

MEDIDAS DA ILUMINÂNCIA PARA O NORDESTE DO BRASIL

Sérgio da Silva Leal – sergio-leal@click21.com.br

Chigueru Tiba – tiba@ufpe.br

Elielza M. de S. Barbosa – elimsb@hotmail.com.br

Rinaldo Oliveira de Melo – rinaldoom@hotmail.com

Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco

1.1 Radiação Solar

Resumo. A iluminação natural é considerada uma importante alternativa para se obter uma redução significativa no consumo de energia elétrica em prédios comerciais, uma vez que estudos mostram que a mesma responde diretamente por 20 a 30% deste consumo (LAM e LI.1999). No Brasil, particularmente em sua região Nordeste, as medidas de iluminância não fazem parte da rotina de medidas nas estações meteorológicas, portanto, as disponibilidades de informações sobre a iluminância são raras ou inexistentes. Neste contexto duas estações foram instaladas em Pernambuco, uma em Recife (clima tropical úmido) em abril de 2003 e outra em Pesqueira (semi-árido) em setembro de 2004 para realizar medidas simultâneas da irradiação solar horária e iluminância. A avaliação dos registros das medidas de iluminância e radiação solar confirmam a o ótimo potencial da utilização da iluminação natural em Pernambuco. Os valores da iluminância difusa são suficientemente altos, de maneira que poderiam suprir sozinhos a necessidade de iluminação diurna de um escritório comercial durante 50% das horas anuais de seu funcionamento. Em comparação com a iluminação artificial que normalmente é utilizada em escritórios comerciais, a iluminação natural se mostrou muito mais eficiente (100 lm/W) quando comparada com as lâmpadas fluorescentes tubulares (60 lm/W), adotadas para maioria das salas comerciais.

Palavras Chaves: Iluminância, Relação entre Iluminância Global e Irradiação solar global.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica em prédios comerciais pode sofrer uma redução significativa se for levada em consideração à contribuição da iluminação natural. Estudos mostram que a maior parte do consumo elétrico em prédios comerciais está relacionada diretamente aos condicionadores de ar e iluminação artificial. Por ser considerada eficiente, a iluminação natural pode ser aproveitada para iluminação interna de prédios comerciais, reduzindo a carga elétrica e térmica relacionada à iluminação artificial, e por sua vez, a carga elétrica dos condicionadores de ar. A iluminação natural apresenta como aspecto negativo o ofuscamento devido à iluminância direta que penetra através da janela mas que podem ser atenuado mediante projetos arquitetônicos adequados.

A iluminação de um determinado recinto, está intimamente ligada a iluminância ou iluminamento. A iluminância é definida como a relação entre o fluxo luminoso, que é a potência luminosa total irradiada por uma fonte de luz no espectro compreendido entre 380 a 780 nm, e a superfície sobre a qual este fluxo incide (ABNT-CB03, 1990). Sua unidade é dada em lux ou lm/m².

$$E = 683 \int_{380}^{780} V_{\lambda} I_{\lambda} d\lambda \quad (1)$$

V_λ e I_λ são respectivamente: a sensibilidade espectral do olho humano no intervalo de comprimento de onda compreendido entre 380 a 780 nm e a irradiação solar global. O fator 683 é um fator de normalização cujo valor é resultante de um fluxo radiante de 1 W para o comprimento de onda 555 nm. A eficácia luminosa é definida como a relação entre a iluminância e a radiação solar considerando todo o seu espectro (Chandra,1996). O cálculo da eficácia luminosa permite comparar a eficiência da iluminação natural com a eficiência da iluminação artificial e pode ser obtida a partir de dados referentes a iluminância e irradiação solar da região em foco. Os dados de iluminância difusa permitem determinar o nível de contribuição de iluminação natural ótimo, no interior do recinto, possibilitando uma redução no consumo de energia elétrica. Pesquisas realizadas no Brasil (Tiba et al.,2004) mostram porém, que os dados de radiação solar para esta região são escassos e os dados de iluminância são mais raros ainda. Diante deste obstáculo, duas estações foram instaladas em Pernambuco, uma em Recife (clima tropical marítimo) em abril de 2003 e outra em Pesqueira (semi-árido) em setembro de 2004 para realizar medidas simultâneas da radiação solar diária, iluminância global, disponibilizando assim, os dados necessários para realizar um levantamento detalhado do comportamento da iluminância solar para ambas as localidades. Em relação à estação Recife, adicionalmente foram instalados sensores para medir a radiação e iluminância solar difusa. A análise detalhada dos dados coletados nos permite conhecer; as características básicas de iluminância e radiação solar em escala horária nesses locais; e a probabilidade acumulada em bases mensais ou anuais de que um dado valor de iluminância horária seja excedido.

