

SIMULAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO AMBIENTE CONSTRUÍDO SOB CONDIÇÕES DE CÉUS PARCIALMENTE NUBLADOS

BITTENCOURT, Leonardo S. (1); **FERREIRA**, Dilson B. (2)

(1) Arquiteto, Doutor em Energia e Meio Ambiente- Universidade Federal de Alagoas, Departamento de Arquitetura e Urbanismo – CTEC Campus A. C. Simões, Tabuleiro dos Martins, CEP: 57032 –320 Maceió/ AL, Brasil.
Fone: 0XX-82 -235-3285. E-mail: lsb@ctec.ufal.br
(2) Bolsista de iniciação científica da FAPEAL.

RESUMO

Este trabalho examina a adequação do programa computacional de iluminação LUMENMICRO v. 7.1[®], como ferramenta auxiliar dos projetistas para avaliar a iluminação natural em ambientes sob condições de céus parcialmente nublados na região equatorial. A metodologia adotada na investigação está baseada em comparações de simulações produzidas por computadores com as medições realizadas em uma câmara de testes construída em escala real no Campus A. C. Simões da UFAL - Universidade Federal de Alagoas. Os resultados comparativos demonstram que existe uma boa correlação dos valores simulados com aqueles medidos nas câmaras de testes quando não ocorre incidência direta de raios solares.

ABSTRACT

This paper examines the accuracy of the lighting software LUMENMICRO v. 7.1®, as tool for building designers on equatorial warm humid regions. The methodology is based on comparisons of measurements on a real scale test cell and computer simulations. Results shows that there is a good agreement in situations where the sun is not obstructed by clouds and it does not hit indoor spaces directly.

1. INTRODUÇÃO

O uso de computadores para simulação dos efeitos produzidos pela manipulação dos elementos de projeto, tais como aberturas, cobertas e protetores solares, vem se constituindo em um dos meios mais eficientes de se obter resultados rápidos e confiáveis, com menores custos que o tradicional “céu artificial” e mais rápido e eficiente que os métodos gráficos e em modelos físicos (BITTENCOURT, 1996). O primeiro apesar de ser relativamente rápido, requer certa habilidade e conhecimento do projetista quanto a cálculos matemáticos e geometria solar, podendo apresentar erros de avaliação, caso não seja bem investigado e preciso. O segundo apesar de ser bem

familiar aos projetistas, pois é baseado em maquete do ambiente estudado, requer tempo e dinheiro para montagem dos protótipos, além de certa habilidade profissional no manuseio de instrumentos como o luxímetro e luminancímetro. Geralmente esses métodos requerem conhecimento e dedicação que muitas vezes o projetista não está disposto a investir.

No entanto, a aplicação direta de ferramentas computacionais, em sua maioria elaboradas para condições climáticas diferentes das encontradas nas regiões tropicais, pode implicar em sérios erros, principalmente quando se trata de céus como os parcialmente nublados. Esse tipo de céu ocorre com maior freqüência nas regiões equatoriais, e portanto apresenta interesse especial para os projetistas de edificações destas regiões.

O uso de modelos reduzidos ou em escala real para a investigação destes tipos de abóbadas, possibilita a comparação entre dados simulados e dados medidos, tendo em vista que, no caso da iluminação natural, a utilização destes protótipos não distorcem os resultados de iluminância interna (MAGALHÃES, 1995). A verificação da precisão dos diversos programas existentes no mercado através da comparação entre simulações computacionais e medições em escala real ou reduzida, constitui-se uma tarefa atual e relevante para as instituições de pesquisa e ensino de arquitetura; informando aos usuários e projetistas o nível de adequação destes programas para a realidade climática das regiões equatoriais, como é o caso do nordeste brasileiro, (BITTENCOURT, 1997).

1.1 Climas quentes e úmidos

O universo físico da pesquisa é a cidade de Maceió-AL com clima quente e úmido. Este tipo de clima apresentam pouca variação de temperatura e altas pressões de vapor, sendo a temperatura do ar, em geral, menor que o da pele. Apresenta duas estações definidas, o inverno e o verão, sendo pouca a variação de temperatura e de horas do dia com sol entre estas estações. O céu típico é o parcialmente nublado que produz uma quantidade apreciável de radiação difusa, podendo variar sua intensidade de luminância, com momentos de luz solar direta e outros onde o sol pode estar encoberto por nuvens (FREIRE, 1997). Este tipo de clima apresenta uma quantidade apreciável de luminância, que se bem utilizada pelo projetista, pode constituir-se importante estratégia bioclimática para a melhoria da qualidade visual dos espaços construídos e para a redução do desperdício de energia elétrica utilizada com iluminação artificial.

2. METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu na comparação de simulações em computador com resultados de medições da iluminação natural realizadas em uma câmara de testes com o auxílio de luxímetros. A câmara mede 2,80 m x 3,00 m, com pé direito de 2,55 m e foi construída em escala natural no Campus A. C. Simões da UFAL - Universidade Federal de Alagoas, como mostra a figura 01 .

As medições foram realizadas nos horários de 09:00 e 12:00 horas, durante os meses de julho e agosto em baterias de 30 minutos cada. Essas medições foram agrupadas em uma gráfico e posteriormente comparadas com as simulações computacionais do mesmo ambiente produzida pelo programa de LUMENMICRO v. 7.1®.

Para efeito de análise, a sala foi dividida em uma grelha contendo nove setores de investigação, com a janela localizada na fachada leste. Isto permitiu investigar a condição onde o sol incide na abertura com aproximadamente 45° de altura solar (09:00 horas) e a condição onde havia apenas a incidência de iluminação natural indireta

(12:00 horas). As reflectâncias internas do ambiente estudado foram de 0,80 (branco) para as paredes e teto, para o piso foi adotada a reflectância de 0,50 (cinza claro).

O plano de trabalho foi considerado a 0,80 m de altura, com os resultados expressos em FLD - Fator de Luz Diurna. Como é sabido a luminância do céu oscila em função das características e posicionamento das nuvens em relação ao sol. Além disso, em céus parcialmente nublados, a luminância dos mesmos varia intensamente, dependendo da oscilação do sol que pode estar encoberto por porções de nuvens ou livre de obstruções. Por este motivo definiu-se utilizar o FLD que se constitui em parâmetro mais estável para comparar os resultados obtidos. Como o programa LUMENMICRO v. 7.1® não fornece os resultados em FLD, os mesmos tiveram que ser calculados manualmente e agrupados em gráficos comparativos.

É importante sublinhar ainda que neste trabalho, o conceito de FLD, que originalmente se refere a condições de céu nublado foi estendido para céus parcialmente nublados, a fim, de permitir comparações entre os resultados obtidos nas medições com os realizados nas simulações.

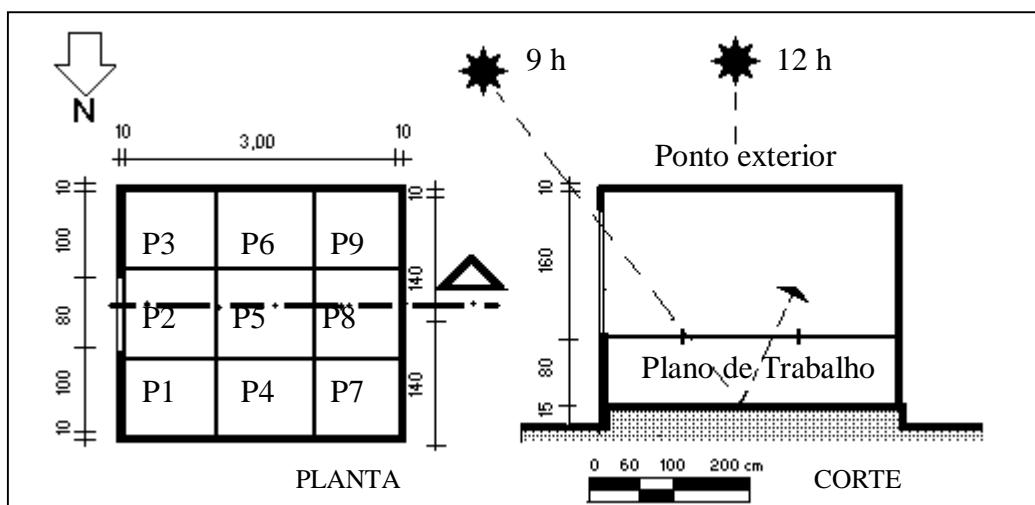


Figura 01 – Câmara de testes em planta baixa e corte, com a visualização da grelha de análise da iluminância dividida em 09 pontos e plano de trabalho a 0,80 m do piso.

