



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO DO CONFORTO VISUAL EM UMA SALA DE AULA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**

**Liziana O. Peixoto (1); Renata T. S. Castro (2); Ricardo C. Cabús (3)**

- (1) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - DEHA/FAU/UFAL, lilipdesigner@gmail.com
- (2) Arquiteta e Urbanista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - DEHA/FAU/UFAL, renatatorrescastro@gmail.com
- (3) PhD, Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFAL, Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, GRILU – Grupo de Estudos em Iluminação, r.cabus@gmail.com

### **RESUMO**

A cidade de Maceió recebe grande quantidade de radiação solar durante todo ano. Essa quantidade de luz natural é suficiente para que os ambientes não façam uso da iluminação artificial durante grande parte do dia. Desta forma, a incidência de luz solar direta e difusa deve ser controlada para evitar ofuscamentos e, ao mesmo tempo, permitir uma melhor distribuição no ambiente interno. O objetivo é verificar a quantidade de luminância da sala de aula do mestrado DEHA, da UFAL. A sala, posicionada na orientação Norte-Noroeste, obteve as avaliações elaboradas nos períodos da manhã e da tarde, divididas em três posições (de costas para janela, em frente à janela e em frente ao quadro) e em duas situações diferentes (luz artificial acesa e luz artificial apagada). Justifica-se a importância da pesquisa, uma vez que o desempenho visual da sala pode prejudicar a concentração dos alunos se o ambiente apresentar ofuscamento aos usuários. A metodologia surgiu da pesquisa de normas da IESNA, do levantamento arquitetônico da sala, bem como da observação das tipologias arquitetônicas. Para medição, foi utilizado o aparelho Luminâncímetro, posicionando na altura do observador (1,20m) e apontando para os pontos determinados em plantas baixas e cortes. Os resultados da pesquisa permitiram confirmar que há contraste no ambiente, sendo este maior ou menor de acordo com a posição do usuário. Verificou-se também que, na maioria das proporções encontradas, o contraste é reduzido no período da tarde e na situação 'luz artificial acesa', uma vez que a iluminação interior é elevada e, assim, o contraste diminuído. As medições contribuíram, também, para confirmar a influência do entorno e da orientação solar na intensidade e distribuição da luz natural nos ambientes. Como contribuição final, propõe-se estudo sobre as disposições das tarefas mais adequadas, que evitem ofuscamento.

Palavras-chave: luminância, conforto visual, ofuscamento.

## 1. INTRODUÇÃO

A cidade de Maceió, localizada na latitude 9°40' sul e longitude 35°42' oeste, possui um clima caracterizado como quente e úmido, apresentando um céu parcialmente nublado e recebendo grande quantidade de radiação solar durante todo o ano. Esse tipo de céu proporciona brilho intenso, podendo causar ofuscamento aos usuários quando a luz adentra um ambiente através das aberturas.

O ofuscamento é gerado pelo contraste entre a maior e a menor luminância. Quando esta relação ultrapassa certos limites, não possibilita o processo de adaptação, gerando desconforto visual aos usuários. A visão humana é um sistema perceptivo complexo apresentando limitações de percepção de luz, determinados pelos ângulos visuais humanos horizontais e verticais (GARROCHO, 2007).

A presente pesquisa avalia o conforto visual em uma sala de aula do mestrado DEHA da Universidade Federal de Alagoas, situada na orientação Norte-Noroeste. De acordo com esta orientação, pode-se perceber elevados níveis de luminância e ofuscamento em alguns pontos do ambiente, os quais podem prejudicar o desempenho dos alunos nas aulas apresentadas. A sala de aula em estudo é um ambiente de real ocupação durante todo o ano, nos períodos da manhã e da tarde, a qual segue a recomendação da ABNT NBR 15215 (2004): “as medições tem como objetivo avaliar as condições de iluminação natural do ambiente construído em condições reais de ocupação e utilização”.

## 2. OBJETIVO

O presente artigo tem como objetivo verificar a variação de luminância e avaliar a ocorrência de ofuscamento no campo visual dos alunos, na sala de aula do Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), tendo como referência a tabela de proporções de quantidades de luminâncias sugerida pela norma IESNA *Lighting Handbook* (Manual de Iluminação da América do Norte).

## 3. METODOLOGIA

De início, foi elaborado o levantamento arquitetônico da sala, bem como observadas as tipologias arquitetônicas e os equipamentos utilizados no ambiente. Não foi elaborada entrevista aos alunos, porém, houve conversas com os usuários da sala as quais serão comentadas durante o desenvolvimento da pesquisa.

Foram elaboradas medições de luminância nos períodos da manhã e da tarde na primavera, em três tipos de ocupações diferentes do estudante em sala de aula (de costas para janela, em frente à janela e em frente ao quadro). Em todas estas situações foram verificadas as condições luminosas do recinto com o uso da luz natural integrada com a artificial e com apenas o uso da luz natural.

