



METODOLOGIA PARA VERIFICAÇÃO DE OCORRÊNCIA DE OFUSCAMENTO POR LUZ NATURAL EM AMBIENTES DE TRABALHO COM TERMINAIS DE VÍDEO

Liliane Janine Nissola (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
e-mail: lilianenissola@hotmail.com

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – LABCON - Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil – e-mail: feco@arq.ufsc.br

RESUMO

Atualmente o número de usuários de computadores aumenta progressivamente, por ser este um equipamento indispensável ao homem moderno, que passa cada vez mais tempo em frente ao aparelho. A tela do computador, por ser uma superfície bastante refletiva e por estar numa posição específica, cria condições propícias à ocorrência de ofuscamento na visão de seus usuários. O presente artigo tem por objetivo demonstrar, através de estudo de caso, uma metodologia desenvolvida para estimar a ocorrência de ofuscamento por luz natural em ambientes com terminais de vídeo. Esta metodologia procura tornar o processo de medição mais prático e preciso, e permite perceber quais variáveis influenciam na ocorrência ou não do ofuscamento por luz natural.

Palavras Chave: Iluminação natural; ofuscamento; terminais de vídeo.

ABSTRACT

Nowadays the number of computer user grows gradually, besides this is an essential equipment for the modern man, who stays more and more time in front of it. The computer screen, with its characteristic shine and position, creates peculiar conditions to glare occurrence. This article aims to show a methodology for evaluating glare occurrence conditions in video terminals environments, created by daylight. This methodology can ease the measurement process and allows noting which variables have more influence on daylight glare occurrence.

Keywords: daylight; glare; computer screen.

1. INTRODUÇÃO

A luz natural é de fundamental importância para o homem, dela depende seu ciclo biológico, ela pode proporcionar economia de energia e melhora a qualidade do ambiente interno. Naturalmente, o ser humano prefere o ambiente banhado por luz natural. Entretanto, o desejo por luz natural é limitado a quando ela começa a causar desconforto, por excesso de radiação, de calor, desconforto térmico ou ofuscamento. (SOARES ET. AL., 1999).

O ofuscamento aparece quando o processo de adaptação da visão não ocorre adequadamente, seja por uma variação muito grande do brilho entre porções do campo visual ou pela visão de algum elemento com um brilho muito elevado. Segundo Pereira (1994), ele pode ocorrer devido a dois fenômenos distintos:

- Contraste: caso a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual seja maior que 10:1.
- Saturação: o olho é saturado com luz em excesso; esta saturação ocorre normalmente quando a luminância da cena excede 25.000 cd/m².

A interação entre luz natural, ambiente interno e computador envolve um fator de relevante importância: a tela do computador, que possui brilho específico, alto grau de refletância, e deve ser

positionada de modo minimizar efeitos de ofuscamento no usuário. Isto sugere que o layout dos espaços e o posicionamento adequado do mobiliário nos ambientes de trabalho com relação às fontes de luz natural – aberturas - apresentam potencial elevado para reduzir o desconforto pelo ofuscamento.

De acordo com Boyce (2003) o efeito do ofuscamento é maior em posições frontais à janela, que em posições laterais. Segundo Grandjean (1998) os monitores devem ficar perpendiculares às janelas. As janelas frontais ou nas costas dos operadores devem ser evitadas, assim são evitados os reflexos das janelas na tela. Já de acordo com a IESNA (1990), escritórios com estações de trabalho informatizado devem usar divisórias de 1,5m de altura entre os postos de trabalho, como parte do mobiliário, dessa forma há um bloqueio efetivo da reflexão e do ofuscamento.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo consiste no desenvolvimento de etapas seqüenciais:

1. Escolha de ambientes distintos com diferentes posicionamentos geográficos para a realização das medições;
2. Definição das estações de trabalho que serão medidas em cada ambiente, sempre em posições diversas (frente, costas e lateral à janela);
3. Medições de luminância e iluminância em cada estação, com céu claro e encoberto e diferentes situações de iluminação interna: com luz natural somente, luz natural e artificial combinadas e luz artificial somente – período noturno;
4. Cálculo dos ângulos sólido e sólido corrigido;
5. Aplicação dos dados obtidos na fórmula do *Daylight Glare Index* (DGi) – que gera o índice de ofuscamento por luz natural.
6. Cruzamento dos dados buscando identificar a variável que tem mais influência sobre o índice de ofuscamento por luz natural;

2.1. Locais de Estudo

Para a realização do estudo de caso foram tomadas quatro salas com terminais de vídeo dentro do campus da Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis – SC. Cada sala escolhida possui características distintas. Nestas selecionaram-se três estações de trabalho, cada qual com diferente posicionamento em relação à fonte de luz (abertura), como podemos perceber nos círculos em vermelho das Figuras 1, 3, 5, e 7, que demonstram as estações medidas.

