

## PERCENTUAL DE ABERTURA NA FACHADA E TIPOS DE FECHAMENTO NO DESEMPENHO LUMÍNICO DA EDIFICAÇÃO

**Solange Maria Leder(1); Lilianne de Queiroz Leal (2); Eliana F. Costa Lima (3)**

(1) Dr<sup>a</sup> Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, solangeleder@yahoo.com.br, Universidade Federal da Paraíba

(2) Mestre, Professora da Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental, liliannequeiroz@hotmail.com, Universidade Federal de Campina Grande

(3) Mestre, Professora do ensino técnico e tecnológico, eliana\_fcl@msn.com, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Paraíba

### RESUMO

As aberturas são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia das edificações, estudos de Buelow-Huebe indicam que 20-40% do desperdício de energia nas edificações deve-se às aberturas. Caracterizar o desempenho de diferentes configurações de aberturas é de grande importância para a adequação das normas às condições locais. Assim, esta pesquisa teve como objetivo analisar o impacto de variações nas aberturas - em tipo e tamanho - no desempenho lumínico de ambientes inseridos em uma edificação residencial de interesse social, considerando diferentes condições climáticas. O tamanho das aberturas foi expresso como percentual de área do piso, três dimensões de abertura foram investigadas: 15%, 30% e 45%, esta última seguindo a recomendação da norma 15.220 (ABNT, 2005b) para a zona climática 8. A edificação representa uma habitação de interesse social, inserida em sete localidades no estado da Paraíba. O tipo de fechamento empregado foi: vidro, veneziana de madeira e misto. A unidade residencial unifamiliar possui 35 m<sup>2</sup> de área total construída, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 2 quartos. O programa Daysim foi utilizado para as simulações computacionais da iluminação natural. Os parâmetros de análise do desempenho foram: a Autonomia da Luz do Natural – ALN e a Iluminância Natural Útil – INU. Sobre os resultados pode-se concluir que, considerando o modelo de edificação e as localidades em análise: 1) A abertura em vidro na dimensão de 15%, da área de piso, apresenta Autonomia da Iluminação Natural (ALN) superior a 60%; 2) A abertura com fechamento com veneziana na dimensão 45%, da área do piso, e com um coeficiente de reflexão de 75% apresenta níveis adequados de iluminação natural; 3) As aberturas com fechamento misto nas dimensões de 30% e 45% apresentam adequados níveis de iluminação natural.

Palavras-chave: Aberturas, desempenho lumínico, simulação computacional.

### ABSTRACT

Openings are responsible for a significant energy consumption of buildings. The study of Buelow-Huebe indicated that 20-40% of energy waste in buildings is due to the openings. Characterize the performance of different openings settings is of great importance to adjusting the provisions to local conditions. This research aimed to analyse the impact of opening variations in the daylighting performance of a social dwelling building, which openings have variations in size and types of enclosure. The size of the openings was expressed as percentage of floor area, three dimensions were assessed: 15%, 30% and 45%, following the recommendation of the standard 15.220 (ABNT, 2005), for climate zone 8. The building represents a social housing, located in six cities in the state of Paraíba. The enclosures type are: glass, wood shutter and mixed (glass + wood shutter). The single-family residential unit has 35 square meters of total floor area, with the following rooms: 1 living-room, 1 kitchen, 1 bathroom and 2 bedrooms. The Daysim software was used for daylighting simulation. The analysis parameters are: Daylight autonomy and Useful daylight illuminance. The main conclusions are: 1 ) The glass opening, which size is 15% of the floor area, achieved Daylight autonomy above 60%; 2 ) The shutter opening, with 45% of the floor area and a reflectance of 75%, resulted in adequate levels of daylighting; 3) The opening mixed (glass + shutter), measuring 30 % and 45 % of the floor area, has adequate levels of daylighting.

Keywords: Windows, daylighting performance, computer simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho investiga o desempenho dos sistemas de iluminação natural em uma edificação residencial de interesse social em diferentes localidades no estado da Paraíba. As cidades escolhidas – João Pessoa, Campina Grande, Areia, Cabaceiras, Monteiro, Patos e Sousa, segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15.220 ABNT, 2005), localizam-se na zona bioclimática 8, embora possuam diferenças climáticas. A adoção das mesmas diretrizes construtivas para um grupo de cidades que demonstram comportamentos distintos relativos às suas principais características climáticas tem sido questionada por alguns pesquisadores (PEDRINI, et al., 2009; DAMASCENO, 2011), assim, esse estudo pretende verificar se, para as localidades em estudo, as diferenças climáticas afetam no desempenho dos sistemas de iluminação natural.

As aberturas são responsáveis por uma parcela significativa do consumo de energia das edificações, estudos de Buelow-Huebe indicam que 20-40% do desperdício de energia nas edificações deve-se às aberturas. Caracterizar o desempenho de diferentes configurações de aberturas é de grande importância para a adequação das normas às condições locais. As recomendações da norma NBR 15.220 quanto às aberturas foram resumidas no anexo C da norma, com percentuais que variam entre pequenas, médias e grandes para ambientes de longa permanência. O tamanho das aberturas foi expresso como percentual de área do piso, como pode ser observado na tabela 1 abaixo (ABNT, 2005). A recomendação para a zona bioclimática 8 é de aberturas grandes e sombreadas.