As medições foram executadas nos dias 15 de dezembro durante a tarde (14:30h às 15:50h) e no dia 17 de dezembro durante a manhã (07:50h às 9:00h). Como a avaliação aconteceu durante o fim da primavera, as proporções encontradas baseiam-se em valores desta estação, quando a posição do Sol encontra-se voltada mais a orientação Sul. Desta forma, os valores devem ser superiores no período do outono e inverno, quando o Sol encontra-se mais voltado para a orientação Norte.

A visão binocular possui o campo visual vertical entre os ângulos de 60° na parte superior limitado pela testa, e de 70° na parte inferior limitada pela face – intermediados pelos ângulos de 30° nas partes superiores e inferiores, denominadas de campo médio de visão nítida. O campo visual horizontal é determinado pelos ângulos de 30° (visão imediata), 60° (visão média) e 90° (visão periférica), onde, neste último apenas se percebe movimentos (RAMALHO et al, 1995; TREGENZA; LOE, 2004). Os pontos de medição foram determinados em plantas baixas e cortes, utilizando os ângulos visuais horizontais (30° e 60°) e os ângulos visuais verticais (60° e 70°), porém o ângulo de 90° foi desconsiderado nesta pesquisa, já que este só percebe movimentos. E um ponto extra foi definido dentro do ângulo vertical, pois a existência de mesas brancas no centro da sala aumenta a percepção do brilho por reflexão. O instrumento de medição utilizado foi o Luminômetro Minolta (Meter LS-100) e a altura para medição foi de 1,20m considerando a altura dos olhos do observador sentado.

Nas medições, foram seguidas as recomendações da norma ABNT NBR 15215 parte 4 (2004) a qual recomenda que, em caso de disponibilização de poucos aparelhos, as medições devem ser realizadas

com menor tempo entre os pontos. Os resultados foram registrados em tabelas com data, hora, tipo de céu e situações e, posteriormente, elaboradas as avaliações, de acordo com as proporções entre diversos pontos da medição. Foram executadas, também, fotografias para apresentação da situação do ambiente na pesquisa.

### 3.1 Caracterização do Objeto de Estudo

O ambiente em estudo compreende a sala de aula do mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), da Universidade Federal de Alagoas. Situa-se numa área sem edificações vizinhas, havendo apenas a presença de vegetação e muro de divisa de lotes os quais não impedem a penetração direta da luz do dia (figura 01).



Figura 01: Sala de Mestrado do DEHA

A sala é utilizada no período diurno e possui orientação Norte - Noroeste com uma área de 53,96m<sup>2</sup> e forro em PVC branco com altura de pé direito de 2,41m. Dispõe de duas janelas na mesma parede com dimensões de 3,43m x 1,36m e peitoril de 1,05m cada em estrutura de alumínio na cor natural, com vidros transparentes e beiral de alvenaria para proteção solar com 0,84m de profundidade.

As janelas possuem cortinas em virtude da forte iluminação provinda da esquadria, as quais são utilizadas sempre que o *datashow* é ligado evitando o excesso de luz no ambiente. A porta de entrada mede 1,70m de largura, possui área com vidro transparente fixo e seu material é PVC na cor bege com detalhes pretos. A sala possui duas laterais em paredes de alvenarias pintadas na cor branco neve e duas laterais em divisória de PVC na cor bege com detalhes pretos, além do piso em granilite na cor bege. As cores claras dos ambientes indicam alta refletância dos materiais e, desta forma, maiores quantidade de luz no ambiente.

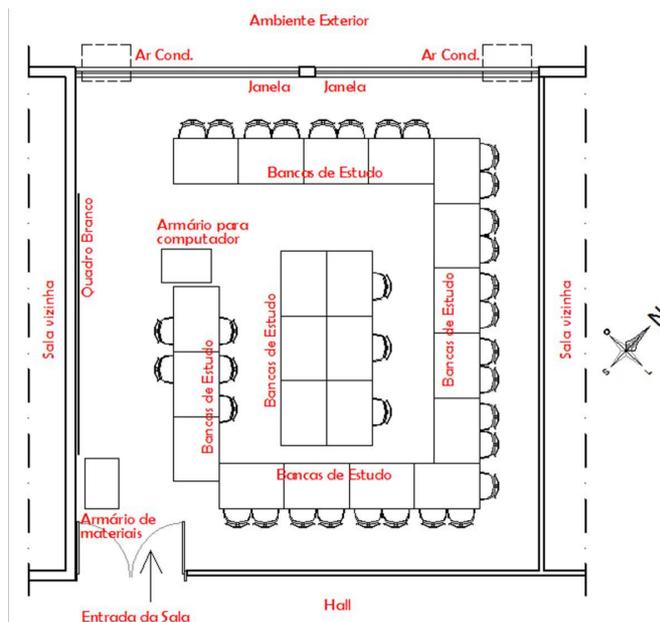


Figura 02: Planta Baixa da Sala do DEHA

A sala possui 22 bancas de estudo na cor branca, medindo 0,70m x 1,00m e altura de 0,72m cada uma, disposta em formato de U e 35 cadeiras na cor preta, além de um armário de materiais na cor cinza,

um móvel para computador na cor branca e um quadro branco para aplicação de aulas (figuras 01 e 02) ademais, a sala contém quatro conjuntos de luminárias em metal branco com duas lâmpadas fluorescentes cada uma, as quais são usadas quando há o fechamento das janelas e das cortinas ou quando o ambiente escurece como no fim da tarde.

