

OTIMIZAÇÃO DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL PARA SALAS DE AULA: UMA ANÁLISE GRÁFICA

Fernando Cruz Silva¹; Catharina Macedo²; Anna Sophia Baracho³; Marina Santana⁴; Paloma Lúcio⁵
Lab. de Conforto Ambiental e Conservação de Energia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Uberlândia, Bloco 11, Sala 43, Campus Santa Mônica, Uberlândia, 38400-902, MG, Brasil
e-mail ¹: fercruz@triang.com.br; e-mail ²: cacacz@bol.com.br; e-mail ³: m350_asbb@hotmail.com;
e-mail ⁴: ninahtm@hotmail.com; e-mail ⁵: palomalucio@hotmail.com.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, uma entidade do governo brasileiro voltada ao desenvolvimento científico e tecnológico.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver geometrias otimizadas de sistemas de iluminação natural para salas de aula da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Para esta finalidade, torna-se importante controlar efetivamente a fonte de luz, de forma a oferecer apenas a quantidade e distribuição necessárias ao ambiente, e ainda eliminar o ofuscamento e o super aquecimento. Fez-se necessário um estudo minucioso das propriedades reflexivas das superfícies, do uso e da combinação dos mecanismos de controle de luz e da correta integração com a geometria solar e viabilidade de luz no local. Apresenta-se a análise prévia da eficácia luminosa que foi realizada graficamente, a partir do traçado e rebatimento da luz direta do sol. O estudo indicou que os elementos de controle efetivamente distribuem a luz de forma mais uniforme e equilibram a penetração de luz e calor no ambiente, possibilitando inclusive que sistemas com abertura zenital sejam utilizados em locais de baixa latitude, ou seja, locais quentes com altos índices de luminosidade externa, como é o caso de Uberlândia.

ABSTRACT

This study aims at developing optimized geometries of natural lighting systems for classroom buildings at the Federal University of Uberlandia. To attain this objective, it is important to effectively control the source of light so as to offer only the amount and balanced distribution pattern needed for the indoor environment, and to eliminate glare and overheating. Thus a detailed study became necessary of the reflective properties of surfaces, of the use and combination of light control mechanisms and of the correct integration with the location's solar geometry and light viability. This article presents the preliminary graphical analysis of lighting efficacy, using incident and reflective tracing of direct solar light. The study indicated that the control elements are able to effectively distribute light more uniformly and balance the penetration of heat and light into the room, making it possible even to use rooftop openings in tropical latitudes, warm locations with high levels of external luminosity, as is the case of Uberlandia.

1. INTRODUÇÃO

Atendendo ao Decreto Presidencial 3.818 de 15/5/2001, que obriga a que as construções em instituições federais sejam redutoras de consumo de energia, e que em seu Art. 3º diz: “Na aquisição de materiais e equipamentos ou contratação de obras e serviços deverão ser adotadas especificações que atendam os requisitos inerentes à eficiência energética”, a Prefeitura de Campus da Universidade Federal de Uberlândia, no intuito de obter economia de energia elétrica na instituição, pretende introduzir, por

sugestão dos pesquisadores do LCC (Laboratório de Conforto Ambiental e Conservação de Energia) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, o uso de sistemas de iluminação natural passivos que redirecionam a luz solar em alguns edifícios do Campus, para melhorar a qualidade da iluminação natural especialmente em salas de aula.

Os sistemas de abertura podem ser classificados, resumidamente, como zenitais e laterais. Para escolha do sistema mais adequado, deve-se considerar a forma e a disposição dos ambientes que compoem o edifício, o tipo de tarefa visual a ser executada, bem como as condições de ordem econômica e tecnológica e aspectos relativos ao clima local (LAM, 1986). No caso de ambientes iluminados lateralmente, os níveis de iluminação decrescem com o aumento da distância da janela, devido à direção predominante da luz solar – de cima para baixo. Essa característica direcional da luz resulta, normalmente, numa distribuição de iluminação interna não uniforme — as áreas próximas à janela são bem iluminadas, enquanto as áreas mais afastadas podem mostrar-se bastante sombrias.

