

USO DE DISPOSITIVOS DE SOMBREAMENTO EM SALAS DE AULA - AVALIAÇÃO DE MÉTODO PROPOSTO POR OLGYAY

Adriano L. Dorigo (1); Eduardo L. Krüger (2)

(1) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

E-mail: aldorigo@mps.com.br

(2) Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia - PPGTE, Professor do Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

E-mail: krueger@ppgte.cefetpr.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é avaliar, por meio de modelos e simulações computacionais realizadas com os softwares *Ecotect*, *Radiance* e *Luz do Sol*, a eficácia da aplicação de dispositivos de sombreamento em salas de aula da rede pública de ensino do Paraná, enquanto instrumentos para melhoria das condições de iluminação natural e de temperatura ambiente. O desenho desses dispositivos resulta do traçado, sobre cartas solares, de máscaras de sombra para datas e horários que apresentam faixas de temperaturas acima do recomendado, calculadas a partir de método descrito pelos irmãos Olgyay, tendo como temperaturas de referência: 1) a sugerida pelos irmãos Olgyay, de 22,36 °C; e 2) faixas obtidas a partir do conceito de *Conforto Adaptativo* para a região de Curitiba. Comparações foram feitas entre o projeto original das salas e o projeto alterado, com os dispositivos de sombreamento, simulando-se níveis de iluminação antes e depois, no *Radiance*. A consideração da incidência solar direta sob o ponto de vista luminoso e térmico fornece dados para a proposta de melhoramentos nas construções analisadas, sob estes dois aspectos, fundamentais para o bom desempenho da construção e o conforto dos usuários.

ABSTRACT

The objective of this article is to evaluate, using models and computational simulations made with software *Ecotect*, *Radiance* and *Luz do Sol*, the application effectiveness of shading devices in classrooms of public education net in Paraná, while instruments for improvement of natural illumination conditions and environmental temperature. The drawing of these devices results on tracing, in sun-path diagrams, of shading masks for dates and schedules that present bands of temperatures above of the recommended one, calculated from method described by Olgyay brothers, having as reference temperatures: 1) the suggested one by Olgyay brothers, of 22,36 °C; and 2) bands obtained from the concept of *Adaptive Comfort* for the region of Curitiba. Comparisons were made between the original project of classrooms and the modified project with the shading devices, simulating the before and after illumination levels, in *Radiance*. The consideration of the direct solar incidence under the luminous and thermal points of view supplies information for improvements proposals in the analyzed constructions, under these two aspects, fundamentals for the good performance of the building and the comfort of their users.

1. INTRODUÇÃO

É possível reconhecer uma certa preocupação com relação às condições de iluminação em salas de aula, mesmo nos primeiros grupos escolares, conforme coloca Bencostta (2005). No entanto, a falta de critérios de análise culmina em uma generalização dos níveis de iluminação entre os mais diversos ambientes, avaliados sem levar em conta a especificidade e as particularidades de cada atividade, a ponto de se tornar comum o conceito de que a abundância de luz seria ponto favorável à qualidade do espaço. O fato destes pensamentos e regras estarem fundamentados em grande parte no conhecimento empírico é uma das explicações de porque ao longo dos anos tenha se valorizando mais a quantidade do que a qualidade da iluminação dos espaços de ensino.

Atualmente no Paraná, assim como em outros estados brasileiros, as escolas da rede pública de ensino são construídas por meio da repetição de módulos dos diversos ambientes – salas de aula, sanitários, administração etc., que são agrupados conforme as necessidades do local e a disponibilidade do terreno. Estes módulos são resultados de projetos-padrão, desenvolvidos especificamente para atender a questões econômicas, de flexibilidade e padronização da rede. Somente essas considerações, no entanto, não são suficientes para promover a qualidade dos espaços, uma vez que questões relacionadas ao conforto ambiental não são adotadas como critérios para verificação dos projetos existentes ou para a concepção de novos projetos. Esta lacuna na avaliação culmina com a existência de edifícios de baixo desempenho, capazes de prejudicar o rendimento e a saúde dos seus usuários.

Dessa forma, se faz evidente a relevância dos aspectos luminosos relativos aos ambientes escolares, onde a qualidade do aprendizado é função direta do grau de conforto ambiental apresentado pelo espaço. A visão que o aluno tem do quadro, do educador e das atividades didáticas alteram a atenção, o comportamento e o desenvolvimento do educando, interferindo na sua formação e na sua qualificação para o trabalho. Projetos mal elaborados ou implantados de forma errônea podem comprometer a saúde física e psicológica dos usuários, o rendimento escolar dos alunos, além de gerar gastos excessivos com energia elétrica. Com base nisso, o objetivo principal deste artigo é avaliar, por meio de modelos e simulações computacionais, a eficácia da aplicação de dispositivos de sombreamento em salas de aula da rede pública de ensino do Paraná, enquanto instrumentos para melhoria das condições de iluminação e temperatura do ambiente.

