

DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR PARA NATAL/RN

Juliana Portela Vilar de Carvalho; Aldomar Pedrini
Contato: juliportela@gmail.com

Conforto ambiental e eficiência energética

1 INTRODUÇÃO

A luz natural é um recurso abundante e pouco empregado pelos projetistas, o seu melhor aproveitamento auxilia na eficiência energética, humanização do espaço, bem estar psicológico, e no aumento da aprendizagem em salas de aula.

Manuais internacionais, como o *Tips For Daylighting* (O'CONNOR, LEE *ET AL.*, 1997) e o *IESNA Light Handbook* (AMERICA, 2000) estabelecem relações projetuais para o uso da iluminação natural, mas não se aplicam à Natal-RN.

A intensidade da luz natural varia bastante ao longo do ano, por isso adotou-se a simulação dinâmica para a análise. A simulação dinâmica trabalha com dados de um ano climático completo, ao contrário da simulação estática que analisa dia e hora específicos.

A literatura menciona alguns critérios para a avaliação da iluminação: o Iluminância natural útil (UDI) e a Autonomia da luz natural (DA), Zona passiva e o Percentual Útil de Iluminação Natural (PULN). O UDI é uma métrica dinâmica que determina quando os níveis de iluminância são úteis para o usuário (REINHART, C. F., 2010, p.12), vem expresso através de uma faixa de valores, e se refere ao percentual de horas ao ano em que esta faixa é atendida. O DA é relativo ao percentual de horas ocupadas pela iluminação natural ao ano para um ponto da edificação (REINHART, 2010). A Zona passiva refere-se à iluminação e ventilação natural na zona perimetral do ambiente. O PULN é alusivo ao percentual anual em que há iluminação natural suficiente para uma determinada atividade (ARAÚJO, 2012).

Outros critérios como uniformidade e ofuscamento são analisados para a iluminação natural. A uniformidade

garantirá uma melhor distribuição de luz natural. O ofuscamento ocasiona tanto a fadiga mental, como também indica a incidência excessiva de radiação solar, que prejudica o conforto térmico do ambiente.

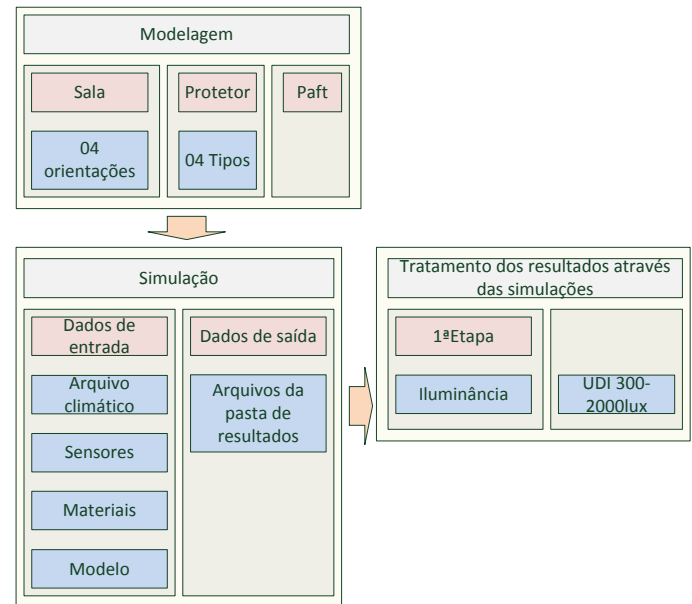
2 OBJETIVOS

Avaliar o potencial de iluminação natural para salas de aula, por meio de simulação computacional dinâmica.

3 METODO

O método é dividido nos seguintes procedimentos: modelagem, simulação e tratamento dos dados (Figura 1).

Figura 1: Método



A modelagem tem como variáveis: 04 orientações principais de janela (norte, sul, leste e oeste), 04 tipos de protetores solares (marquise, marquise com inclinação 5°, marquise com proteção lateral e marquise com vista frontal), e dimensão de abertura (Percentual de área de abertura de fachada total - paft 20% e 40%).

A simulação foi executada através de dados de entrada como: arquivo climático, sensores, materiais e o modelo

3D. O Arquivo climático é referente ao ano de 2009 (RORIZ, 2009); o Arquivo de sensores foi determinado baseando-se na fórmula da NBR 15215-4 (ABNT, 2005, p. 6 e 7) (Figura 2); o arquivo de materiais empregado é relativo aos dados da pasta Daysim for Sketchup; e o modelo 3D foi elaborado no Sketchup.