#### 4. ANÁLISES E RESULTADOS OBTIDOS

Para elaboração da análise da quantidade de luminância no interior do ambiente da sala de aula, foi utilizado como referência a tabela de proporção e relação de luminâncias e contrastes apresentada pela norma americana IESNA *Lighting Handbook*, uma vez que no Brasil não há normas que determinam os valores mínimos e máximos para luminâncias em ambientes. As normas estrangeiras são mais elaboradas e podem servir como referência, contudo, deve-se considerar a diferença entre os climas.

A tabela de proporções apresenta relações da quantidade de luminância entre um ponto no ambiente e demais pontos. Os valores máximos recomendados encontram na tabela 01, segundo IESNA (2000):

**Tabela 01: Taxas de Proporção de Luminâncias**

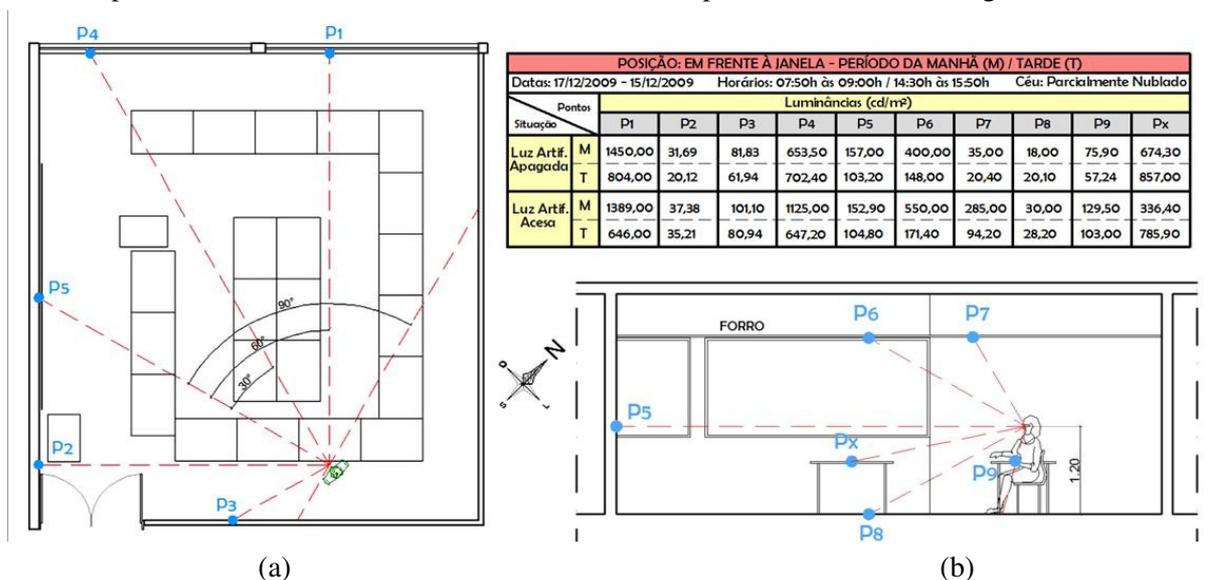
PROPORÇÃO	RELAÇÃO
Entre a tarefa e o entorno imediato	3:1
Entre a tarefa e superfícies escuras mais afastadas	10:1
Entre a tarefa e superfícies claras mais afastadas	0,1:1
Entre a fonte de luz (natural ou artificial) e superfícies adjacentes	20:1
Máximo de Contraste em Qualquer Parte do campo de visão	40:1

Fonte: IESNA, 2000

As disposições das bancas de estudo são distribuídas em três situações: em frente às janelas, em frente ao quadro branco e de costas para janelas, e para todas, o ponto tarefa será o quadro branco. Foram escolhidos no total 10 pontos na sala para cada posição, baseados nos campos visual horizontal e vertical humano, correspondentes a pontos significativos de entorno imediato, remoto e periférico.

##### 4.1 Em Frente à Janela

Nesta atividade da sala, os usuários estão dispostos com a visão voltada para o quadro branco. A angulação do campo visual horizontal humano, 30° e 60°, P5 como o plano de tarefa, P2 e P4 como entorno mediato, P1 e P3 como remoto (figura 03a). Os demais pontos foram baseados na angulação do campo visual vertical humano, 60° e 70°, obtendo o P9 como o ponto na banca de estudo, P6 e P7 no forro próximo às luminárias e P8 no chão, e Px como o ponto extra conforme figura 03b.



**Figura 03:** Planta Baixa (a), Corte (b) e Valores de Luminância dos pontos em frente à Janela

A quantidade de luminância obtida através medição com o luminômetro, em  $\text{cd/m}^2$ , no **período da manhã** variaram de 31,69 a 1450,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos horizontais e de 18,00 a 674,30  $\text{cd/m}^2$  nos pontos verticais, conforme valores da figura 03.

