



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO NATURAL A PARTIR DE ELEMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE PROTEÇÃO SOLAR APLICADOS A ABERTURA LATERAL DE SALAS DE AULA NA CIDADE DE JOÃO PESSOA / PB

Solange Maria Leder (1); Eliana Costa Lima (2); Yan Fábio Leite de Azevedo (3); Guilherme Amorim Cavalcanti (4); Dayane de Melo Almeida (5); Francisco Edinardo B. Alves Junior (6); Tainá Gomes dos Santos Costa (7)

- (1) Universidade Federal da Paraíba – Laboratório de Conforto Ambiental, Professora do Departamento de Arquitetura, solangeleder@yahoo.com.br
- (2) Instituto Federal da Paraíba, Professora do Campus João Pessoa, Doutoranda no Programa de Pós Graduação em Eng. Civil e Ambiental, eliana_fcl@msn.com
- (3) Universidade Federal da Paraíba, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, yan26fabio@hotmail.com
- (4) Universidade Federal da Paraíba, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, bia-gui@hotmail.com
- (5) Universidade Federal da Paraíba, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, dayanemello15@hotmail.com
- (6) Universidade Federal da Paraíba, Graduando em Arquitetura e Urbanismo, edinardobarrosojunior@gmail.com
- (7) Universidade Federal da Paraíba, Mestranda no Programa de Pós Graduação em Eng. Civil e Ambiental, tainagscosta@gmail.com

RESUMO

Considerando a iluminação natural do ambiente escolar, pode-se afirmar que são inúmeros os benefícios fisiológicos e psicológicos que este tipo de luz proporciona. A luz natural é um importante estímulo ambiental de regulação do sistema circadiano (BOYCE; HUNTER; HOWLET, 2003), que é responsável pelo relógio biológico do ser humano, atuando sobre o bem-estar, grau de atenção e qualidade do sono. O objetivo deste artigo é analisar a influência da utilização de elementos verticais e horizontais de proteção com diferentes configurações, em abertura lateral no comportamento da iluminação natural em espaços de sala de aula localizados em um local de baixa latitude. O procedimento metodológico adotado para esta pesquisa caracteriza-se primordialmente por medições realizadas a partir de um modelo físico reduzido que tem como base as dimensões e a geometria adotadas em um projeto padrão de sala de aula em escolas da rede municipal de ensino fundamental. O estudo compreende três etapas: I) Delimitação do objeto de estudo, definição e construção dos modelos de análise; II) Coleta de dados quantitativos - medições in loco; III) Tabulação dos dados e análises descritivas e inferenciais. Os resultados demonstraram que a presença destes elementos conseguiu gerar maior homogeneidade da luz em relação ao caso em que não há a presença dos brises. Observou-se que mesmo com a presença destes elementos, os níveis de iluminação atingidos em grande parte do tempo são bastante elevados, acima de 500 lux, para ambientes de sala de aula. Dentre todas as situações observadas, notou-se que os níveis adequados entre 300 e 500 lux de iluminância atingiram no máximo 16,7% dos registros totais. Estes elevados níveis podem ser atribuídos às reflexões causadas pelas superfícies de cor branca dos brises direcionadas ao interior do ambiente.

Palavras-chave: iluminação natural, proteção solar, brise, sala de aula.

ABSTRACT

Considering school's environment natural lighting, it can be said that there are innumerable physiological and psychological benefits provided by this type of light. Natural light is the most important environmental stimulus that regulates the circadian system (BOYCE; HUNTER; HOWLET, 2003), which is responsible for the human being's biological clock, acting on well-being, attention degree and sleep quality. This paper's objective is to analyze how the use of vertical and horizontal protection elements (with different configurations) in lateral opening influences natural light's behavior in classroom spaces located in low latitude

places. This behavior was investigated through a small-scale physical model. The methodological procedure adopted for this research characterizes primarily by measurements made from a reduced physical model that is based on the dimensions and geometry adopted in a standard classroom project in municipal elementary schools. The study comprehends three phases: I) Delimitation of the study object, definition and construction of analysis models; II) Quantitative data collection (on-site measurements); III) Data tabulation and descriptive and inferential analyzes. The results showed that these elements presence resulted in greater light homogeneity in relation to the case in which there were not brises. It was observed that even with the presence of these elements, the illumination levels reached in most of the time are quite high (above 500 lux) for classroom environments. Among all observed situations, it was noticed that adequate levels (between 300 and 500 lux) of illuminance reached a maximum of 16.7% of the total records. These high levels can be attributed to the reflections caused by brises surfaces (white color) directed to the environment's interior.

Keywords: Daylighting, solar protection, classroom.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre iluminação natural e arquitetura sempre foi importante para compreensão do espaço, do ponto de vista estético e funcional, e por isso passou a fazer parte do processo de concepção das edificações, devido a busca por cumprir necessidades básicas das habitações, classificadas por Behling (1996) como proteção e conforto. Dessa maneira, a iluminação natural, subárea do conforto ambiental, é estudada devido aos benefícios que agregam para o desenvolvimento de atividades físicas do ser humano.

É notório que a preocupação sobre o excessivo consumo de energia elétrica nas edificações tem crescido cada vez mais nas últimas décadas, inúmeros esforços têm sido feitos para melhorar a eficiência energética dos edifícios através de sistemas passivos e ativos. A iluminação artificial, que visa fornecer quantidade suficiente de luz e criar um ambiente luminoso confortável para os ocupantes realizarem tarefas visuais, representa cerca 7,2% das fontes de energias primárias desenvolvidas no mundo e são responsáveis por 430 Gkg de emissão de Carbono na atmosfera (POWELL, 2011). Esse dado permite concluir que os sistemas de iluminação podem assumir uma parcela significativa nas ações que acarretem o uso racional da energia elétrica.

