



**III ENCONTRO NACIONAL
I ENCONTRO LATINO-AMERICANO**
Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE OFUSCAMENTO PARA O PROTÓTIPO DA ESCOLA FELIPE DE OLIVEIRA

Antônio César S. B. Silva, Arquiteto, MsC. Eng^a Civil UFRGS
CPGEC - NORIE - UFRGS

C. Postal 303, CEP 90.001 - 970, Porto Alegre, RS.
Tel.: (0532)232662; E-mail acsbs@bitnet.br.ufrgs.vortex.

Rômulo Plentz Giralt, Arquiteto, Mestrando Eng^a Civil UFRGS
CPGEC - NORIE - UFRGS

C. Postal 303, CEP 90.001 - 970, Porto Alegre, RS.
Tel.: (051)3332695; E-mail giralt@bitnet.br.ufrgs.vortex.

RESUMO

Este trabalho consiste na análise do nível de ofuscamento causado pelo contraste e/ou saturação de iluminação natural, no interior de salas de aula do protótipo de uma escola. Para as medições foram utilizados um Luminancímetro e um Luxímetro e os cálculos do nível de ofuscamento, bem como a análise dos resultados, foram feitos de acordo com a bibliografia em referência. As salas analisadas apresentaram índices de ofuscamento elevados, alcançando níveis até mesmo intoleráveis. A partir destes resultados, são sugeridas algumas medidas para atenuar tais problemas.

ABSTRACT

The paper deals with the analysis of glare level caused by daylight saturation inside classrooms in a primary school prototype. The measurements were carried out by the use of a luminance meter and a lightmeter. The glare level calculation, as well as data analysis were done in accordance with the referred bibliography. The classrooms analysed showed high glare indexes, reaching even intolerable ones. From these results, some solutions are suggested in order to minimize the glare problems.

PALAVRAS-CHAVE

Ofuscamento; conforto; iluminação; escola.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O trabalho consiste na análise do nível de ofuscamento causado pelo contraste e/ou saturação de iluminação natural no interior de salas de aula da Escola Felipe de Oliveira, em Porto Alegre.

A razão deste trabalho é que o ofuscamento pode produzir desconforto, fadiga e redução da eficiência visual, podendo mesmo ocasionar a cegueira momentânea e, por esse motivo, ter uma importante influência sobre os alunos em uma sala de aula, reduzindo até mesmo o seu rendimento escolar. Como as salas de aula em questão fazem parte do protótipo de uma escola padrão, este estudo a ser realizado pode ser generalizado, salvo modificações de orientação, servindo de incremento para este protótipo.

Segundo a ABNT, ofuscamento pode ser definido como: "Defeito de adaptação que se manifesta em caso de excesso de contraste ou excesso de iluminamento, no espaço ou no tempo. No primeiro caso, traduz a falta de harmonia entre a sensibilidade de partes da retina submetidas simultaneamente a iluminamentos diferentes. No segundo caso, resulta do tempo necessário à própria adaptação" (MOREIRA, 1987). O olho humano ajusta-se a luminância média do campo de visão e sob grandes contrastes as áreas menos luminosas não são visíveis (subexposição) e as áreas excessivamente brilhantes causam desconforto (superexposição). Mesmo sem contraste o ofuscamento ocorre sempre que a luminância média do campo de visão estiver em excesso de cerca de 25.000 cd/m² (SZOKOLAY, 1981). Embora seja considerado como um fenômeno subjetivo, o ofuscamento é classificado como de *desconforto* e de *impotência*.

O ofuscamento de *desconforto* é irritante mas necessariamente não prejudica o desempenho visual. Frequentemente é atribuído à tendência da vista de fixar-se sobre os pontos mais brilhantes do campo de visão e deste modo aparenta *fototropismo* (atração que as plantas têm pela luz). O grau de desconforto depende da luminância da fonte, do tamanho da fonte, do ângulo entre a fonte e a linha de vista do observador, da luminância de fundo e do nível de adaptação da vista do observador.

O ofuscamento de *impotência* prejudica o desempenho da tarefa visual e pode ter três causas diferentes:

- 1) Difusão da luz nas lentes do olho produzindo uma "venda" de luminância na retina.
- 2) Tempo insuficiente para a vista se adaptar à nova iluminância excessivamente diferente.
- 3) Fantasmas - nesse fenômeno os processos fotoquímicos essenciais à nossa visão sofrem temporariamente distúrbios, devido ao olho se tornar super carregado com a luz. O cérebro torna-se confuso e continuamos a ver uma sucessão de imagens do brilho do objeto ou reflexão alternativamente positiva e negativa de energia irregular e de diminuição de frequência. A visão completa é frequentemente restabelecida em 5 ou 10 minutos após o evento (GRIEVE, 1988).

A norma brasileira NB 57 da ABNT determina o nível de iluminamento de acordo com a utilização do ambiente. Esses valores variam com a idade média dos ocupantes e com a duração do trabalho. No entanto, nossos olhos não distinguem níveis de iluminamento, mas sim, luminâncias. Um papel branco possui maior luminância do que as letras escuras nele impressas, embora ambos estejam sob o mesmo nível de iluminamento. Essa diferença de luminâncias, que permite a visão das letras por meio de contraste, é devido à diferença de refletâncias espectrais entre o papel branco e as letras escuras. Nota-se que o fenômeno da visão é muito mais preciso se estudado sob a forma de luminâncias. Contudo, na prática, ainda se dá preferência ao conceito de nível de iluminamento, pois sua medida é mais fácil e segura, enquanto que a medição de luminâncias exige maior técnica, equipamentos mais caros e complexos (luminancímetros) (MOREIRA, 1987).

EQUIPAMENTOS E MÉTODOS

Quando não são disponíveis aparelhos medidores, o cálculo da luminância requer o conhecimento das características luminotécnicas dos planos. Como foi disponível o uso de aparelhos ópticos medidores, as luminâncias foram comparadas diretamente por processo eletrônico. Com estes instrumentos pode-se medir diretamente a luminância média de uma área ou a luminância individual das diversas áreas elementares.

Para a fotometria das áreas elementares, coloca-se o diafragma sobre plano focal óptico do medidor, de forma que a abertura do diafragma corresponda à pequena área a ser fotometrada. Assim, somente a luz proveniente da área elementar, passando pelo diafragma, sensibiliza a fotocélula do luminancímetro. Com a utilização de luminancímetros de boa qualidade é possível uma precisão de medições com margem de erros da ordem de 10 a 20% (MOREIRA, 1987).

As medições devem ser feitas das posições que serão ocupadas pelos observadores. Para verificarmos a uniformidade da luminância foram executadas uma série de medidas para diversas posições.

Para as medições foram utilizados um Medidor de Luminância (luminancímetro) - Luminance Meter Type 1101 - da Brüel & Kjaer e um Medidor de Iluminância (luxímetro) - Panlux Eletronic 2 - da Gossen. As medições foram realizadas em dia ensolarado de céu claro em diferentes turnos de utilização das salas de aula (manhã e tarde), em pontos distintos para o observador, procurando uma real configuração do ofuscamento. As medições com o Luxímetro realizadas no interior das salas consideraram a iluminância no "objetivo de visão" (quadro negro) e a iluminância no ponto do observador.

As iluminâncias foram medidas, pois que uma das formas de atenuar o ofuscamento é alterando-as nos pontos do observador ou no "objetivo de visão" (quadro negro), sabido que a luminância é função da iluminância nas superfícies e do fator de luminância destas.

$$L = E * \beta / \pi, \text{ onde:}$$

L= luminância

E= iluminância

β = fator de luminância da superfície

As medições com o Medidor de Luminância são realizadas apontando-se o aparelho para as superfícies de onde emana luz, tanto externas quanto internas.

Os cálculos de ofuscamento foram executados de acordo com a bibliografia em referência, e a utilização dos aparelhos segundo seus manuais.

MEDIÇÕES

As medições foram executadas, à altura do observador sentado, cerca de 1m, de seis posições em cada sala de aula (Figura 2). As posições estabelecidas para a sala 1 no turno da manhã foram mantidas para o turno da tarde e para a sala 2, somente por motivos de comparação. As posições iniciais para a sala 1 foram escolhidas porque no horário da medição pareciam ser as mais desfavoráveis e abrangerem vários ângulos da sala de aula.

A medição da luminância na fonte, feita à altura do observador (1m), considerou como fonte o centro da janela a 1,60m do piso (Figura 1).

A medição da luminância de fundo foi feita no centro do quadro negro à altura do observador.

Alguns pontos de observação foram calculados à mais de uma fonte (janela) de acordo com a necessidade.

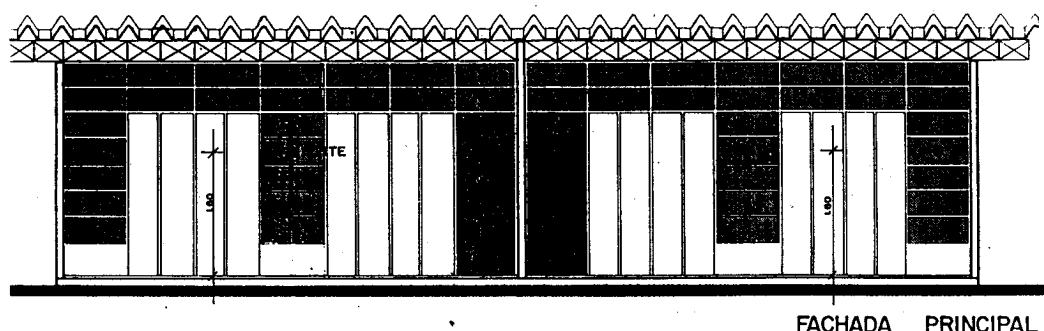


Figura 1. Elevação principal exemplificando os pontos considerados como fonte.

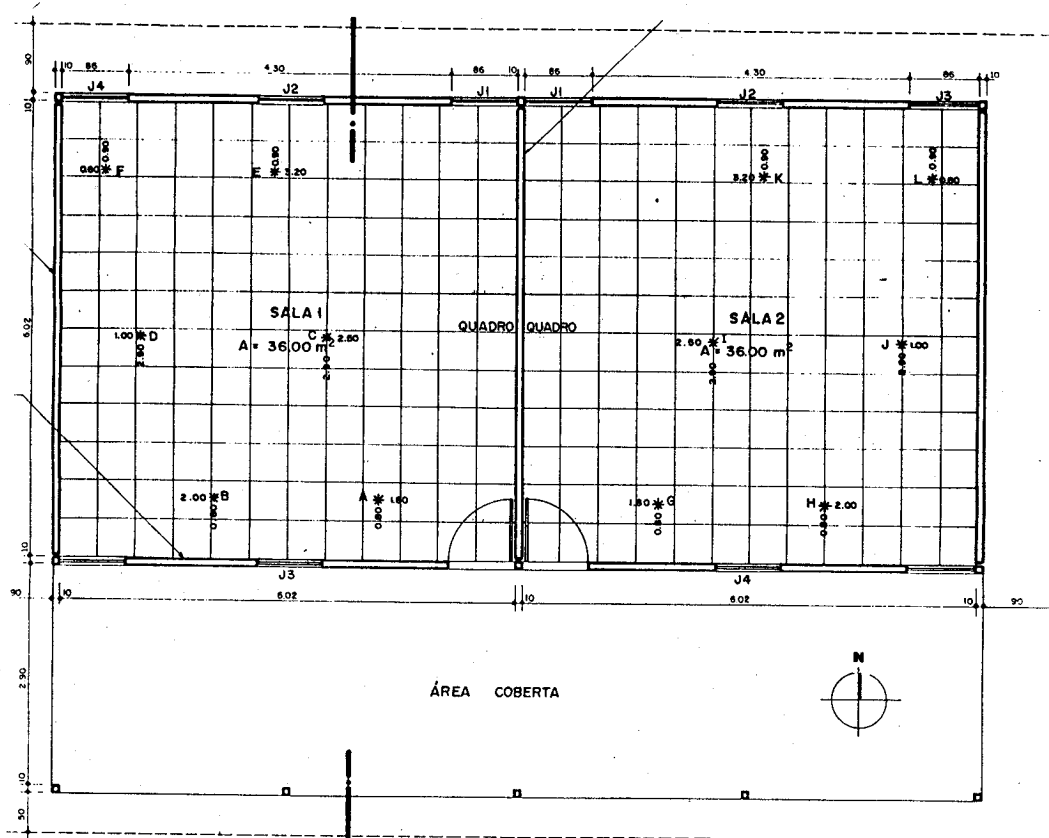


Figura 2. Planta baixa das salas de aula com as posições dos pontos de medição.

Por motivos alheios à nossa vontade não foi possível fazer as medições na sala 2 pela parte da manhã. No entanto, é possível verificarmos seu comportamento distinto da sala 1 comparando-se com o turno da tarde.

Nos quadros de medições segue a seguinte legenda:

L1= luminância da fonte (janela) em cd/m^2 ; L2= luminância de fundo (quadro) em cd/m^2 ;

E= iluminância em lux; J1= janela 1; J2= janela 2; J3= janela 3; J4= janela 4

Para cada ponto foi medida uma iluminância correspondente no quadro negro. As medições foram feitas com a porta fechada.

Quadro 1. Medições na Sala 1 pela manhã - início: 11:30 - fim: 12:30

PONTOS	L1				L2 Quadro	E
	J1	J2	J3	J4		
A	350	-	-	-	34	270
B	832	874	74	-	27	310
C	1330	-	-	-	19	420
D	421	752	132	-	19	390
E	1038	1527	-	-	21	1200
F	-	298	-	1085	20	1000

Quadro 2. Medições na Sala 1 pela tarde - início: 14:45 - fim: 15:20

PONTOS	L1				L2 Quadro	E	
	J1	J2	J3	J4		320	360
A	529	615	-	-	42	270	-
B	1265	1058	167	-	26	360	-
C	336	-	-	-	24	470	-
D	340	420	144	-	20	-	450
E	1516	825	-	-	29	-	1150
F	-	642	-	840	24	-	1150

Quadro 3. Medições na Sala 2 pela tarde - início:14:00 - fim: 14:45

PONTOS	L1				L2	E
	J1	J2	J3	J4	Quadro	500
G	650	-	-	-	38	260
H	1994	1203	-	-	27	250
I	2250	-	-	-	15	410
J	2270	1396	-	552	13	360
K	675	708	-	66	14	950
L	-	580	1555	84	20	825

CÁLCULOS

Como visto anteriormente, o ofuscamento (g) depende da luminância da fonte ($L1$), do tamanho da fonte (A), da luminância de fundo ($L2$) e dos ângulos horizontal (ϕ) e vertical (θ) de deslocamento entre a fonte e a linha de vista do observador. Os ângulos de deslocamento (ϕ e θ) podem ser considerados como Fator de Posição (P), que é tabelado em função destes ângulos de deslocamento ou dos vetores de deslocamento lateral (L), de deslocamento vertical (V) e da distância horizontal (R) (SZOKOLAY, 1981)(Figura 3).

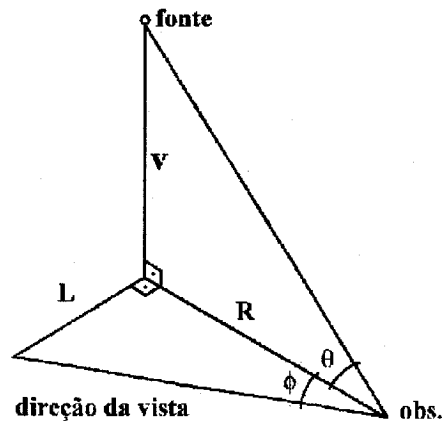


Figura 3. Visualização dos elementos de cálculo

Os cálculos foram feitos em um programa em linguagem BASIC. Após medidas e inseridas as luminâncias ($L1$ e $L2$), a área da fonte (A), os vetores de deslocamento (L e V) e a distância (R) em escala, os cálculos foram executados na seguinte ordem, até chegar ao Índice de Ofuscamento (GI):

- 1) $\phi = \arctan(L/R)$
- 2) $\theta = \arctan(V/R)$
- 3) $\omega = (A/R^2) * \cos \phi * \cos \theta$
- 4) Interpolação para encontrar o valor de P na tabela
- 5) $g = (L1^{1.6} * \omega^{0.8}) * P/L2$
- 6) $GI = 10 \log(0.478 \Sigma g)$

A definição de " ω " como *ângulo visual* considera a área aparente da fonte e a distância desta ao observador.

Como a luminância da fonte foi considerada no centro da janela (1.60m do solo) e a posição do observador a uma altura de 1m, o vetor de deslocamento vertical (V) é uma constante de 0.60m. A área de cada janela (A) calculada é 2m².

O Índice de Ofuscamento para cada sala de aula é apresentado no Quadro 4 a seguir:

