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

AVALIAÇÃO DE LUZ NATURAL NO AMBIENTE DE SALA DE AULA DA FAU/UFRJ

Alice Cristine Ferreira Dias de Oliveira (1); Sylvia Meimaridou Rola (2);
(1) Graduanda da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – FAU/UFRJ, lice_crist@yahoo.com.br ;
(2) D.Sc., Professora do Departamento de Tecnologia da Construção e Coordenadora do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro – DTC/LCE/FAU/UFRJ, sylviarola@fau.ufrj.br , Prédio da Reitoria/FAU, Av. Pedro Calmon, 550 - Cidade Universitária, Rio de Janeiro - RJ, 21941-485, Tel: (21) 3938-1628 e Cel: (21) 993-615-903.

RESUMO
A demanda energética atual e a preocupação em diminuir o crescente consumo de energia elétrica de forma a mitigar maiores danos à natureza, na sua produção, tem servido de mote para o estudo da eficiência energética em edifícios educacionais, projetados nas décadas de 1950 e 1960 para abrigar uma forma de ensino que, a sua vez, vem passando por transformações significativas com a incorporação da inovação tecnológica que incrementa o consumo final e sobrecarrega instalações elétricas obsoletas. Como cenário, tem-se o edifício modernista da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, premiado em 1957, na IV Bienal de São Paulo e de autoria do arquiteto Jorge Machado Moreira, localizado no Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão, na qual está situada a Cidade Universitária. Atualmente, nas dependências do Edifício JMM funcionam também a Reitoria da Universidade e os cursos da faculdade de Belas Artes. A revisão da utilização da iluminação artificial em salas de aula mostra-se como um importante e primeiro passo para análise da qualidade do desempenho das atividades de ensino e aprendizado, nos dias de hoje. Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo repensar o uso da energia elétrica para iluminação de salas de aula da FAU/UFRJ, encontrando estratégias de eficiência energética, para assim, diminuir os gastos com eletricidade, sendo uma economia pertinente para o meio ambiente e cofres públicos. Para tal, foram utilizados os programas *NatLite*[1] e *RadLite*[1] onde buscou-se medir parâmetros como iluminância, fator de luz do dia e ofuscamento, os quais impactam diretamente o usuário. Além desses parâmetros, mediu-se a eficiência de prateleiras de luz como instrumento de melhoria da qualidade de luz natural no ambiente.
Palavras-chave: Eficiência Energética, iluminação natural e artificial, iluminância.

ABSTRACT
The current energy demand and the concern to reduce the increasing consumption of electrical energy in order to mitigate greater damage to nature in its production has served as a motto for the study of energy efficiency in educational buildings designed in the 1950s and 1960s to housing a form of education that, in turn, has undergone significant transformations with the incorporation of technological innovation that increases final consumption and overloads obsolete electrical installations. The Modernist building of the Faculty of Architecture and Urbanism of the Federal University of Rio de Janeiro, awarded in 1957, at the IV São Paulo Biennial and by the architect Jorge Machado Moreira, is located in Rio de Janeiro, Island of Fundão, in which the University City is located. Currently, at the JMM Building also work the Rectory of the University and the undergraduate courses of the Faculty of Fine Arts. The review of the use of artificial lighting in classrooms is an important first step in analyzing the quality of performance of teaching and learning activities today. In this sense, the present work aims at rethinking the use of electric energy for illumination of FAU / UFRJ classrooms, finding strategies of energy efficiency, in order to reduce electricity costs, being a relevant economy for the environment and public safes. For this, the NatLite[1] and RadLite[1] programs were used to measure parameters such as illuminance, daylight factor and glare, which directly impact the user. In addition to these parameters, the efficiency of light shelves was measured as an instrument to improve the quality of natural light in the classroom environment.
Keywords: Energy Efficiency, natural and artificial lighting, illuminance.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, são vários os processos que podem ser assumidos para a concepção arquitetônica, indo de esquemas referenciais a procedimentos de projeto através de programas computacionais paramétricos. Porém, um ponto não pode ser esquecido pelos arquitetos, como a necessária relação da edificação com o clima local.