A introdução da luz do dia em espaços internos é uma solução encontrada para trazer grandes benefícios. Não apenas para reduzir o consumo de energia, mas também melhora a satisfação, o bem-estar e a saúde dos ocupantes (DILAURA et al., 2011). Assim, a caracterização precisa da quantidade e qualidade da luz do dia em um espaço está se tornando cada vez mais importante.

Reinhart (2005) afirma que a distribuição não homogênea, níveis em excesso ou insuficientes são problemas recorrentes no aproveitamento da iluminação natural. A janela unilateral, normalmente utilizada, tem a desvantagem de apresentar elevados níveis de iluminação natural em sua proximidade e baixos níveis no fundo da sala. O alcance da luz natural, neste caso, depende da altura da janela e da profundidade do ambiente. As aberturas laterais podem iluminar naturalmente um ambiente interno até uma profundidade de 1,5 a 2,0 vezes a altura da janela, acima do piso.

O excesso de iluminação gera ofuscamento, reflexões, brilho ou contrastes excessivos que, além da redução da eficácia visual, provocam desconforto físico (HEERWAGEN; DIAMOND, 1992). Boyce, Hunter e Howlet (2003), salientam que diante do desconforto ou da dificuldade em realizar suas tarefas as pessoas acabam reduzindo ou eliminando a contribuição da luz natural, com cortinas ou outros anteparos improvisados, desperdiçando assim os benefícios da luz natural.

Considerando a iluminação natural do ambiente escolar, objeto de estudo deste artigo, pode-se afirmar que o mais importante são os benefícios fisiológicos e psicológicos que este tipo de luz proporciona. A luz natural é o mais importante estímulo ambiental de regulação do sistema circadiano ((BOYCE; HUNTER; HOWLET, 2003), que é responsável pelo relógio biológico do ser humano, atuando sobre o bem-estar, grau de atenção e qualidade do sono. Já no ambiente de trabalho, um estudo desenvolvido por Hoffman (2007) observou-se através das aberturas com a presença de luz natural, emplacavam diretamente no humor das pessoas e consequentemente em um rendimento de trabalho mais satisfatório.

Dessa forma, vem-se buscando na arquitetura soluções bioclimáticas que atenda às necessidades locais e adequadas ao clima, garantindo conforto ao usuário sem perder de vista a questão estética e formal do projeto (VIANNA; GONÇALVES, 2001). No caso da iluminação natural, Cunha (2006) aponta alguns fatores que contribuem diretamente para eficiência dos projetos como a orientação, os materiais construtivos, a área exposta a insolação, a organização dos espaços internos, os acabamentos, tamanhos, cores, formas, proteção solar das aberturas além de vários outros elementos construtivos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar a influência da utilização de elementos verticais e horizontais de proteção (com diferentes configurações) em abertura lateral no comportamento da iluminação natural em espaços de sala de aula localizada na cidade de João Pessoa-PB utilizando modelo físico em escala reduzida.

3. MÉTODO

O procedimento metodológico adotado para esta pesquisa caracteriza-se primordialmente por medições realizadas a partir de um objeto de estudo o qual, neste caso, é um modelo físico reduzido (maquete) que tem como base as dimensões e a geometria adotadas em um projeto padrão de sala de aula em escolas da cidade de João Pessoa-PB. Distinguem-se no estudo três etapas principais: I) Delimitação da amostra; caracterização do objeto de estudo; II) Coleta de dados quantitativas (medições *in loco*); Tabulação dos dados e análises descritivas e inferenciais.

3.1. Caracterização da amostra e objeto de estudo

A cidade de João Pessoa possui um projeto padrão de escola que foi desenvolvido pela Prefeitura Municipal e construído em vários bairros da cidade, o qual serviu de base para o este estudo. O projeto padrão caracteriza-se por ser uma edificação de dois pavimentos, no qual dois blocos horizontais são interligados por uma circulação vertical central. A maioria das salas de aulas do pavimento térreo têm forma quadrada com dimensões de 7,05 m de largura e 7,05 m de profundidade; as salas do pavimento superior medem 6,45 x 7,05 metros. Cada sala possui abertura lateral 5,55 metros de largura e a altura do peitoril é de 0,6 metros.

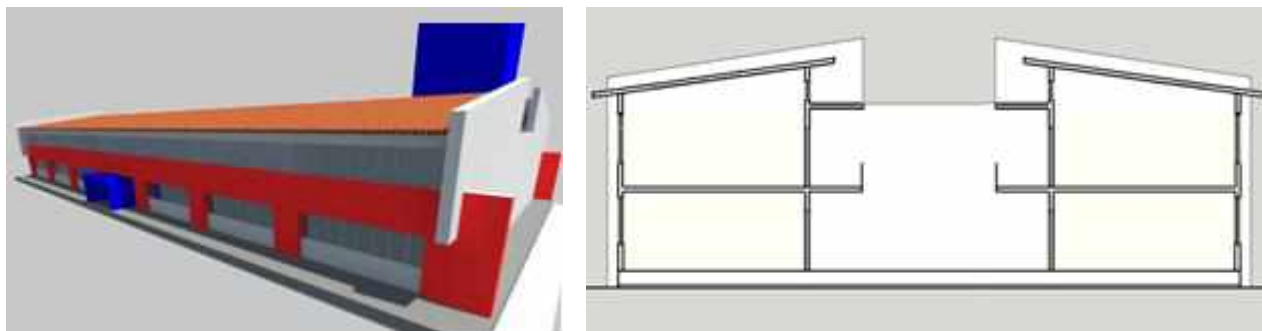


Figura 1 - Projeto da escola padrão: A) Perspectiva; B) Corte esquemático. (LEDER, et al, 2016)

As medições de iluminância ocorreram em um modelo físico reduzido a escala de 1:25 obedecendo as características do objeto real (sala de aula) descrita acima. A maquete é composta por duas salas de aula dessa edificação, sendo uma sala no pavimento térreo e outra no pavimento superior. Nesta pesquisa foi analisado apenas o ambiente do pavimento térreo. Os coeficientes de reflexão das superfícies internas verificados através da cartela de cores da CIBSE foram: piso com 0,45; paredes, forros e brises com 0,74.