Constatou-se que na tabela 02, os P1, P5 e Px na condição de luz artificial apagada possuem valores de luminâncias maiores que a condição de luz artificial acesa, pois a luz natural é bastante variável e a condição do céu no horário da medição era o parcialmente nublado com nuvens passando e, assim, variando constantemente a quantidade de luz natural proveniente do céu.

**Tabela 02: Proporção de Luminâncias em frente à janela (manhã)**

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P5) e o entorno imediato (P2)	4,9: 1	4:1
Tarefa (P5) e o entorno imediato (P4)	4,1: 1	7,3:1
Tarefa (P5) e a visão imediata (Px)	4,2:1	2:1
Tarefa (P5) e a visão imediata (P6)	2,5: 1	3,6:1
Tarefa (P5) e superfície escura mais afastada (P3)	1,9: 1	1,5:1
Tarefa (P5) e superfície escura mais afastada (P8)	8,7: 1	5:1
Fonte de luz (P4) e superfície adjacente (P5)	4,1: 1	7,3:1
Máximo de Contraste (P1 e P8)	80:1	46,3:1

Observa-se que nas duas situações, tanto com a luz artificial acesa ou com a luz apagada, ocorre que algumas situações não estão em conformidade com os valores máximos recomendados. No caso da proporção de contrastes entre o ponto de tarefa (P5) e o entorno imediato (P2), este último está afastado da janela recebendo assim pouca iluminação. Entre o ponto de tarefa (P5) e entorno (P4), o ponto P4 está localizado na janela, que é considerado uma fonte de luz secundária e esta possui grandes dimensões, aumenta a percepção do brilho que adentra o ambiente através de transmissão luminosa oriunda da janela. Já, entre P5 e Px (luz artificial apagada) e entre P5 e P6 (luz artificial acesa), o primeiro está acima do recomendado porque o ponto Px está localizado na mesa de cor branca e possui alta refletância contribuindo com o aumento do brilho incidente, o que acontece também no segundo caso, sendo que o ponto está localizado no teto que é de forro branco de PVC, material também de alta refletância. A última análise realizada entre o valor mais alto e mais baixo, gerando contrastes elevadíssimos já que um ponto está localizado na janela e ou outro no chão que acaba sendo escuro por está numa área de sombreamento oriundo das mesas existentes na sala de aula. E os demais pontos encontram-se dentro da norma.

A quantidade de luminância obtida através medição com o luminômetro, em  $\text{cd/m}^2$ , no **período da tarde** variaram de 20,12 a 804,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos horizontais e de 20,10 a 857,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos verticais, conforme valores da figura 03.

Na tabela 03, os P1, P4 e Px na condição de luz artificial apagada possuem valores de luminâncias maiores que a condição de luz artificial acesa, isso é explicado porque a luz natural é bastante variável e a condição do céu no horário da medição era o parcialmente nublado com nuvens passando, sendo inconstantemente a quantidade de luz natural proveniente do céu. E comparando a medição de luminância da manhã com a de tarde, observa-se que a condição de céu para tarde possuía menores níveis de iluminação natural com relação ao período da manhã, e a iluminação natural obteve mais uniformes, resultando em menores contrastes de proporção de luminâncias.

**Tabela 03: Proporção de Luminâncias em frente à janela (tarde)**

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P5) e o entorno imediato (P2)	5,1:1	2,9:1
Tarefa (P5) e o entorno imediato (P4)	6,8:1	6,1:1
Tarefa (P5) e a visão imediata (Px)	8,3:1	7,5:1
Tarefa (P5) e superfície escura mais afastada (P3)	1,6:1	1,2:1

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P5) e superfície escura mais afastada (P8)	5,1:1	3,7:1
Tarefa (P5) e a visão imediata (P6)	1,4:1	1,6:1
Fonte de luz (P4) e superfície adjacente (P5)	6,8:1	6,1:1
Máximo de Contraste (Px e P8)	42,6:1	27,8:1

Observa-se que nas duas situações, tanto com a luz artificial acesa ou com a luz apagada, ocorre que algumas situações não estão em conformidade com os valores máximos recomendados. No caso do contraste entre o ponto de tarefa (P5) e o entorno imediato (P2), com a luz artificial apagada, o ponto P2 contribui para aumentar o contraste por está localizado numa área mais. O mesmo não ocorre na condição de luz artificial acesa, que houve um ganho de luminância, diminuindo assim a proporção de contraste do brilho das superfícies. Na proporção entre o ponto de tarefa (P5) e entorno (P4), ocorreu a mesma situação da medição realizada pelo período da manhã, sendo justificada pelos mesmos motivos, no qual o ponto P4 está localizado na janela, que é considerado uma fonte de luz secundária e esta possui grandes dimensões, e assim aumenta a percepção do brilho que adentra o ambiente através de transmissão luminosa oriunda da janela. O mesmo ocorreu no período da manhã, também vale para as avaliações entre P5 e Px (luz artificial acesa e apagada) estão com valores acima do recomendado pela IESNA, porque o ponto Px está localizado na mesa de cor branca e possui alta refletância contribuindo com o aumento do brilho incidente na superfície. A última análise foi realizada entre o valor mais alto e mais baixo, gerando contrastes um pouco acima do recomendado nos estudos realizados com a luz apagada ocasionado pela constante variação da luz natural para a condição de céu nublado com nuvens passando.