Sala 1: 3,80x5,95m, pé direito de 3,15m, orientação sudoeste, ocupada por estudantes de graduação. Possui elemento de proteção solar (brise) vertical e elemento de redirecionamento da luz natural - prateleira de luz (ver Figuras 1 e 2).

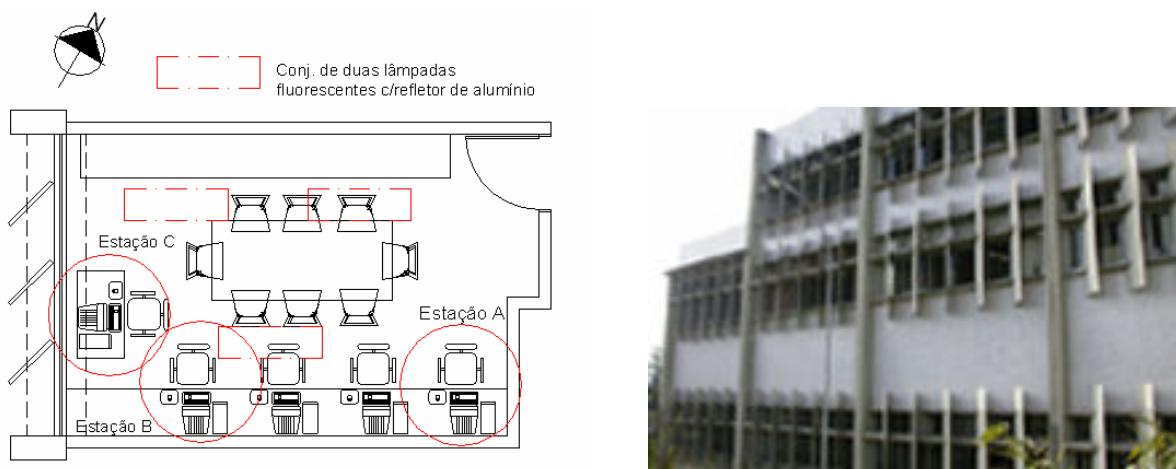


Fig. 1: Planta baixa Sala 1.

Fig. 2: Fachada do prédio onde se localiza a sala 01

Sala 2: 7,05x8,15m, pé direito de 3,15m, orientação oeste, utilizada por alunos de graduação e pós-graduação. Possui elemento de proteção solar (brise) horizontal (ver Figuras 3 e 4). As cortinas permanecem sempre abertas em razão da vontade do usuário, que as fecha somente no período noturno.

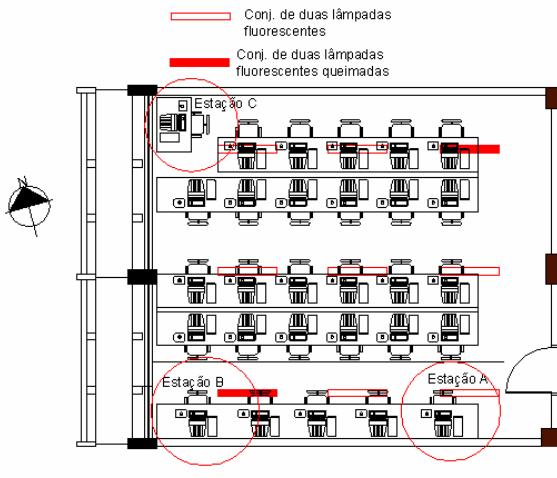


Fig. 3: Planta Baixa Sala 02



Fig.4: Fachada do prédio onde se localiza a sala 02.