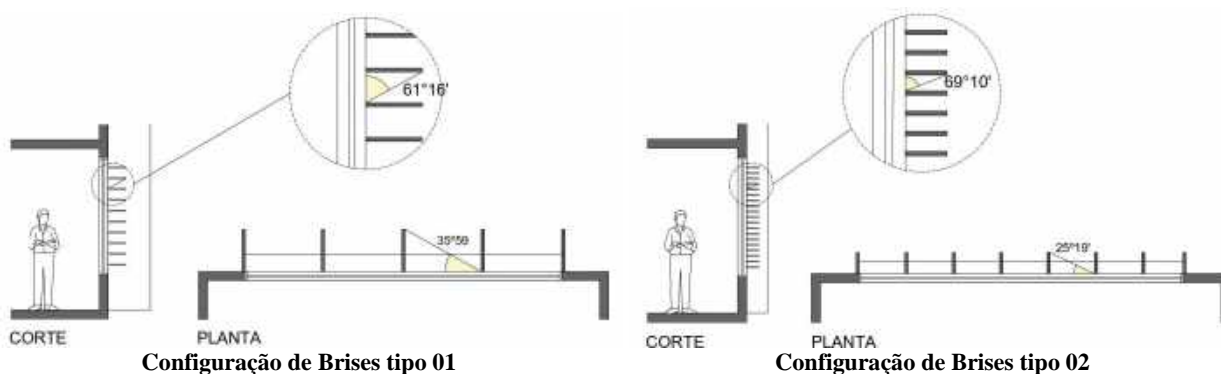


A) Maquete física em escala reduzida (1:25) representativa das sala de aula.

B) Planta Baixa esquemática com a disposição dos pontos de medição

Figuras 2 - A) Maquete física; B) Planta Baixa esquemática.

Visando analisar o impacto dos elementos de proteção solar para comportamento da iluminação natural em ambientes de salas de aula, construiu-se duas diferentes configurações de brises, com sistema horizontal e vertical, porém com diferentes ângulos de sombreamento. A primeira configuração tem ângulo vertical de sombreamento igual a $61^{\circ}16'$ e o horizontal igual a $35^{\circ}59'$. Na segunda configuração, estes ângulos são, respectivamente, $69^{\circ}10'$ vertical e $25^{\circ}19'$ horizontal (Figura 3).

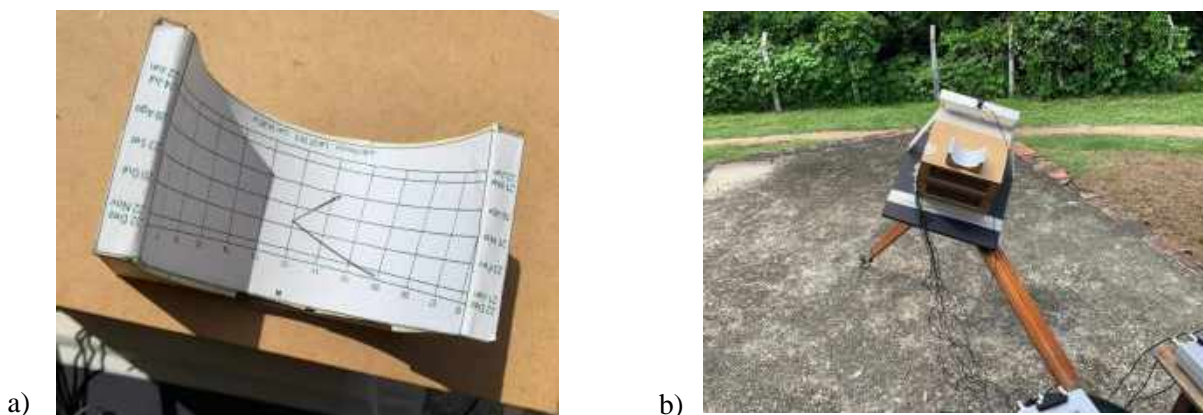


Figuras 3 – Configurações dos brises utilizados.

3.2. Coleta de dados

Para etapa de medições foi utilizado um conjunto de nove sensores fotométricos Li-210 da LI-COR, medindo simultaneamente. Os dados foram armazenados em três dataloggers da LICOR - Li 1400. Em cada ambiente foi posicionado quatro sensores (conforme figura 2b) e externamente dispôs de um sensor para que fosse obtido os dados de iluminância externa.

A maquete foi apoiada sobre um tripé com base de superfície escura. Para simular diferentes dias do ano foi utilizado o princípio do relógio solar (Carta solar de João Pessoa). Foram utilizados para esta simulação as datas referentes ao Equinócio (23 de Setembro), Solstício de Inverno (21 de Junho) e o Solstício de Verão (21 de Dezembro), nos horários de 09:00; 12:00; 15:00, alternando entre o modelo sem nenhuma proteção, com a configuração de brises tipo 01 e 02. Todas estas variações foram aplicadas para as orientações norte, sul, leste e oeste, totalizando 108 registros de iluminância em cada orientação.