#### 4.2 De Costas para Janela

Neste posicionamento, o usuário encontra-se com a visão voltada para o quadro branco. A angulação do campo visual horizontal humano, 30° e 60°, P3 como o plano de tarefa, P2 e P4 como entorno imediato, P1 e P5 como remoto (figura 04a). Os demais pontos foram baseados na angulação do campo visual vertical humano, 60° e 70°, obtendo o P9 como o ponto na banca de estudo, P6 e P7 no forro próximo às luminárias e P8 no chão, e Px como o ponto extra conforme figura 04b.

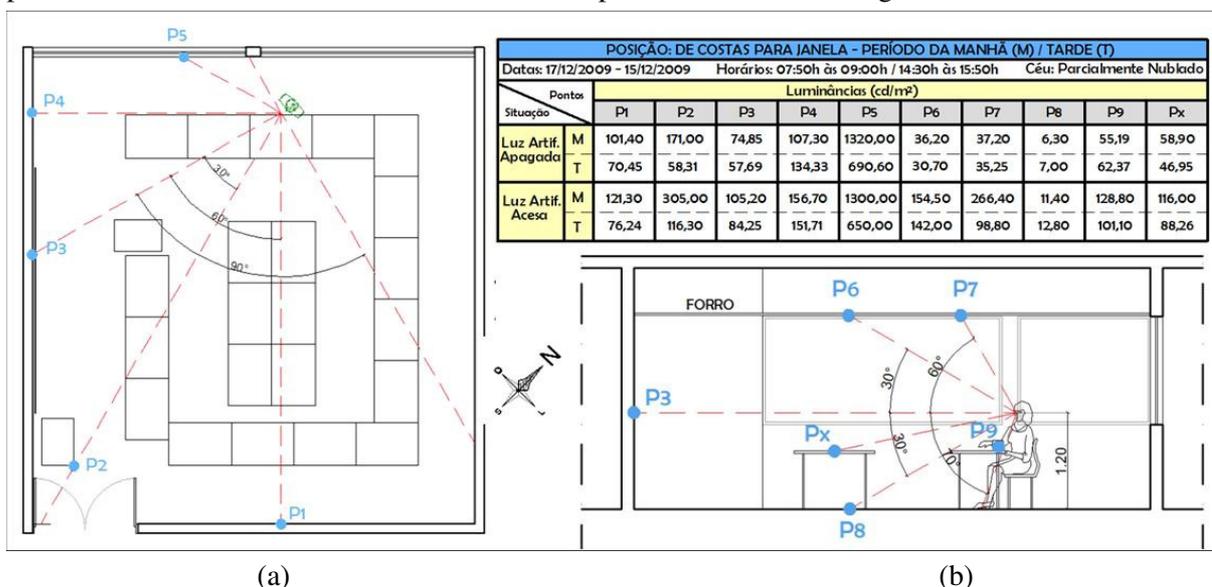


Figura 04: Planta Baixa (a), Corte (b) e Valores de Luminância dos pontos de costas para Janela

A quantidade de luminância obtida na medição com o luminômetro, em  $\text{cd/m}^2$ , no **período da manhã** variaram de 31,69 a 1450,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos horizontais e de 18,00 a 674,30  $\text{cd/m}^2$  nos pontos verticais, conforme valores da figura 04. A luminância do céu, neste momento era de 4000  $\text{cd/m}^2$ .

**Tabela 04: Proporção de Luminâncias de costas para a janela (manhã)**

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P3) e o entorno imediato (P2)	2,2:1	2,9: 1
Tarefa (P3) e o entorno imediato (P4)	1,4:1	1,4: 1
Tarefa (P3) e a visão imediata (Px)	1,27:1	0,9:1
Tarefa (P3) e a visão imediata (P1)	1,35:1	1,15: 1
Tarefa (P3) e superfície escura mais afastada (P8)	11,8:1	9,2: 1
Entre a fonte de luz (P5) e superfície adjacente (P4)	12,30:1	8,29: 1
Máximo de Contraste (P5 e P8)	209:1	114:1

Observa-se que nas duas situações, tanto com a luz artificial acesa ou com a luz apagada, ocorre em algumas situações que não estão em conformidade com os valores máximos recomendados, porém a proporção entre a tarefa e o entorno imediato e a tarefa e a visão imediata, estão em conformidade com os valores máximo recomendados, o que não ocorreu nos outros posicionamentos estudados. Entre P3 e P8, com luz artificial apagada, apresentou proporção um pouco acima da norma devido a projeção da sombra das mesas no chão, local do P8. Na proporção de máximo de contraste, entre P5 e P8, os valores foram os mais altos encontrados nesta pesquisa, não estando de acordo com a norma. O P5 está na janela, e foi registrado valores parecido para as duas situações de iluminação, e tais valores estão bastante superiores ao do P8, que foi um dos menores valor de luminância encontrado nesta pesquisa.