3. O PROGRAMA UTILIZADO

O LUMENMICRO® v. 7.1 é um programa de simulação de iluminação artificial e natural, produzido nos Estados Unidos da América, e desenvolvido pela Lighting Technologies, Colorado, USA. Como instrumento de trabalho analisa o sistema de iluminação, sendo este natural ou artificial, com satisfatório grau de exatidão e eficiência, por meio de simulações que permitem a visualização do comportamento qualitativo e quantitativo da luz em todos os ângulos do ambiente analisado. O ambiente em estudo pode ser interno (uma sala de aula por exemplo) ou externo. Além disto, o LUMENMICRO® v. 7.1, possui ferramentas de desenho (do tipo Cad) que possibilitam o usuário desenhar seu projeto, e visualizá-lo em planta baixa, vistas, perspectivas isométricas e cônicas em qualquer orientação e direção. O referido programa permite ainda:

- Estudar o desempenho luminoso da edificação analisada que é feito para qualquer condição de céu, a qualquer latitude e longitude, levando-se em consideração a orientação do ambiente em qualquer hora, dia e mês do ano;
 - Efetuar ainda cálculos de iluminância em qualquer ponto (vertical ou horizontal) do ambiente determinado pelo usuário;
 - Emitir os resultados em formatos de tabela numéricas, relatórios, tabelas de médias da iluminância, curvas isolux e perspectivas em realidade virtual dos ambientes simulados .
- Entretanto, para céus parcialmente nublados o programa simula apenas a condição onde o sol está sem a obstrução das nuvens.

Os resultados obtidos nas medições e nas simulações, foram analisados a partir de um plano localizado no centro da sala e perpendicular à abertura da janela como se observa na figura 02. As comparações serão apresentadas em um gráfico de análise apresentado na figura 03, onde a abcissa representa a distância em metros dos pontos analisados em relação a parede que contém a abertura. A ordenada representa o valor do FLD- Fator de Luz Diurna.

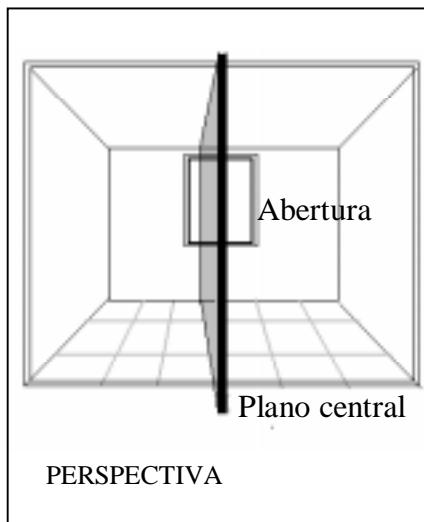


Figura 02- O plano de análise

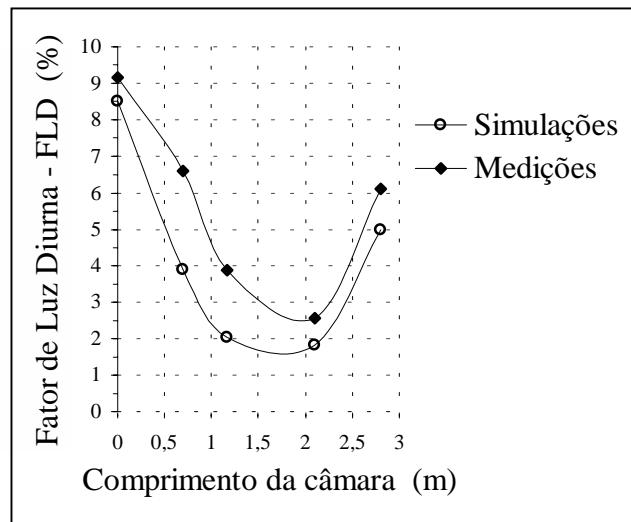


Figura 03 – Gráfico de comparação

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Comparação entre a câmara de testes e as simulações realizadas às 9:00 horas com céu parcialmente nublado e sol encoberto

Dentre o conjunto de gráficos produzidos com a finalidade de comparação entre os resultados medidos e simulados, observa-se que há uma maior distorção nos resultados apresentados às 9:00 horas.

O gráfico contido na figura 04, demonstra a média das medições realizadas neste horário, permitindo compará-la com os resultados da simulação produzida sob as mesmas condições da câmara de testes. É importante frisar que para realização da simulação com céu parcialmente encoberto, o programa LUMENMICRO v. 7.1® considera um céu de aproximadamente 110.000 lux. Já no caso das medições em escala real a iluminância horizontal verificada ficou na faixa de 87.000 à 96.000 lux. No

entanto, as maiores divergências foram observadas quando, no período das medições, o sol estava parcialmente coberto por nuvens. Neste caso, a presença da radiação direta existente nas simulações provoca diferenças significativas em relação aos resultados medidos, particularmente nas regiões atingidas pela radiação direta , como se observa na figura 05.

Os demais setores que receberam luz indireta apresentam-se tanto na curva de dados simulados como medidos, com relativa convergência principalmente a partir do centro da câmara.

Um fator que influiu na distribuição da iluminância interna da câmara, foi o formato vertical da abertura e sua localização centralizada na parede. Estes parâmetros ocasionaram uma iluminação mais concentrada no centro da câmara e nas áreas próximas à abertura (setores 02 e 05).

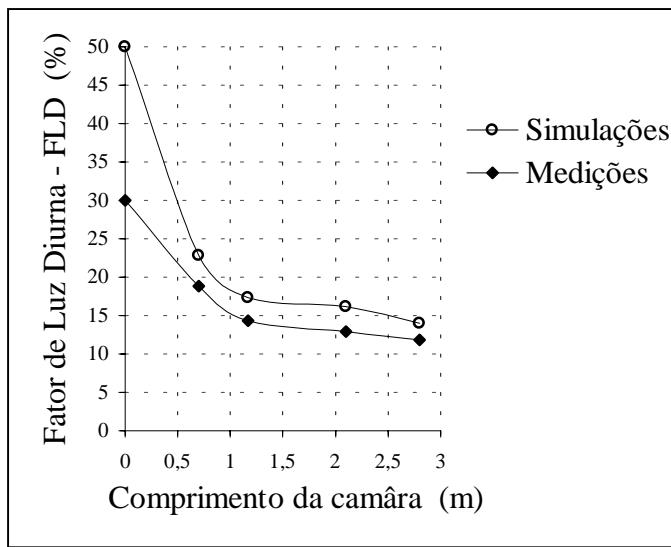


Figura 04 - Comparação entre as simulação e as medições na câmara de testes às 09:00 horas sob condição de céu parcialmente nublado e sol encoberto.

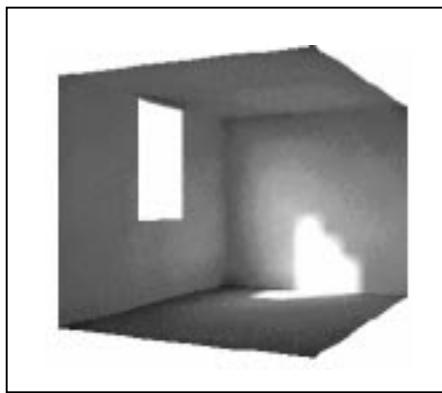


Figura 05 - Visualização computacional realizada pelo LUMENMICRO v. 7.1[®] da simulação realizada com céu parcialmente nublado e sol encoberto às 09:00 horas.

4.2 Comparação entre a câmara de testes e as simulações realizadas às 12:00 horas com céu parcialmente nublado e sol descoberto

Observando a figura 06, evidencia-se uma boa correlação dos resultados simulados em comparação com as medições realizadas às 12:00 horas com este mesmo tipo de céu. Nesta condição de estudo, ficou evidenciada uma leve diminuição de iluminância nos dados medidos na câmara em comparação com as simulações produzidas na região próxima a janela, e aumento dos dados medidos no fundo da sala.

A figura 06 demonstra que houve uma boa convergência de valores medidos e simulados, principalmente quando a iluminação recebida pela abertura da câmara é originada por radiação difusa. Na figura 07 observa-se o comportamento da iluminação no interior da câmara.

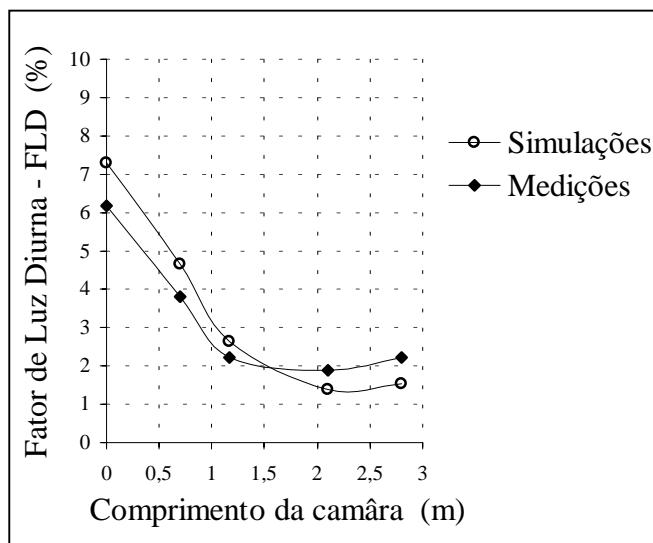


Figura 06 - Comparação entre as simulações e as medições na câmara de testes às 12:00 horas sob condição de céu parcialmente nublado e sol descoberto.

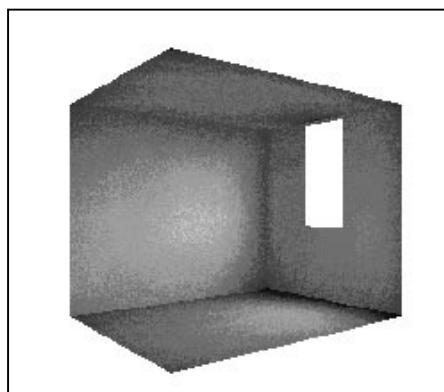


Figura 07 - Visualização computacional realizada pelo LUMENMICRO v. 7.1[®] da simulação realizada com céu parcialmente nublado e sol descoberto às 12:00 horas.

5. CONCLUSÃO

As medições nas câmaras de testes, evidenciaram algumas distorções do programa LUMENMICRO v. 7.1®. Elas são maiores quando ocorre a incidência de radiação direta no interior do ambiente estudado. A avaliação revelou que este programa apresenta boa aproximação entre os valores medidos e simulados. A semelhança entre os valores obtidos foi maior nas medições realizadas as 12:00 horas, quando não existe radiação direta no interior do ambiente estudado. Isto ocorreu também pelo fato de que as simulações não consideram a dinamicidade da abóbada celeste no que se refere a porções variáveis e dinâmicas de nuvens no céu, o que certamente interferiu nos resultados obtidos. Há a necessidade de mais medições na câmara de testes, objetivando obter resultados mais precisos das condições dos céus parcialmente encobertos e das condições luminosas dos céus do nordeste do Brasil.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BITTENCOURT, Leonardo. Iluminação natural em escolas: Um estudo paramétrico dos efeitos da dimensão localização e forma das janelas, no nível de iluminamento de salas de aula sob condições de céu encoberto. In: **VI encontro de iniciação científica da Universidade Federal de Alagoas**, Maceió, 24 - 25 de outubro de 1996. EDUFAL, Maceio-AL, 1996. P. 50

BITTENCOURT, Leonardo. Iluminação natural em escolas: comparando os resultados das simulações da iluminação natural produzidas pelos programas DAYLIGHT v. 4.1 e LUMENMICRO v. 7.0. In: **VII encontro de iniciação científica da Universidade Federal de Alagoas**, Maceió, 24 - 25 de outubro de 1997. EDUFAL, Maceio-AL, 1997, p. 121

FREIRE, Márcia. **A luz no ambiente construído.** Salvador -BA, abril de 1997. Envelope & Cia, Bahia, 1997, p. 10.

MAGALHÃES, Maria. A utilização do modelo reduzido na simulação de iluminação natural no interior de edificações. In: **Anais do NUTAU' 95 - encontro nacional de simulação do ambiente construído**, São Paulo, setembro de 1995, EDUSP, São Paulo, 1995, p. 150-159.