Figuras 4 – a) Relógio solar; b) Maquete apoiada no tripé.

A aquisição dos dados foi obtida entre os dias 23 e 25 de abril de 2019, no horário entre 11:00h e 13:00h, visto que neste intervalo de tempo a altura solar atinge o pico mais elevado, facilitando o manuseio da maquete (demandando menos inclinação). No momento das medições foi catalogado o tipo de céu presente no momento de cada medição, possibilitando assim uma associação entre variações e o aspecto do céu.

Por último, com o auxílio do software Sol-Ar, foram construídas as cartas solares para as duas configurações de brises considerando cada orientação. Estas cartas se tornaram importantes pois auxiliaram na análise dos níveis de iluminação, a fim de verificar a presença da radiação solar direta dentro dos ambientes.

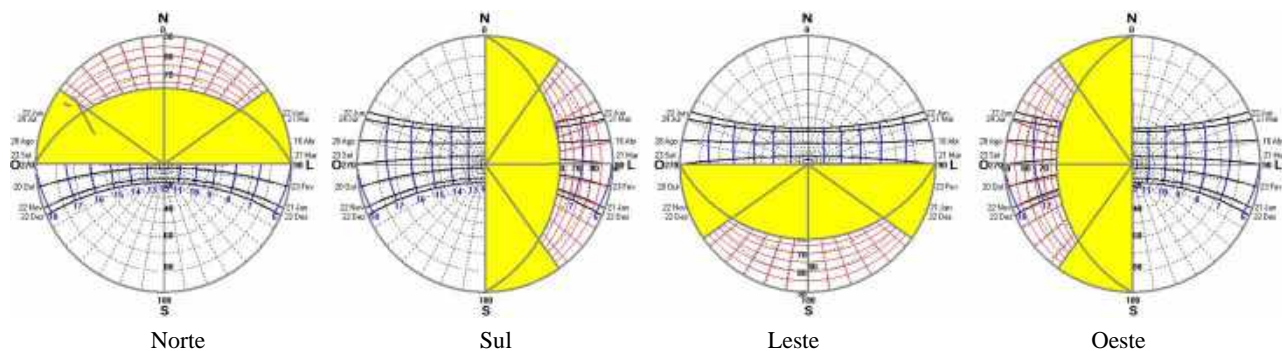
4. RESULTADOS

Os resultados desta pesquisa estão apresentados a seguir na seguinte ordem: a) Análise da radiação solar direta considerando a configuração de brises 1, e, a configuração de brises 2; e, b) Comportamento do desempenho da iluminação natural considerando as duas configurações acima descritas, além da situação contendo a presença dos brises.

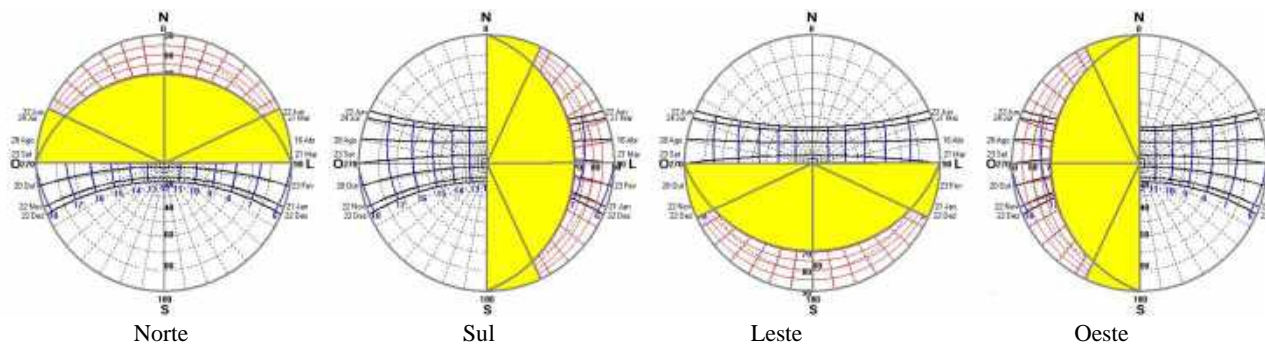
4.1 Análise da radiação solar direta

O comportamento das duas configurações de brises quanto ao bloqueio da radiação solar direta foi verificado de forma complementar a fim de auxiliar as análises do desempenho da luz natural. A seguir são apresentados os diagramas solares para as duas configurações de brises, considerando as orientações norte, sul, leste e oeste (Figura 5).

Configuração brises 01 – Ângulo vertical $\alpha = 61^{\circ}16'$; Ângulo horizontal $\beta = 35^{\circ}59'$



Configuração brises 01 – Ângulo vertical $\alpha = 69^{\circ}10'$; Ângulo horizontal $\beta = 25^{\circ}19'$



Figuras 5 – Diagramas solar para a configuração de brises 01 e brises 02.

Com os resultados das máscaras solares é possível observar que, em termos de sombreamento, as duas configurações de brises demonstram desempenho satisfatório, barrando a radiação solar direta durante todos os dias do ano, em praticamente todos os horários do dia, deixando a radiação solar direta entrar apenas nas primeiras horas do dia na orientações leste e nas últimas horas do dia na orientação oeste.

No entanto, é importante observar que uma parcela considerável da abobada celeste também é obstruída, diminuindo o fator de visão do céu e, conseqüentemente reduzindo a luz natural difusa vinda do céu. Este fator pode influenciar diretamente na quantidade e distribuição das iluminâncias no interior dos ambientes.

4.2 Desempenho da iluminação natural

Para verificar o desempenho e comportamento da iluminação natural no interior dos ambientes de sala de aula foi considerada também as duas configurações de brises nas orientações norte, sul, leste e oeste e, nos dias de solstícios de verão e inverno e no equinócio.

