e artificial preferida por 32,5% desses indivíduos [11].

4. Campanha de medição de iluminâncias

No presente artigo apresentam-se os primeiros resultados de uma campanha experimental em curso (projeto QUAMIS). Neste âmbito, o projeto QUAMIS envolverá várias campanhas experimentais para obter as condições de iluminação no interior de salas de aula num ciclo anual.

Em cada campanha, as condições de iluminação em serviço serão obtidas em condições reais de utilização e ao longo de um dia de aula. Destes registos serão obtidas as condições médias de iluminação num ponto específico da sala de aula (junto à mesa do professor, normalmente, na proximidade das janelas).

A distribuição espacial das iluminâncias no interior das salas de aula será obtida com estas desocupadas e num espaço temporal próximo dos equinócios e solstícios. Estes registos serão obtidos em quinze pontos variando as condições de utilização das proteções solares móveis, sob diferentes condições de iluminação, natural ou artificial, neste caso variando o número de luminárias em serviço.

As medições foram obtidas recorrendo a dois luxímetros, devidamente calibrados na gama de medição utilizada (erro + incerteza expandida < 6%).

4.1 Medição em contínuo de iluminâncias

Esta campanha decorreu entre abril e maio de 2013. No decurso das aulas, os docentes foram convidados a registar alguns parâmetros, nomeadamente, a utilização de luz artificial e ou natural e o facto de escurecerem a sala para utilizarem o projetor. Apresentam-se nas Figura 1 a 3 exemplos tipo das condições de iluminação (o nível médio de iluminância apresentado exclui os intervalos ou os períodos em que a sala está livre).

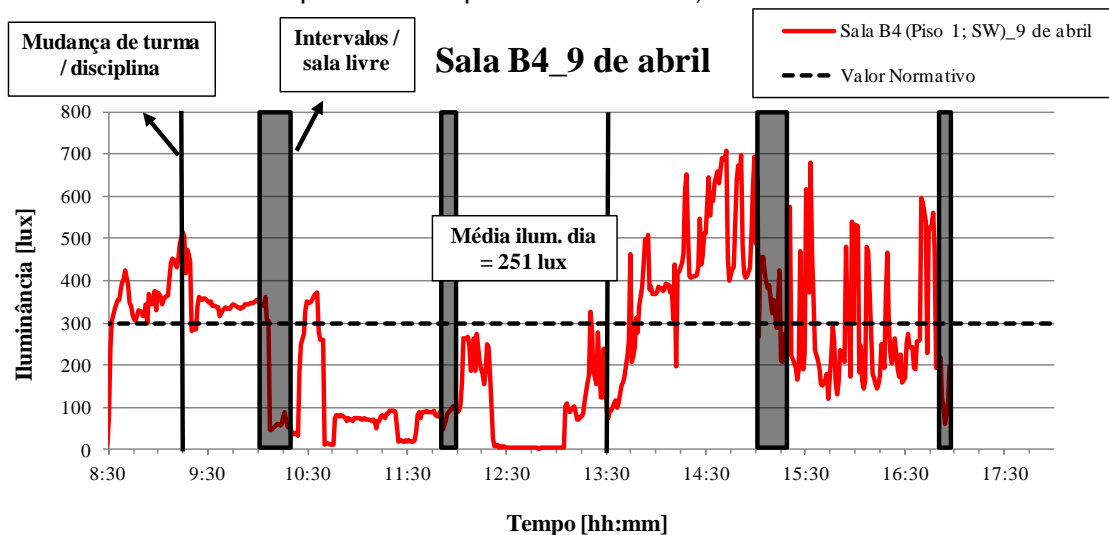


Figura 1 - Condições de iluminação durante o dia 9 de abril de 2013 na sala B4.

Da observação da Figura 1 retira-se que é notória, entre as 10h20 e as 11h50, a diferença entre a utilização da luz artificial e a utilização do projetor sem luz artificial (situação relatada pelo professor). Nota-se também no período da tarde a influência da exposição solar da fachada com vãos (SW).