Com a utilização de equipamentos mecânicos de ventilação e ar-condicionado que modulam as condições climáticas no interior de um edifício, cada vez mais arquitetos confiam erroneamente nessas máquinas para garantir o conforto térmico de seus edifícios. Assim, há uma reprodução de projetos aos moldes do que há no exterior: obras envidraçadas com uma ampla vista para a paisagem. Porém, não somente um sistema de ar-condicionado seria o suficiente para a garantia deste conforto: há outras questões que podem afetar os usuários, como a radiação solar direta, a iluminação, os ruídos, a qualidade do ar, entre outros fatores. Essas questões justificam as preocupações atuais quanto a esse tipo de estilo de construção, sendo não somente quanto à saúde e conforto das pessoas, mas também relacionados com as questões ambientais e gastos excessivos de energia elétrica desse tipo de edificação.

Conforme a NBR 15220-3:2005, a cidade do Rio de Janeiro encontra-se na Zona Bioclimática 8 e tem, dentre suas diretrizes, a recomendação de grandes aberturas para ventilação e o sombreamento destas para evitar o ofuscamento e o superaquecimento. Alguma mitigação pode ser ainda conseguida através de meios adequados de sistemas de controle de temperatura e iluminação artificial. De acordo com o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), cerca de 23% da produção nacional de energia elétrica é utilizada em edifícios comerciais e públicos. Segundo Geller (1990), 44% da energia elétrica utilizada em edifícios comerciais em São Paulo provém da utilização de iluminação artificial e 20% deriva da utilização de aparelhos de ar condicionado, razão pela qual pode-se demonstrar a responsabilidade dos profissionais no consumo final de energia elétrica.

Desse modo, a presente pesquisa procura em parte soluções para essas questões e trata os problemas relacionados com a iluminação natural em função das características físicas do ambiente interior e de sua fenestração. Assim, os elementos desse estudo são o ambiente interior e as janelas, refletindo sobre suas dimensões e localização. Com relação a uma economia de energia elétrica, outros pontos importantes são as características das luminárias e lâmpadas e suas localizações, vis-a-vis um sistema de controle da luz artificial, quando há redução do iluminamento natural ao longo do dia no aposento.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo geral: Verificar a influência da implantação do Edifício JMM - Jorge Machado Moreira, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em relação à qualidade de iluminação natural no ambiente e os impactos no consumo de energia. E de forma complementar, tem-se como objetivos específicos: (i) estudar as condições ideais de iluminação para uma sala de aula, do Edifício JMM e seus consequentes fenômenos, como o ofuscamento, para assim chegar aos estudos de iluminação artificial; e, (ii) verificar a real necessidade de iluminação artificial em diferentes momentos do dia e em diferentes áreas da sala, para assim, diminuir o consumo energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

3. MÉTODO

Este trabalho avalia as condições de iluminação natural em uma sala de aula da Universidade Federal do Rio de Janeiro, através dos programas NatLite[1] e RadLite[1]. Esta análise realiza-se em três etapas: (i) Comparação com a iluminância interna e externa à sala para descobrir os valores de Daylight factor (fator de luz do dia) em cada ponto da sala, já pré-determinados através de uma malha realizada anteriormente; (ii) Medição dos valores de ofuscamento através do programa RadLite[1]; e, (iii) a comparação do desempenho do LightShelf em diferentes fachadas para o estudo de viabilidade desse artifício como uma forma de se melhorar as condições de iluminação interna.