2. METODOLOGIA

O presente trabalho dá continuidade a uma pesquisa maior, cujo propósito é avaliar o desempenho luminoso de edificações escolares conforme sua orientação solar (DORIGO et al., 2006). A primeira etapa daquela pesquisa abordou a qualidade do espaço físico das salas de aula no que tange ao aproveitamento da luz natural para diferentes orientações solares, enfocando as iluminâncias encontradas nos planos de trabalho, para condições de céu claro e sem elementos de sombreamento nas janelas. A segunda etapa, apresentada neste artigo, consiste na inserção de elementos de proteção solar nas janelas, para verificar os ganhos ou perdas na qualidade dos níveis de luz internos, em comparação com a situação original.

O estudo foi feito sobre o projeto padrão 023 da rede pública de ensino após uma confirmação, junto aos órgãos responsáveis, de sua relevância e de sua atual utilização. Esse projeto foi elaborado em 2000 pela equipe técnica do Instituto Educacional do Paraná – FUNDEPAR, cujos dados indicam que até 2005 essa mesma tipologia foi utilizada em 79 escolas, distribuídas em 35 diferentes municípios do Estado do Paraná.

2.1 Objeto de estudo

O módulo de salas de aula do padrão 023 apresenta uma circulação central e duas salas de aula de cada lado, podendo ser construído com um pavimento ou dois. Dessa forma, os módulos podem ser agrupados um após o outro para atender à quantidade de salas de aula necessárias.

Para as simulações, considerou-se a edificação de somente um pavimento, com quatro salas de aula e corredor central com pé-direito de aproximadamente 6m de altura e duas aberturas zenitais para ventilação e iluminação, cada uma com um vão de 1,60m por 1,60m e cobertas com chapa de policarbonato alveolar incolor cristal. Devido à simetria da planta, as análises foram realizadas em duas salas de aula, localizadas em lados opostos do corredor e demarcadas em cinza na Figura 1.

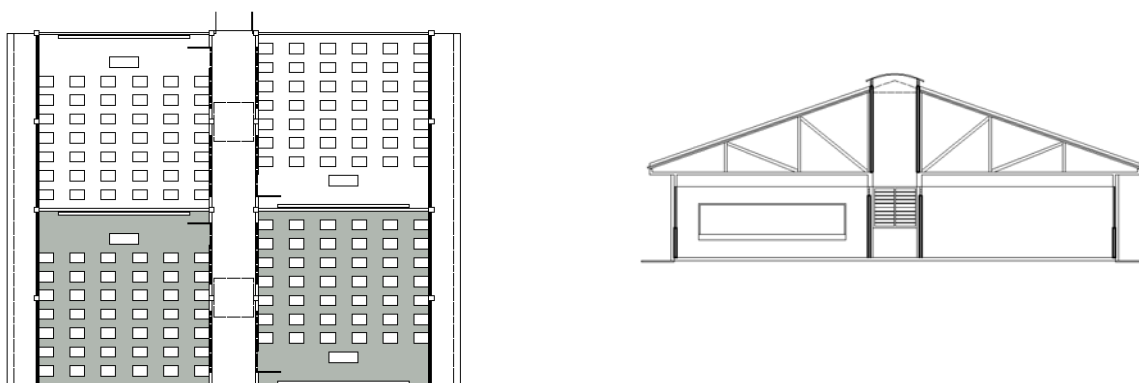


Figura 1 – Planta e corte do módulo de salas de aula

As salas possuem 7m de largura por 7,10m de profundidade e pé direito com 3,05m, sendo espelhadas em relação ao eixo do corredor. Cada ambiente apresenta 02 janelas de dimensões 3,40m x 1,50m (largura x altura), esquadrias de ferro e vidros basculantes, voltadas para o exterior e uma faixa de blocos de tijolos de vidro na parte superior da parede adjacente à circulação, que captam parte da iluminação das zenitais. As paredes são em alvenaria, pintadas internamente com cores claras, o teto em laje é pintado de branco e os pisos recebem revestimento cerâmico, também em cores claras.

De posse do projeto com todas as especificações técnicas das salas de aula, disponibilizado pela FUNDEPAR, foi elaborado um modelo computacional para simulações das características de iluminância apresentadas pelos ambientes. A especificação dos índices de refletividade dos materiais componentes no espaço tomou por base índices encontrados em Vianna e Gonçalves (2004) e Castro et al. (2003).

2.2 Ferramentas utilizadas

A natureza do objetivo traçado direcionou a seleção e a escolha das ferramentas a serem utilizadas. Desta forma, foram empregados softwares de eficiência reconhecida, presentes em pesquisas como a de Suga (2005), que permitiram, por meio de um procedimento integrado que agregou as qualidades de cada um de forma complementar, a obtenção de resultados confiáveis e seguros. Os programas Ecotect e Radiance serviram de base ao trabalho, sendo utilizados para a modelagem das salas de aula, a definição das características físicas e locais e para as análises das situações avaliadas.