Figura 2: Fórmula para o cálculo da constante K, referente ao número de sensores

Fonte: (ABNT, 2005, p.6)

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad \dots(2)$$

Onde:

L é a largura do ambiente, em metros;

C é o comprimento do ambiente, em metros;

H_m é a distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros, conforme indicado na figura 3.

A avaliação dos dados de saída foi dividida em três etapas: 1. análise dos dados de saída; 2. seleção e tratamento dos dados; 3. Análise dos resultados.

A etapa 1 consistiu na identificação dos dados de saída do programa presentes na pasta de resultados. As métricas do Daysim (REINHART, 2010) estudadas para o tratamento dos dados das simulações foram as

seguintes: o fator de luz do diaⁱ (DF), Autonomia de luz naturalⁱⁱ (DA), Iluminância natural útilⁱⁱⁱ (em três intervalos UDI_{<100lux}, UDI_{100-2000lux}, UDI_{>2000lux}), Autonomia de luz natural contínua^{iv} (DA_{con}), Autonomia de luz natural máxima^v (DA_{max}), Percentual de saturação da autonomia de luz natural^{vi} (DSP), Exposição anual da luz^{vii}, Coeficiente de luz natural^{viii} (DC), perfil de ofuscamento^{ix} (Dir), Perfil anual de iluminância^x (ill), arquivo de ganhos internos ativos para a simulação térmica^{xi} (csv), arquivo de ganhos internos passivos para a simulação térmica (csv). Os arquivos da pasta de resultados foram estudados para auxiliar na identificação da sequência numérica apresentada nos arquivos, como sensores, dia e hora de simulação.

A etapa 2 consistiu no cálculo do UDI para a faixa de 300lux a 2000lux (Tabela 1), por meio de planilhas eletrônicas, através do arquivo de iluminâncias para o horário de ocupação das 07:00h às 16:00h, já que às 17:00h os níveis de iluminância estão abaixo de 100lux. O nível mínimo de 300lux está de acordo com a NBR ISSO 8995-1 (ABNT, 2013, p.20) para salas de aula / salas de aula particulares. O arquivo de iluminâncias fornece valores para cada sensor, a cada 1/12h.

Tabela 1: Sul, marquise com vista frontal, paft 40%, sem prateleira de luz, UDI, 1ª 1/4 da sala partir da janela

Coordenadas	1,44x1,44	1,44x2,88	1,44x4,32	1,44x5,76
Numeração dos sensores	1	2	3	4
Profundidade	1,44	2,88	4,32	5,76
UDI 300-2000lux	65,18265	91,20548	90,74429	87,22603

A etapa 3 analisa os resultados tabulados e seu rebatimento para o universo do projetista. No presente trabalho não será realizada esta etapa, pois ela ainda está sendo finalizada.

4 DESENVOLVIMENTO

Para a compreensão da luz natural foram elaboradas curvas de iluminâncias, para cada mês e fileira (eixo vertical) do grupo de sensores (Figura 3 e Figura 4) para observar o decaimento da luz natural no ambiente.

Figura 3: sensores para o paft de 40%

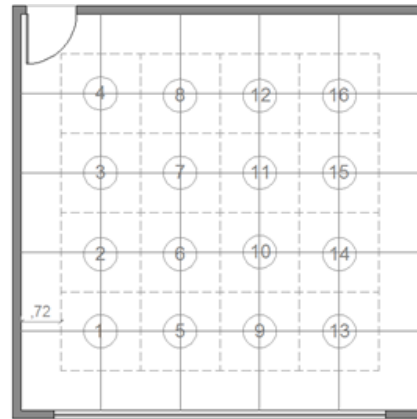
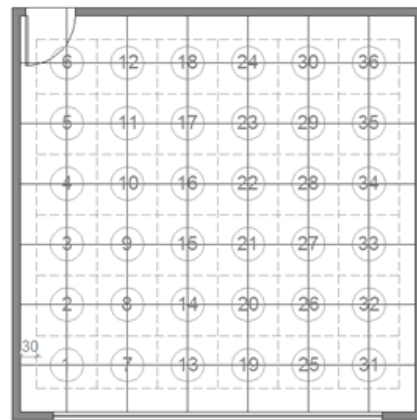


Figura 4: sensores para o paft de 20%



O decaimento da iluminação natural é maior nos modelos com paft de 40% sem a prateleira de luz. A ampliação da área de janela aumentou a incidência da luz natural na zona passiva gerando ofuscamentos (Gráfico 1), o uso da prateleira de luz, funcionou como um sombreamento da zona passiva (Gráfico 2). Nestes gráficos cada curva equivale a uma hora do dia.