Para projetos que utilizam a iluminação natural, a iluminância interna em um determinado ponto do recinto pode ser calculada através da contribuição da iluminação natural (ABNT-CB02, 1999).

$$CIN = \frac{E_p}{E_{Hext}} \quad (2)$$

onde:

E_p é a iluminância natural num plano horizontal, no ponto P do ambiente interno, em lux;

E_{Hext} é a iluminância difusa produzida por toda a abóbada celeste num plano horizontal externo livre de obstruções, e excluída a iluminação direta do sol, em lux.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tab. 1 são mostradas as estações de medidas da iluminância e radiação solar global, suas coordenadas geográficas, caracterização climática e período de medidas.

Tabela 1 – Estações de medidas simultâneas da iluminância e Irradiação solar

Estações	Coordenadas geográficas			Clima	Período
	Lat.	Long.	Alt.(m)		
Recife-PE	8 ^o 3'	34 ^o 55'	7	Equatorial–Marítimo Continental	Abril03/Março05
Pesqueira -PE	8 ^o 24'	36 ^o 46'	639	Equatorial – Semi-árido	Setembro04/Setembro05

As medidas foram realizadas no plano horizontal, em escala de minuto. Os sensores utilizados para as medidas da iluminância e irradiação solar total foram os modelos LI-210SA e LI-200SA ambos fabricados pelo LI-COR. Conforme informações da LI-COR (2005) esses sensores tem um erro de calibração de $\pm 5\%$ e uma deriva máxima anual de $\pm 2\%$ assim podemos esperar um erro

experimental da relação entre a iluminância horária e irradiação solar horária da ordem de 10%, após um ano da instalação dos sensores. Os sensores foram acoplados a um sistema de aquisição de dados da CAMPBELL, modelo CR-10X.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Descrição das medidas de iluminância e radiação solar

Os dados medidos em escala de minuto foram agrupados em torno de uma dada hora solar considerando à meia hora anterior e posterior a mesma. Ao valor médio deste conjunto foi atribuído como sendo a iluminância ou radiação solar horária correspondente à citada hora solar. As Figuras 1 e 2 mostram o comportamento da iluminância solar global horária (a) e radiação global horária (b) respectivamente para as localidades de Recife e Pesqueira .

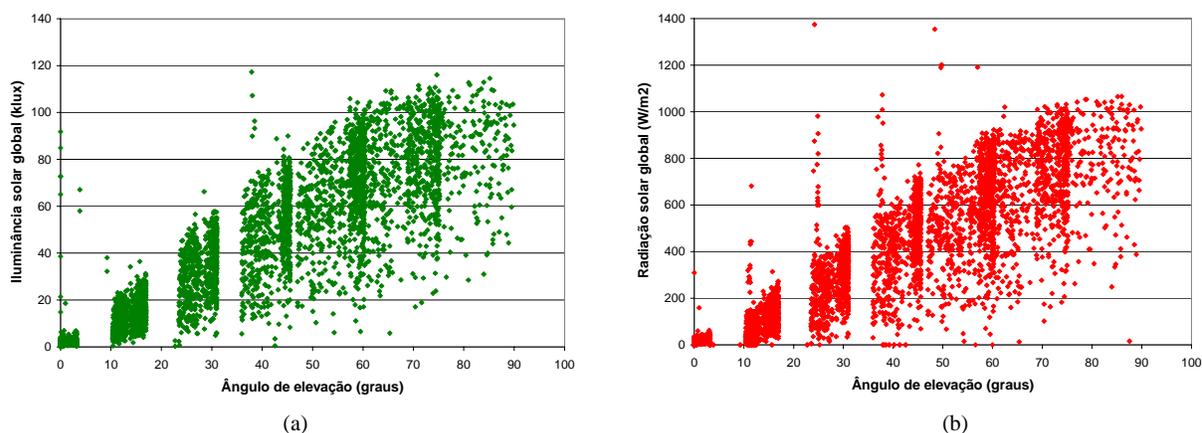


Figura 1 – Iluminância solar horária e radiação solar horária sobre uma superfície horizontal em função do ângulo de elevação solar em Recife no período abril 2003 a março de 2005 para todas as condições do céu.