Sala 3: 5,70x7,05m, pé direito 3,15m, orientação nordeste, utilizada por bolsistas da graduação e pós-graduação. Possui elemento de maximização solar, prateleira de luz (ver Figuras 5 e 6). Possui persianas em toda a extensão das janelas, e de acordo com a vontade de seus usuários permanecem sempre cerradas, necessitando assim de luz artificial durante todos os períodos de uso.

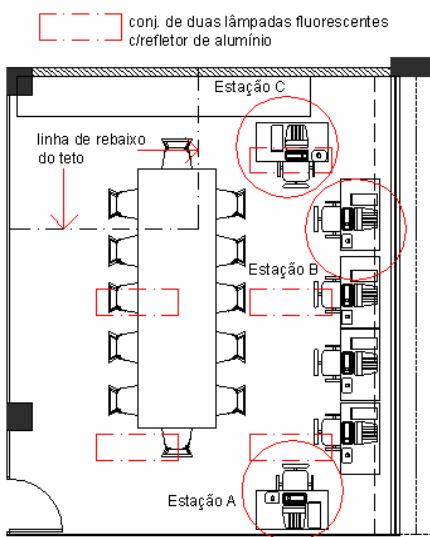


Fig.5: Planta Baixa sala 3.



Fig.6: Fachada do prédio onde se localiza a sala 03.

Sala 4: 6,65x4m, pé direito de 3,25m, orientação leste, utilizada por bolsistas da graduação e pós-graduação. Esta sala não possui elementos externos de proteção solar, mas possui persianas verticais internas, que ficam sempre fechadas devido à vontade dos seus usuários (ver Figuras 7 e 8). Estes apresentaram reclamações em relação à claridade excessiva. Consequentemente, o sistema de iluminação artificial é mantido ligado também durante o dia.

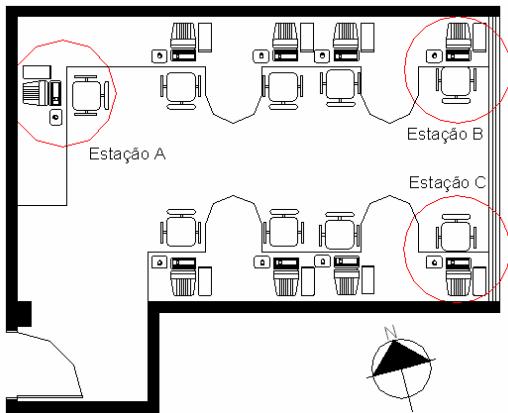


Fig. 7: Planta da sala 04.



Fig.8: Fachada do prédio onde se localiza a sala 04.

2.2. Índice de Ofuscamento

O índice de ofuscamento por luz natural empregado foi proposto pela Cornell University (Equações 1 e 2), e utilizado por Chauvel et. al.(1982), por ser a única encontrada na bibliografia que possibilita quantificar o ofuscamento por fontes de grandes dimensões.

$$dG = 0,48 \left[\frac{L_s^{1.6} \times \Omega^{0.8}}{L_b + (0.07 \times \omega^{0.5} \times L_a)} \right] \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

dG – Coeficiente de Ofuscamento

L_s – luminância da fonte de ofuscamento (cd/m^2)

L_b – luminância média do campo de visão (excluindo a fonte) (cd/m^2)

Ω – ângulo sólido subentendido pela fonte. (sr - esteradiano)

ω – ângulo sólido subentendido pela fonte, modificado devido à linha de visão do observador. (sr - esteradiano)

Para cada abertura no campo de visão é determinado um valor para a constante dG (Equação 1). Esses valores são então somados para expressar o índice de ofuscamento DGi – *Daylight Glare Index*:

$$DGi = 10 \log_{10} \sum dG \quad (\text{Eq. 2})$$

A variável luminância, indispensável ao cálculo do ofuscamento, foi medida com luminâncímetro (Luminance meter LS 110 – Minolta), nas três estações escolhidas em cada sala, e para três situações distintas:

1. Presença somente de luz natural (período diurno sem luz artificial)
2. Presença somente de luz artificial (período noturno com luz artificial)
3. Presença de luz natural e artificial combinadas (período diurno com luz artificial)

Todas as medições foram realizadas com céu claro e com céu encoberto.