Tabela 1- Aberturas para ventilação

Tamanho	A (em % de área do piso)
Pequenas	$10\% < A < 15\%$
Médias	$15\% < A < 25\%$
Grandes	$A > 40\%$

Fonte ABNT, 2005

A definição do sombreamento de uma abertura é uma tarefa complexa pois, dada a dinâmica da trajetória solar, o sombreamento total da abertura frequentemente gera um conflito com a visão do exterior e a entrada de luz natural. Tendo a proteção solar e a iluminação natural como variáveis de análise, no estudo de Cho, Yoo e Kim (2014) a proteção solar de melhor desempenho, para todas as orientações, foi um sistema de elementos horizontais múltiplos. Este sistema se aproxima da tradicional veneziana, que no estudo de Martins (2013) apresentou melhores resultados de economia de energia. A veneziana é um sistema que garante a ventilação natural constante. Segundo De Dear e Brager (2002) pessoas que vivem em edifícios naturalmente ventilados, com controle sobre a abertura e o fechamento das janelas, demonstraram uma maior adaptação à variabilidade climática sazonal e a diversidade de temperaturas diárias, assim como, uma tolerância maior às temperaturas acima da zona de conforto.

A obstrução da visão do exterior do fechamento com veneziana pode ser uma desvantagem, porém esta característica depende da dimensão, do espaçamento e da inclinação das aletas.

As principais variáveis da abertura que influenciam a iluminação natural de um ambiente interno são: dimensão, forma e localização na parede. Segundo a pesquisa de Bittencourt et al (1995) a dimensão da abertura tem maior influência nos níveis de iluminação natural, enquanto a forma e a localização da abertura influenciam na distribuição do fluxo luminoso. Variáveis como a transparência do vidro e o nível de iluminação desejado, bem como o percentual mínimo do ano a ser iluminado naturalmente, estabelecido como meta, são também destacadas por Reinhart (2005).

Assim, optou-se por adotar a veneziana, como variável associada ao sombreamento da abertura e a ventilação natural constante, o vidro, como variável associada ao melhor aproveitamento da luz natural e, ainda, um sistema misto, com 1/3 do fechamento com vidro e 2/3 com veneziana. Ainda foram utilizadas três variações no tamanho das aberturas 15%, 30% e 45% em relação a área total de piso de cada ambiente, sendo a de 15%, a variação proposta pelo Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal.

Na análise do desempenho de sistemas de iluminação natural os parâmetros aplicados em estudos recentes são as medidas dinâmicas de Autonomia da Luz do Natural – ALN (*Daylight Autonomy – DA*) e Iluminância Natural Útil – INU (*Useful Daylight Illuminance – UDI*). Para a geração dos mesmos, dados da luz natural ou radiação solar ao longo do ano e em intervalos de uma hora são necessários. A ALN corresponde à porcentagem de horas (do ambiente ocupado) em que a iluminância no plano de trabalho atinge um valor estipulado como padrão para as atividades do ambiente, possibilitando Autonomia da Luz

Natural em relação à luz artificial. Este parâmetro, entretanto, não permite a identificação das situações onde há níveis de iluminação excessivos, que podem provocar desconforto visual. A INU corresponde à porcentagem de horas, em um ano, em que a iluminância no plano de trabalho atinge valores dentro de um intervalo de aproveitamento da luz natural de 100 a 2000lux. Esse intervalo deve-se às seguintes considerações: o limite inferior, de 100lux, possibilita a iluminação de tarefas de baixa complexidade ou ainda, a complementação da mesma com luz artificial, enquanto os níveis acima de 2000 lux devem ser evitados, pois podem gerar desconforto visual e/ou térmico (MARDALJEVIC et al., 2011; MARDALJEVIC et al., 2012).

## 2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é analisar o impacto de variações nas aberturas no desempenho lumínico de ambientes inseridos em uma edificação residencial, considerando diferentes condições climáticas (clima quente-úmido e semiárido). As principais variáveis em análise são: a dimensão da abertura e o tipo de fechamento.

## 3. MÉTODO

O trabalho de investigação foi desenvolvido tendo como base a simulação computacional. O programa escolhido foi o *Daysim* 3.1 que simula a iluminação natural através do *Daylight Coefficient*, baseando-se no método do *Raytrace* e o modelo de céu de Perez, possibilitando assim, a simulação das iluminâncias sob qualquer condição de céu. Neste software, o montante anual da luz do dia em um espaço é quantificado através das métricas dinâmicas derivadas dos perfis anuais de iluminância de hora em hora, que são gerados usando um arquivo de clima local. No método de simulação no *Daysim* são definidos os parâmetros de simulação baseados no *Radiance*: a geometria e a descrição dos materiais do edifício; a descrição do local e os dados do clima (arquivo climático em formato TRY).

### 3.1. Caracterização dos modelos de análise

Para as simulações, foi adotado um modelo representativo de habitação de interesse social desenvolvido pelo Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal em parceria com os estados e municípios e operacionalizado com recursos da CAIXA. A unidade residencial unifamiliar, com entorno desobstruído, possui fachada principal Sul e área total construída de 35 m<sup>2</sup>, com os seguintes ambientes: 1 sala, 1 cozinha, 1 banheiro e 2 quartos. A edificação é térrea e possui a cobertura em duas águas no sentido leste/ oeste (Figura 1a). As principais aberturas estão localizadas nas fachadas com orientação norte e sul, a abertura do banheiro possui orientação oeste, não há aberturas na orientação leste. Todas as aberturas estão centralizadas, o aumento da dimensão foi sempre no sentido lateral (largura da abertura), mantendo-se a altura o peitoril e verga constante, com exceção das situações onde a largura da parede externa não permitia. As portas internas foram consideradas abertas na simulação, com exceção das duas portas externas.