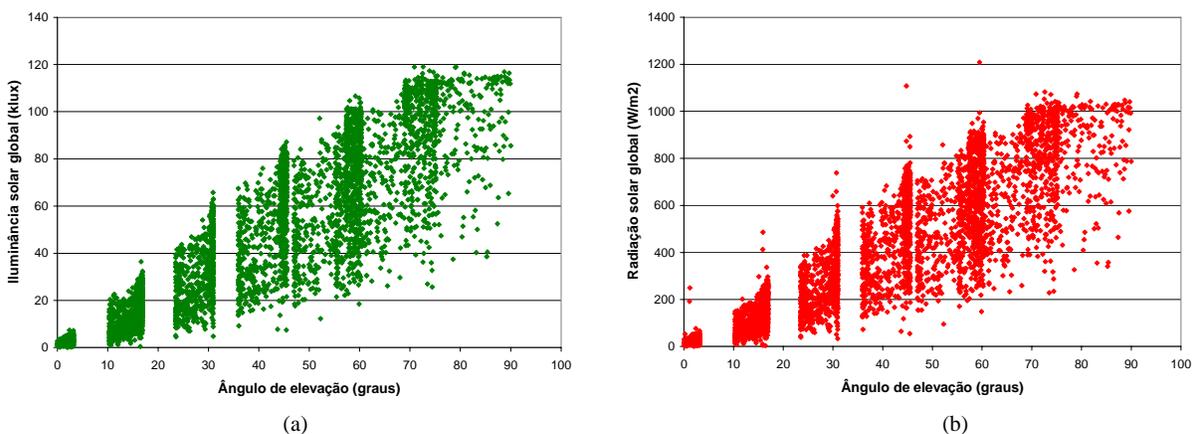


Figura 2 – Iluminância solar horária e radiação solar horária sobre uma superfície horizontal em função do ângulo de elevação solar em Pesqueira no período de setembro 2004 a setembro de 2005 para todas as condições do céu.

O comportamento da radiação solar global horária e iluminância global horária em função da altitude solar são bastante semelhantes e para um mesmo ângulo de elevação existe uma dispersão muito grande de pontos, indicando a grande diversidade da condição horária do céu.

A iluminância horária global atinge valores máximos próximos de 115 klux para Recife e próximo de 120 klux para Pesqueira. Este valor ligeiramente superior para Pesqueira reflete a menor turbidez da atmosfera em Pesqueira (quantidade menor de água precipitável ao longo do ano).

Para ângulos de elevação solar maior ou igual a 40° a iluminância horária global em Pesqueira mostra uma dispersão menor que em Recife, mostrando novamente o efeito da menor turbidez da atmosfera em Pesqueira (quantidade de água precipitável menor ao longo do ano). Ainda em relação à radiação solar em Recife, observa-se no gráfico a presença de duas medições com valores superiores à constante solar, provavelmente resultado de erro de medidas.

3.2 Distribuição acumulada da iluminância horária e do fator de eficácia luminosa

Os valores da distribuição acumulada da iluminância global horária indicam qual o percentual desta iluminância que excede um valor limite durante um mês ou durante o ano. As Figuras 3 e 4 mostram graficamente tais distribuições em bases anuais para Recife e Pesqueira, respectivamente.