A seguir (Figura 6) são apresentados os gráficos que demonstram a distribuição dos níveis de iluminâncias para cada configuração de brises, assim como para a situação sem brise. Na orientação norte observa-se que a mediana das iluminâncias para a situação sem brises está próximo de 1700 lux. Já o

comportamento das configurações de brises 01 e brises 02 são semelhantes, as medianas estão em torno de 1054 e 1170 lux, respectivamente. Cinquenta por cento dos dados verificados nos dois casos estão entre 656 lux a 1821 lux para configuração de brises 01; e 521 lux a 1785 lux para configuração de brises 02. Com relação a variabilidade das iluminâncias, nota-se que a situação com brises 02 apresentou menor variação (demonstrado pelo menor desvio padrão), consequentemente maior homogeneidade nos níveis de iluminação no decorrer do ano (Tabela 01).

Na orientação sul, a mediana da iluminância na situação sem brises é 1466 lux, enquanto que nas configurações 01 e 02 é 684 lux e 712 lux, respectivamente. Cinquenta por cento das iluminâncias observadas com o brises 01 esta entre 465 lux a 2134 lux, com o brises 02 entre 506 lux a 2005 lux. A variabilidade da iluminância ocorrida com o brises 01 é pouco maior em relação ao brises 02 observado através dos desvios padrão da tabela 01.

A orientação leste demonstrou comportamento diferente das demais orientações em relação a variabilidade da iluminação. O desvio padrão observado nas configurações de brises 01 e 02 é, respectivamente, 2450 e 2610 lux, consideravelmente acima das demais orientações, representando maior homogeneidade da iluminação. As medianas para estas configurações são: 936 lux para brises 01 e 1096 lux para brises 02. Enquanto a mediana observada nos registros da iluminância externa é 1577 lux. Para o brises 01, cinquenta por cento das observações se encontram entre 828 lux e 4692 lux, para o brises 02 entre 494 lux e 4978 lux.

Considerando a orientação oeste é possível observar que a mediana das iluminâncias para a situação sem brises é 1348 lux. A configuração de brises 01 tem mediana igual a 784 lux e a configuração 02 igual a 667 lux. Cinquenta por cento dos dados verificados nos dois casos estão entre 463 lux e 1627 lux para configuração de brises 01 e, 521 lux e 1863 lux para configuração de brises 02. Com relação a variabilidade das iluminâncias, nota-se que a situação com brises 02 apresentou menor variação, consequentemente maior homogeneidade nos níveis de iluminação, observado na tabela 01.

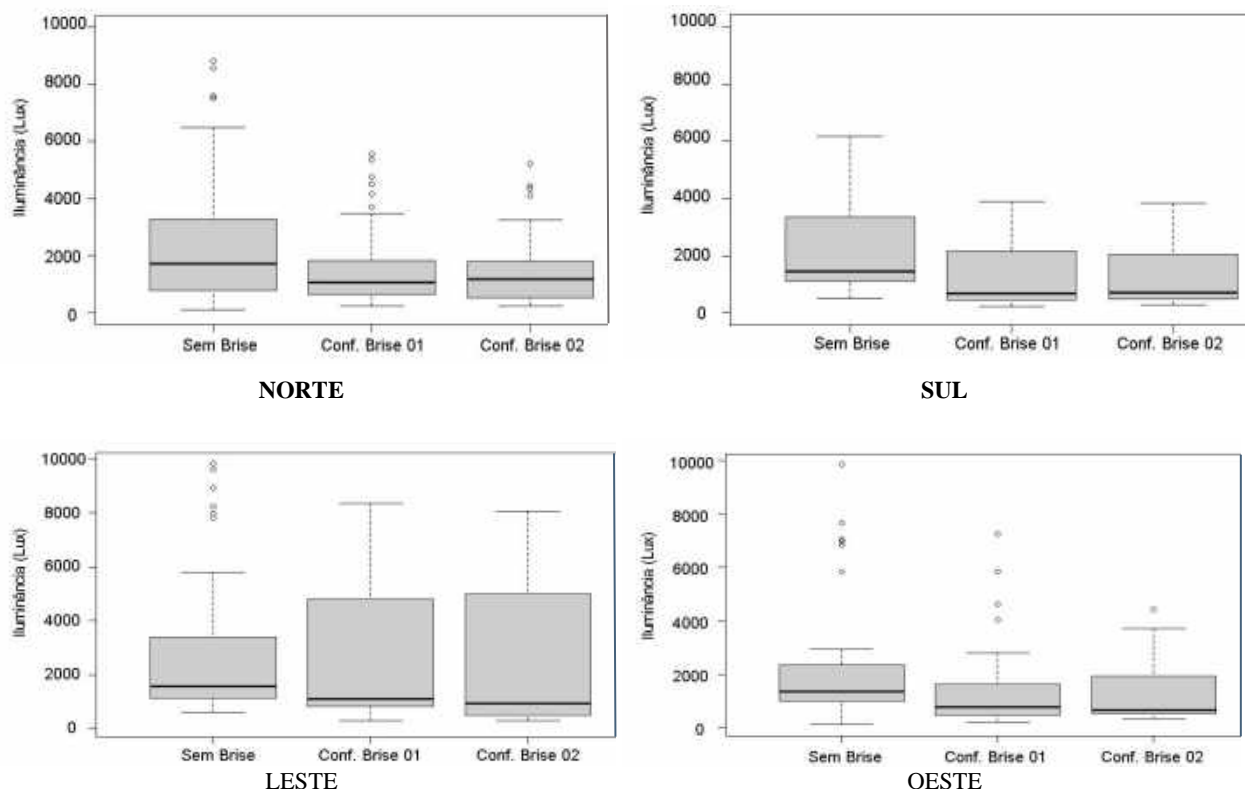


Figura 6 – Distribuição das iluminâncias para a orientação norte.