Por outro lado, a principal vantagem de uma abertura zenital, com relação às aberturas laterais é que a luz pode ser coletada diretamente do céu com o objetivo de iluminar uma área imediatamente abaixo da abertura, ou seja, a luz não terá que ser redirecionada para iluminar o plano de trabalho, já que não existem obstáculos externos nem internos. Outras vantagens são a captação direta de luz provinda do céu em dias nublados e o menor ofuscamento em comparação à vista através de janelas laterais. As principais desvantagens são que a luz proveniente de baixas alturas solares é transmitida de forma ineficiente e que o sistema capta grande parte da radiação proveniente de alturas solares mais elevadas, podendo levar ao aquecimento excessivo do espaço interno, principalmente para baixas latitudes (EDMONDS 1995; MOECK, 1998; MOORE, 1991; ROBBINS 1986).

Uma das alternativas para compensar a não uniformidade de luz gerada por aberturas laterais e o aquecimento excessivo do ambiente interno gerado por sistemas zenitais seria a utilização de sistemas que utilizam pequenas quantidades de luz solar direta para a realização de iluminação natural no ambiente interno (BELTRAN *et al.*, 1997). Apesar de redirecionadores representarem uma boa solução, questões quanto à especificidades do ambiente onde serão implementados devem ser satisfatoriamente esclarecidas antes de estabelecer seu uso em larga escala.

Para que se possa obter uma otimização da iluminação, é importante controlar efetivamente a fonte de luz, de forma a oferecer apenas a quantidade e distribuição de luz necessárias ao ambiente, e minimizar o ofuscamento e o aquecimento, fazendo-se necessário um estudo minucioso das propriedades reflexivas dos materiais, do uso e da combinação dos mecanismos de controle de luz e da correta integração com a geometria solar e viabilidade de luz no local. Este estudo embasará o projeto otimizado dos sistemas, onde a análise prévia da eficácia luminosa foi realizada graficamente, a partir do traçado e rebatimento da luz direta do sol.

2. CONSIDERAÇÕES DE PROJETO PARA SISTEMAS QUE UTILIZAM A LUZ DIRETA DO SOL

A utilização de sistemas de iluminação natural que conduzem a luz direta do sol pode ser uma solução para diversos problemas, tais como: introdução da luz natural em espaços internos profundos; má distribuição da luz natural; melhoramento do equilíbrio do brilho no espaço, relativo à vista da janela; diminuição da carga térmica do ambiente, caso a radiação solar seja admitida de forma moderada, em pequenas quantidades (AIZLEWOOD, 1993). Vale salientar que não é possível formular um método unificado para a seleção de um sistema ideal a uma determinada condição dada, pois o mesmo deve estar em conformidade com as características climáticas locais. No entanto, existem estratégias generalizadas para tomar decisões sobre a utilização de sistemas de iluminação natural no projeto arquitetônico.

Antes de projetar, ou implantar qualquer sistema de iluminação natural que redirecione a luz do sol, o arquiteto terá que justificar de forma clara tal investimento. Segundo Pereira (1993), para que se possa escolher o tipo de sistema a ser adotado, devem-se considerar as seguintes questões: se o sistema irá ser implantado em locais que exigem condições especiais de iluminação, como escolas, museus, ou laboratórios de informática; se existem grandes obstruções externas; se os cômodos têm aberturas diretas

para o ambiente externo; qual a disponibilidade de luz direta do sol nas aberturas; qual a profundidade do ambiente; qual a geometria do espaço (observar se existem divisórias, que podem causar áreas sombrias); e qual o comportamento térmico do sistema (observar se conduz calor de forma demasiada). Adicionalmente, é importante refletir sobre quais os objetivos da implantação de sistemas que redirecionam a luz direta do sol: reorientação de luz para locais profundos ou que não possuam acesso ao ambiente externo; melhoramento da luz natural para a iluminação de tarefas; melhoramento da adaptação e do conforto visual e do controle de ofuscamento; e sombreamento solar e controle térmico.