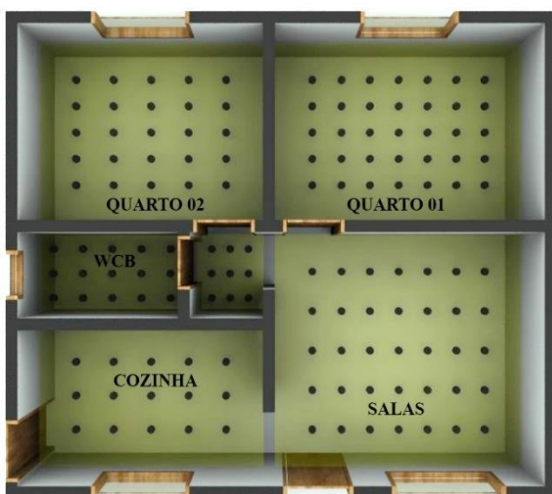


Figura 1 – Planta baixa com indicação dos pontos de medição



Figura 2 – Perspectiva do modelo base

Os coeficientes de reflexão das superfícies foram considerados segundo Reinhart (2010), e a cartela de cores da CIBSE (2001), conforme tabela 2. Para os fechamentos transparentes foi utilizado transmissão luminosa de 90%, conforme indica Reinhart (2010).

Tabela 2 – Propriedades dos fechamentos opacos – verticais e horizontais.

Material	Refletância	Material	Refletância
Parede	.....58%	Forro	.....84%
Piso	.....30%	Coberta	.....40%
Janelas	.....58%	Portas	.....58%

### 3.2. Configuração dos modelos de simulação computacional

Foram adotadas três variações no tamanho das aberturas 15%, 30% e 45% em relação a área total de piso de cada ambiente. Foi considerado também três tipos de fechamento: (a) vidro, (b) veneziana, (c) misto 1 – veneziana com 1/3 de vidro na parte superior da abertura e (d) misto 2 – veneziana com 1/3 de vidro no centro da abertura na parte central da abertura, conforme Figura 2. Para tais aberturas, também ocorrem variações em seus respectivos peitoris de acordo com o ambiente (Tabela 3).

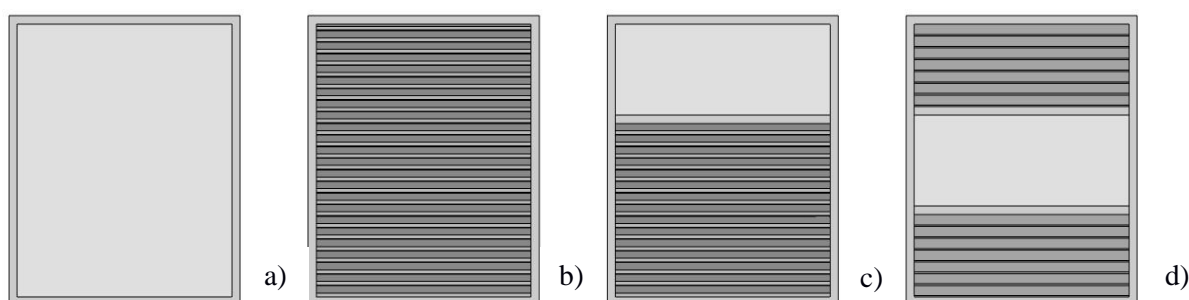


Figura 3 – Tipos de fechamento: a) vidro; b) veneziana; c) misto – vidro superior; d) misto – vidro central

Tabela 3 – Altura dos peitoris das aberturas

Ambientes	% de Aberturas		
	15%	30%	45%
Salas	1,10m	0,80m	0,14m
Quartos/ Cozinha	1,10m	0,80m	0,50m
Banheiro	1,60m	1,35m	1,24m

As simulações ocorreram para sete cidades localizadas no estado da Paraíba, são elas: João Pessoa (quente e úmido - lat. 7° 9' 28" Sul ; long. 34° 47' 30" Oeste), Campina Grande (quente e úmido - lat. 07° 13' 50" Sul; long. 35° 52' 52" Oeste), Areia (quente e úmido - lat. 6° 57' 48" Sul; long. 35° 41' 30" Oeste), Cabaceiras (lat. 7° 29' 20" Sul; long. 36° 17' 14" Oeste), Monteiro (lat. 7° 53' 22" Sul; long. 37° 07' 12" Oeste), Patos (semi-árido - lat. 7° 01' 28" Sul; long. 37° 16' 48" Oeste) e Sousa (semi-árido - lat. 6° 45' 33" Sul; long. 38° 13' 41" Oeste). O horário estabelecido para as simulações foi das 6:00 às 17:00h, totalizando uma rotina de 11 horas por dia. O nível mínimo de iluminância adotado foi de 300lux conforme indicação da NBR 5413/1992.

### 3.3. Métodos de análise

A análise do desempenho lumínico foi realizada a partir dos dados de Autonomia da Luz Natural (ALN) para cada sensor, onde observou-se, em percentual, quanto tempo um determinado ponto apresenta iluminância acima do mínimo (300 lux).

Foram analisados também os dados de iluminância horária de situações extremas (solstício de verão e e inverno) agrupados pela dimensão das aberturas, a fim de verificar o comportamento/distribuição da luz no ambiente. Cortes esquemáticos foram construídos a partir desses dados para a sala, o maior ambiente da edificação. Apenas a cidade de João Pessoa foi escolhida para essa análise.

Os dados de Iluminância Útil da Luz Natural (IULN) acima de 2000 lux foram analisados para verificar a probabilidade de ofuscamento, para cada dimensão de abertura, considerando os fechamentos vidro, misto 1 e misto 2.

O critério determinado para avaliar o desempenho da iluminação natural foi baseado na recomendação de Lynes (1968), de atender aos valores mínimos da legislação em pelo menos metade do ambiente e do estudo de Reinhart (2005), que considera suficiente a iluminação proporcionada por uma abertura lateral quando pelo menos metade do ambiente apresenta o valor da ALN estipulada.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. O primeiro aspecto a ser destacado é que o desempenho da iluminação natural nas sete localidades analisadas não apresentou diferenças significativas. O gráfico *boxplot* da Figura 4 representa os resultados obtidos para a abertura em vidro, nas dimensões 15%, 30% e 45% (da área do piso). As divisões do gráfico representam a distribuição dos dados nos percentuais 25%, 50%, 75% e 100% (50% e 75% - bloco central em amarelo). Na barra de título horizontal estão as localidades em estudo. Como esperado, para as aberturas com fechamento e vidro, os valores são elevados. A abertura com dimensão menor (15%) já seria suficiente para a Autonomia da Luz Natural (ALN) acima de 60% em todos os pontos analisados. Os menores valores podem ser observados para João Pessoa, Campina Grande e Areia, locais de clima quente e úmido, destacando-se Areia com os menores valores. Os níveis mais elevados estão relacionados com as cidades de clima semiárido.