A quantidade de luminância obtida através medição com o luminômetro, em cd/m<sup>2</sup>, no **período da tarde** variaram de 57,69 a 690,60 cd/m<sup>2</sup> nos pontos horizontais e de 7,00 a 142,00 cd/m<sup>2</sup> nos pontos verticais, conforme valores da figura 04.

Os contrastes foram avaliados nas duas situações estudadas (luz artificial acesa e luz artificial apagada), considerando a tarefa como o ponto do quadro branco, ou seja, no ponto 3, para a atividade de aula, da seguinte maneira:

**Tabela 05: Proporção de Luminâncias de costas para a janela (tarde)**

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P3) e o entorno imediato (P2)	0,98: 1	0,72: 1
Tarefa (P3) e o entorno imediato (P4)	2,3: 1	0,55: 1
Tarefa (P3) e a visão imediata(Px)	1,2:1	0,95:1
Tarefa (P3) e a visão imediata (P1)	0,81: 1	1,1: 1
Tarefa (P3) e superfície escura mais afastada (P8)	8,2: 1	6,5: 1
Fonte de luz natural(P5) e superfície adjacente (P4)	5,1: 1	4,2: 1
Máximo de Contraste (P5 e P8)	98,6:1	50,7:1

Em comparação com aos valores obtidos em todas as análises, esta foi a situação que a maioria dos contrastes atendem a IESNA. Com exceção para o máximo de contrastes, entre P5 e P8, que teve as mesmas considerações ditas para o período da manhã, no qual a relação entre o valor mais alto e mais baixo resultou contrastes elevadíssimos já que um ponto está localizado na janela e ou outro no chão que acaba sendo escuro por está numa área de sombreamento oriundo das mesas existentes na sala de aula.

### 4.3 Em Frente ao Quadro

Os ângulos 30° e 60° do campo visual horizontal, P1 é o plano de tarefa, P2 e P4 o entorno mediato, P3 e P5 como remoto, o ponto extra foi definido dentro do ângulo horizontal. (figura 05a). Os demais classificam-se na angulação do campo visual vertical humano, 60° e 70°, obtendo o P9 como o ponto na banca de estudo, P6 e P7 no forro próximo às luminárias e P8 no chão (figura 05b).

A quantidade de luminância obtida através medição com o luminômetro, em  $\text{cd/m}^2$ , no **período da manhã** variaram de 31,69 a 1375,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos horizontais e de 5,20 a 99,54  $\text{cd/m}^2$  nos pontos verticais, conforme valores da figura 05.

Os valores de luminâncias coletados nos pontos na janela (Px, P2 e P3) foram altos, principalmente quando comparado com os valores coletados no ponto tarefa (P1), contribuindo ainda mais para elevar a proporção de luminâncias. Se a condição de céu no dia das medições fosse de céu claro, estas proporções seriam ainda maiores e assim, causaria sem dúvidas desconforto nos usuários por ofuscamento.

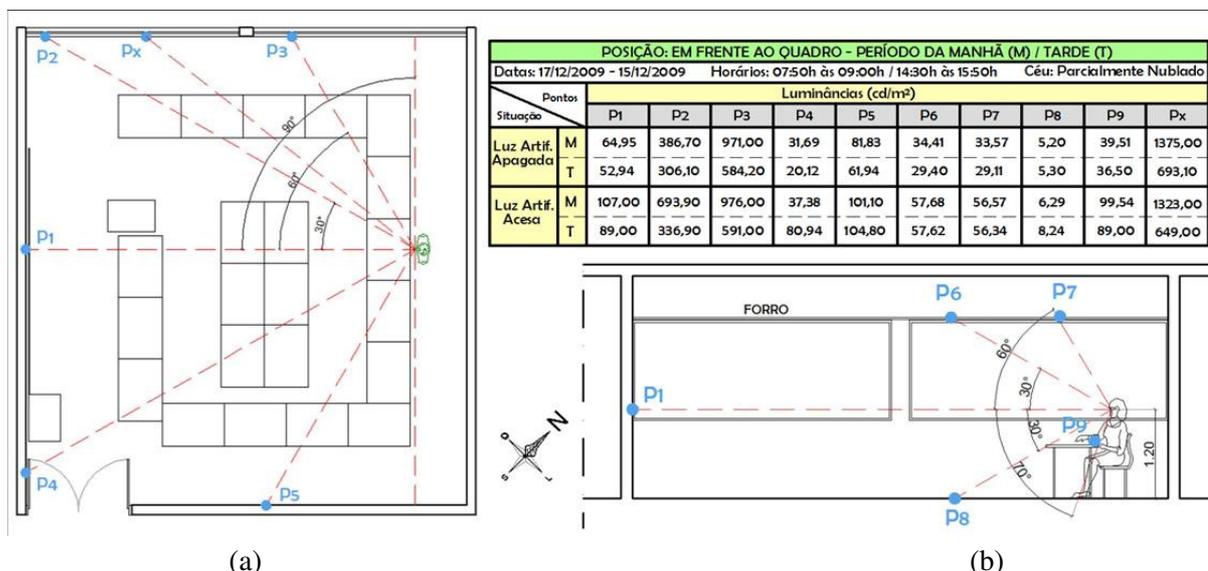


Figura 05: Planta Baixa (a), Corte (b) e Valores de Luminância dos pontos em frente à Janela