3.1. Avaliação da qualidade da iluminação natural em ambiente interno

Com a preocupação de aproveitar a iluminação natural em ambientes internos e a necessidade de medir a qualidade dessa luz, foi criado o fator de luz do dia (Daylight Factor). Este compara a luz de um ambiente com o seu exterior, relacionando a iluminância que chega externamente com a interna. A fórmula do fator é mostrada abaixo e o resultado é expresso em porcentagem:

$$DF = \frac{Ei}{Eo} * 100$$

Ei = Iluminância interna

Eo = Iluminância externa

O fator de luz do dia foi um parâmetro muito utilizado na década de 70 por diversos pesquisadores da área de iluminação natural. E no presente trabalho, prezou-se pela utilização de um parâmetro que considerasse as condições de céu uniforme, como o céu encoberto como ponto de partida desta pesquisa e de forma a simplificar para que não haja muitas variáveis a se considerar. Para utilização desse fator na sala de aula, foram empregados os pontos pré-definidos na grid, utilizando cada coluna como base para análise. O programa aplicado para tal análise foi o RadLite[1], versão 2009, que traz traz a possibilidade de medir-se a iluminância internamente e externamente. Esse programa foi utilizado na pesquisa pela razão de que sua interface já era conhecida, por ser utilizado na disciplina de Conforto Ambiental na Universidade.

Como já citado, esse fator é válido somente com valores de céu encoberto. Para a realização das simulações apresentadas, outros parâmetros foram estabelecidos para a uniformidade de todos os resultados da presente pesquisa. Foram eles:

- Método de Doginaux de clima tropical urbano;
- Valores de refletância onde:
    1. O teto e as paredes da janela e das laterais possuem o valor de 0,70;
    2. A parede do fundo da sala e o piso são de 0,20 (visto que a parede do fundo possui armários de madeira, de coloração semelhante à do piso).

Os parâmetros adotados para avaliação do fator de luz do dia (Daylight Factor) serão os abaixo:

DF < 1% = **Insuficiente** / 1% < DF < 2% = **Neutro** / 2% < DF < 4% = **Bom** / DF ≥ 4% = **Ótimo**

3.2. Análise de ofuscamento

O ofuscamento é um fenômeno causado pelo excesso de iluminância em um ambiente, sendo uma importante fonte de desconforto na área de trabalho. Esse fenômeno pôde ser medido através do programa NatLite[1] onde, é gerado um gráfico do ofuscamento ao longo do dia. É importante ressaltar que as bases científicas relacionadas ao cálculo do ofuscamento nesse estudo derivam do trabalho de Eduardo Breviglieri[1].

3.3. Análise de LightShelf para a fachada da sala analisada

O lightshelf, também denominado de prateleira de luz, é visto como um dispositivo arquitetônico para uma melhor distribuição da luz no ambiente. Uma prateleira que leva a luz para o teto, trazendo para o ambiente uma luz difusa, que não causa ofuscamento. O ideal é a sua utilização nas fachadas Norte e Sul, pelo ângulo de inclinação que a luz chega na prateleira. Por se tratar de uma fachada Sudeste, foram feitos testes, através do programa RadLite[1] versão 2014, a fim de comparar os resultados com e sem Lightshelf nessa fachada.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Apresenta-se aqui a malha criada da área da sala de aula juntamente com os resultados da qualidade da luz, que relacionam as colunas com a distância de cada ponto em relação à janela. A malha escolhida foi elaborada após alguns testes que levaram a um desenho com mais pontos de análise do que os anteriores, e com um eixo (coluna D) localizado na parte central da sala, servindo como referência para as outras colunas. Tanto as linhas quanto as colunas estão afastadas das janelas e entre elas por 1 metro de distância. As colunas foram nomeadas com letras e as linhas com números, para facilitar o entendimento. Os pontos, juntos, formam a área de trabalho da sala, definida de acordo com o anexo A da NBR 8995-1.