Tabela 1 – Média e Desvio Padrão para cada configuração de brises em função da orientação.

	MÉDIA E DESVIO PADRÃO (Lux)							
	Norte		Sul		Leste		Oeste	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Sem brises	2630	2500	2300	1600	2910	2860	2300	2430
Brises 01	1660	1540	1330	1140	2530	2450	1430	1640
Brises 02	1550	1400	1260	1060	2440	2610	1280	1110

Nos espaços interiores, a iluminação deve proporcionar à realização das tarefas visuais a maior uniformidade possível. Nas zonas de realização das tarefas visuais o fator de uniformidade das iluminâncias (Ilum. mínima / Ilum. média) é importante que seja superior a 0,7. De acordo com os dados de uniformidade apresentados na tabela 2 abaixo, constata-se que a as situações com a presença dos brises demonstrou uniformidade adequada em quase cem por cento das situações analisadas. Para a situação sem brises, pouco mais de 50% das ocorrências apresentam uniformidade inadequada.

Tabela 2 – Fator de uniformidade da iluminância nas situações analisadas.

	DATA	HORA SOLAR	NORTE	SUL	LESTE	OESTE
SEM BRISES	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,796333	0,760966	0,184328	0,824372
		12:00	0,872197	0,740037	0,745206	0,697486
		15:00	0,108979	0,710383	0,844593	0,250642
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	0,099802	0,805946	0,249188	0,749954
		12:00	0,795456	0,615352	0,676527	0,667775
		15:00	0,535882	0,608819	0,844791	0,78825
	EQUINÓCIO	09:00	0,18067	0,682082	0,277034	0,160458
		12:00	0,186366	0,80758	0,667333	0,761936
		15:00	0,13072	0,627086	0,876299	0,752157
CONFIGURAÇÃO BRISES 01	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,8396	0,731582	0,755958	0,871216
		12:00	0,921842	0,729114	0,857706	0,789121
		15:00	0,887907	0,773244	0,909031	0,124828
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	0,725881	0,868878	0,832747	0,830779
		12:00	0,711386	0,833524	0,837644	0,771887
		15:00	0,776378	0,818436	0,536262	0,785431
	EQUINÓCIO	09:00	0,874825	0,777896	0,798531	0,860541
		12:00	0,722502	0,896434	0,798404	0,844799
		15:00	0,811119	0,789146	0,915611	0,858686
CONFIGURAÇÃO BRISES 02	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,773468	0,751286	0,787837	0,856198
		12:00	0,857077	0,729999	0,835277	0,774621
		15:00	0,887802	0,810737	0,872408	0,875777
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	0,126694	0,870841	0,841404	0,87361
		12:00	0,767208	0,876928	0,824054	0,75938
		15:00	0,813659	0,816017	0,888912	0,8142
	EQUINÓCIO	09:00	0,808122	0,766245	0,825066	0,873638
		12:00	0,791319	0,904818	0,796597	0,921521
		15:00	0,792306	0,762138	0,884153	0,862938

A tabela 3 mostra em termos percentuais a faixa de ocorrência de iluminância para cada orientação. Estas faixas foram adotadas segundo os limites estabelecidos pela NBR/ISO 8995 (NBR, 2013) para ambientes de sala de aula. A faixa de iluminação ideal (300 – 500 lux) apresentou percentuais de 8,3% a 16,7% do total de iluminância medida. Já a faixa com níveis acima de 500 lux foi a maior em todos os casos com percentuais que vão desde 68% a 87% do total das medições em cada orientação.

Tabela 3 – Percentual de ocorrências por faixa de iluminância.

Iluminância	Percentual de ocorrências			
	Norte	Sul	Leste	Oeste
Menor que 300 Lux	3,7%	3,6%	1%	4,6%
Entre 300 e 500 Lux	13,3%	13,9%	12%	16,7%
Maior que 500 Lux	83%	82,4%	87%	78,7%