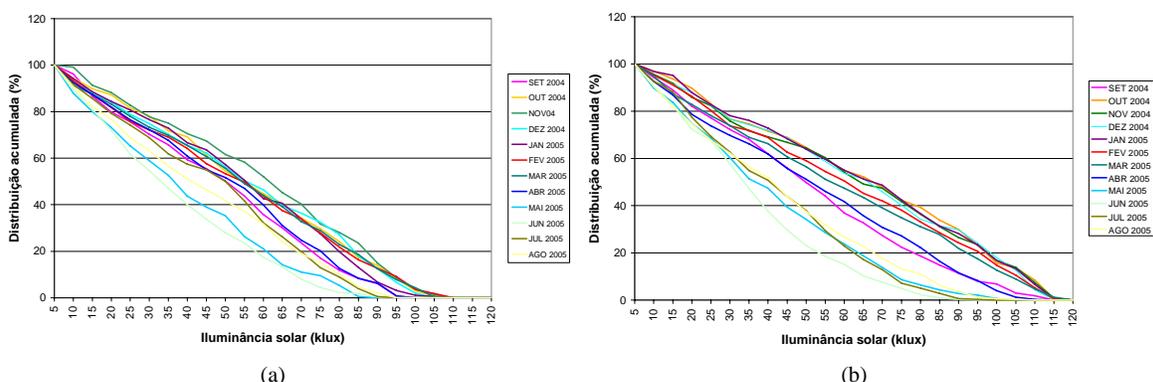


Figura 3 - Distribuição acumulada mensal da iluminância global horária para a cidade de Recife (a) e Pesqueira (b).

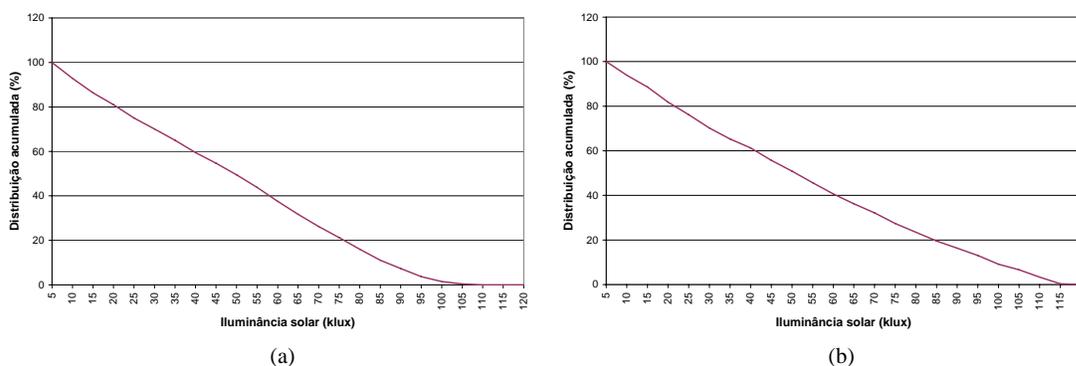


Figura 4 - Distribuição acumulada anual da iluminância global horária para a cidade de Recife (a) e Pesqueira (b).

A função distribuição acumulada é útil por que permite realizar estimativas da economia mensal ou anual de energia elétrica no caso da utilização da luz natural para fins de iluminação em edificações. Considerando, por exemplo, que a necessidade de iluminação do plano de trabalho em um escritório comercial seja 500 lux e tendo o mesmo uma janela com uma contribuição de iluminação natural igual a 2,5%, isto requer uma iluminância externa horizontal difusa de no mínimo 20 klux. A Figura 5 mostra que tal situação ocorreu em 50% das horas diurnas anuais, ou seja, a iluminação do escritório poderia ocorrer com o uso da luz natural em 50% das horas anuais diurnas em Recife.

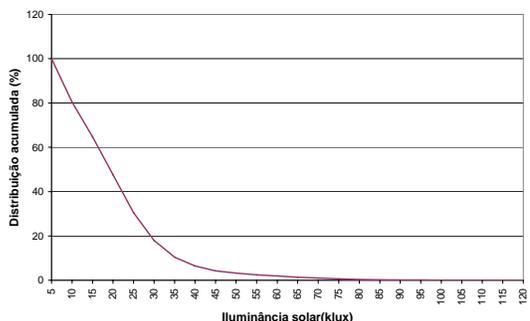
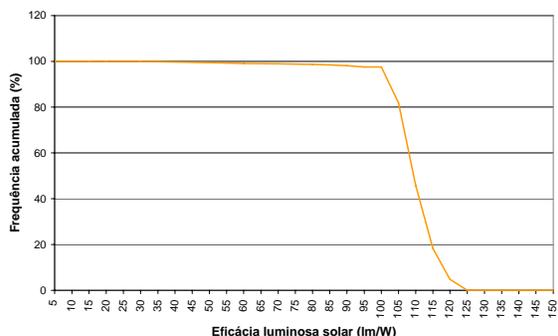
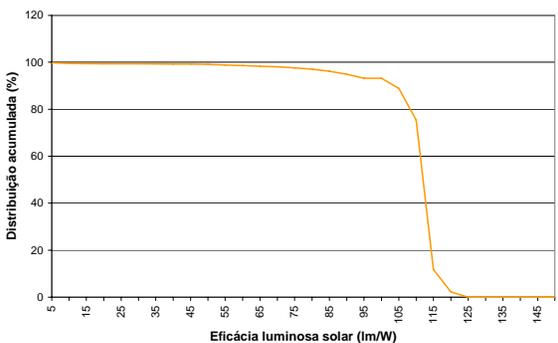