Littlefair (1990) reforça que, caso seja escolhido um dos sistemas inovadores de iluminação natural, devem-se observar ainda algumas considerações finais:

- Sistemas que utilizam apenas a luz direta do sol parecem não ser apropriados para locais onde existe grande frequência de céu encoberto e com baixos índices de iluminância externa;
- O sistema deve: apresentar uma elevada transmitância à luz natural e relativamente baixa transmitância à parte não visível do espectro solar, que pode incrementar os ganhos térmicos no ambiente interno; ser capaz de iluminar o ambiente durante grande parte do dia; utilizar estratégias de projeto que proporcionem maior uniformidade na distribuição da iluminação interna; ser adequado a todas as posições do sol.
- Outras considerações são: o teto como importante elemento refletor secundário e difusor; a maior parte dos sistemas laterais requer um pé-direito razoavelmente alto em proporção à área do recinto; o sistema de iluminação natural deve ser integrado com o sistema de iluminação artificial, ou seja, requer-se um bom controle para a luz elétrica; condições de manutenção e exposição externa do sistema — prateleiras de luz espelhadas e sistemas envidraçados coletam poeira e sujeira; e para manter a eficiência dos sistemas, devem ser limpos com a mesma frequência das janelas convencionais; custo/benefício — geralmente os sistemas fixos de iluminação natural, que são uma continuação dos sistemas de sombreamento, são mais baratos do que os sistemas servo-motorizados ou que possuam componentes com sistemas óticos precisos.
- Não deve ser esperado que os ocupantes ajustem o sistema de iluminação natural diariamente - estudos com venezianas (LITTLEFAIR, 1990) e experiência na própria instituição mostram que raramente os dispositivos de sombreamento são ajustados. Caso o sistema necessite ser móvel, é aconselhado que o controle seja feito automaticamente ou ajustado por funcionários em poucas situações críticas no ano.

Obviamente, é mais eficaz considerar os sistemas de iluminação natural desde o início da concepção do projeto do que utilizá-los apenas em *retrofits*, uma vez que a maior parte destes sistemas deveria fazer parte íntegra do vocabulário arquitetônico da edificação. Caso não tenham sido utilizados sistemas de iluminação natural eficientes na edificação, os investimentos em reformas para a implantação de sistemas apropriados poderão reduzir os custos com iluminação artificial, num período de *payback* que tem que ser considerado (RUCK *et al.*, 2000),

3. CONDICIONANTE DE PROJETO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NATURAL

O trabalho tem como objetivo desenvolver geometrias otimizadas de sistemas de iluminação natural para salas de aula da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Esta cidade possui clima quente e seco e tem oito meses do ano que podem ser classificados como quentes (BERTE, 1998).

Os edifícios padronizados de salas de aula da UFU são de dois pavimentos cobertos com telha de fibrocimento com beiral de 3 m. A maior parte das salas segue uma modulação padrão de 3,15 x 6 m, podendo ocupar de um a quatro módulos. As salas possuem aberturas laterais com vidros simples orientadas para o Noroeste e para o Sudeste.

Inicialmente adotamos o Bloco I como referência, uma vez que a maior parte dos blocos do Campus segue a mesma modulação e possui o mesmo sistema de aberturas (ver figuras 1 e 2). A figura 3 mostra o sombreamento causado pelo beiral nas fachadas.