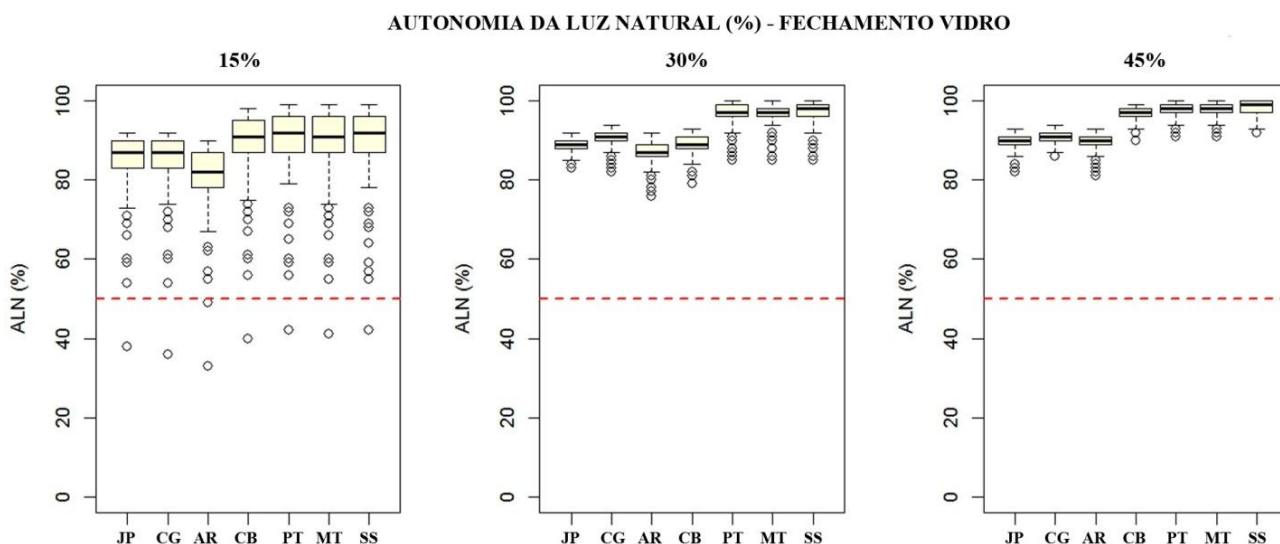


Figura 4 – Autonomia da luz natural para a abertura em vidro, nas dimensões de 15%, 30% e 45%

Para verificar a probabilidade de ofuscamento nas aberturas com fechamento em vidro observou-se o percentual de iluminâncias acima de 2000 lux. Na figura 5, abaixo, pode-se observar que as situações mais críticas ocorrem na abertura de maior dimensão - 45% da área do piso. Nessa condição verifica-se que, com exceção da cidade de Areia, para metade dos pontos analisados (metade do ambiente) o percentual de iluminâncias acima de 2000 lux encontra-se acima de 50%, chegando até 90%. A abertura com 30% da área do piso apresenta uma situação intermediária, considerando o outro extremo, a abertura com 15% (da área do piso) onde, metade do ambiente apresenta iluminâncias abaixo de 2000 lux, enquanto os pontos restantes apresentam até 40% de iluminâncias acima 2000 lux.

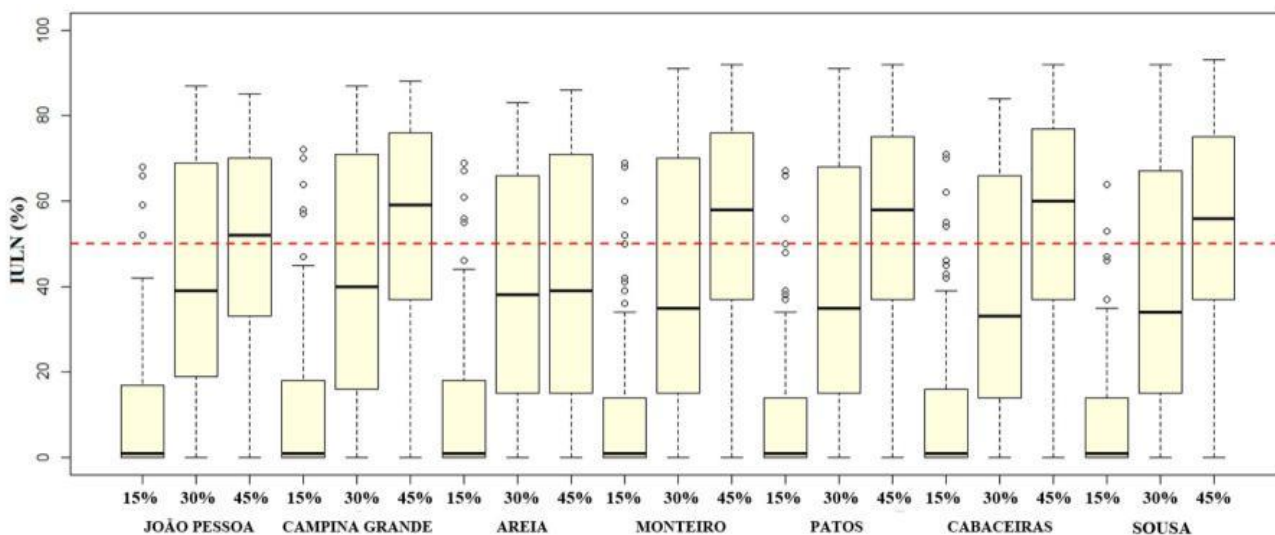


Figura 5 – Percentual de iluminâncias acima de 2000 lux para a abertura em vidro, nas dimensões de 15%, 30% e 45%

Nos gráficos da Figura 6 podem ser observados os resultados para as aberturas com veneziana. Nas aberturas com a dimensão de 45%, da área de piso, a ALN é acima de 50% em mais de 75% dos pontos analisados (ambiente). Para a dimensão de 30%, a ALN acima de 50% é atingida em torno de 35% da área dos ambientes analisados. O comportamento entre as localidades analisadas é muito similar, para essa condição de abertura a diferença de clima (úmido e seco) é quase imperceptível. Considerando as dimensões analisadas, o fechamento com veneziana não é suficiente para garantir níveis adequados de iluminação natural.