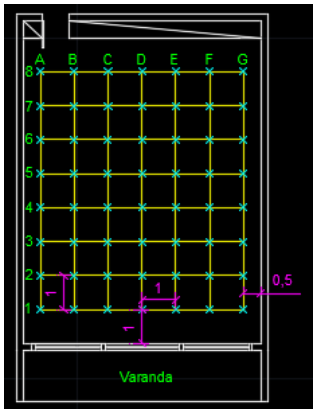


Figura 1: Malha de sala de aula

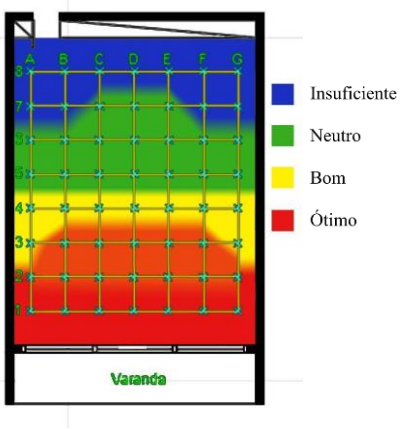


Figura 2: Resultado da qualidade da luz natural em cada ponto

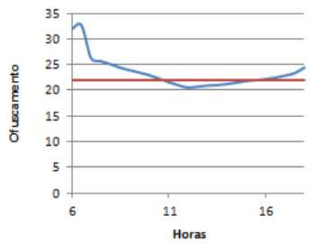
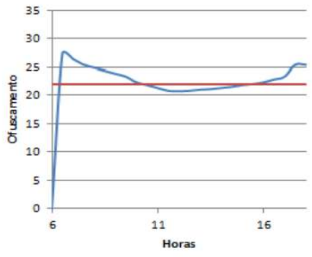
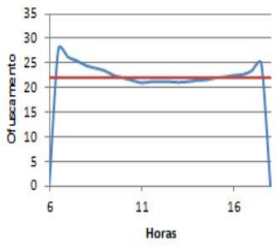
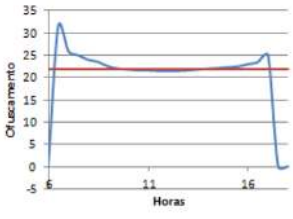
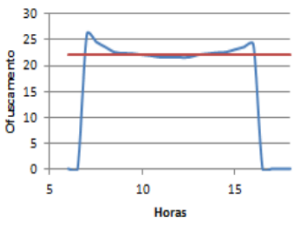
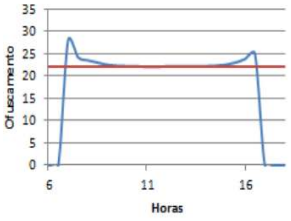
4.1. OFUSCAMENTO

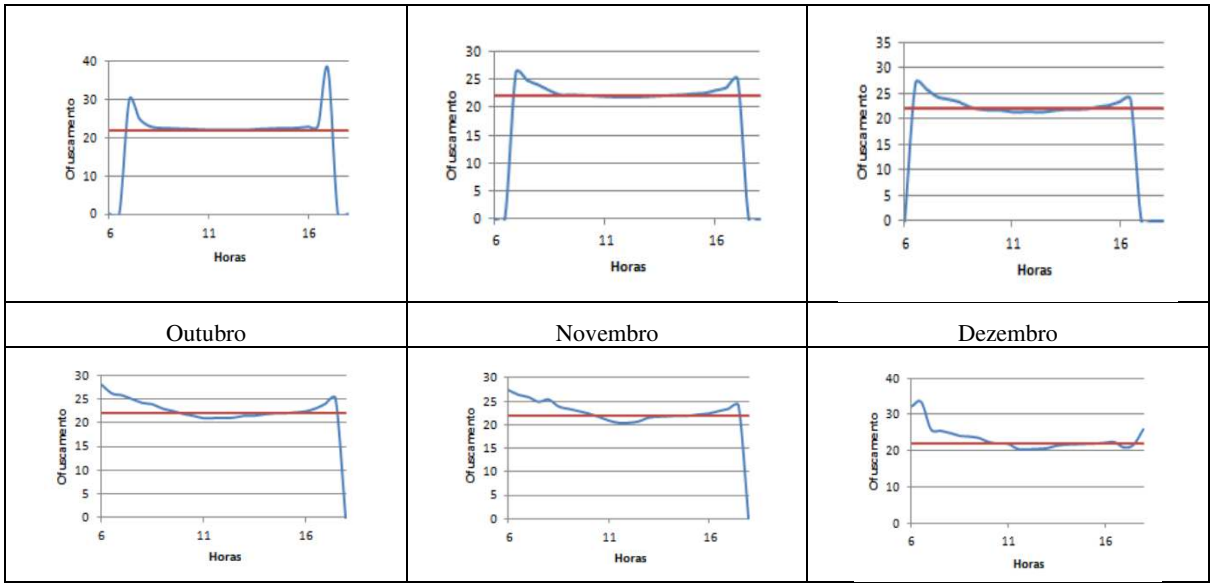
O resultado da análise de ofuscamento na sala de aula estudada é apresentado abaixo, na tabela 1. Os gráficos relacionam estes valores de ofuscamento ao valor máximo tolerável, antes da sensação de desconforto, considerando o valor de céu médio (céu típico do Rio de Janeiro) ao longo dos meses. Para tal, foi estabelecido um ponto de referência a 4 metros da janela e equidistante das paredes laterais da sala (o qual pode ser identificado nas figuras 1 e 2).

Ofuscamento à 4m da janela

Limite aceitável de ofuscamento

Tabela 1 - céu típico do Rio de Janeiro ao longo dos meses

Janeiro	Fevereiro	Março
		
Abril	**Maio**	**Junho**
		
Julho	**Agosto**	**Setembro**



4.2. LIGHTSHELF

Os parâmetros da sala utilizados foram: D5 como ponto analisado com altura de 2,20m do piso, larguras nas partes externa e interna do lightshelf de 50cm, e espessura de 5cm, e refletâncias de 50% nas abas inferior e superior. Abaixo apresentam-se os gráficos obtidos pelo programa RadLite[1](versão 2014).

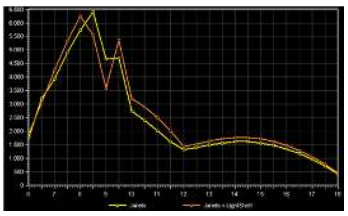


Figura 3: Gráfico de fachada sudeste em céu claro

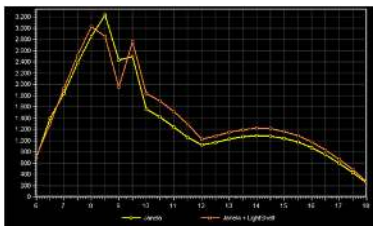


Figura 4: Gráfico de fachada sudeste em céu médio

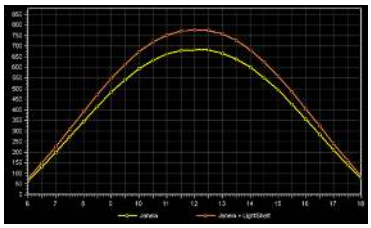


Figura 5: Gráfico de fachada sudeste em céu encoberto

Os gráficos exibidos acima referem-se ao estudo da possibilidade de uso do LightShelf na fachada analisada, apresentando a quantidade de luz que chega no ambiente ao longo do dia. O estudo se desenvolve na fachada Sudeste com orientação de 35º, remetendo-se à posição da fachada da sala de aula estudada. As linhas em laranja são os valores contando com uma janela com lightshelf, e as em amarelo são os valores somente da janela sem a prateleira de luz. Os gráficos foram definidos como dia de céu claro, médio e encoberto, onde o eixo X representa as horas do dia e o Y a iluminância que chega no ponto verificado em lux.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Avaliação de iluminação natural interna

Com esses resultados em gráfico, conclui-se que os eixos espelhados em relação ao eixo central (eixo D) possuem o mesmo valor, e conforme as colunas vão se afastando desse, central, os valores de iluminância vão diminuindo. Outra informação importante é a relevância da refletância nos resultados. Durante os testes, foi modificado esse parâmetro na parede do fundo da sala, tendo como resultado uma mudança na iluminação e, em alguns casos, no parâmetro adotado no ponto, porém essas mudanças eram mais relevantes nas linhas mais próximas dessa parede.

5.2. Avaliação de ofuscamento

Com base nos dados apresentados, esta sala apresenta maiores valores de ofuscamento no início e no final do dia, sendo os horários mais confortáveis para se estudar durante o início da tarde. O verão foi o período em que se deu maior permanência de valores altos de ofuscamento por várias horas.

5.3. Avaliação da eficiência do lightshelf em fachada sudeste

Com estes testes, pôde ser comprovado que o uso de prateleiras de luz em fachadas que não sejam orientadas à Norte ou Sul não é vantajoso, visto que os melhores resultados foram obtidos somente em dias de céu encoberto, onde as condições de iluminação e consequentemente a angulação dos feixes luminosos ocorre de forma mais uniforme, por conta da fonte de luz nessa condição de céu ser a abóboda celeste, e não o Sol de forma direta.

6. ETAPAS FUTURAS

Como meta para a continuação da pesquisa, têm-se a comparação do fator utilizado para análise da iluminação na sala com outros fatores que utilizem mais variáveis, para assim, avaliar sua eficiência e ter resultados mais precisos em relação ao clima da região. Além disso, tenciona-se medir através de aparelhos como o luxímetro, os pontos analisados nos programas NatLite[1] e RadLite[1], comparando assim os resultados obtidos pelos aparelhos com os resultados testados nos programas de simulação, comprovando, assim, a veracidade das informações aqui apresentadas. Por fim, será feita uma investigação de estratégias de iluminação artificial e, assim, um estudo mais detalhado das possibilidades de economia de energia em ambientes de estudo e especificamente na FAU-UFRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. Daylighting in Architecture. James & James (Science Publishers) Ltd, London, 1998.

BELLIA, L.; FRAGLIASSO, F.; PEDACE, A. Evaluation of daylight availability for energy savings. Journal of Daylighting, 2 (215) 12-20.

CASTRO, E.B.P. Método de auxílio à concepção arquitetônica baseado na análise multicritério e em dados simulados dos comportamentos da edificação. Tese Doutorado cotutela. Engenharia Mecânica COPPE/UFRJ- INSA de Lyon-França, 2005.

CASTRO, E.B.P. Light-shelf: Estudo de sua eficiência lumínica através da simulação computacional. Dissertação de Mestrado, PROARQ-FAU/UFRJ, 1996.

FONTENELLE, M.R. A abordagem multicritério na concepção arquitetônica: um estudo sobre as aberturas laterais em edifício de escritórios no Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado, PROARQ-FAU/UFRJ, 2012.

FROTA, A.B; SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico. Studio Nobel, 1995.

MARCONSINI, C.M.L.S. Projeto de iluminação para edifícios de escritórios. Dissertação de Mestrado, PROARQ-FAU/UFRJ, 2007.

VIANNA, N.S.; Gonçalves, J.C.S. Iluminação e Arquitetura. Virtus s/c Ltda. São Paulo, SP, 2001.

[1] Programas computacionais desenvolvidas no âmbito da dissertação de mestrado no PROARQ (1996) e na tese de doutorado na COPPE/UFRJ (2005) de Eduardo Breviglieri de Castro, com a finalidade de simular a iluminação natural, radiação solar e eficiência energética, para um ambiente típico de escritórios com uma só janela, para qualquer data e sítio terrestre.