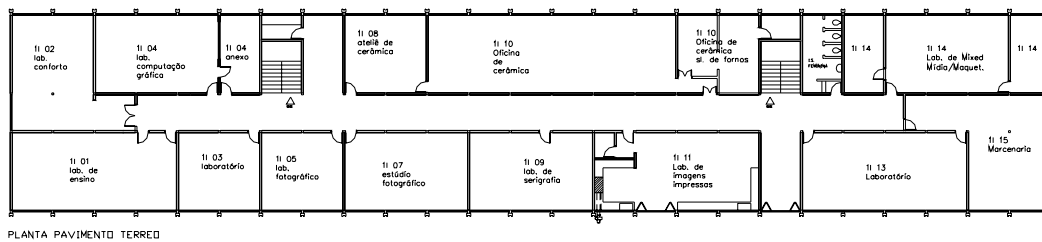


Figura 1 - Planta Baixa do primeiro pavimento do Bloco I

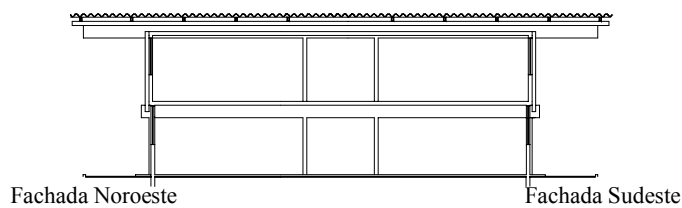


Figura 2 - Corte transversal do Bloco I

Observando as figuras 1 e 2 percebe-se que as fachadas são sombreadas pelos grandes beirais e possuem pé-direito baixo. Em comparação a sistemas implementados desde a concepção do projeto arquitetônico, vale salientar que os sistemas aqui propostos serão adaptações, portanto dificilmente conseguindo a máxima eficiência possível devido à configuração limitante do edifício existente.

Quanto à figura 3, nota-se que:

- A janela alta Noroeste recebe radiação solar direta das 15:15 h até o por do sol no solstício de inverno. Apesar do beiral protegê-la de boa parte da radiação solar incidente, ainda será necessária a utilização de algum sistema de sombreamento, mais em função de proteger contra o ofuscamento do que da radiação infravermelha, possivelmente bastando para isso o uso de persianas verticais internas.
- A janela baixa Noroeste recebe radiação solar direta das 10:15 h até o por do sol no solstício de inverno e das 15:05 até o por do sol no equinócio. Dentre as aberturas analisadas é a que recebe a maior quantidade de radiação solar direta. O beiral sombreada um pouco, mas ainda existe a necessidade da utilização de proteções solares.
- A janela alta Sudeste só recebe radiação solar direta no início da manhã até 7:45 h no solstício de verão. Uma vez que as aulas só iniciam as 8 h, não será necessária a utilização de proteção solar adicional.
- A janela baixa Sudeste recebe radiação solar direta até as 8:30 h no solstício de verão, existindo assim, a necessidade da utilização de uma pequena proteção solar, especialmente no tocante a ofuscamento.

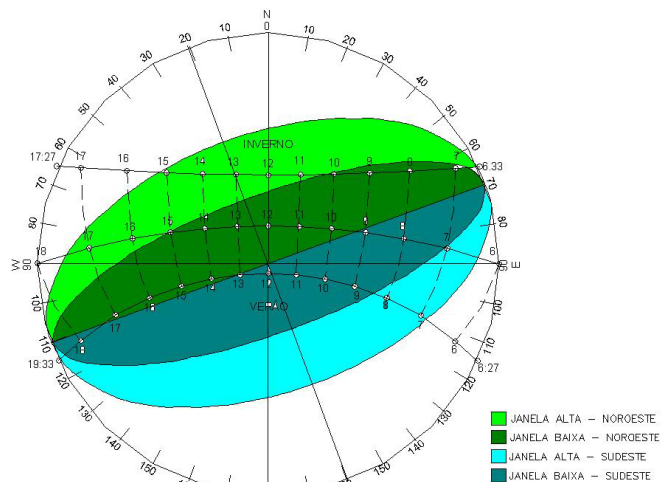


Figura 3 - Sombreamento proporcionado pelo beiral nas aberturas.

Foi detectado que boa parte das salas de aula são térmica e visualmente desconfortáveis, uma vez que:

- recebem grande carga térmica proveniente da radiação solar e não possuem boa ventilação natural;
- possuem espaços internos profundos, com má distribuição da luz natural, gerando alguns problemas como ofuscamento e fadiga visual.