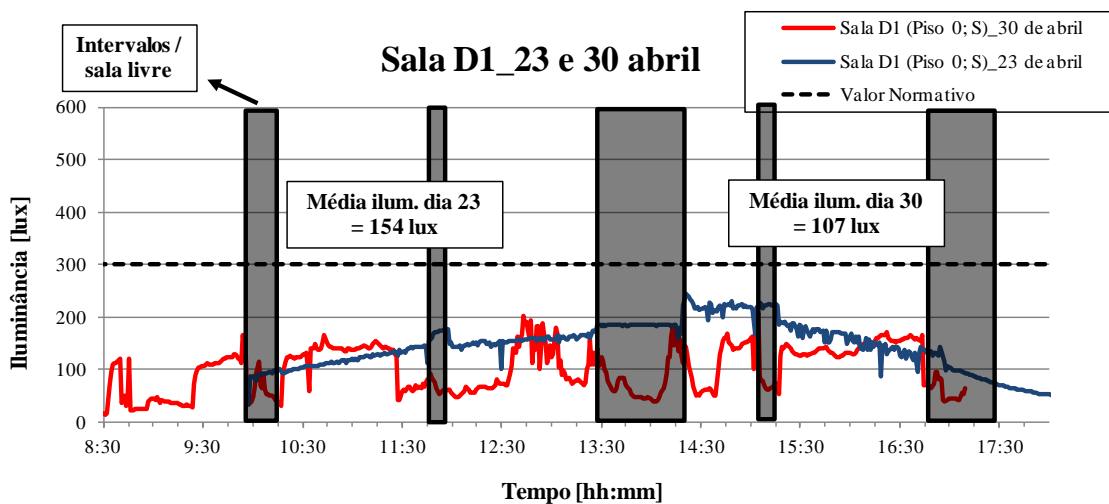


Figura 2 - Condições de iluminação durante os dias 23 e 30 de abril de 2013 na sala D1.

Retira-se da Figura 2 que a análise comparativa das condições de iluminação entre os dois dias apresentados (mesmo dia da semana) permite concluir que as condições de iluminação são semelhantes e a um nível muito reduzido relativamente ao valor normativo.

Da observação da Figura 3 retira-se que são notórios os baixos níveis de iluminação na sala E2 e uma das explicações pode ser o reduzido rácio Aenv/Aútil (13%), agravado pelo revestimento de teto em aglomerado de cortiça (refletância reduzida).