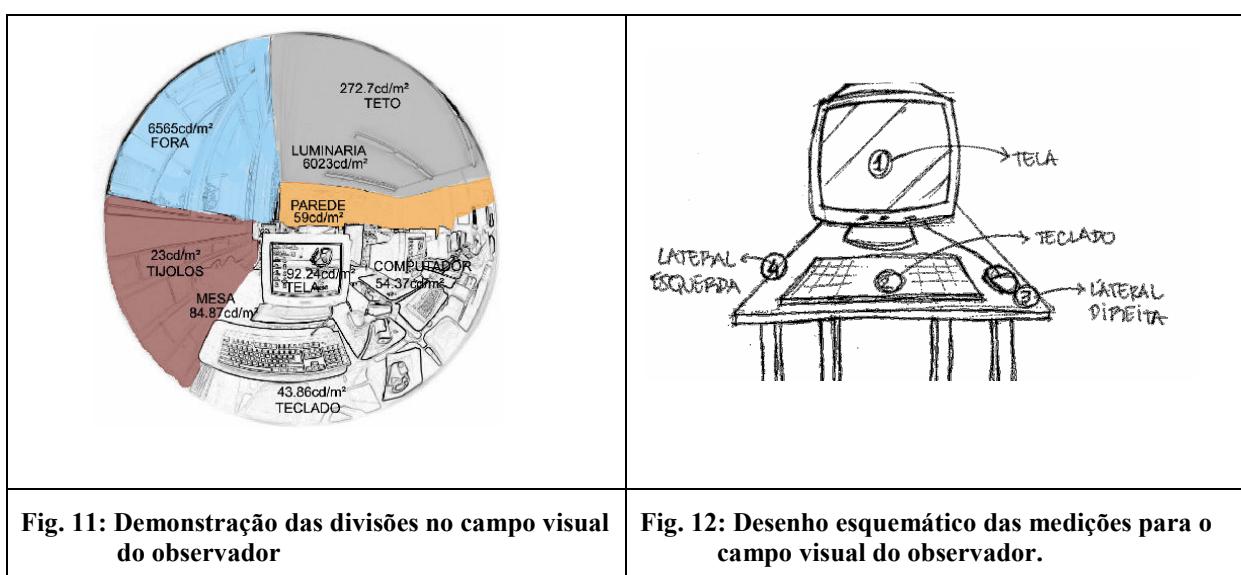
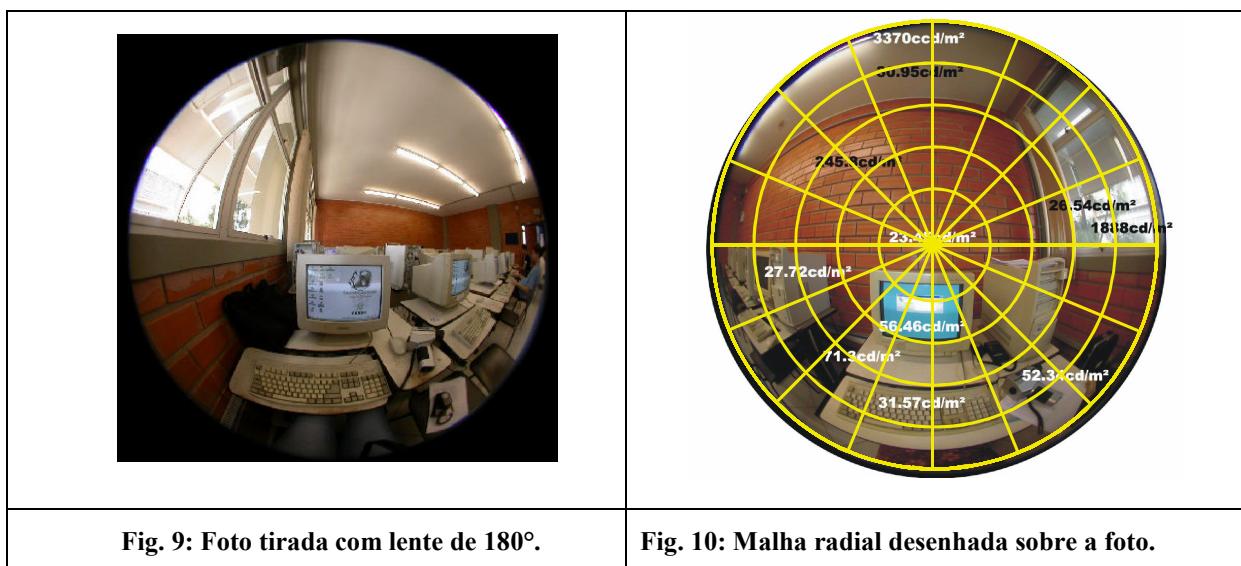
A metodologia utilizada para obtenção da luminância nos postos de trabalho consistiu primeiramente em fotografar as estações de trabalho com uma câmera digital com lente olho-de-peixe - 180°, Nikon Coolpix 4500 (ver Figura 9), imprimir esta fotografia e desenhar sobre ela uma malha radial (ver Figura 10), verificando quais pontos poderiam ser considerados similares em termos de iluminação, para posteriormente, medir com o luminâncímetro, as partes mais representativas dentro do campo