Tabela 06: Proporção de Luminâncias de frente ao quadro (manhã)

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Tarefa (P1) e o entorno imediato (P2)	5,9:1	6,4:1
Tarefa (P1) e o entorno imediato (P4)	2:1	2,8: 1
Tarefa (P1) e a visão imediata (Px)	21:1	12:1
Tarefa (P1) e entorno remoto (P3)	15:1	9,12 : 1
Tarefa (P1) e superfície escura mais afastada (P8)	12,5:1	17: 1
Fonte de luz natural(Px) e superfície adjacente (P3)	1,4:1	1,4: 1
Fonte de luz natural(Px) e superfície adjacente (P2)	3,5:1	3,5:1
Máximo de Contraste (Px e P8)	264:1	210:1

Os valores encontrados estão bastante elevados em relação ao recomendado pela norma, principalmente quando comparada os pontos de tarefa com outros. A proporção entre tarefa (P1) e o entorno (P2) e entre tarefa (P1) e a visão imediata (Px) são explicados pelos valores altos de iluminação natural que adentra o ambiente por transmissão através da janela. Enquanto que entre o ponto de tarefa (P1) e o entorno imediato (P4), este último ponto localizado afastado da janela possui baixa luminância e assim aproxima-se mais do valor coleta no ponto de tarefa (P1), que pela variação constante da iluminação natural foi coletado valores baixos, tendo um acréscimo da luminância quando a luz artificial foi acesa.

Com a luz artificial acesa, alguns contrastes são minimizados em relação à situação de luz artificial apagada, contudo, os valores são aproximados e os resultados são semelhantes. Nas duas situações, o máximo de contraste encontrado no ambiente foi superior ao da norma, alcançando 264,4:1 na situação de luz artificial apagada e 210,3:1 com a luz artificial acesa.

A quantidade de luminância obtida através medição com o luminômetro, em  $\text{cd/m}^2$ , no **período da tarde** variaram de 20,12 a 693,10  $\text{cd/m}^2$  nos pontos horizontais e de 5,30 a 89,00  $\text{cd/m}^2$  nos pontos

verticais, conforme valores da figura 05. Os valores de luminâncias coletados nos pontos na janela (Px, P2 e P3) foram inferiores aos coletados no período da manhã, resultando em valores mais baixos de proporções de luminâncias.

Alguns valores encontrados não estão em conformidade com a norma. As proporções entre Tarefa (P1) e o entorno (P2) e entre tarefa (P1) e a visão imediata (Px) são explicadas pelos mesmos motivos da análise para o período da manhã, no qual valores coletados para P2 e Px que estão localizados na janela, são bastante elevados com relação ao ponto de tarefa. Também, como ocorreu na coleta da manhã, a proporção entre o ponto de tarefa (P1) e o entorno imediato (P4), este último ponto localizado afastado da janela possui baixa luminância e assim aproxima-se mais do valor coleta no ponto de tarefa (P1), que pela variação constante da iluminação natural foi coletado valores baixos, tendo um acréscimo da luminância quando a luz artificial foi acesa. A diferença em relação a manhã, foi que entre P1 e P8 a proporção ante as normas, pois os valores de luminâncias medidos, tanto com a luz aceso quanto com a luz apaga, foram menores e assim aproximara-se mais do P8 que está localizado no chão numa região de projeção das sombras das mesas. As demais proporções de luminâncias estão dentro do recomendado pela norma.

**Tabela 07: Proporção de Luminâncias em frente ao quadro (tarde)**

PROPORÇÃO	Luz artificial apagada	Luz artificial acesa
Entre a tarefa (P1) e o entorno imediato (P2)	5,7:1	3,7:1
Entre a tarefa (P1) e o entorno imediato (P4)	2,6:1	1,1: 1
Tarefa (P1) e a visão imediata (Px)	13:1	7,2: 1
Tarefa (P1) e entorno remoto (P3)	11:1	6,6:1
Tarefa (P1) e superfície escura mais afastada (P8)	9,9:1	10:1
Fonte de luz natural(Px) e superfície adjacente (P3)	11:1	6,6:1
Fonte de luz natural(Px) e superfície adjacente (P2)	13:1	9,9:1
Máximo de Contraste (Px e P8)	130:1	78,7:1

## 5. CONCLUSÃO

De maneira geral é importante salientar que a iluminação natural é um fator bastante importante tanto em termos psicológicos, oferecendo benefícios para a saúde, como também em termos econômicos, pois sua utilização resulta em economia de energia elétrica. Porém, é necessário que evite o excesso de luz para não gerar nem aquecimento no local, nem ofuscamento nos usuários, principalmente em locais de clima quente.

A boa visão resulta da combinação de uma boa iluminação com um olho de capacidade visual média. Um indivíduo de vista fraca pode ser auxiliado por uma boa iluminação e é possível enxergar bem com má iluminação, graças à adaptação visual. Entretanto a adaptação exige esforço fisiológico, que em demasia provoca fadiga, podendo surgir sintomas como dores de cabeça, irritabilidade e perda de produtividade (HOPKINSON et al, 1975). Esse processo de adaptação visual é gerado pelas diferentes condições de luminosidade, que é o contraste entre a maior luminância e a menor luminância. Sendo que, ao ultrapassar certos limites, não possibilitando a adaptação visual do usuário, ocorre desconforto visual por ofuscamento.

As medições elaboradas na sala de mestrado do DEHA, da Universidade Federal de Alagoas, concluiu-se que há bastante contraste no ambiente, sendo este maior ou menor de acordo com a posição do usuário. Nas posições de frente para a janela e de frente para o quadro, constatou-se que os contrastes não estão em conformidade com os valores máximos recomendados, indicando assim, a existência de ofuscamento através da análise das proporções de luminâncias. O fator responsável por esse aumento de contrastes são as janelas que ocupam toda extensão da parede, tendo uma área grande e aparente que permite a entrada da luz natural em excesso, não sendo distribuída de maneira uniforme pelo ambiente. As janelas permitem grande admissão de luz solar e suas dimensões aumentam a parcela de céu visível ampliando as condições de luz natural no ambiente e iluminando, também, as partes mais afastadas da sala. Além disso, o entorno preenchido apenas por vegetação rasteira e muros de divisão de lotes contribuem para o aumento da iluminação no interior da sala através da reflexão, a qual representa uma parcela importante do total de luz diurna transmitida pelas janelas. Contudo, se houver

excesso de iluminação pode proporcionar desconforto aos alunos, principalmente os que se posicionam com a visão para frente da janela ou na posição de frente para o quadro. Segundo alguns alunos, a posição ‘em frente à janela’ é mais desconfortável que a posição de frente para o quadro, pois o usuário quando está de frente para a janela, pode-se dizer que está com a visão direcionada para a fonte de luz secundária (janela) e que, por transmissão da luz natural em excesso, causa ofuscamento.

A posição de costas para janela é a mais procurada pelos usuários da sala, e na análise os valores encontrados estão em conformidade com a IESNA (2000), exceto a proporção máxima das luminâncias. Porém, em comparação com as demais posições do aluno em sala, esta é a mais adequada às condições de conforto luminoso para os usuários. Esses bons resultados é explicado pelo fato de que a grande parcela da luz natural que alcança o ambiente interno é proveniente de janelas localizadas por trás do indivíduo.

As medições permitiram confirmar que há influência do entorno e da orientação solar na quantidade da intensidade e distribuição da luz natural nos ambientes. Desta forma, de acordo com os resultados obtidos, a redução da área aparente da janela e a utilização de elementos de controle que possam refletir para o teto da sala a luz natural proveniente, e assim distribuí-la mais uniformemente pelo recinto, contribuiria para melhorias na iluminação e evitaria o ofuscamento. O *lay-out* da sala poderia ajudar na redução do contraste no ambiente, evitando prejudicar a saúde dos usuários.

A avaliação do ofuscamento ocorreu em um período curto de tempo, no fim da primavera, em dois dias do mês de dezembro. Desta forma, as proporções de valores encontrados referem-se a valores desta estação, quando a posição do Sol não era direta, encontrando-se mais voltado para a orientação Sul. Portanto, havendo ofuscamento na primavera, nas estações de inverno e outono esse ofuscamento pode ser ainda maior, gerando, assim, aberturas para trabalhos futuros, procedendo com medições nestas estações, quando o Sol encontra-se mais voltado para o Norte, a orientação da sala em estudo.

Uma sala de aula deve oferecer um conforto luminoso ideal para que os alunos possam ter um bom desenvolvimento e aprendizado das aulas que são expostas, oferecendo uma iluminação mais uniforme em todo o ambiente e, contudo, evitar os excessos de luz solar direta, o ofuscamento gerado por fortes contrastes, e evitar os ganhos de calor pela iluminação.

## 7. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

GARROCHO, J. S. **Luz natural e luz artificial na reabilitação do ambiente**. Apostila do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística da Universidade de Brasília (UnB), 2007.

HOPKINSON, R. G et al. **Iluminação Natural** (Tradução: António Sarmento Lobato de Faria). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkia, 1975.

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

NBR 15215-4: Iluminação Natural - **Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações**. Associação Brasileira de Normas Técnicas: Rio de Janeiro, 2004.

RAMALHO, F. et al. **Os Fundamentos da Física 2: Termologia, Óptica e Ondas**. São Paulo: Moderna, 6 ed, 1995.

TREGENZA, Peter; LOE, David. **The Design of Lighting**. London and New York: Spon Press, 2004.