Gráfico 1: Norte, marquise sem prateleira de luz, paft de 40%, mês de junho

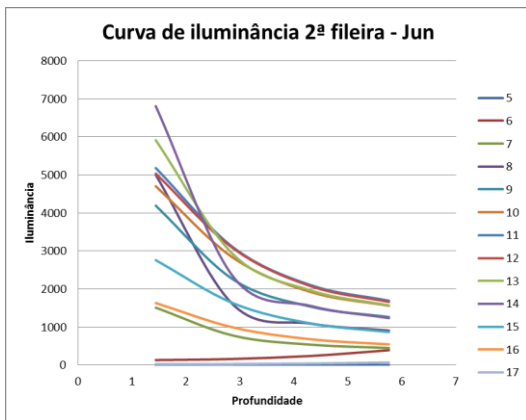
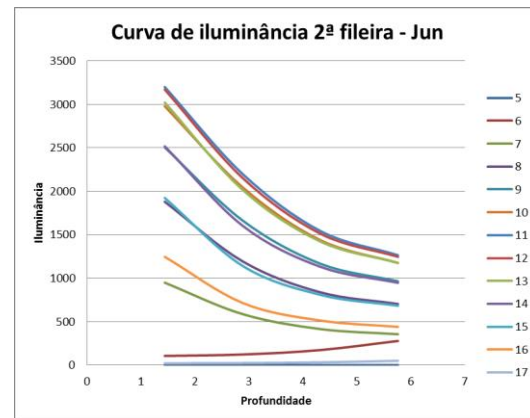
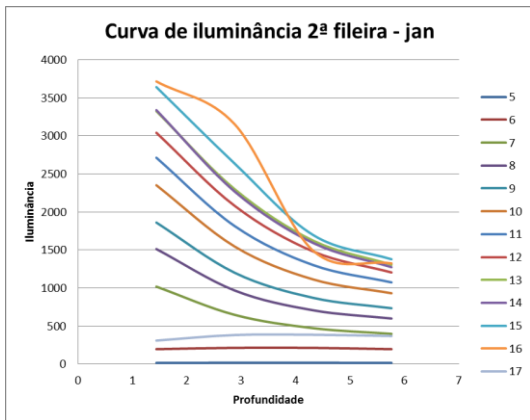


Gráfico 2: Norte, marquise com prateleira de luz, paft de 40%, mês de junho



A prateleira de luz aumentou a profundidade de vão iluminado somente para o mês de março, com exceção da orientação oeste em que isso ocorreu para os meses de janeiro e fevereiro, para a marquise inclinada e marquise com proteções laterais às 16:00h (Gráfico 3).

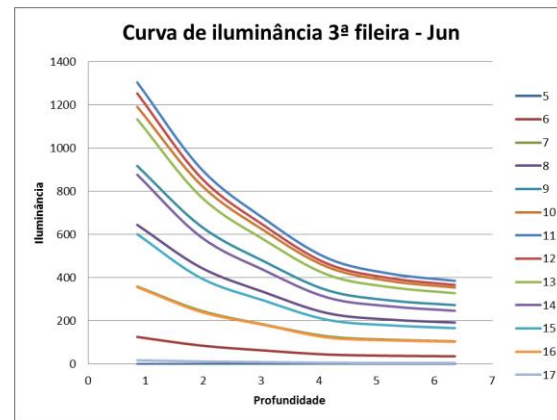
Gráfico 3: Oeste, marquise inclinada prateleira de luz paft de 40%, mês de janeiro



Em relação à Iluminância Natural útil observou-se que não houve UDI de 100%, estando os maiores valores entre 90 e 95%.

Foram detectados ofuscamentos na zona passiva para o paft de 40%, e um rápido decaimento da luz natural para o paft com 20% (Figura 5), devido a essa falta de uniformidade luminosa houve dificuldade para estabelecer uma profundidade de vão iluminado.