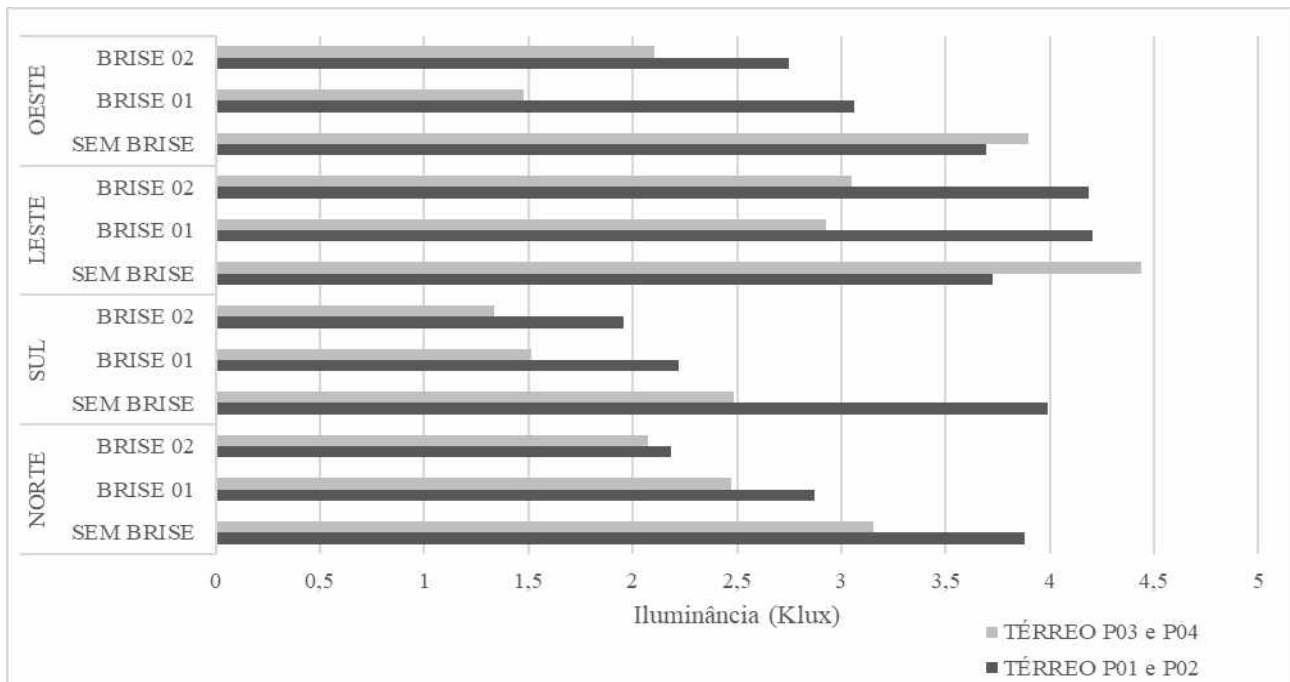
Na figura 7 são apresentados os dados de medição para cada ponto, organizados em cada dia e horário e por orientação. Para cada pavimento foram registrados 432 dados de iluminância, sendo 108 registros em cada orientação. É possível observar que os dois pavimentos obtiveram comportamento semelhante. Na orientação norte as maiores iluminâncias foram registradas no solstício de inverno e equinócio. Situação inversa acontece na orientação sul, onde as maiores iluminâncias se concentraram no solstício de verão. Nas orientações leste e oeste os maiores níveis de iluminação registrados ocorreram respectivamente manhã e tarde, independente do período do ano.

	DATA	HORA SOLAR	NORTE				SUL				LESTE				OESTE			
			P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
SEM BRISE	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,59	0,627	0,42	0,46	6,179	5,01	3,82	3,52	7,98	1,063	5,79	8,22	1,24	1,401	0,99	1,18
		12:00	1,31	1,492	1,1	1,13	5,63	5,27	3,24	3,38	1,09	0,895	0,69	0,613	2,93	2,74	1,53	1,57
		15:00	1,31	1,448	1,27	0,11	3,833	5,15	2,66	3,34	1,41	1,694	1,15	1,138	1,11	1,055	7,67	6,99
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	6,5	8,823	7,59	0,59	1,162	1,42	0,94	1,14	1,81	9,822	9,6	7,813	0,57	0,861	0,44	0,49
		12:00	7,52	8,557	5,36	5,53	2,694	2,87	1,32	1,67	4,29	3,619	2,03	2,051	0,98	1,136	0,55	0,63
		15:00	1,74	1,692	2,66	0,94	1,298	1,07	0,62	0,54	1,4	1,57	1,14	1,303	6,84	9,857	5,83	7,07
	EQUINÓCIO	09:00	2,97	0,382	2,91	2,21	1,928	1,93	1,03	1,16	1,1	1,116	0,83	8,924	0,14	1,463	0,99	0,99
		12:00	3,23	0,347	1,86	2,01	1,476	1,46	1,13	1,03	2,91	3,208	1,59	1,801	1,58	2,346	1,27	1,46
		15:00	3,34	0,328	4,13	2,22	1,367	1,32	0,63	0,69	1,22	1,606	1,13	1,189	1,68	2,358	1,56	1,3
CONFIGURAÇÃO BRISE 01	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,33	0,329	0,24	0,25	3,272	3,7	2,1	2,4	4,58	5,182	3,12	3,617	0,69	0,732	0,57	0,64
		12:00	0,66	0,745	0,68	0,62	3,741	3,91	2,24	2,4	0,38	0,405	0,3	0,296	1,22	1,267	0,83	0,88
		15:00	0,57	0,712	0,64	0,55	2,906	2,74	1,98	1,83	0,81	0,879	0,7	0,705	5,85	7,253	0,44	0,47
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	4,77	5,365	5,56	3,48	0,551	0,59	0,46	0,51	6,67	7,37	5,04	5,115	0,29	0,286	0,21	0,21
		12:00	4,16	4,493	3,71	2,67	1,341	1,41	1,04	1,2	1,45	1,538	1,08	1,109	0,73	0,741	0,47	0,51
		15:00	0,76	0,905	0,87	0,61	0,46	0,47	0,33	0,32	0,83	3,117	0,74	0,805	4,05	4,613	2,8	2,81
	EQUINÓCIO	09:00	1,57	1,805	1,87	1,47	0,654	0,74	0,46	0,53	7,59	8,332	5,41	5,779	0,44	0,429	0,33	0,33
		12:00	1,1	1,14	1,01	0,72	0,661	0,71	0,62	0,57	1,28	1,441	0,93	1,016	0,88	1,216	0,84	1,04
		15:00	1,24	1,516	1,63	1,12	0,393	0,35	0,24	0,25	0,93	1,062	0,85	0,877	1,61	2,475	1,76	1,67
CONFIGURAÇÃO BRISE 02	SOLSTÍCIO DE VERÃO	09:00	0,35	0,337	0,32	0,24	2,868	3,31	1,94	2,2	5,72	6,572	4,14	4,571	0,61	0,642	0,49	0,53
		12:00	0,5	0,547	0,49	0,42	3,726	3,86	2,23	2,38	0,65	0,694	0,48	0,494	1,01	1,082	0,68	0,73
		15:00	0,53	0,666	0,59	0,51	2,643	2,7	1,82	1,83	0,38	0,441	0,31	0,309	1,79	2,069	1,53	1,51
	SOLSTÍCIO DE INVERNO	09:00	0,39	4,435	4,46	2,88	0,545	0,6	0,46	0,51	6,56	7,087	4,97	5,009	0,42	0,417	0,33	0,34
		12:00	4,11	5,208	4,34	3,24	1,009	1,04	0,83	0,89	1,25	1,382	0,94	0,975	0,58	0,6	0,37	0,4
		15:00	0,66	0,802	0,76	0,57	0,423	0,41	0,3	0,29	0,55	0,59	0,47	0,496	3,16	3,705	2,37	2,42
	EQUINÓCIO	09:00	1,63	1,857	1,67	1,31	0,714	0,81	0,5	0,56	7,27	8,067	5,48	5,766	0,6	0,587	0,46	0,46
		12:00	1,38	1,65	1,28	1,06	0,653	0,71	0,57	0,56	1,24	1,372	0,88	0,937	0,65	0,818	0,66	0,7
		15:00	1,66	1,986	1,76	1,34	0,533	0,48	0,32	0,33	0,51	0,565	0,43	0,442	2,85	4,434	2,96	2,98