**AUTONOMIA DA LUZ NATURAL (%) - FECHAMENTO VENEZIANA**

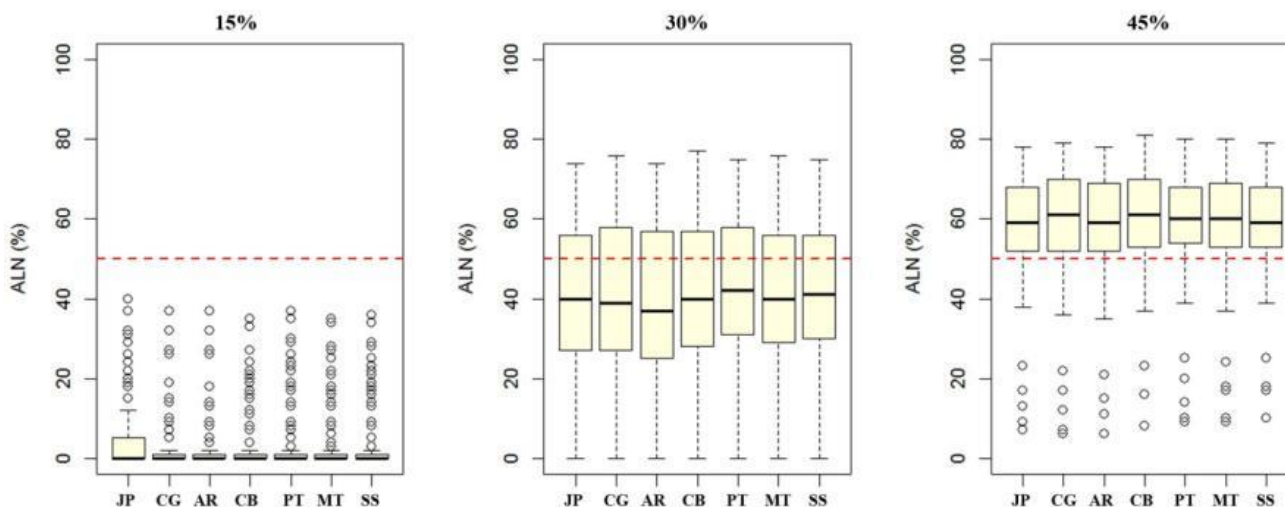


Figura 6 – Autonomia da luz natural para a abertura em veneziana, nas dimensões de 15%, 30% e 45%

Complementarmente, na análise da abertura com veneziana, optou-se por verificar o impacto que o aumento da reflexão das venezianas (face interna e externa) ocasiona nas iluminâncias internas. A figura 7 ilustra o estudo sobre o coeficiente de reflexão da abertura com veneziana. Três coeficientes de reflexão foram analisados: 20%, 58% e 75%. Para este estudo duas localidades foram utilizadas: João Pessoa (quente e úmido) e Souza (semi-árido). As aberturas tem dimensão de 45% da área do piso. Adotando-se coeficiente de 58%, como já verificado no gráfico da Figura 6, a autonomia da luz natural acima de 50% ocorre 75% dos pontos analisados, ao elevar o coeficiente de reflexão para 75% a autonomia da luz natural acima de 75% é obtida em todos os pontos analisados. Assim, com a elevação do coeficiente de reflexão a abertura em veneziana, com dimensão de 45% apresenta níveis adequados de iluminação natural.

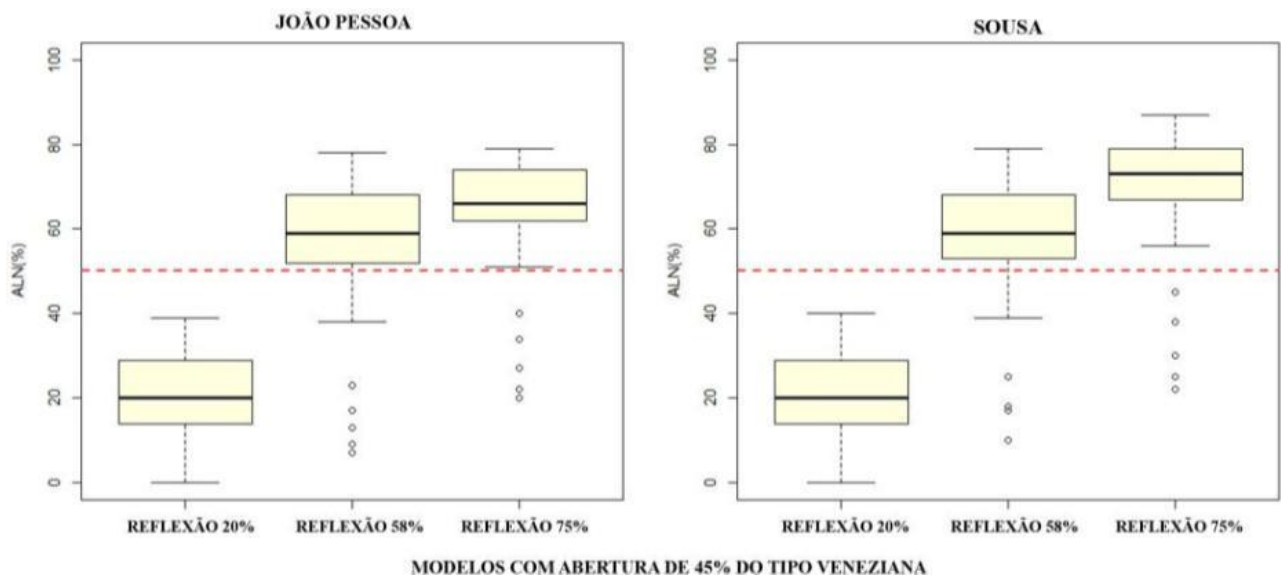


Figura 7 – Percentual Autonomia da luz natural para a abertura veneziana alterando o coeficiente de reflexão

As aberturas com fechamento misto (vidro + veneziana) possuem duas configurações: o fechamento misto 1 e misto 2. Na Figura 8 observam-se os resultados para as aberturas com fechamento misto 01. Para o fechamento misto a dimensão de 15% mostrou-se inadequada, apenas 25% do ambiente atingiu ALN superior a 50%. As dimensões de 30% e 45% apresentam condições mais satisfatórias – com dimensão de 30% a ALN é superior a 60% para todas as localidades, para a dimensão de 45%, na condição de clima semi-árido a ALN é superior a 80%, na condição de clima quente e úmido acima de 70% em João Pessoa, e levemente abaixo de 80% em Campina Grande.

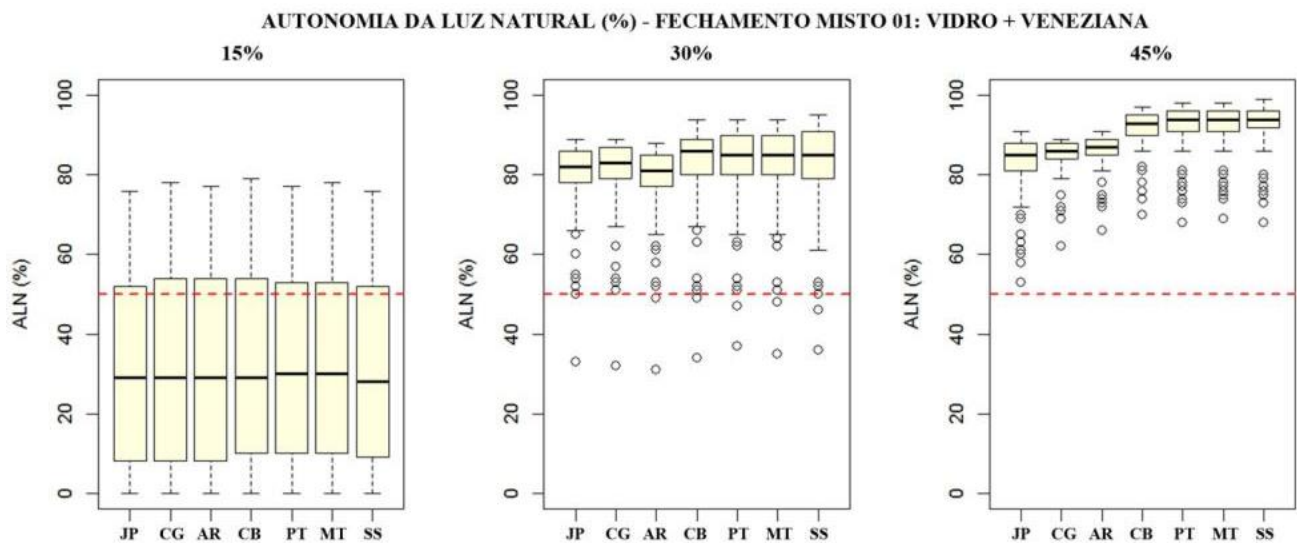


Figura 8 – Autonomia da luz natural para a abertura mista (01) – vidro na parte superior, dimensões de 15%, 30% e 45%

Os resultados obtidos para a abertura com fechamento misto (02) podem ser visualizados na Figura 9. A dimensão de 15% apresenta ALN acima de 50% para aproximadamente 60% dos ambientes. Com a ampliação da área da abertura para 30% o desempenho é melhor, verifica-se a predominância da ALN superior a 70%, em toda a área dos ambientes analisados. Na condição da abertura com área de 45% os valores de ALN são mais elevados e muito próximos de 80%. O efeito do clima é percebido quando a dimensão da abertura é de 30% ou 45%, no clima semi-árido a ALN é superior.