Figura 5: Sul, marquise com vista frontal, prateleira de luz, paft de 20%, mês de junho



Não foi detectado um $UDI_{300-2000lux}$ de 100% para todos os horários do dia, percebeu-se a necessidade de outras estratégias como a integração com a luz artificial, uso de aberturas bilaterais ou mecanismos móveis de sombreamento. Então se analisou a variação horária da intensidade da luz natural com um UDI' (Tabela 2) que seria o percentual de horas para cada horário em que a iluminação atende à faixa do UDI. Esta análise indica em quais horários o UDI foi próximo a 100%. Na figura abaixo o UDI foi próximo a 100% das 13h às 15h.

Tabela 2: Leste, marquise com proteção lateral, paft de 40%, com prateleira, UDI por hora, 1ª metade da sala, 07:00h às 16:00h

Coordenadas	5,76x1,44	4,32x1,44	2,88x1,44	1,44x1,44	5,76x2,88	4,32x2,88	2,88x2,88	1,44x2,88
Numeração dos sensores	13	9	5	1	14	10	6	2
Profundidade	1,44	1,44	1,44	1,44	2,88	2,88	2,88	2,88
UDI 300-2000 (%) - 7h	74,74886	85,41096	80,73059	74,77169	72,57991	83,49315	82,16895	75,38813
UDI 300-2000 (%) - 8h	50,68493	78,83562	92,16895	95,31963	44,17808	72,46575	90,02283	94,90868
UDI 300-2000 (%) - 9h	32,85388	66,25571	90,22831	97,21461	24,88584	58,58447	87,03196	96,05023
UDI 300-2000 (%) - 10h	19,95434	60,02283	90,11416	94,31507	12,99087	50,91324	87,80822	93,63014
UDI 300-2000 (%) - 11h	16,66667	80,06849	91,78082	93,9726	9,611872	67,96804	90,86758	93,60731
UDI 300-2000 (%) - 12h	26,34703	94,49772	97,51142	98,35616	13,74429	92,99087	97,39726	98,10502
UDI 300-2000 (%) - 13h	73,56164	99,79452	99,58904	99,38356	41,75799	99,77169	99,6347	99,38356
UDI 300-2000 (%) - 14h	98,69863	99,40639	98,58447	98,10502	94,47489	99,45205	98,74429	98,15068
UDI 300-2000 (%) - 15h	98,83562	97,21461	93,9726	91,59817	99,10959	97,71689	94,68037	91,36986

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Houve dificuldade de integração da luz natural com o processo projetual, devido à amplitude de variáveis e dados das simulações.

Este trabalho teve como produto a criação de uma nova faixa de UDI (de 300 à 2000lux) através de planilhas eletrônicas.

Limitações:

- Daysim: faixa do UDI imutável pelo programa.

Estudos futuros:

- Quantificação do número de ocorrências de conforto para a orientação norte na faixa entre 300lux e 3000lux;
- Novas simulações com outros sistemas de proteção solar para o paft de 40% e 60%;
- Estabelecimento de uma nova faixa de UDI entre 300lux e 3000lux;

Sugestões para outros trabalhos:

- Simular com classificação de entorno, novos materiais e outras estratégias de controle solar.

6 AGRADECIMENTOS

Agradecimento ao CNPQ pela bolsa de mestrado.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15215-4. Iluminação natural - Parte 4 - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro: ABNT 2005.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1. Iluminação de ambientes de trabalho - parte 1: Interior [Lighting of work places Part 1: Indoor]: ABNT 2013.**

AMERICA, I. E. S. O. N. The IESNA lighting handbook - reference & application. New York: IES - The lighting authority 2000.

O'CONNOR, J. et al. Tips for daylighting - with windows - the integrated approach. Orlando Lawrence Berkeley

National Laboratory: The Regents of the University of California 1997.

REINHART, C. Daysim 3.1. UNIVERSITY, H. Cambridge 2010.

RORIZ, R. RN_Natal.epw. São Carlos Roriz Bioclimática 2009.

ⁱ Daylight factor

ⁱⁱ Daylight autonomy

ⁱⁱⁱ Useful daylight illuminance

^{iv} Continuous daylight autonomy

^v Maximum daylight autonomy

^{vi} Daylight saturation percentage

^{vii} Annual light exposure

^{viii} Daylight coefficient file

^{ix} Glare profile

^x Annual illuminance profile

^{xi} Internal gains file for coupling with thermal simulations