Como Uberlândia possui grande disponibilidade de luz natural durante o ano, com grande ocorrência de céu claro durante, principalmente, o período de inverno, e tratando-se de salas de aula — ambientes que exigem condições especiais de iluminação e que possuem fachadas com acesso direto ao ambiente externo, optou-se pela utilização de sistemas de iluminação natural que redirecionam a luz direta do sol. Os sistemas deverão ser fixos, uma vez que não se espera que os ocupantes ajustem o sistema de iluminação natural de forma otimizada diariamente. Além disso, quando comparado com sistemas ativos, são mais baratos e de fácil manutenção. Em resumo, os sistemas projetados deverão controlar efetivamente a fonte de luz de forma a evitar ganhos térmicos excessivos e gerar ambientes com valores adequados de iluminância, boa distribuição de luz e sem ofuscamento.

Após uma ampla revisão bibliográfica, foram identificados alguns sistemas, de baixo custo, com maior probabilidade de adequação às características ambientais e físicas das salas de aula da Universidade Federal de Uberlândia. São estes: as aberturas laterais com prateleiras de luz e venezianas e sistemas de aberturas zenitais com reorientadores de luz.

4. PROJETO E ANÁLISE GRÁFICA DOS SISTEMAS PROJETADOS

Foram projetados sistemas de iluminação natural para aberturas laterais (janela alta Noroeste, janela baixa Noroeste, janela alta Sudeste e janela baixa Sudeste) e zenitais. Nesta etapa da pesquisa, a eficácia luminosa destes sistemas foi analisada a partir de um estudo gráfico através do traçado e rebatimento dos ângulos de incidência do sol em três períodos do ano (solstício de verão, de inverno e equinócio) e em 5 horários do dia (8, 9, 12, 13 e 16 h). Neste artigo só estão sendo ilustrados os esquemas que correspondem ao solstício de inverno, uma vez que é esta a situação em que ocorre a maior incidência de radiação solar direta nas aberturas.

O esquema da figura 4 ilustra o funcionamento da abertura lateral com veneziana. Neste sistema, apenas as lâminas superiores possuem superfícies espelhadas (refletem a luz de forma especular); as outras lâminas possuem superfícies branco-acetinadas, refletindo a luz de forma difusa.

As lâminas interceptam toda a radiação solar direta, mas só as lâminas superiores redirecionam a luz direta para o teto. Analisando os esquemas pode-se perceber que o sistema reduzirá o nível médio de iluminância no ambiente e boa parte da vista para o meio externo. No entanto, irá melhorar a distribuição da luz e evitará problemas causados pelo ofuscamento. Sua capacidade de redução do nível de iluminância, porém, pode gerar deficiência luminosa, principalmente em pontos mais afastados da abertura. Vale salientar que, em alguns casos, a redução do nível de iluminância interna pode ser vista de forma positiva, principalmente em locais com abundância de luminosidade externa.

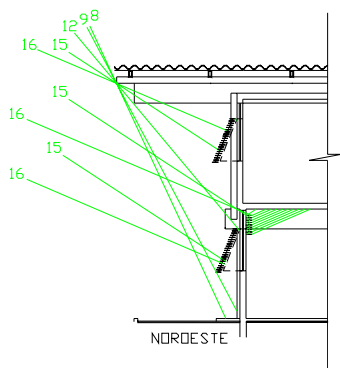


Figura 4 – Veneziana sob incidência da radiação solar direta no solstício de inverno

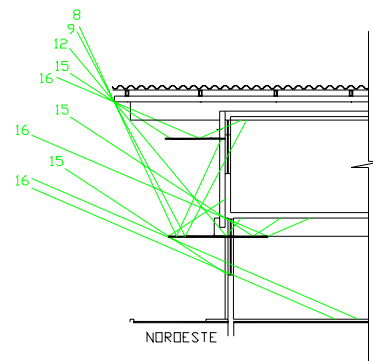


Figura 5 – Prateleira de luz horizontal sob incidência da radiação solar direta no solstício de inverno.