Figura 5 - Distribuição acumulada anual da iluminância difusa horária em Recife.

A Figura 6 mostra as curvas experimentais das distribuições acumuladas do fator de eficácia luminosa global horária para Recife e Pesqueira. O percentual acumulado cai rapidamente de 125lm/W para 100lm/W e permanece a maior parte do tempo (96%) nesse intervalo, mostrando que a maior parte do tempo diurno pode-se facilmente obter uma eficiência bem satisfatória.



(a)



(b)

Figura 6 - Distribuição acumulada anual da eficácia luminosa global horária para a cidade de Recife (a) e Pesqueira (b)

4. CONCLUSÕES

Os resultados das avaliações dos registros das medidas de iluminância e radiação solar confirmam o ótimo potencial da utilização da iluminação natural em Pernambuco. Os valores de iluminância difusa são suficientemente altos, de maneira que poderiam suprir sozinhos à necessidade de iluminação diurna de um escritório comercial durante 50% das horas anuais de seu funcionamento. Tais características poderão agregar uma vantagem econômica significativa para sistemas que usam a iluminação natural, quando comparados com aqueles em locais que mostram grandes sazonalidades anuais (locais longe do equador). O nível de eficácia luminosa da iluminação natural em Pernambuco, situa-se na casa dos 115lm/W de forma bastante regular ao longo do ano. Como consequência o uso da iluminação natural devidamente dimensionada, gera uma carga térmica no interior do recinto inferior a carga gerada pelas lâmpadas fluorescentes convencionais utilizadas em escritórios comerciais, diminuindo assim a carga térmica do sistema de refrigeração.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT – CB03). Iluminância de interiores; projeto 03:340.02-001, Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT – CB02). Iluminação natural; projeto 02:135.02-001, Rio de Janeiro, 1999.
- Chandra, M., (1996) Luminous efficacy of solar radiation and evaluation of natural illumination – A Review, Energy Coners. Mgmt., Vol. 37, No. 11, pp. 1623-1634.
- Lam, J. C. and LI, D. H., (1999) An analysis of daylighting and solar heat for cooling dominated office buildings, Solar Energy, Vol. 64, No. 4, pp. 251-262.
- LI-COR Biosciences (2005). www.licor.com/env/Products/envproductlist.jsp
- Tiba C., Fraidenraich N., Grossi Gallegos H. and Lyra F. J. M. (2004). CD ROM Atlas Solarimétrico do Brazil, Renewable Energy 29, 6, 991-1001.

Abstract. *Natural lighting is recognized as an important strategy for the design of buildings that use energy in an efficient and rational manner. Studies have show that artificial illumination is responsible for 20 to 30% of the total electrical energy consumption (LAM e LI,1999). Since in Brazil and particularly in the Northeast of Brazil, illuminance measurements are not part of meteorological station routine, the information about illuminance is rare or even nonexistent. In this context, two stations were installed in Pernambuco, the first one in Recife (maritime tropical climate) in April 2003 and the second one in Pesqueira (tropical and semi-arid) in September 2004 for carrying out simultaneous measurements of hourly solar irradiation and illuminance. An evaluation of the solar irradiation registry and illuminance measurements confirmed the large potential of the utilization of natural illuminance in Pernambuco. The illuminance values are high enough to supply, on their own, the daily illumination necessity of a commercial office during 50% of the annual working hours. When compared to the artificial illumination that normally is used in commercial offices, the natural illumination has shown much more efficiency (100 lm/W) than the tubular fluorescent lamps (60 lm/W), adopted for the majority of the commercial rooms.*

Keywords: *Illuminance, Ratio of illuminance to broadband solar irradiation.*