Figuras 7 – Iluminâncias registradas (Klux).

Na figura 8 é observado, em percentual, a quantidade de iluminância registrada no interior do ambiente em relação aos níveis externos de iluminação. Nos pontos 3 e 4 (mais afastados da janela) foram registradas as menores reduções em todos os casos, com destaque para a orientação sul, que chegou a 1,4% da iluminação externa.

O brise 02 apresentou as menores reduções da iluminância nas orientações norte e sul. Nas orientações leste e oeste foram registrados as menores reduções dos níveis de iluminação. Este fato pode ser explicado pela incidência da luz solar direta nas superfícies dos brises causando reflexões direcionadas para o ambiente interno.



Figuras 8 – Percentual de redução da iluminância para cada ponto medido.

5. CONCLUSÕES

Sabendo que o objetivo deste estudo foi analisar a influência de elementos verticais e horizontais de proteção solar em abertura lateral no comportamento da iluminação natural em espaços de sala de aula, foi possível observar que a presença destes elementos conseguiu maior homogeneidade da luz em relação ao caso em que não há a presença dos brises.

Também se observou que mesmo com a presença destes elementos, os níveis de iluminação atingidos em grande parte do tempo são bastante elevados (acima de 500 lux) para ambientes de sala de aula. Dentre todas as situações observadas, notou-se que os níveis adequados (entre 300 e 500 lux) de iluminância atingiram no máximo 16,7% dos registros totais. Ressalta-se que, de acordo com as cartas solares analisadas não há presença de luz solar direta dentro do ambiente com a presença das duas configurações de brises, demonstrando que o sombreamento é efetivo em todo o ano.

Apesar de haver uma redução bastante significativa da iluminância interna, chegando a 1,4% da iluminância externa, ainda é percebido níveis elevados de iluminação, principalmente na orientação leste. Isso pode ser explicado. Estas elevadas iluminâncias podem ser atribuídas às reflexões causadas pelas superfícies (cor branca) dos brises direcionadas ao interior do ambiente.

Além disso, a cidade de João Pessoa-PB com latitude de 7,11 sul, tem iluminação natural intensa durante todo o ano, com registros de até mais de 100 mil lux (registro observado nesta pesquisa). Desta forma, uma redução de iluminação de 98,5% ainda pode ser considerada baixa, pois 1,5% ainda corresponde a 1500 lux dentro de um ambiente de sala de aula. Como continuidade desta pesquisa, outras configurações de proteção serão analisadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR/ISO 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylighting Design of Buildings**. Londres: James and James, 2002.
- BEHLING, Sophia et al. **Sol power: the evolution of solar architecture**. London: Prestel, 1996.
- BOYCE, P.; HUNTER, C.; HOWLET, O. **The benefits of daylight through windows**. 2003. Disponível em: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/pdf/daylightbenefits.pdf> Acesso em 2014.
- CUNHA, Eduardo Grala da. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. Porto Alegre - RS: Masquatro Editora, 2006.
- HEERWAGEN, J.; DIAMOND, R. C. **Adaptations and coping: occupant response to discomfort in energy efficient buildings**. In Proceedings of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, Pacific Grove, USA, 1992.
- HOFFMANN, G., GUFLER, V., GRIESMACHER, A., BARTENBACH, C., CANAZEI, M., STAGGL, S., e SCHOBERSBERGER, M., Effects of Variable Lighting Intensities and Color Temperatures on Sulphatoxymelatonin and Subjective Mood, 2007.
- REINHART, C. F. Simulation-based review of the ubiquitous window-headheight to daylit zone depth rule-of-thumb. **Anais do Buildings Simulation 2005**. Canadá, 2005.
- VIANA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus s/c Ltda, 2001.
- MAGALHÃES, L. C. **Orientações Gerais Para Conservação de Energia Em Prédios Públicos**. Eletrobrás/PROCEL, 1ª Edição, 2001.
- DILAURA, D.L.; HOUSER K.W.; MISTRICK, R.G. ; STEFFY, G.R. **The Lighting Handbook**. The Illuminating Engineering Society of North America, New York (NY), USA, 2011.
- POWELL, K.. **lessons from the field**. Solid-State Lighting Program: U.S. Department of Energy, 2011.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES pelos recursos financeiros em forma de bolsa PIBIC disponibilizadas aos discentes.