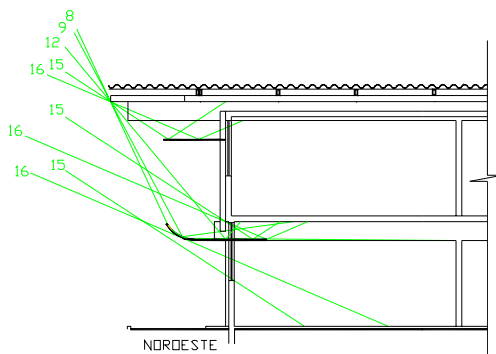


Figura 6 – Prateleira de luz curva sob incidência da radiação solar direta no solstício de inverno.

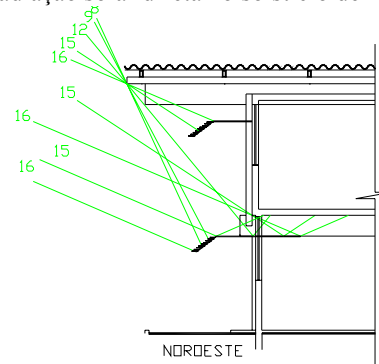


Figura 7 – Prateleira de luz horizontal com veneziana sob incidência da radiação solar direta no solstício de inverno.

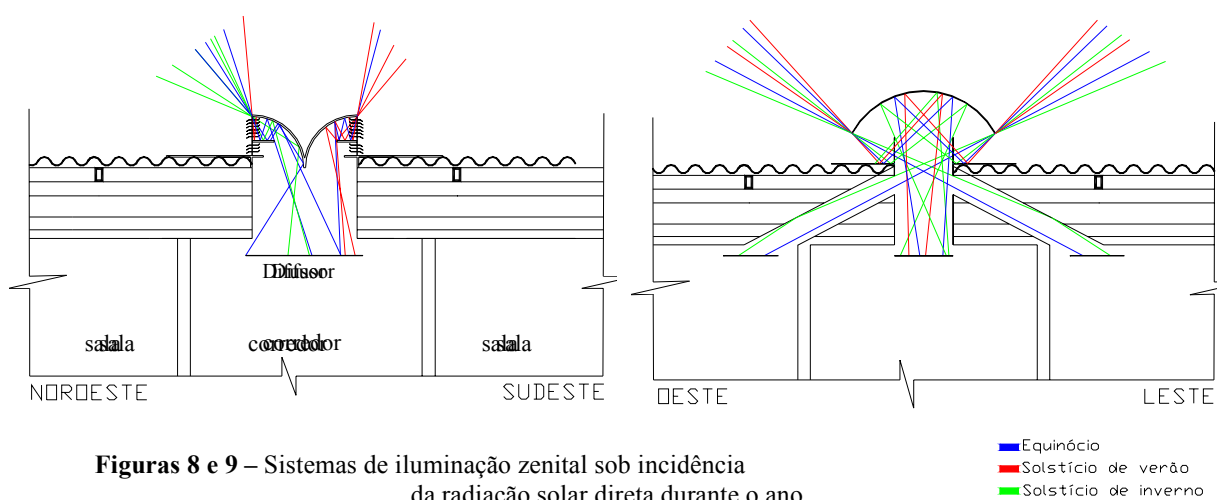
Os esquemas das figuras 5 e 6 ilustram o funcionamento da abertura lateral com prateleiras de luz horizontal e curva. O sistema intercepta parte da radiação solar direta e a redireciona, de forma especular, para o teto. O teto é uma fonte de iluminação secundária, difusa e voltada para a horizontal. Provavelmente o controle da radiação solar direta proporcionado pela prateleira reduzirá o nível médio de iluminância no ambiente e melhorará significativamente a distribuição da luz durante todo o dia, evitando problemas causados pelo excesso de luminosidade próxima à abertura. Fica evidente que a prateleira de luz (sobretudo a curva), sob determinados ângulos de incidência, é capaz de elevar os valores de iluminância em áreas mais afastadas da abertura. Para barrar toda a radiação solar direta, no entanto, as prateleiras teriam de ser bastante avantajadas, o que dificultaria sua implantação na edificação. Com essa limitação em suas dimensões, o sistema admite a entrada da radiação solar direta nas janelas alta e baixa Noroeste durante parte do dia no solstício de inverno, o que provavelmente provocará, nesses períodos, ofuscamento e uma distribuição de luz não uniforme.