**AUTONOMIA DA LUZ NATURAL (%) - FECHAMENTO MISTO 02: VIDRO + VENEZIANA**

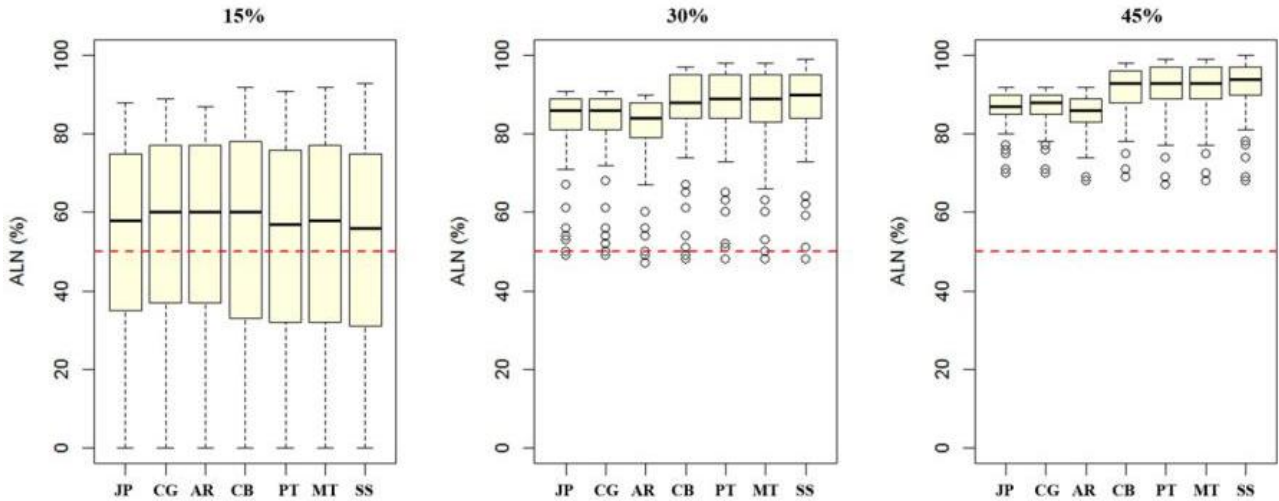


Figura 9 – Autonomia da luz natural para a abertura mista (02) – vidro na parte central, dimensões de 15%, 30% e 45%

Na Figura 10 observa-se o percentual de iluminâncias acima de 2000 lux, para a abertura com fechamento misto (vidro central), nas dimensões de 30% e 45% da área de piso. Com a dimensão de 30%, 50% dos pontos (do ambiente) apresentam valores inferiores a 2000 lux, enquanto o restante do ambiente apresenta até 20% das iluminâncias acima de 2000 lux. Para a dimensão de 45%, também, 50% dos pontos (do ambiente) apresentam valores inferiores a 2000 lux, porém, o restante do ambiente apresenta até 60% das iluminâncias acima de 2000 lux.

**Fechamento misto 02: Vidro + Veneziana**

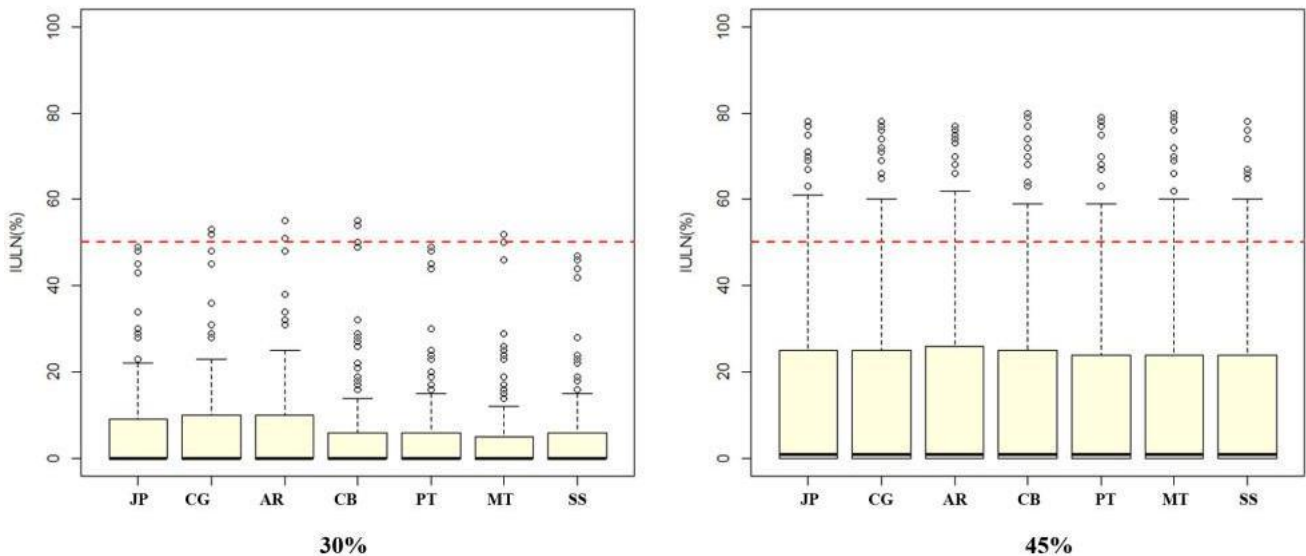


Figura 10 – Percentual de iluminâncias acima de 2000 lux para a abertura com fechamento misto, dimensões de 15%, 30% e 45%

As imagens incluídas na Tabela 4 são cortes (esquemáticos) da distribuição da luz natural no eixo longitudinal da sala (o ambiente com maior área na edificação em estudo). Os dados representam os resultados obtidos em João Pessoa, para a condição de inverno e verão (solstícios). Pode-se observar que a abertura com vidro apresenta uma distribuição dos níveis de iluminação menos homogênea, com valores muito elevados nas proximidades da abertura e acentuada redução ao se aproximar do fundo do ambiente, na abertura com veneziana a distribuição é mais homogênea, porém, os valores são mais baixos. A abertura com fechamento misto apresenta um comportamento intermediário. Como esperado, no verão as iluminâncias são maiores, notadamente nos pontos mais próximos da abertura.



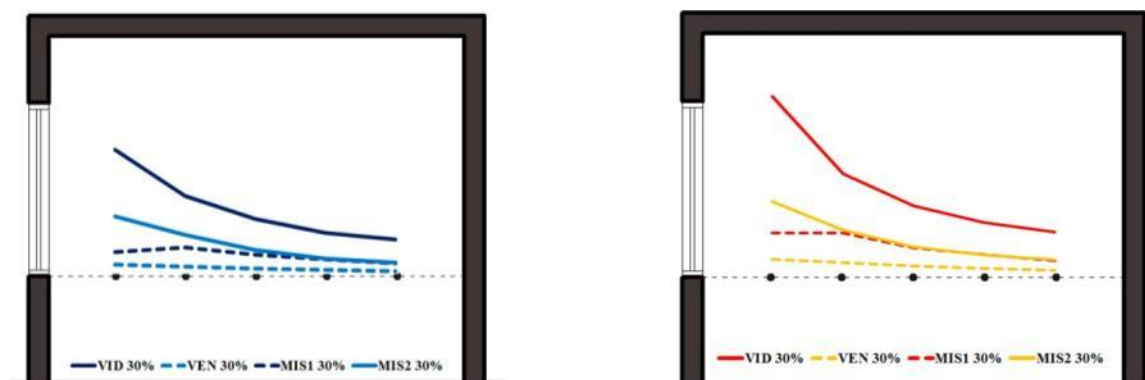
Tabela 4 – Corte com a distribuição dos níveis de iluminação – inverno e verão, João Pessoa - PB



**Inverno**

**Verão**

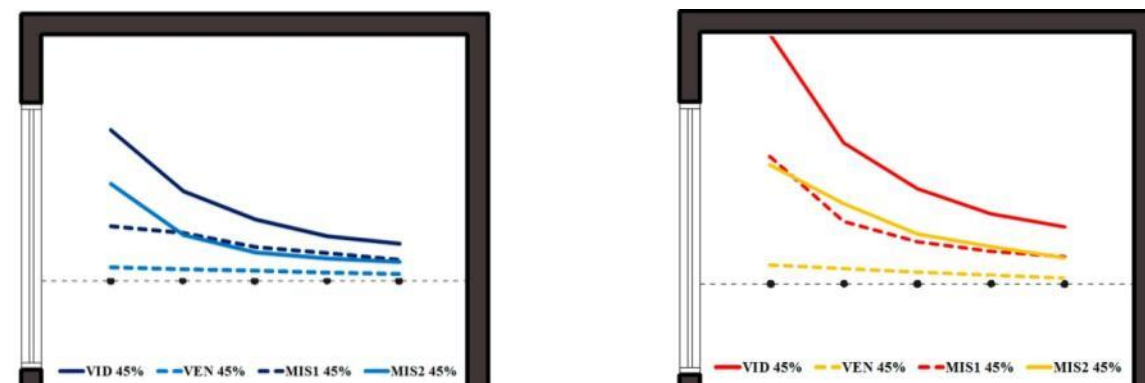
Corte longitudinal da sala - Níveis de iluminação aberturas com 15% de área – João Pessoa



**Inverno**

**Verão**

Corte longitudinal da sala - Níveis de iluminação aberturas com 30% de área – João Pessoa



**Inverno**

**Verão**

Corte longitudinal da sala - Níveis de iluminação aberturas com 45% de área – João Pessoa

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o desempenho de sistemas de iluminação natural em uma edificação de interesse social em diferentes localidades no estado da Paraíba. Considerando os sistemas analisados, as aberturas com fechamento em vidro apresentaram as maiores iluminâncias. Com a abertura em vidro e para a dimensão de 15%, da área de piso, a Autonomia da Luz Natural (ALN) é acima de 60% em todos os pontos analisados. Os menores valores encontram-se nos locais de clima quente e úmido, os níveis mais elevados estão nas cidades de clima semiárido.

Na análise do ofuscamento as aberturas em vidro com 30% e 45% apresentam maior probabilidade de desconforto. Para a abertura em vidro com 15%, da área do piso, metade do ambiente apresenta iluminâncias abaixo de 2000 lux, enquanto os pontos restantes apresentam até 40% de iluminâncias acima 2000 lux.

Nas aberturas com fechamento em veneziana, a Autonomia da Luz Natural não é suficiente, mesmo com a dimensão de 45%, da área de piso, porém, ao elevar o coeficiente de reflexão (da superfície interna e

externa da veneziana) para 75% a Autonomia da Luz Natural acima de 75% é obtida em todos os pontos analisados.

As aberturas com fechamento misto (vidro + veneziana) possuem duas configurações: o fechamento misto 1 e misto 2. Em ambas condições, as aberturas nas dimensões de 30% e 45% apresentam condições satisfatórias com Autonomia de Iluminação Natural – ALN superior a 60%. Considerando que a localização do vidro na parte central da abertura possibilita maior contato com o exterior, pode-se concluir que o fechamento misto 2 - vidro na posição central, com dimensão de 30% e 45% da área do piso, apresenta melhor desempenho. Em relação às iluminâncias acima de 2000 lux (probabilidade de ofuscamento), nas dimensões de 30% e 45%, 50% dos pontos (do ambiente) apresentam valores inferiores a 2000 lux.

Em relação à distribuição dos níveis de iluminação, no fechamento em vidro a distribuição dos níveis de iluminação é menos homogênea, os valores são muito elevados nas proximidades da abertura. Na abertura com veneziana a distribuição é mais homogênea, porém, os valores são mais baixos. A abertura com fechamento misto apresenta um comportamento intermediário.

As principais aberturas possuem orientação norte e sul, somente a orientação da abertura do banheiro é oeste, não há aberturas na orientação leste. A variável orientação não foi considerada isoladamente, o desempenho lumínico da edificação foi analisado considerando toda a edificação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: **Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005a.

\_\_\_\_\_. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. NBR 5413: **Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.

DAMASCENO, S. R. G. **Desempenho térmico e habitação: uma avaliação comparativa no contexto climático da zona bioclimática 8**. UFAL (Dissertação de mestrado). Maceió, p. 144, 2011.

LYNES, J. A. **Principles of natural lighting**. Londres: Elsevier, 1968.

PEDRINI, A. et al. **Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para seis cidades brasileiras**. UFRN. Natal, p. 89. 2009.

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.

\_\_\_\_\_. **Tutorial on the use of daysim simulations for sustainable design**. Tutorial. Cambridge, Harvard University, 2010.

REINHART, C. F; WEISSMAN, D. A. The daylit area – correlating architectural student assessments with current and emerging daylight availability metrics. **Building and Environment**, vol. 50, 2012.