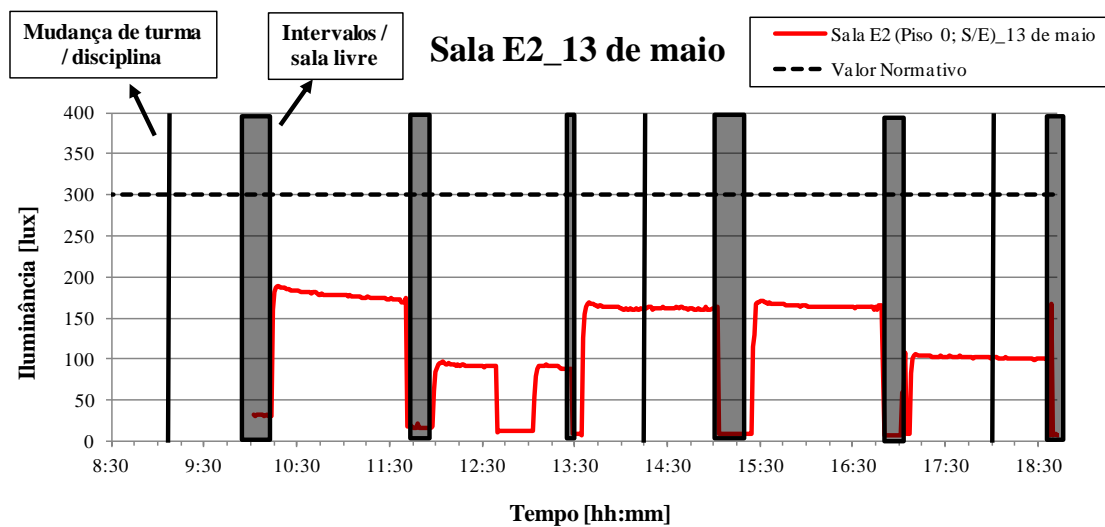


Figura 3 - Condições de iluminação durante o dia 13 de maio de 2013 na sala E2.

Na Tabela 3 apresentam-se todos os resultados obtido em modo contínuo diário entre os meses de abril e maio de 2013.

Tabela 3 - Níveis de iluminância obtidos em modo contínuo diário, com ocupação, entre os meses de abril e maio de 2013.

Designação	Dia	Média [lux]	Desvio padrão [lux]	Máximo [lux]	Local do luxímetro	
					Junto aos vãos	Lado oposto aos vãos
B1	11 de abril	228	116	558	X	
B2	10 de abril	176	53	336		X
B3	8 de abril	317	239	1018	X	
B4	9 de abril	251	179	709	X	
C3	16 de abril	457	157	697		X
C4	18 de abril	462	108	736		X
D1	30 de abril	107	46	207	X	
D2	22 de abril	385	67	561	X	
D3	29 de abril	273	140	560	X	
E1	15 de maio	77	44	147	X	
E2	13 de maio	130	50	189	X	
E3	16 de maio	135	55	190	X	
E4	14 de maio	197	75	292	X	
F1	9 de maio	375	76	568		X
F2	8 de maio	281	40	562		X
F3	6 de maio	230	44	296	X	
F4	7 de maio	237	158	512	X	
G3	20 de maio	206	144	536	X	
G3	21 de maio	260	135	505	X	
G4	22 de maio	490	176	636	X	
G4	23 de maio	493	139	610	X	
H3	27 de maio	905	371	1484		X
H3	28 de maio	992	305	1619		X
H4	29 de maio	280	22	301		X
H4	30 de maio	308	75	380		X

Nota: não são apresentados os valores mínimos, pois, correntemente, este são próximos do zero em função do escurecimento das salas aquando do uso de projetor

Da análise da Tabela 3 resulta a constatação que, frequentemente, os níveis médios situam-se abaixo do valor normativo de 300 lux, inclusivamente as salas Ei encontram-se todas abaixo deste nível.

4.2 Medição pontual de iluminâncias

Esta campanha decorreu em junho e julho de 2013, tendo sido efetuada segundo vários protocolos (num total 9): com iluminação natural e ou artificial, total ou parcial; com ou sem os sistemas de proteção solar, ativados a 100% ou parcialmente. As medições foram realizadas numa malha de 15 pontos, sobre as mesas escolares (66 a 73 cm), em 3 filas de 5 pontos cada, afastados dos vãos entre 1 a 5 m, com equidistância de 1 m (Figura 4).

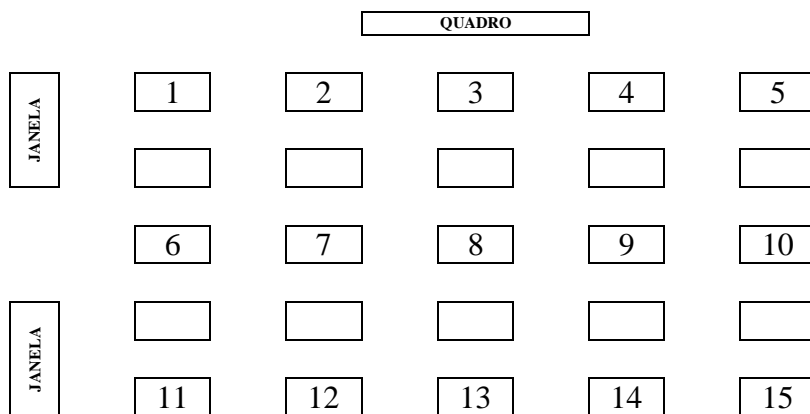
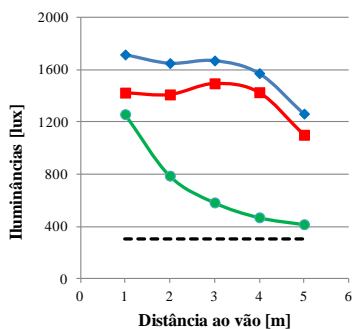


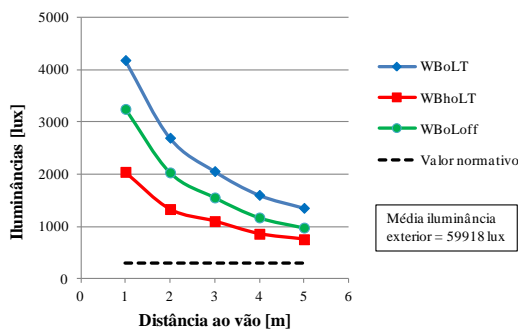
Figura 4 - Esquema tipo da malha de pontos de registo das iluminâncias pontuais.

Na Figura 5 apresentam-se, para uma iluminância exterior aproximada de 60000 lux os resultados para 4 salas com diferentes dispositivos de proteção solar e para 3 protocolos: WB_{oLT} - proteção solar móvel 100% aberta e luminárias ligadas; WB_{HoLT} - proteção solar móvel 50% aberta e luminárias ligadas; WB_{oLOff} - proteção solar móvel 100% aberta e luminárias desligadas (iluminação natural). Os pontos apresentados situam-se na fila perpendicular ao ponto médio da fachada que inclui os vãos (pontos 6 a 10).



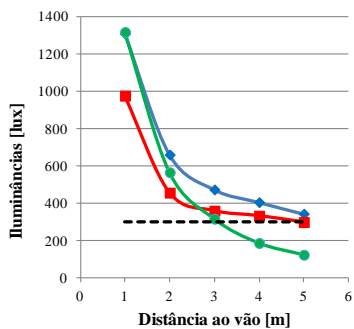
Sala A4

(prot: pala horizontal + lâminas horizontais orientáveis; orient: S / W)

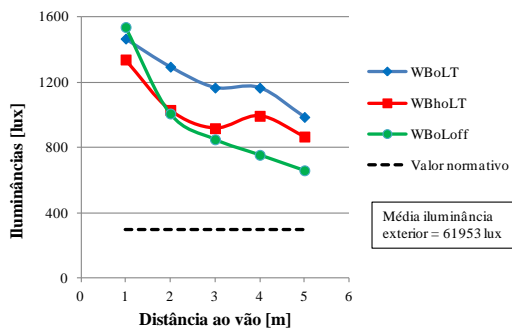


Sala B3

(prot: lâminas horizontais; orient: NE)



Sala E1



Sala F2

(prot: cortina de tecido opaco beje; orient: E)

(prot: rolo de tecido semiopaco beje; orient: S)

Figura 5 - Condições de iluminação para vários protocolos em quatro salas de aula.

Da análise da Figura 5, pode concluir-se que:

- nas sala A4 e F2 para os protocolos com iluminação artificial é notória a influência positiva das luminárias para o acréscimo de iluminação dos pontos 3, 4 (sala A4) e 4 (sala F2), em relação ao ponto 5 adjacente;
- na sala B3 os níveis elevados de iluminação, relativamente às outras salas, podem dever-se à incidência da iluminância solar nos vãos durante o período de medição (manhã) - o protocolo com iluminação natural sobrepõe-se ao protocolo com iluminação artificial e 50% da proteção móvel ativa;
- a sala E1 é a única em que o níveis de iluminação para os 3 protocolos, para pontos mais afastados dos vãos, se aproximam ou ficam abaixo do valor normativo. Este comportamento pode ser devido à existência de tetos revestidos a aglomerado de cortiça, com reduzida refletância;
- nas sala A4 e F2 os pontos mais afastados dos vãos podem ter sofrido a influência positiva, respetivamente, da existência de 2 orientações com janelas e a existência de bandeiras exteriores no lado oposto às janelas;
- de um modo geral, é notória a redução dos níveis de iluminação para pontos mais afastados dos vãos;
- o protocolo somente com iluminação natural revela-se insuficiente nas salas A4 e E1, para pontos mais afastados dos vãos, em que os níveis de iluminação, respetivamente, se aproximam ou ficam abaixo do valor normativo.

Na Tabela 4 apresentam-se os resultados da uniformidade de iluminação em todas as salas e para os 3 protocolos anteriormente apresentados (estendeu-se o conceito de uniformidade de iluminação a toda a sala).

Tabela 4- Caracterização da uniformidade da iluminação para 3 protocolos em todas as salas em estudo.

Designação	Piso	Orientação	Uniformidade da iluminação = Ilum. mínima / Ilum. média		
			WB _{oL} T	WB _{hO} L _T	WB _{oL} OFF
A1	0	S	0,6	0,7	0,5
A2	0	S / W	0,6	0,7	0,6
A3	1	S	0,7	0,7	0,5
A4	1	S / W	0,7	0,7	0,3
B1	0	NE	0,6	0,7	0,2
B2	0	SW	0,5	0,6	0,1
B3	1	NE	0,6	0,6	0,5
B4	1	SW	0,4	0,6	0,3
C3	1	SE	0,6	0,7	0,4
C4	1	NW	0,6	0,6	0,5
D1	-1	S	0,6	0,7	0,4
D2	1	S	0,6	0,6	0,6
D3	0	S	0,7	0,7	0,6
D4	-1	S / E	0,5	0,5	0,5
E1	0	E	0,6	0,6	0,2
E2	0	S / E	0,5	0,5	0,2
E3	1	E	0,4	0,5	0,2
E4	1	S / W	0,6	0,7	0,3
F1	0	S	0,7	0,8	0,5
F2	1	S	0,8	0,8	0,5
F3	0	S	0,6	0,7	0,5
F4	1	S	0,8	0,8	0,7
G3	1	S	0,6	0,6	0,5
G4	1	S	0,5	0,6	0,4
H3	1	W	0,5	0,6	0,4
H4	-1	E	0,6	0,6	0,5
Média			0,6	0,6	0,4

Da análise da Tabela 4, pode concluir-se que:

- de um modo genérico, os valores ficam abaixo do valor normativo de 0,7. No entanto, as salas Fi, com bandeiras exteriores no lado oposto às janelas, têm uma uniformidade relativamente melhor;
- os protocolos com iluminação artificial têm um comportamento semelhante revelando que a proteção móvel ativa a 50%, WB_{HO-LT} , é eficaz reduzindo a incidência dos raios solares mas não reduzindo em demasia os níveis de iluminação;
- o protocolo exclusivamente com iluminação natural, WB_{O-LOFF} , à exceção de um resultado, não atinge o valor normativo.

5. Conclusões

Pretendeu-se com a presente campanha experimental, integrada no projeto QUAMIS, caracterizar as condições de iluminação nalgumas salas de aula de escolas da cidade de Viseu. Dos resultados, destacam-se as seguintes conclusões:

- o rácio Aenv/Aútil apresenta um valor médio relativamente elevado. Este rácio elevado pode levar a sobreaquecimentos, minimizáveis com dispositivos de sombreamento adequados;
- grande parte das salas têm bandeiras interiores o que favorece as condições de iluminação e ventilação;
- a utilização de tetos revestidos a aglomerado de cortiça pode ser prejudicial na difusão da iluminação (correntemente, esta tecnologia construtiva deixou de ser utilizada);
- a existência de bandeiras exteriores no lado oposto às janelas é vantajosa na difusão da iluminação natural;
- frequentemente, os níveis médios de iluminação situam-se abaixo do valor normativo de 300 lux, explicáveis, nomeadamente, pela utilização de projetor, sem recurso a luz artificial;
- de um modo genérico, os valores da uniformidade de iluminação (relativamente à sala de aula) ficam abaixo do valor normativo de 0,7;
- como expectável, a uniformidade de iluminação obtida exclusivamente com iluminação natural não é suficiente, pressupondo a complementariedade da iluminação artificial;
- as proteções solares são eficazes, reduzindo a incidência dos raios solares mas não penalizando em demasia os níveis de iluminação.

Pretende-se continuar o presente estudo com novas campanhas experimentais no solstício de inverno e nos equinócios de modo a aquilatar as respetivas variações, nomeadamente, no que diz respeito à uniformidade da iluminação. De igual modo, pretende-se a determinação do FLD, uma vez que as condições de determinação, sob céu encoberto, são mais prováveis de ocorrência em situação de inverno.

Agradecimentos

Os autores agradecem a toda a equipa do QUAMIS e aos seus parceiros, nomeadamente: Câmara Municipal de Viseu; Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDRC); Cligeral - Serviços Clínicos Especializados em Medicina Geral, Lda.; Associação Empresarial da Região de Viseu (AIRV); Laboratório de Radioatividade Natural - Departamento de Ciências da Terra - Universidade de Coimbra; Laboratório de Física das Construções - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI); MONITAR, Lda; Centro Tecnológico de Cerâmica e do Vidro (CTCV); Instituto do Ambiente e Desenvolvimento (IDAD).

Referências

- [1] CEN, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings. Addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustic, EN 15251, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2007.
- [2] Hygge; S.; Knez, I., Effects of noise, heat and indoor lightning on cognitive performance and self reported affect, *Environmental Psychology*, Vol. 21 (2001), pp. 291-299.
- [3] Winterbottom, M.; Wilkins, A., Lighting and discomfort in the classroom, *Environmental Psychology*, Vol. 29 (2009), pp. 63-75.
- [4] Giuli, V.; Pos, O.; Carli, M., Indoor environmental quality and pupil perception in Italian primary schools, *Building and Environment*, Vol. 56 (2012), pp. 335-345.
- [5] Barrett, P. *et al*, A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning, *Building and Environment*, Vol. 59 (2013), pp. 678-689.
- [6] Decreto-Lei n.º 38382, Regulamento geral das edificações urbanas (RGEU, com a redação dada pelo artigo 1.º do Decreto-Lei n.º 650/75, de 18 de novembro), 7 de agosto, *Diário do Governo*, Lisboa, 1951.
- [7] Decreto-Lei n.º 80/2006, Regulamento das características de comportamento térmico dos edifícios (RCCTE), 4 de abril, *Diário da República*, I Série-A, Lisboa, 2006.
- [8] Santos, A., Critérios para a caracterização das condições de conforto visual nos edifícios. Aplicação a sistemas integrados de avaliação, Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção (QIC 2006), LNEC, 2006.
- [9] CEN, Light and lighting. Lighting of work places - Part 1: Indoor work places, EN 12464-1, European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2002.
- [10] Santos, A., Desenvolvimento de uma metodologia de caracterização das condições de iluminação natural nos edifícios baseada na avaliação in situ. Dissertação de Mestrado LNEC/FCUL, Lisboa, 2001.
- [11] Santos, A.; Gomes, M.; Rodrigues, A., A caracterização dinâmica da iluminação natural nos edifícios em climas mediterrânicos, Congresso Construção 2012, Coimbra, 2012.