As simulações da primeira fase do trabalho foram feitas considerando-se céu claro, para uma série de horários e datas representativos, que fornecessem dados sobre possíveis situações encontradas durante a utilização das salas. Foram especificados os dias 21 de junho e 21 de dezembro, relativos aos solstícios de inverno e verão, que permitiram avaliar os ambientes nos dois extremos de exposição solar. Adotou-se três posições solares em cada um desses dias - 9, 12 e 15 horas – para que se obtivesse leituras referentes a períodos de aulas de manhã, de tarde e de ocorrências com sol a pino. Para cada uma destas combinações de dias e horários, foram testadas orientações do eixo da planta escolar: Norte-Sul, Leste-Oeste, Nordeste-Sudoeste e Noroeste-Sudeste. Considerou-se a edificação sem quaisquer obstruções no entorno e, de início, sem anteparos nas janelas, como cortinas ou brises, para que se obtivessem resultados puros e dados relativos à qualidade física das salas de aula, sem a interferência de elementos externos ao projeto. Para todas as análises, as luminárias existentes foram desconsideradas, restringindo-se exclusivamente aos valores obtidos com uso de iluminação natural.

As análises foram feitas sobre imagens fornecidas pelo programa Radiance, que, utilizado em conjunto com o Ecotect, incorpora dados deste programa, como alturas e posições solares, orientações e dimensões de aberturas, dias e horários escolhidos para simulação, fornecendo uma leitura capaz de reproduzir a situação real. Os resultados obtidos são demonstrados por imagens renderizadas, com os dados analíticos referentes aos parâmetros, propriedades e variáveis previamente definidos.

Na pesquisa, trabalhou-se com visuais equivalentes a representações “em planta” das salas de aula (Figura 2), com a indicação das curvas isolux referentes às iluminâncias encontradas nos planos de trabalho. Foram então feitas contagens do número de planos de trabalho que se encontravam dentro de cada faixa de iluminância. Os resultados se apresentaram em porcentagens, relativas ao total de carteiras existentes em cada sala (42 carteiras = 100%), mostrando com clareza a quantidade de móveis que possuíam bons níveis de iluminação e a eficiência da construção sob estes aspectos.

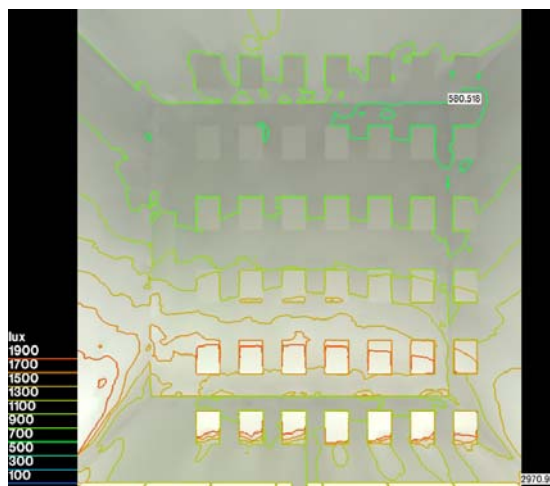


Figura 2 – Imagem da sala de aula com as curvas isolux encontradas nos planos de trabalho

Foram adotados como referência os valores de iluminância constantes na NBR 5413 – *Iluminância de interiores*, com uma tolerância de 30% para mais ou para menos, conforme sugerido pela norma, que recomenda valores médios em serviço para salas de aula entre 200 e 500 lux, ficando a critério do projetista a determinação do valor final utilizado, de acordo com as características do local e das tarefas realizadas. Uma vez que as salas avaliadas podem comportar aulas para crianças e adultos, usou-se como referência o valor normatizado de 500 lux para as atividades desenvolvidas, o que forneceu os seguintes parâmetros:

insuficientes < 350lux < adequadas < 650lux < elevadas

Para fins de divisão das curvas isolux e padronização das leituras para comparação, os valores foram ajustados da seguinte forma:

insuficientes < 300lux < adequadas < 700lux < elevadas

Com base nisso, os primeiros resultados demonstraram uma grande ocorrência de níveis excessivos - principalmente nas situações de incidência direta de sol sobre as janelas, com iluminâncias elevadas e ofuscamentos provocadas pelas grandes áreas envidraçadas das salas (DORIGO et al., 2006) – o que apontou para a necessidade de dispositivos para controle dos níveis de luz natural.

2.3 Determinação de dispositivos de sombra – Método proposto por Olgyay e Olgyay

O método proposto por Olgyay e Olgyay (1957) consiste na avaliação da necessidade e na determinação de dispositivos de sombreamento, segundo a identificação de períodos do ano onde a ocorrência de valores da temperatura externa acima de uma temperatura de referência para conforto gera como consequência um aumento indesejável da temperatura interna em razão de incidência solar direta.

Para a identificação dos períodos em que deve haver proteções solares, parte-se de um cálculo para a determinação da temperatura que funcionará como a linha divisória entre os períodos de frio e calor. Dessa forma, condições em que ocorram temperaturas que se sejam superiores a esse limite significarão calor excessivo e precisarão de intervenções que resultem em proteções solares.

Olgay e Olgay (1957) adotam a temperatura de 70°F como limite máximo de conforto. Como esse valor se baseou em condições térmicas da América do Norte - em torno de 40° de latitude Norte – são recomendadas correções para locais com latitudes mais baixas, onde se encontram médias térmicas maiores: para cada 5° de latitude ao sul, a temperatura limite deve ser elevada em 3/4°F. Considerando que a latitude da região de Curitiba é próxima de 25° Sul, diferenciando-se em 15° da latitude base, o acréscimo para correção deve ser de $3 * 3/4$ °F, que somada a 70°F resulta em 72,25°F. Convertendo-se o valor para graus Celsius, tem-se a temperatura referência de 22,36°C.

Para a definição dos períodos em que se precisa de sombreamento, devem ser utilizados dados referentes às médias mensais das temperaturas horárias da região estudada ao longo de um ano. Segundo Olgay e Olgay (1957), podem ser adotadas médias de hora em hora ou de duas em duas horas para cada um dos doze meses. Os horários dos meses que apresentarem valores superiores à temperatura limite representarão os períodos que necessitam de proteção solar.

O desenho dos dispositivos de proteção pode ser feito utilizando-se um diagrama solar, que serve de base para a transferência do período de temperaturas elevadas. Conhecendo-se a área gráfica que precisa ser protegida, podem ser traçadas, sobre este mesmo diagrama, projeções de superfícies capazes de barrar os raios solares nos períodos desejados. A sobreposição destas projeções nas faixas demarcadas configura máscaras de sombras, cuja leitura determina a espécie e o dimensionamento dos elementos de proteção e quando o sol está sendo interceptado por eles. A máscara deve tomar o cuidado de cobrir o período desejado, tomando-se o cuidado de não prejudicar os dias e horários em que o sol é bem-vindo (dias frios).

Os parâmetros para o desenho das proteções solares, sua forma e suas dimensões são obtidos no diagrama por meio da identificação e leitura direta dos ângulos α , β e γ (Figura 3), referentes aos ângulos que os dispositivos devem formar com a construção, com a posição e altura solares relativas aos horário em se deseja cuidados. A aplicação destes ângulos resulta em elementos (como brises) horizontais, verticais ou inclinados capazes de controlar a incidência solar nos dias e horários em que haja necessidade.

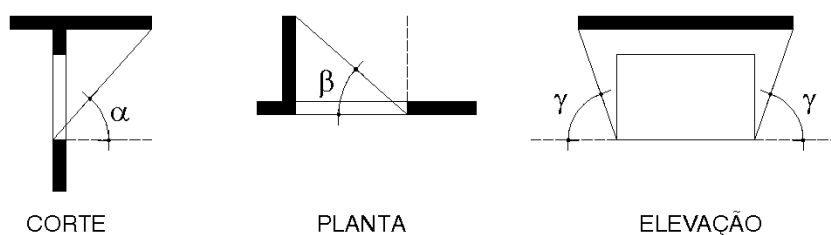


Figura 3 – Ângulos para dimensionamento das proteções

Aplicando o método proposto por Olgay e Olgay (1957), para a determinação da necessidade de elementos de sombreamento nas aberturas de um ambiente e para o desenho destes elementos, adotou-se a cidade de Curitiba como modelo para a abordagem térmica, face a ser a cidade com maior número de escolas padrão 023 implantadas no Estado. Elaborou-se então o diagrama solar da cidade, conforme indicado por Bittencourt (2000).

Os limites térmicos adotados podem ser confrontados com as temperaturas locais encontradas ao longo de um ano modelo TRY (*Test Reference Year*), que consiste de um ano representativo de um determinado lugar geográfico considerando-se um período de no mínimo 10 anos consecutivos de séries de dados climáticos.

O TRY gerado para Curitiba tem base numa série de dados climáticos coletados entre 1960-1970 e possui valores individuais de temperatura para cada hora de todos os dias do ano. Para os fins da pesquisa e de acordo com Olgay e Olgay (1957), foram calculadas médias térmicas de duas em duas horas para um dia médio representativo de cada mês.

2.4 Temperatura de conforto calculada pelo método do Conforto Adaptativo

A determinação da temperatura limite considerada no método proposto por Olgay e Olgay (1957), no entanto, utiliza um valor fixo - derivado de 70°F - que não leva em conta as variações que podem ocorrer no clima local para faixas de mesma latitude. Optou-se, então, pelo cálculo desta temperatura segundo os critérios do Conforto Adaptativo - ACS (*Adaptive Comfort Standard*), mais flexível e relacionado com as características do clima local.

Considerando que as condições de conforto estão relacionadas com o contexto, a relevância do método de Conforto Adaptativo se justifica no fato de utilizar variáveis térmicas do ambiente externo como dados de cálculo, ajustando os valores de referência conforme os diferentes períodos do ano. De Dear e Brager (2002) entendem que o clima e as estações têm grande influência no comportamento e na capacidade de adaptação – física e psicológica - do ser humano ao ambiente térmico que o circunda. Sendo assim, a temperatura ideal de conforto (*optimum comfort temperature*) leva em conta a temperatura externa do período de interesse, por meio da fórmula:

$$T_{\text{conf}} = 0,31 * T_{\text{média ext}} + 17,8 \quad [\text{Eq. 01}]$$

A zona de conforto pode ter uma variação de até 5°C para 90% de aceitabilidade e até 7°C para 80%, com valor central igual à temperatura de conforto calculada. Adotou-se nos procedimentos desta pesquisa, por rigor, somente a temperatura ideal T_{conf} como limite de conforto, evitando-se utilizar os valores de tolerância.

As temperaturas calculadas segundo o ACS para o TRY de Curitiba foram então incorporadas ao método de Olgay e Olgay (1957), substituindo o valor limite único por eles indicado e significando uma maior adequação às variações das condições climáticas locais, já que indicam padrões variáveis de temperatura. Confrontando estes dados com a médias horárias do TRY, os dias e horários que apresentam valores superiores aos limites de conforto foram então identificados na Tabela 2.

Tabela 2 – Identificação das Temperaturas Limite de Conforto

TEMPERATURAS MÉDIAS DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA DE CURITIBA (°C)												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0 a 2 horas	18,1	18,4	17,2	14,5	12,4	11,3	10,1	11,3	12,8	12,1	15,8	15,3
2 a 4 horas	17,6	18,0	16,8	14,3	11,9	10,8	9,6	10,8	12,3	11,8	15,5	14,9
4 a 6 horas	16,9	17,7	16,4	14,0	11,3	10,3	9,0	10,1	11,9	11,5	15,1	14,4
6 a 8 horas	17,0	17,8	16,3	13,8	10,6	9,7	8,3	9,7	11,5	11,7	15,5	14,9
8 a 10 horas	19,7	19,9	18,3	15,2	12,1	11,0	9,4	11,0	13,5	13,5	17,7	17,6
10 a 12 horas	23,0	22,7	21,2	17,6	15,9	14,5	13,4	14,8	17,2	15,8	19,9	20,3
12 a 14 horas	25,3	24,6	23,3	19,5	18,8	16,8	16,8	17,9	19,5	17,5	21,2	21,7
14 a 16 horas	26,1	25,0	24,6	20,5	19,9	17,6	18,1	19,1	20,7	18,0	21,8	22,3
16 a 18 horas	24,3	24,2	23,9	19,5	19,2	16,8	17,5	18,4	19,8	17,2	21,2	21,1
18 a 20 horas	21,7	21,8	20,7	17,0	16,1	14,2	14,6	15,5	16,9	15,0	18,8	18,6
20 a 22 horas	19,4	19,7	18,4	15,4	13,8	12,6	12,2	13,1	14,6	13,4	16,9	16,5
22 a 24 horas	18,6	19,0	17,7	14,7	13,0	11,6	11,0	11,9	13,6	12,6	16,3	15,8
TEMPERATURA LIMITE (°C), calculada segundo o método do Conforto Adaptativo (Equação $T_{\text{conf}} = 0,31 * T_{\text{média ext}} + 17,8$)	24,2	24,2	23,9	22,9	22,3	21,9	21,7	22,0	22,6	22,2	23,4	23,3

A interpretação dos valores encontrados na tabela 2 demonstrou que as temperaturas médias das 16:00h às 18:00h ultrapassam os valores máximos adotados em apenas 0,1°C em janeiro, e ficam iguais aos limites mensais em fevereiro e março. Optou-se então por desconsiderar a necessidade de proteções para esta faixa de horas, devido à maior diferença ser de 1 décimo de grau (em janeiro), não significativo a ponto de prejudicar o conforto térmico. Segundo esta leitura, é preciso sombreamento até as 16:00h para os três primeiros meses do ano, de forma que se torna possível trabalhar com proteções horizontais para ambas as faces. A máscara de sombras sobre a faixa de temperaturas elevadas passou então a ter a seguinte configuração, tomando-se como exemplo a orientação do eixo da escola para NW-SE:

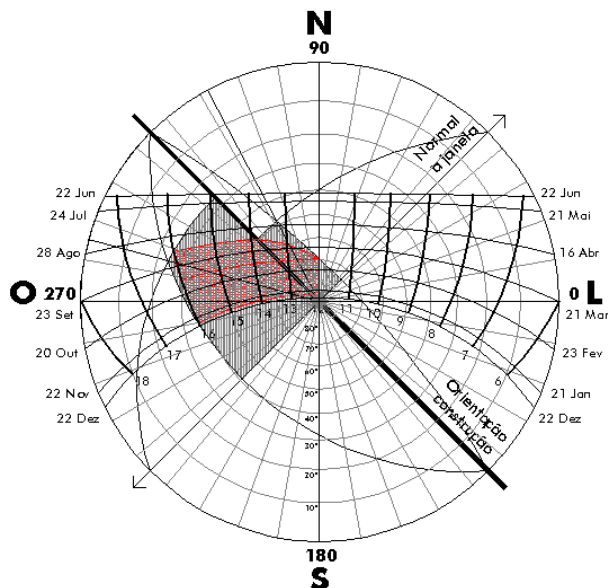


Figura 4 – Máscara de sombra traçada a partir do método de Olgyay e Olgyay (1957), considerando as temperaturas-limite calculadas segundo o ACS para o eixo NW-SE.

2.5 Desenhos das proteções

Partiu-se então para a verificação da contribuição que os brises, dimensionados conforme os ângulos do diagrama para melhoria térmica, teriam também sobre as condições de iluminação internas. Foram desenhadas proteções de acordo com os ângulos encontrados para cada orientação do eixo da construção. Para o caso do eixo NW-SE (Figura 4), o ângulo α resultou em uma proteção horizontal de 180cm nas janelas voltadas para SW, que foi reproduzida sob a forma de três brises com 60cm de profundidade, atingindo toda a largura da janela, com 50 cm de distância entre os mesmos (Figura 5).

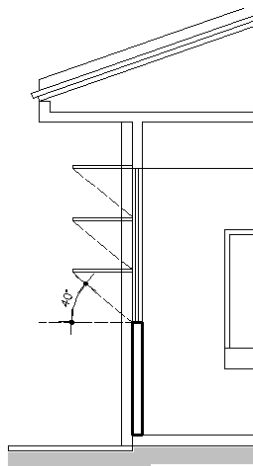


Figura 5 – Corte –brises horizontais em janela SW.

Nesta mesma orientação, os resultados apontaram que o próprio beiral das janelas voltadas para NE já apresenta dimensões suficientes para fornecer proteção nos horários desejados, não sendo necessários dispositivos adicionais de sombreamento.

A eficiência dos brises foi verificada no software Luz do Sol, capaz de demonstrar quantas e quais as horas em que há incidência solar no ambiente para uma determinada situação pré-estabelecida. O software apontou que os períodos de sombra produzidos pelo dispositivo realmente atendiam às necessidades determinadas segundo o método de Olgyay e Olgyay (1957).

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS ENCONTRADOS

Os elementos de sombreamento foram inseridos no Ecotect e todas as situações previamente analisadas foram novamente exportadas novamente para o Radiance, porém agora com dispositivos de proteção solar nas janelas. Percebeu-se que não houve diferenças significativas nas iluminâncias dos planos de trabalho com o uso de brises na cor branca. Obteve-se resultados melhores na redução dos valores adotando-se uma coloração menos clara (cor cinza) nestes elementos.

Cada eixo foi analisado, considerando-se a porcentagem do total de carteiras localizadas nas faixas de iluminância pré-definidas (insuficientes, adequadas ou elevadas) para orientações opostas combinadas (soma das carteiras encontradas nas salas com aberturas em fachadas opostas).

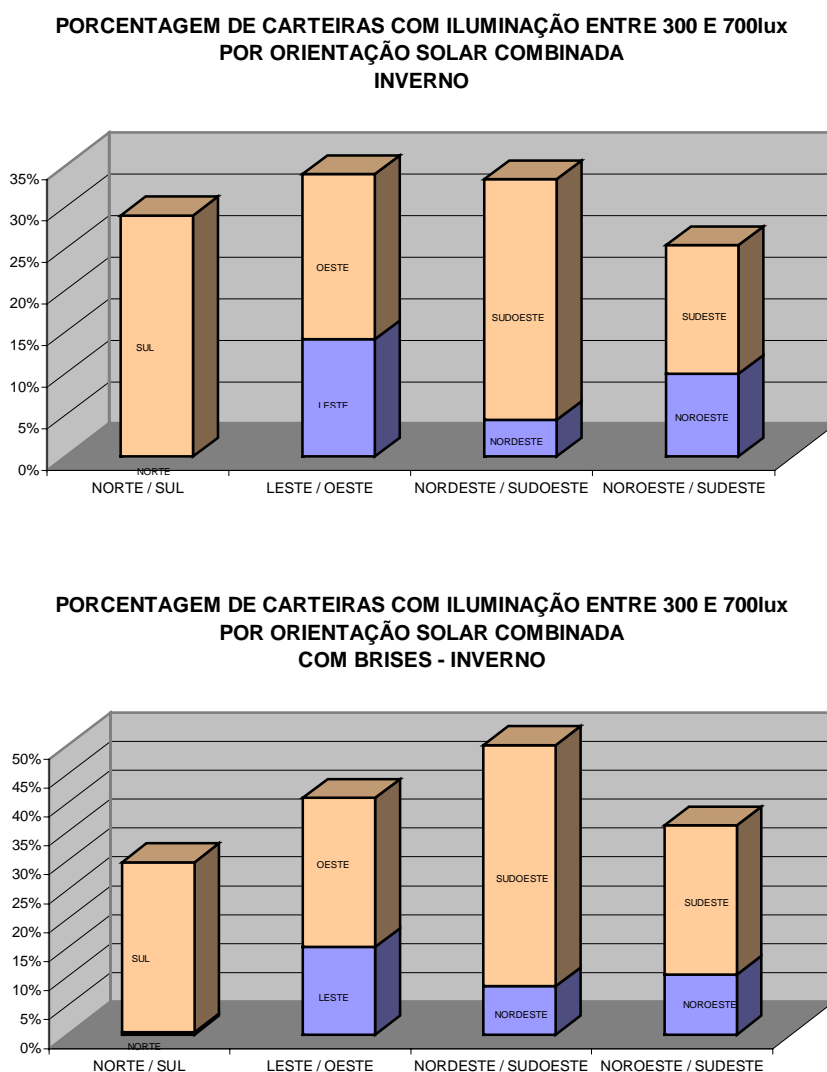
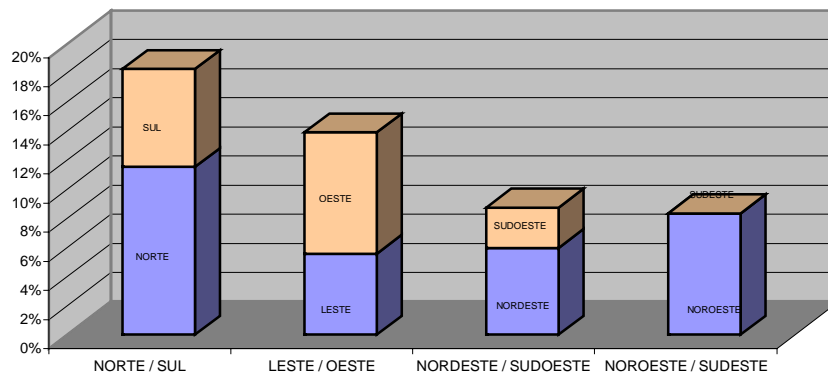


Figura 7 – Gráficos de carteiras por orientação solar combinada - Inverno.

**PORCENTAGEM DE CARTEIRAS COM ILUMINAÇÃO ENTRE 300 E 700lux
POR ORIENTAÇÃO SOLAR COMBINADA
VERÃO**



**PORCENTAGEM DE CARTEIRAS COM ILUMINAÇÃO ENTRE 300 E 700lux
POR ORIENTAÇÃO SOLAR COMBINADA
COM BRISES - VERÃO**

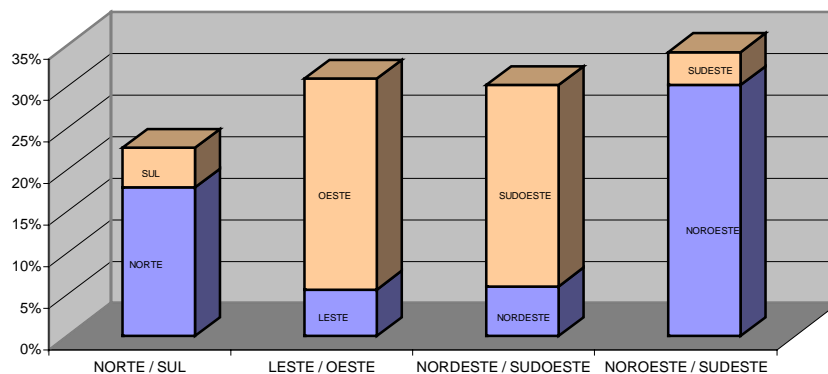


Figura 8 – Gráficos de carteiras por orientação solar combinada - Verão.

As orientações dos gráficos se referem à posição das janelas da construção (Ex.: NORTE/SUL se refere a janelas voltadas para Norte e Sul). Dessa maneira, identifica-se a orientação NE-SW como uma das que apresentam maior porcentagem de carteiras adequadas em pelo menos três das quatro situações, o que poderia apontá-la como uma opção considerável para implantação, levando em conta o número máximo de planos de trabalho bem iluminados. As leituras permitem ainda que se adote um segundo critério de implantação, baseado na posição que possui melhor distribuição de carteiras bem iluminadas em ambas as fachadas. Neste caso, a posição LESTE/OESTE se mostra a mais interessante, visto o equilíbrio existente entre as fachadas opostas.

De qualquer forma, os gráficos demonstram haver redução das iluminâncias com conseqüente melhoria dos níveis de luz internos com a inserção dos brises. As proteções solares fazem com que mais carteiras se situem dentro da faixa adequada de iluminâncias, tanto para verão como para inverno.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Optou-se por não utilizar a temperatura de referência sugerida por Olgyay e Olgyay (1957), devido à sua condição extremamente rígida, incapaz de considerar as diferenças térmicas passíveis de ocorrer durante o ano ou de ocorrer entre localidades distintas situadas em uma mesma faixa de latitude. Foram adotados os resultados obtidos com o Conforto Adaptativo, uma vez que, face à natureza de seu

cálculo, este procedimento produz valores mais flexíveis, condizentes com as variações climáticas observadas de acordo com o local e o período do ano analisados.

De qualquer forma, foi possível constatar uma vantagem do método sugerido pelos irmãos Olgyay, baseada no grau de eficiência das proteções solares para os períodos determinados segundo os procedimentos sugeridos. As comparações feitas entre os níveis de luz encontrados no projeto original e no projeto equipado com elementos de sombreamento, determinados segundo o método de Olgyay e Olgyay (1957), apontou a eficiência dos brises quanto à proteção solar nos horários necessários, indicando uma possibilidade de controle térmico interno com o uso destes equipamentos. Como consequência, a existência dos dispositivos trouxe ganhos na qualidade dos níveis de luz internos, traduzidos pela redução das iluminâncias encontradas nos planos de trabalho, para este padrão escolar. Considerando que a variação da faixa de latitudes no Paraná é pequena (aproximadamente 3°), os resultados e as conclusões a respeito das alterações nos níveis de iluminação natural das salas construídas com o projeto 023 se tornam extensíveis a todo o Estado. Quanto a uma validação do método sugerido pelos irmãos Olgyay, sob o aspecto térmico, sugere-se a realização de simulações de desempenho térmico para este projeto, comprovando-se se a redução da carga térmica nos períodos de grande insolação é suficiente para que se atinja melhores condições de conforto.

Observa-se que este projeto escolar se mostrou bastante privilegiado quanto à quantidade de luz natural recebida, resultado das dimensões de suas aberturas, que equivalem a uma razão entre área de janelas e área de parede (WWR – *Window to Wall Ratio*) de 0.40, em ambas as fachadas. Isso significa que a procura de uma melhor orientação para a implantação do módulo de salas deve se concentrar na escolha de posições que indiquem menores chances de ocorrência de luz em excesso nos ambientes. Mesmo tendo-se considerado a edificação livre de obstáculos externos, em busca de dados de desempenho exclusivamente da construção, acredita-se que a metodologia apresentada é passível de aplicação também quando se trata de projetos com poucas ou pequenas aberturas na fachada e com obstruções conhecidas (como em uma região urbana, por exemplo), trazendo novos resultados para a definição de melhores condições de implantação destes edifícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENCOSTTA, M.L.A. **Arquitetura e espaço escolar: o exemplo dos primeiros grupos escolares de Curitiba**. In: História da Educação, Arquitetura e Espaço Escolar, Marcus Levy Albino Bencostta (org.). São Paulo: Cortez, 2005.
- BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos**. Maceió: Edufal, 3ª ed., 2000.
- CASTRO, A.P.A.S.; LABAKI, L.C.; CARAM, R.S.; BASSO, A.; FERNANDES, M.R. Medidas de refletâncias de cores de tintas através de análise espectral. **AMBIENTE CONSTRUÍDO**, Porto Alegre: ANTAC, v.3, nº2, 69-76, 2003.
- DE DEAR, R.J.; BRAGER, G.S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. **ENERGY AND BUILDINGS**, Amsterdam: Elsevier, nº34, 549-561, 2002.
- DORIGO, A.L.; SUGA, M.; KRÜGER, E.L. **Avaliação do Desempenho Luminoso de Edificações Escolares conforme sua Orientação Solar**. Florianópolis, 2006. In: XI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais... Florianópolis, 2006, CD-ROM.
- OLGYAY, A.; OLGAYAY, V. **Solar Control and Shading Devices**. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1957.
- SUGA, M. **Avaliação do Potencial de Aproveitamento de Luz Natural em Cânions Urbanos: Estudo Realizado nos Eixos Estruturais de Curitiba**. Dissertação de Mestrado – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Curitiba: 2005.
- VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros, 2ªed., 2004.