O esquema da figura 7 ilustra o funcionamento de um sistema misto: prateleira de luz com veneziana. Este sistema mantém o redirecionamento da luz proporcionado pela prateleira e a veneziana evita o acesso da luz direta do sol.

Analisando o desempenho dos sistemas citados anteriormente, percebe-se que, de uma forma geral, o beiral impede boa parte da incidência da luz direta do sol nas aberturas, principalmente na janela alta, o que reduz a possibilidade de redirecionamento de luz para a parte posterior dos ambientes. Mesmo sabendo-se que os sistemas de iluminação natural obteriam melhor desempenho com a retirada do beiral, elemento característico de uma arquitetura desvinculada do melhor aproveitamento da luz solar, esta situação não foi proposta como opção viável neste estágio atual da pesquisa, uma vez que essa substituição certamente implicará em pesado investimento pela instituição para realizar o *retrofitting* necessário. Nessa situação, mesmo utilizando sistemas de redirecionamento de luz nas fachadas, o sombreamento excessivo do beiral pode gerar deficiência luminosa em pontos mais afastados da abertura.

Percebe-se que a utilização de aberturas zenitais poderia suprir esta deficiência luminosa com relativa facilidade nas salas localizadas no pavimento superior.

Os esquemas das figuras 8 e 9 mostram que os sistemas zenitais interceptam toda a radiação solar direta, transmitindo a esta qualidade difusa ao passarem para o ambiente. Além disso, possuem aberturas laterais, protegidas da chuva, que servem como saída do ar quente do ambiente interno. Apesar das aberturas zenitais serem caracterizadas por captarem excesso de luz e calor, quando utilizadas em conjunto com elementos de controle, bem dimensionados, são capazes de controlar a radiação solar de forma a redirecioná-la e introduzi-la em pequenas quantidades, suficiente para a iluminação do ambiente interno, evitando problemas como ofuscamento e ganhos térmicos excessivos.



5. CONCLUSÃO

Em relação aos seis sistemas propostos e analisados, conclui-se que:

1. as venezianas protegem bem contra a insolação direta durante todo o ano, mas reflete a luz solar num ângulo relativamente fechado, não distribuindo bem a luminosidade em toda a profundidade do ambiente interno, além de interferir na visão do cômodo para o exterior;
2. a prateleira horizontal protege bem junto à abertura, reflete a luz num ângulo mais aberto, perde parte da luz refletida contra a fachada acima dela, e permite a entrada de luz baixa durante um certo período do inverno, de manhã cedo e do meio da tarde em diante, podendo provocar ofuscamento;
3. a prateleira curva tem todas as vantagens da horizontal e ainda aproveita a parte que seria refletida contra a fachada, reorientando-a para o interior e conseguindo melhor distribuição luminosa; ainda apresenta, porém, o mesmo inconveniente do ofuscamento em parte do inverno;
4. o sistema misto apresenta as vantagens da prateleira horizontal, mas sua parte de veneziana só serve para interceptar a luz direta, não aproveitando-a no interior do cômodo; pelo menos não interfere na visão para o exterior como a primeira;
5. o custo/benefício de todos os sistemas no pavimento superior é desvantajoso, visto sua limitada atuação no redirecionamento e que sua maior função seria a de proteger contra o ofuscamento do meio da tarde em diante no período de inverno, função mais economicamente conseguida com o uso de persianas internas (que de qualquer forma terão de ser instaladas, pois as salas de aula precisarão ser escurecidas para permitir projeção);
6. o primeiro sistema zenital capta bem a luz solar durante todo o ano, mas o reflete principalmente para baixo, limitando sua eficiência a uma área relativamente pequena sob o abertura na laje; precisaria, portanto, para ser eficiente, de ser implantado em múltiplos; a tentativa de evitar a insolação direta com

uma cobertura opaca e refletores laterais pode diminuir a radiação mas dificulta a manutenção das superfícies refletoras sobre o telhado;

7. o outro sistema zenital introduz luz numa área mais ampla através de reflexos e ainda permite efetuar ventilação cruzada nas salas de aula com exaustão pelos dutos; problemas tais como ruído de uma sala para outra ou do corredor para as salas, manutenção das superfícies refletoras e escurecimento dos dutos sob determinados ângulos de insolação ainda teriam de ser resolvidos; este sistema tem potencial, porém nenhum dos dois sistemas zenitais propostos satisfaz por ora.

