



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS. ANÁLISE DE DESEMPENHO E DIRETRIZES PARA PROJETOS.

Maíra Vieira Dias (1); Paulo Sergio Scarazzato (2)

- (1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, mairavd@yahoo.com.br
(2) Dr., Professor da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, paulosca@fec.unicamp.br
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo,
Departamento de Arquitetura e Construção, Campinas-SP, 13083-852, Tel.: (19) 3521 2383

1. INTRODUÇÃO

Nas indústrias, as condições ambientais de trabalho ainda continuam carentes em relação a determinados aspectos, especialmente quando consideramos a saúde e o bem-estar do usuário. Para Phillips (2004), as pessoas são o grande trunfo e despesa de uma empresa. Se os funcionários operam em condições inadequadas devido à ineficiência do sistema de iluminação, a sua produtividade irá diminuir.

De acordo com Binggeli (2003) a iluminação industrial é principalmente concebida visando economia de custos, porém, esta é de grande valor na elaboração do projeto arquitetônico, pois está diretamente relacionada com o conforto visual que será proporcionado aos usuários do ambiente.

Phillips (2000) ressalta que muita ênfase é dada ao *layout* do local de trabalho, mas a iluminação também desempenha um papel importante. Ao projetar uma edificação industrial devemos ter como um dos objetivos a otimização da atuação visual no posto de trabalho. Como o setor industrial apresenta poucas normas e diretrizes quando comparado a outras tipologias, deve-se agir muitas vezes pelo bom senso e prover os espaços com uma distribuição uniforme das iluminâncias.

Segundo Ganslandt & Hofmann (1992), enquanto no campo das idéias a iluminação se reduz à escolha de luminárias que agradam por sua forma ou desenho, quando se trata de iluminação de postos de trabalho existe um claro interesse pelo desenvolvimento de normas de iluminação efetivas e econômicas.

No Brasil, a indústria é um dos setores com maior potencial de economia de energia, mas este segmento não tem merecido a devida atenção. Para a Confederação Nacional da Indústria (2010) não existe uma política governamental estruturada específica para o uso eficiente da energia na indústria. Contudo, o uso da iluminação natural de maneira consciente e coerente além de diminuir o uso da iluminação artificial e o consumo de energia, permite ainda criar um ambiente funcional, onde os usuários possam desempenhar com eficiência e conforto suas atividades.

2. OBJETIVO

Esta comunicação técnica tem como objetivo apresentar resultados parciais de uma pesquisa maior, que se propõe a analisar o desempenho dos sistemas de iluminação natural empregados em edifícios industriais na Região Metropolitana de Campinas/SP, de modo a diagnosticá-los e, quando necessário, propor intervenções visando à melhoria da eficiência energética e da iluminação natural.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em cinco etapas principais:

1. Levantamento de dados sobre edificações industriais da Região Metropolitana de Campinas - RMC e seleção da amostragem para a pesquisa.
2. Visitas e medições para tomadas de Imagens de Grande Alcance Dinâmico - *High Dynamic Range* (HDR) e aplicação de ficha de campo.
3. Simulações computacionais com o *software* DIALux.
4. Simulações físicas através de um modelo físico.

5. Diagnóstico, diretrizes de projeto e propostas de intervenção.

3.1. Levantamento de dados

Contemplou o levantamento das indústrias de médio e grande porte da RMC, multinacionais existentes e indústrias com maiores índices de Valor Adicionado Fiscal¹, além dos sistemas de iluminação natural mais empregados. Foram contactadas 35 empresas no total e apenas 9 tiveram interesse no desenvolvimento da pesquisa, porém, uma delas não permitiu que fossem realizadas tomadas de fotografias em seu interior. Decidiu-se pela amostragem de 50% dessas indústrias para avaliar o desempenho dos sistemas de iluminação natural empregados, através de imagens HDR e simulações computacionais e físicas.

3.2. Visitas e medições

Nas 4 indústrias visitadas foi realizado o levantamento dos sistemas de iluminação natural e artificial empregados através de uma ficha de campo. Foram analisados dados sobre a condição de céu nas datas das visitas, o tipo de sistema de iluminação natural empregado, tipo de proteção solar e envidraçamento, materiais, rugosidade e cor de paredes, tetos e pisos, possíveis interferências externas do entorno, os tipos de lâmpadas e luminárias utilizadas no sistema de iluminação artificial e a manutenção do sistema.

A análise qualitativa dos níveis de luminância foi feita através de tomadas de imagens HDR a fim de compreender como se dá a distribuição da luz no interior dos edifícios industriais. Estas imagens consistem num conjunto de imagens fotografadas de uma mesma cena que são obtidas a partir de diferentes tempos de exposição e convertidas numa única imagem. O objetivo das imagens HDR é equalizar os tons de uma imagem, obtendo um resultado o mais próximo possível da realidade da cena onde a mesma foi capturada.

Para as tomadas de imagens HDR foi utilizada uma câmera fotográfica Sony Cyber-Shot DSC-S730, um tripé Greika WT 3770 e as imagens foram compiladas pelos *softwares* Pictuernaut e RadDisplay.

3.3. Simulações computacionais

Nesta fase, ainda em andamento, está sendo realizada análise detalhada das amostras selecionadas através de simulações computacionais com o *software* DIALux.

As refletâncias dos tetos, paredes e pisos foram fixadas de acordo com o existente em cada um dos estudos de caso e as simulações estão sendo realizadas para o horário em que a tomada de imagens HDR foi coletada, a fim de comparar com os resultados das mesmas.

3.4. Simulações físicas

A fim de complementar as análises sobre o desempenho dos sistemas de iluminação natural será construído um modelo físico, com geometria ainda a ser definida, mas que represente situações usuais de plantas industriais. Este modelo será confeccionado com a possibilidade de variação de altura e pé-direito, e de modo a possibilitar a troca da cobertura, de acordo com o sistema a ser analisado.

Estas análises permitirão um maior entendimento do comportamento da luz e da eficiência desses sistemas, possibilitando assim traçar diretrizes de projeto e propostas de intervenção quando necessário.

3.5. Diagnóstico

Espera-se que a análise de diferentes arranjos espaciais de coberturas permita a elaboração de diretrizes de projeto que possam vir a contribuir com a eficiência energética, o conforto e o bem-estar dos funcionários de edifícios fabris. Essas diretrizes devem garantir uma iluminação suficiente para que os trabalhadores possam desenvolver suas atividades com eficiência, rapidez e sem erro. Espera-se ainda que seja possível o estabelecimento de critérios que favoreçam a distribuição adequada de luminâncias, de modo a diminuir ou mesmo neutralizar a ocorrência de ofuscamentos.

4. RESULTADOS PARCIAIS

A seguir serão apresentados os resultados parciais obtidos nas pesquisas realizadas nas 4 indústrias selecionadas. A análise qualitativa das luminâncias foi realizada através de imagens HDR geradas pelo

¹ Valor Adicionado Fiscal (VAF) é um indicador econômico-contábil utilizado pelo Estado para calcular o índice de participação municipal no repasse de receita de ICMS e do IPI aos municípios.

software Picturenaut e suas correspondentes em Cores Falsas - CF, processadas pelo software RadDisplay, que possibilita ainda a análise dos valores de luminâncias nos pontos desejados.

O sistema de iluminação natural empregado na Indústria A é caracterizado por *sheds* na cobertura e fechamentos laterais translúcidos dispostos por toda a extensão da fábrica, e a iluminação artificial encontra-se acionada durante todo o horário de funcionamento. Recentemente a indústria teve sua planta ampliada para abrigar o setor de estocagem, que apresenta um pé-direito maior, maior número de fechamentos laterais translúcidos e cobertura mais clara. Na área já existente os *sheds* nunca passaram por manutenção e em alguns pontos há acúmulo de partículas sobre os mesmos, acarretando em perda da eficiência do sistema.

A Indústria B tem sua planta dividida em 2 partes e ambas são constituídas por *sheds*, porém, a segunda parte apresenta fechamentos laterais translúcidos. Na primeira parte, devido ao próprio processo de produção, há muitas partículas que se depositam na cobertura e nos *sheds*, tornando-os amarelados.

As Indústrias C e D são caracterizadas pela iluminação zenital através de telhas translúcidas e além deste sistema, a Indústria C conta ainda com fechamentos laterais translúcidos e a D com aberturas laterais.

Como citado anteriormente, nas Indústrias A e B há problemas quanto à manutenção dos *sheds*. As Figuras 1 e 2 mostram esta situação na Indústria B, onde nas partes com menor acúmulo de partículas a luminância medida está na faixa de 1111 cd, enquanto que na parte mais comprometida devido à falta de manutenção este valor cai abruptamente para 43 cd. Na Indústria A estes valores variam entre 1330 e 650 cd.

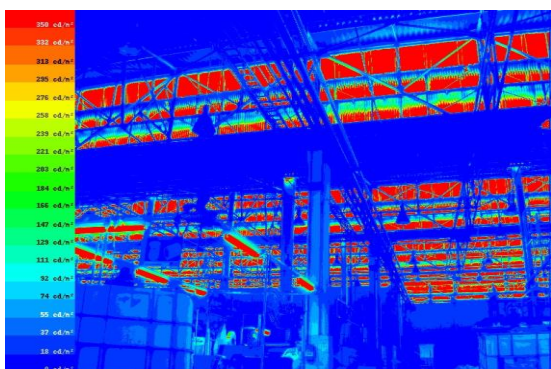


Figura 1 - Imagem em Cores Falsas na Indústria B.

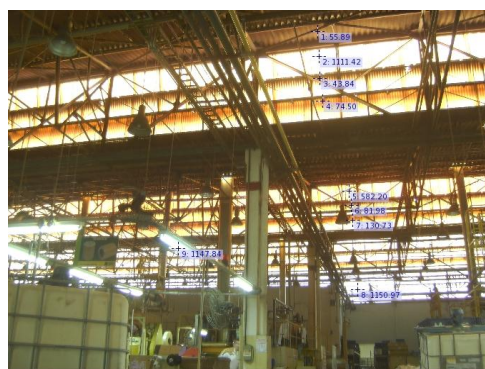


Figura 2 - Valores de luminâncias encontrados na Indústria B.

Nas Indústrias A, B e C fica clara a questão da maior sensação de luminosidade no ambiente devido aos materiais e cores empregados. Nas Figuras 3 e 4 é possível perceber como a luz se distribui melhor sobre as superfícies mais claras, como era esperado.



Figura 3 - Imagem em Cores Falsas na Indústria A.



Figura 4 - Valores de luminâncias encontrados na Indústria A.

Os sistemas de iluminação devem prover o ambiente com uma distribuição uniforme da luz no espaço sem a formação de pontos de brilho ou ofuscamento intensos, porém, as Indústrias A, B e D apresentam alguns casos de brilho no piso ou nas prateleiras do setor de embalagens, onde não há postos fixos de trabalho que possam ser comprometidos.

Na Indústria A há um exemplo da falta de integração entre os sistemas de iluminação natural e artificial, pois há uma maior quantidade de luz nas áreas próximas às aberturas e mesmo assim as luminárias são acionadas durante todo o funcionamento da empresa. Mesmo o acionamento das luminárias sendo paralelo aos fechamentos laterais há falta de conscientização quanto ao aproveitamento da luz natural disponível por parte dos usuários. Entretanto, o sistema de iluminação artificial é bem integrado ao *layout* da

mesma, ao contrário da Indústria D. Nas Figuras 5 e 6 pode-se observar que em alguns corredores do setor de estocagem da Indústria D o *layout* das prateleiras não condiz com o das luminárias.

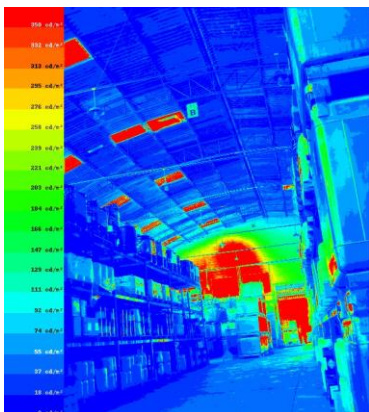


Figura 5 - Imagem em Cores Falsas na Indústria D.



Figura 6 - Valores de luminâncias encontrados na Indústria D.

No que diz respeito à iluminação de tarefa, empregada nas 4 indústrias, as Indústrias B e C apresentam casos em que devido aos níveis de luminância emitidos por esta fonte e que incidem sobre as superfícies refletoras de alguns equipamentos, podem ocorrer situações de ofuscamento e brilho nos postos de trabalho, comprometendo o rendimento e a saúde do usuário, como pode ser observado nas Figuras 7 e 8.



Figura 7 - Imagem em Cores Falsas na Indústria C.



Figura 8 - Valores de luminâncias encontrados na Indústria C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BINGGELI, C. **Building systems for interior designers**. EUA: John Wiley & Sons, 2003.
- BOUBEKRI, M. **Daylighting, architecture and health: building design strategies**. EUA: Elsevier Ltd, 1988.
- BRADLEY, B. H. **The Works: The Industrial Architecture of the United States**. Nova York: Oxford University Press, 1999.
- CIE SYMPOSIUM. **Lighting and Health**. Áustria: CIE, 2006.
- CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **A Indústria e o Brasil: uma agenda para crescer mais e melhor**. Brasília, 2010.
- DOE - U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. Disponível em: < <http://www.eere.energy.gov/> > Acesso em: mai. 2010.
- GANSLANDT, R., HOFMANN, H. **Handbook of Lighting Design**. ERCO Edition. Alemanha: Vieweg, 1992.
- HOPKINSON, R.G., PETHERBRIDGE, P., LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. 2.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1966.
- ILLUMINATING Engineering Society of North America (IESNA). Disponível em: < <http://www.iesna.org/> > Acesso em: mai. 2010.
- LYONS, S. **Lighting for industry and security**. A Handbook for Providers and Users of Lighting. Grã-Betanha: Butterworth Heinemann, 1992.
- PHILLIPS, D. **Daylighting: natural light in architecture**. Italy. Elsevier, 2004.
- PHILLIPS, D. **Lighting modern buildings**. Inglaterra: British Library Cataloguing in Publication Data, 2000.
- ROBBINS, C. **Daylighting design and analysis**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1986.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto através do Programa de Mestrado, processo n.º. 2009/03778-7.