visual do observador, em termos de tamanho e brilho (ver Figuras 9, 11 e 12). Este processo foi repetido em todas as estações medidas, nas três situações descritas acima.

Estas medições visam caracterizar o campo visual do usuário, mostrando os diferentes níveis de luminância e de iluminação nos postos de trabalho. Verificou-se também as luminâncias médias, as quais foram confrontadas com valores recomendados por bibliografia especializada (ver Tabela 1).

Tabela 1: Proporções recomendadas para luminâncias dentro do campo visual. (Fonte: IESNA, 2000)

Condição	Proporção
Tarefa visual e superfície de trabalho	3:1
Tarefa visual e espaço circundante	10:1
Entre fonte de luz e fundo	20:1
Máxima diferença no campo visual	40:1



Simultaneamente, as luminâncias também foram medidas em todas as salas com um luxímetro Minipa (MLM-1332), para verificar adequação do ambiente à tarefa. Para estas medições foi utilizado o método descrito em ABNT (2004). Com a obtenção do valor de luminância em cada ponto medido

foram geradas curvas isolux com o *software Surfer 5.0* e encontrada a iluminância média, que deve estar de acordo com os valores para o tipo de local, que de acordo com a tarefa desenvolvida (terminais de vídeo) é em média 500Lux (ABNT, 1991)

Na seqüência foram analisados os dados obtidos por estas medições e utilizados para a determinação do índice de ofuscamento por luz natural (DG_i) pela fórmula de Cornell, com o intuito de verificar a influência das diversas variáveis sobre a condição de ofuscamento nos ocupantes das salas estudadas. Segundo a IESNA (1990), o índice máximo DG_i recomendado para este ambiente é igual a 20.

Em todas as estações também foram analisadas as relações entre luminâncias encontradas e recomendadas, entre fonte e fundo, entre campo central e periférico, somente no campo central, e a máxima diferença entre luminâncias encontradas no campo visual.

3. RESULTADOS ENCONTRADOS

São apresentadas a seguir algumas das fotos tiradas nas estações de trabalho A e C da sala 01 (ver Figuras 13 e 14). Através delas pode-se perceber as diferenças entre os campos visuais do usuário em dias encobertos e claros, quando há somente luz natural e quando a artificial foi acionada, o que é visualmente perceptível. Estas fotos mostram as condições em que foram feitas as medições, as diferenças de brilho e contraste nas diversas situações e permitem perceber se as condições do entorno se modificaram ou não, como por exemplo, se as persianas estão abertas ou fechadas. A lente 180° nos permite tirar fotos de todo o campo visual do usuário, e foi uma importante ferramenta para esta pesquisa.

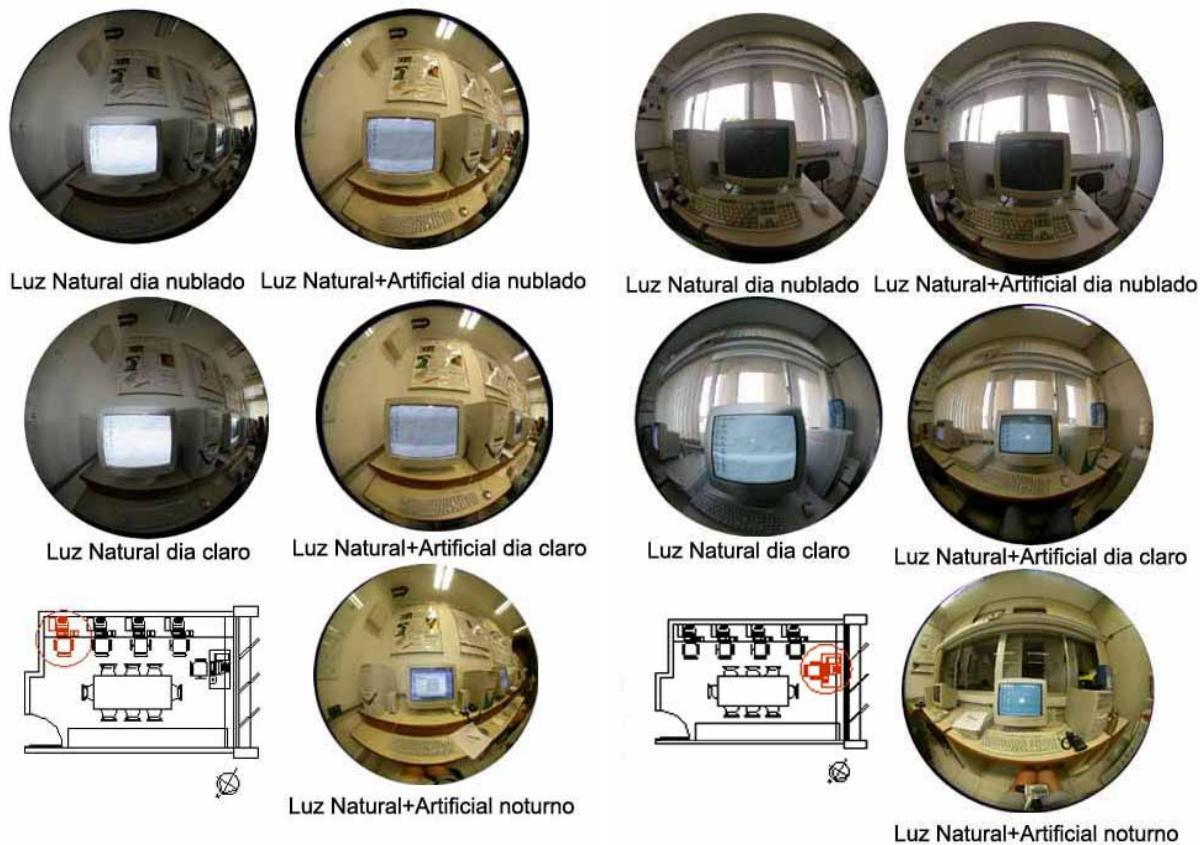


Fig. 13: Campo visual da estação A da sala 01

Fig. 14: Campo visual da estação C da sala 01.

A seguir é apresentado um comparativo entre as estações que demonstraram o menor e o maior índice de ofuscamento na sala 01.

3.1 Estação A

A estação que apresentou menor índice de ofuscamento localiza-se distante da janela e lateralmente a esta (ver Figura 15), e isto ocorreu na situação de céu claro com luz natural e artificial combinadas (ver Tabela 3). As persianas permaneceram fechadas no momento da medição porque assim se encontravam por vontade dos usuários. Percebemos uma iluminação homogênea, com focos concentrados somente nas lâmpadas, entretanto, a iluminância se mostrou excessiva – 1376lux, enquanto a indicada pela norma é 500lux. O entorno possui alta refletância devido à predominância das cores claras, o contraste máximo encontrado foi de 22:1 entre campo central e periférico (ver Tabela 2).

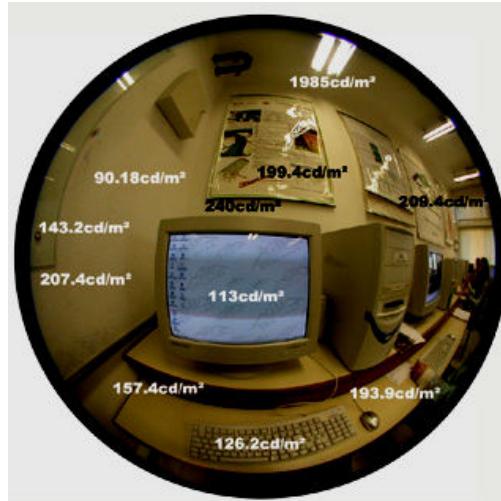


Fig. 15. Estação de trabalho A da sala 01 apresentou menor ofuscamento.

Tabela 2: Contrastos encontrados na avaliação da estação de trabalho A da sala 01.

RELAÇÃO ENTRE LUMINÂNCIAS	PROPORÇÃO RECOMENDADA	PROPORÇÕES ENCONTRADAS
No campo central.	3:1	2,6: 1
Entre o campo central e periférico.	10:1	22:1
Entre fonte de luz e fundo,	20:1	18:1
Máxima diferença no campo visual,	40:1	22:1

Tabela 3: Valores utilizados para o cálculo do índice de ofuscamento na estação A – sala 01.

VARIÁVEIS CONSIDERADAS		VALOR
L_w	Luminância da abertura	3542 cd/m ²
$\sum A$	Somatório da área da abertura	1,42 m ²
β	Ângulo do observador à normal a abertura (vertical)	14°
D	Distância do observador a abertura	5 m
L_B	Luminância do fundo	203 cd/m ²
P	Ângulo de correção do cosseno (relativo ao ângulo de visão)	0,966
$\sum \Omega$	Somatório ângulo sólido não modificado	0,00476sr.
$\sum \omega$	Somatório ângulo sólido modificado	0,00465sr.
dG	Coeficiente de ofuscamento	14
DGi	Índice de ofuscamento por iluminação natural	11,5

3.2 Estação C

A estação que apresentou maior índice de ofuscamento (ver Tabela 5) foi a mais próxima à janela e de frente para esta (Figura 16), avaliada com céu nublado e somente com luz natural, sem iluminação artificial. Tal índice foi calculado com base na situação de utilização encontrada, ou seja, com as persianas abertas, pois decidiu-se mensurar o ambiente de acordo com o uso dado pelos usuários.

As medições de luminâncias demonstraram contrastes excessivos no campo central e entre o central e o periférico, ambas ultrapassaram os limites recomendados (Tabela 4). Isto é bastante previsível pois a abertura (luz natural) apresentou luminância elevada, com contraste excessivo em relação ao ambiente interno; este contraste excessivo é provavelmente o responsável pela indicação de ocorrência de ofuscamento nesta estação (DG_i = 27,75 quando o máximo recomendado sem desconforto é de 20).

A iluminância se mostrou dentro dos limites aceitáveis, 452 lux.. O entorno apresenta alta refletância, com cores claras, e embora pareça haver um grande contraste entre campo central e periférico, está somente um ponto acima do recomendado.

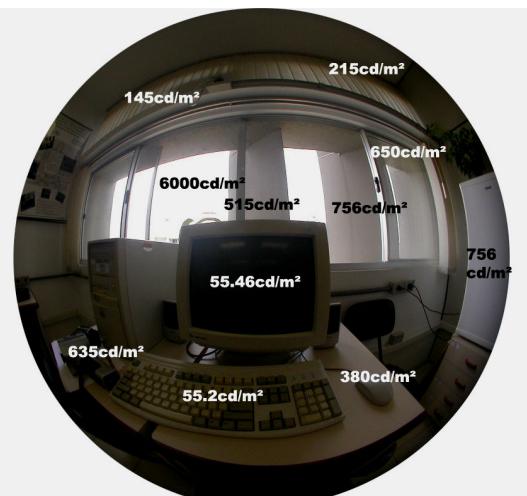


Fig. 16. Estação de trabalho C da sala 01, apresentou maior ofuscamento.

Tabela 4: Contrastos encontrados na avaliação da estação de trabalho C da sala 01.

RELAÇÃO ENTRE LUMINÂNCIAS	PROPORÇÃO RECOMENDADA	PROPORÇÕES ENCONTRADAS
No campo central.	3:1	11,5: 1
Entre o campo central e periférico.	10:1	11:1
Entre fonte de luz e fundo,	20:1	17,8:1
Máxima diferença no campo visual,	40:1	11,5: 1

Tabela 5: valores utilizados para o cálculo do índice de ofuscamento na estação C da sala 01.

VARIÁVEIS CONSIDERADAS		VALOR
L_w	Luminância da abertura	6000 cd/m ²
$\sum A$	Somatório da área da abertura	4,758 m ²
β_0	Ângulo do observador à normal a abertura (vertical)	53°
	Ângulo do observador à normal a abertura (horizontal)	73°
D	Distância do observador a abertura	0,98 m
L_B	Luminância do fundo	337 cd/m ²
P	Ângulo de correção do cosseno (relativo ao ângulo de visão)	0,876

VARIÁVEIS CONSIDERADAS		VALOR
$\Sigma \Omega$	Ângulo sólido não modificado	0,89sr.
$\Sigma \omega$	Ângulo modificado	0,78sr.
dG	Coeficiente de ofuscamento	595
DGi	Índice de ofuscamento por iluminação natural	27,75

3.3 Estudo Comparativo

Nota-se que a luminância da fonte (abertura) na situação de maior ofuscamento é quase o dobro da apresentada na situação anterior, que ambas as luminâncias de fundo são baixas e que os ângulos sólido modificado e não modificado são mais de 100 vezes menores na situação de menor ofuscamento por luz natural (ver Tabela 3 e 5).

Percebe-se também pelas fotos a diferença entre os dois campos visuais: um bastante claro e com iluminação bastante homogênea (Figura 15) e outro bem escuro e com uma porção muito brilhante – a janela, gerando um contraste excessivo (Figura 16).

4. CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho consistiu na apresentação de uma metodologia para a realização de medições em ambientes com terminais de vídeo a serem utilizadas no cálculo de ofuscamento por luz natural - *Daylight Glare Index*. Os procedimentos apresentados foram empregados num estudo de caso, o que proporcionou a oportunidade de comparar diferentes condições de estações de trabalho informatizadas, sempre buscando a compreensão sobre quais fatores influenciam a ocorrência de ofuscamento por luz natural.

Os resultados obtidos mostram, de maneira geral, que quanto maior a luminância da fonte, maior o índice de ofuscamento, e que o posicionamento da estação de trabalho é de fundamental importância na ocorrência ou não de ofuscamento, pois quanto mais distante da linha de visão do observador estiver a fonte luminosa (janela) e menor for a o seu tamanho aparente (ângulo sólido), menor a probabilidade de ocorrência de ofuscamento.

Com este estudo, acredita-se ter avançado um pouco no processo de avaliação da probabilidade de ocorrência de ofuscamento em ambientes de trabalho informatizado devido à luz natural. O ofuscamento é uma variável de conforto visual relativamente desconhecida e pouco considerada pelos projetistas, mas que exerce uma forte influência no bem-estar dos usuários e, consequentemente, na sua produtividade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB 57 – Iluminação de Interiores.** ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.215-4 – Iluminação Natural – Parte 4 – Verificação Experimental das Condições de Iluminação Interna de Edificações – Método de Medição.** ABNT, 2004.

BOYCE, P., HUNTER, C., INCLAN, C. **Overhead Glare and Visual Discomfort.** Journal of the Illuminating Engineering Society. Winter, 2003.

CHAUVEL, P., COLLINS, J.B., DOGNIAUX, R., LONGMORE, J. **Glare from window: current views of the problem.** Lighting Research and Technology, Vol. 14 N° 01, 1982.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem.** 4. ed. Porto Alegre: Bookman, Brasil, 1998.

IESNA Lighting Handbook: Reference and application. Illuminating Engineering Society of North America, 8th edition, New York, USA, 1990.

IESNA VDT Lighting. Illuminating Engineering Society of North America, New York, USA, 1990.

IESNA Lighting Handbook. The Illuminating Engineering Society of North America, 9th edition, New York, USA, 2000.

NISSOLA, L. J. A Influência da Luz Natural na Probabilidade de Ocorrência de Ofuscamento em Ambientes com Terminais de Vídeo – Um Estudo de Caso. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Programa da Pós Graduação em Arquitetura, UFSC – Florianópolis/SC, Brasil, 2005.

PEREIRA, Fernando O. R. Iluminação. Apostila do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho. CTC. UFSC. Florianópolis/SC, Brasil, 1994.

SOARES, M. M., VALADARES, V. M. Potencialidades Luminosas de Tipologias de Janelas em Interiores. In: Anais do IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza/Ceará, Brasil, 1999.

SOUZA, R. V. G. S. Desenvolvimento de modelos matemáticos empíricos para a descrição dos fenômenos de iluminação natural externa e interna. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFSC – Florianópolis/SC, Brasil, 2004.