Na Tabela 1, atribuíram-se notas de um a quatro a cada um dos sistemas laterais, separando-se o pavimento superior do inferior:

Tabela 1 – Avaliação dos sistemas laterais propostos

| | | Sombreamento junto à janela | Profundidade atingida | Equilíbrio de iluminâncias | Proteção contra ofuscamento | Nota média |
|--------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Pavimento superior | Veneziana | 4 | 2 | 1 | 4 | 2,75 |
| | Prat. Horizontal | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | Mista | 4 | 1 | 2 | 4 | 2,25 |
| Pavimento inferior | Veneziana | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| | Prat. Horizontal | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Prat. Curva | 3 | 4 | 4 | 3 | 3,50 |
| | Mista | 4 | 3 | 3 | 4 | 3,50 |

Sob essa avaliação, portanto, os sistemas misto e o da prateleira curva se apresentam como os mais satisfatórios. Vê-se que é possível chegar a uma análise bastante completa destes sistemas por um método gráfico simples. A partir desta conclusão, serão testados os sistemas em maquetes na escala de 1:10 e em simulações computacionais utilizando o Radiance 2.0 Beta. Do melhor sistema será projetado detalhadamente e construído um protótipo para testar suas características construtivas como elemento arquitetônico e seu desempenho sob condições reais e dinâmicas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZLEWOOD, M. E., (1993). *Innovative Daylighting Systems: An Experimental evaluation*. In: **International journal of Lighting Research and Technology**. Great Britain: The Chartered Institution of Building Services Engineers, v. 25, n. 4. pp. 141-152.
- BERTE, A. V. (1998). *Caracterização da Solicitação para Avaliação de Desempenho Térmico de Edificações*. In: **Caderno de Arte**. Departamento de Artes plásticas de Universidade Federal de Uberlândia.
- BELTRÁN, L. O., LEE, E. S., SELKOWITZ, S. E., (1997) *Advanced Optical Daylighting Systems: Light Shelves and Light Pipes*. In: **Journal of Illuminating Engineering Society**. USA: Engineering Society of North America, v. 26, n. 2. pp 91-106.
- EDMONDS, I. R., MOORE, G. I., et al., (1995) *Daylighting Enhancement with Light Pipes Coupled to Laser-cut Light-Deflecting Panels*. In: **International journal of Lighting Research and Technology**. Great Britain: The Chartered Institution of Building Services Engineers, v. 27, n. 1. pp. 27-35.
- LAM, William M. C.(1986). **Sunlighting as formgiver for architecture**. Nova York: Van Nostrand Reinhold.
- LITTLEFAIR, Paul J., (1990). *Innovative Daylighting: Review of Systems and Evaluating Methods*. In: **International journal of Lighting Research and Technology**. Great Britain: The Chartered Institution of Building Services Engineers, v. 22, n. 1. pp 1-17.
- MOECK, M. (1998). *On Daylight Quality and Quantity and Its Application to Advanced Daylight Systems*. In: **Journal of the Illuminating Engineering Society**. New York: Hannover, v. 27, n. 1. pp. 3-21.
- MOORE, Fuller, (1991). **Concepts and Practice of Architectural Daylighting**. USA: Van Nostrand Reinhold.

PEREIRA, F. O. R., (1992). **Luminous and Thermal Performance of Windows Shading and Sunlighting Reflecting Devices**. PhD Thesis, School of Architectural Studies, University of Sheffield.

ROBBINS, C. L., (1986). **Daylighting: Design and Analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold.