

ESTUDO DO ÂNGULO DE APLICAÇÃO DE PAINÉIS PRISMÁTICOS TIPO LASER CUT EM AMBIENTE NOS TRÓPICOS

RIBEIRO, Pedro Vítor Sousa (1); CABUS, Ricardo Carvalho (2)

(1) Universidade Federal de Alagoas, (82) 880211154, pedrovsribeiro@gmail.com

(2) Universidade Federal de Alagoas, (82) 3214-1311, r.cabus@pq.cnpq.br

RESUMO

A utilização da luz natural como elemento relevante no projeto de edificações tem crescido nas últimas décadas em decorrência da preocupação constante em relação à sustentabilidade. O desenvolvimento de tecnologias com a finalidade de aumentar o aproveitamento dos recursos naturais dá ao projetista várias ferramentas de projeto. Este trabalho visa estudar a aplicação de painéis prismáticos, tipo *Laser Cut*, para a captação de luz natural em edificações nos trópicos. A utilização das ferramentas de simulação computacional torna a concepção e o estudo de alternativas de projeto mais ágeis, facilitando a análise de variáveis de projeto. Utilizando-se do software de simulação em iluminação natural TropLux é possível estudar o comportamento da luz no elemento prismático de forma rápida e eficiente. São propostas variáveis como orientação, tipo de céu e disposição da abertura – verificando sua influência na distribuição de luz no ambiente modelado computacionalmente. A análise permitiu verificar que o painel *Laser Cut* pode ser aplicado como redirecionador da luz para o fundo do ambiente, com melhores resultados quando instalado entre 40 e 50°, bem como protetor solar, quando instalado vertical ou horizontalmente. Os ganhos foram na melhoria da distribuição de iluminância e no aumento dos níveis nos primeiros 2/3 do ambiente.

Palavras-chave: Iluminação Natural, Conforto Ambiental, painel *Laser Cut*.

ABSTRACT

The use of daylight as an important consideration in the buildings design has grown in recent decades because of growing concern for sustainability. The development of technologies to increase the use of natural resources gives design tools to the architects and engineers to improve the environmental comfort. This work aims to study the application of prismatic panels, type *Laser Cut*, to capturing daylight in buildings of the tropical region. The use of computer simulation tools makes the design and the study of project alternatives much more agile than the traditional model of development. Using the daylighting simulation software TropLux was possible to study the path of light in a prismatic element quickly and efficiently. Variables are proposed as a guide, type of sky and arrangement of the opening, verifying its influence on light distribution in the modelled computationally environment. The analysis showed that the *Laser Cut* panel can be applied as light redirector to the room background, with better results when installed between 40° and 50°, as well as overhang when installed vertically or horizontally. The gains were in improving the illuminance distribution and increased levels in the first 2/3 of the room.

Keywords: Daylighting, Environmental Comfort, Laser Cut Panel.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento do conceito de desenvolvimento sustentável é relativamente novo, surge com o relatório Brundtland, em 1987, que o define como “aquele que procura satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades” (Organização das Nações Unidas [ONU], 1987)

A ideia do conforto associado ao uso dos recursos naturais começa a tomar novas formas no início do século XX, com o início do movimento modernista, em que se busca uma associação entre a estética, a engenharia e o progresso material. Esse movimento reflete no fato de que as atribuições antes dadas ao arquiteto foram reduzidas a projetos elétricos, térmicos e acústicos, tornando a edificação dependente desses meios artificiais. (CORBELLA & YANNAS, 2010)

O aproveitamento não parte apenas da utilização da energia solar, por exemplo, como fonte de luz natural, mas associá-la a painéis fotovoltaicos para geração de energia elétrica ou de placas solares para aquecimento doméstico (PHILLIPS, 2004). Devem ser colocados na equação de eficiência energética todos os meios de prover energia natural de forma prática e rápida ao ambiente, em níveis mínimos.

No âmbito do aproveitamento solar para iluminação natural, as novas tecnologias buscam, principalmente, captar os raios de luz e redirecioná-los para áreas mais profundas da edificação, o que janelas comuns não conseguem com tanta eficiência. Os desafios dessas tecnologias é manter a qualidade na distribuição luminosa sem provocar efeitos de ofuscamento. (BAKER, 2002)

Tecnologias como dutos de luz e claraboias, onde a entrada de luz é zenital, conseguem realizar bem tal tarefa, mas sua aplicação fica impossibilitada, ou comprometida, em edifícios com múltiplos pavimentos, tipologia comum, por exemplo, em edifícios de escritórios. Para essa limitação são necessários elementos associados à janela, como prateleiras de luz, e sistemas de redirecionamento como o painel *laser cut* (LCP).

O primeiro sistema avançado em iluminação natural foi o painel prismático, utilizado até hoje, em que são gravados padrões triangulares em uma das superfícies do vidro, gerando o efeito de redirecionamento. Este sistema é utilizado para redirecionar a luz direta e difusa nas fachadas dos edifícios. Quando associado a um sistema móvel, permite que o ocupante tenha controle sobre a iluminância no ambiente. Podem ser associados a painéis de vidro ou outro sistema de redirecionamento da luz (CHAVES, 2012).

O *Laser Cut Panel* (Figura 1), objeto de estudo deste trabalho, consiste num painel de acrílico em que são feitos cortes paralelos utilizando uma máquina de corte a laser espaçados conforme a necessidade (EDMONDS, 1993). Estes cortes funcionam como pequenos defletores internos de luz, refletindo a luz de ângulos mais altos de céu para o fundo da sala. Foi inventado por Ian R. Edmonds em 1989 e registrado em patente, EUA US4989952, no ano de 1991 (LABIB, 2012).



Figura 1 – Painel Laser Cut, à esquerda, e vista aproximada do painel mostrando os cortes, à direita.

Fonte: www.solartran.com.au, acesso em 02 de Julho de 2015

No Brasil, como plano para o desenvolvimento ordenado da construção habitacional, foi desenvolvida pela ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, a norma de desempenho NBR/ISO 15575:2010: Edificações Habitacionais - Desempenho. Essa norma visa quantificar o comportamento dos componentes e sistemas das edificações, entre eles o conforto térmico, acústico e luminoso. (ABNT, 2010)

O profissional projetista pode-se utilizar das ferramentas computacionais, como os simuladores, no auxílio à concepção dos projetos de edificações, não só no desenho, mas também na simulação dos elementos ambientais que o compõem.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo é estudar a aplicação de painéis prismáticos do tipo *Laser Cut* como forma de melhoria na captação de iluminação natural em ambientes construídos nos trópicos a partir de parâmetros como tipo de céu estudado, orientação das aberturas e posicionamento dos painéis.

3. MÉTODOLOGIA

As simulações foram realizadas no software TropLux. Essa ferramenta permite simular as características específicas da iluminação natural no ambiente dos trópicos, tanto nos aspectos climáticos – através da possibilidade de configuração ampla de céus –, quanto nos arquitetônicos – permitindo a modelagem de geometrias complexas. (CABUS, 2005).

Os estudos de Edmonds (1993), Laar (2001), Santos (2009) e Chaves (2012), utilizando LCP, mostram que uma relação de comprimento igual a duas vezes a largura do modelo é o ideal para o estudo de materiais que buscam redirecionar a luz para o fundo dos ambientes. Para tanto, foram adotadas as dimensões de 4,00m de largura por 8,00m de comprimento e 3,00m de pé direito (Figura 1).

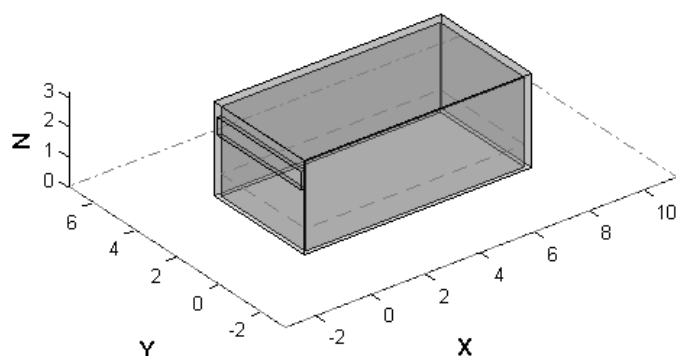


Figura 1 - Perspectiva do Ambiente de estudo

O modelo padrão possui uma abertura superior, justificada pelo fato de, caso existissem ambas as aberturas a inferior forneceria grande quantidade de luz ao ambiente, principalmente próximo à janela, prejudicando o estudo das variáveis relacionadas à janela superior. Foi utilizado um modelo de sala apenas com a abertura superior, em fita, com peitoril de 2,10m e 0,60m de altura. O modelo de janela adotado justifica-se pela grande ocorrência de janelas e portas com aberturas superiores, do tipo bandeira, na cidade de Maceió.

A descrição dos modelos utilizados consta na Tabela 01. As características dos materiais utilizados no ambiente foram obtidas através da tabela de refletância fornecida pelo TropLux, desenvolvida com base nos dados de Dornelles e Roriz, 2007, e são descritas na Tabela 2.

Tabela 1 – Simulações Realizadas

Simulação	Ângulo de Aplicação do LCP	Descrição	Horário	Dias	Céu	Orientação
1	0	0	7:00 às 17:00	Todos os dias do ano	1, 10 e 14 (conforme CIE) e o céu variável para a cidade de Maceió	Norte e Leste
2	10	10				
3	20	20				
4	30	30				
5	40	40				
6	50	50				
7	60	60				
8	70	70				
9	80	80				
10	90	90				
11	Sem LCP, apenas vidro	X				

Tabela 2 - Refletância das superfícies do modelo

Fonte: DORNELLES E RORIZ, 2007

Superfície	Material	Refletância Difusa
Piso	Concreto	40%
Paredes	Tinta Suvinil PVA Branco Neve	85%
Teto	Tinta Suvinil PVA Branco Neve	85%

O módulo *Add-On*, do TropLux, para simular as características do painel *laser cut*, gera o elemento através de microplanos paralelos, representando os cortes no material, suas características de refletância e transmitância são descritas por Edmonds (1993). O LCP está entre dois planos de vidro, formando um material composto. O usuário especifica parâmetros como a espessura do painel, a distância entre cortes, o ângulo de inclinação da placa de acrílico e as características físicas da superfície.

A definição das características do painel *laser cut*, LCP, são determinadas por duas variáveis, a relação D/W (distância entre cortes / espessura do painel) e o ângulo de instalação do painel. De acordo com Edmonds (1993), valores de D/W próximos ou maiores que 0,7 são os que se obtêm os melhores resultados. Nos estudos de Labib (2012), verificou-se que para relações D/W maiores que 0,75 há os melhores resultados de ganho em profundidade. Por tanto, foi escolhido o valor de 0,75.

Os dados foram obtidos numa malha de pontos determinada conforme as normas NBR ISO-CIE 8995-1-2013 e a NBR 15215 - Iluminação natural – Parte 4. Utilizando as dimensões descritas anteriormente, foi obtido um mínimo de 16 pontos segundo a NBR 15215 e uma malha mínima de 9x4 pontos. Para atender às duas, foi utilizada uma malha de 10x5, resultando em 50 pontos. A escolha da malha atende também à necessidade de se ter uma linha de pontos alinhada com o centro da janela, utilizada posteriormente na análise do ganho em profundidade (Figura 2).

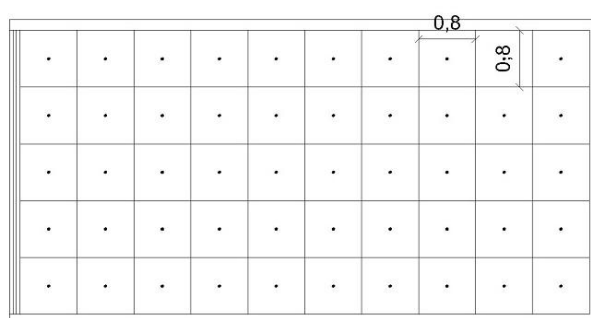


Figura 2 - Disposição dos pontos em malha no ambiente de simulação

A escolha dos modelos de céu foi feita a partir do estudo de Cabús (2002), que mostrou a predominância de três tipos, ao longo do ano, para a cidade de Maceió, os céus tipo CIE 1, 10 e 14. Outra opção de processamento disponibilizada pelo TropLux é o céu variável de acordo com a probabilidade de ocorrência dos céus típicos do local ao longo do ano, denominado no software de “céu dinâmico” (DN), atualmente disponível apenas para a cidade de Maceió. O estudo utilizando o DN se justifica apenas quando estudados os dados anualizados, atendendo às probabilidades dos outros tipos de céu estudados.

A análise dos dados de saída foi feita utilizando os valores de iluminância fornecidos pelo TropLux, comparando os dados médios globais, máximos e mínimos, verificando também a incidência de sol direto. Para verificar a distribuição de iluminâncias, foi utilizado o parâmetro determinado pela ISO/CIE 8995-1, e calculado automaticamente pelo Troplux, denominado de Uniformidade.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Tendo em vista a grande quantidade de dados, obtidos através das simulações, a análise dos resultados será dividida em diversas etapas. As etapas visam responder aos questionamentos propostos no objetivo do trabalho.

Na primeira etapa de análise, foram comparados os resultados de iluminância média global anual para os 10 modelos. Como forma de melhorar as análises, foram escolhidas duas orientações de projeto, visando diminuir o volume de dados e melhor exemplificar as situações distintas do ambiente. A fachada voltada a norte, em que o percurso do sol na abóbada celeste é relativamente paralelo ao plano da fachada – e por possuir maior período de insolação direta que a Sul – e a fachada Leste, que o percurso do sol se dá de forma relativamente perpendicular ao plano da fachada, possuindo período de insolação igual ao da fachada Oeste, mas diferenciando-se apenas pela incidência de sol direto no período matinal.

Os valores de iluminância para a fachada norte (Figura 3) mostram que sem a aplicação do LCP os níveis de iluminância são altos, com pico de 3425 lx, para o céu 14. Com a aplicação do LCP, a tendência é de redução dos valores de média, máximos e mínimos. O crescimento no ângulo de aplicação do material mostra uma tendência de aumento dos valores de média e mínimo, atingindo seu valor máximo entre 40 e 60 graus, e voltando a decrescer, bem como de redução dos máximos.

O céu 10 e 14 obtiveram reduções significativas, em torno de 35%, dos valores de máximo, e um aumento de 30% nos valores mínimos, mantendo a média global igual à situação sem o elemento. O cenário menos favorável foi no céu 1, encoberto, em que a redução foi de, no máximo, 20% para valores máximos - acompanhado de redução do valor mínimo em 4%. Quando analisada a razão entre mínimos e máximos, a amplitude dos valores, o melhor modelo foi o com aplicação a 40°, que obteve uma redução máxima nos céus 10 e 14, de 58%.

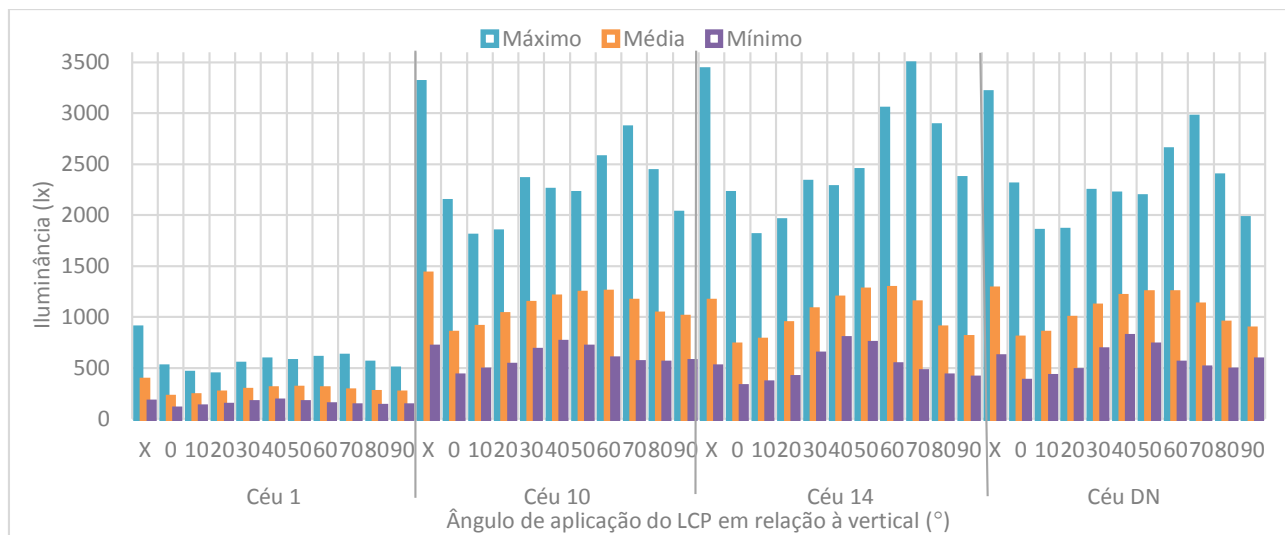


Figura 3 – Iluminância média, máxima e mínima para fachada orientada a Norte, variando o tipo de céu e o ângulo de aplicação do LCP

Quando analisados os coeficientes de variação propostos na metodologia (Figura 4), o comportamento se assemelha com o encontrado para iluminâncias. A inserção do LCP vertical, nesse caso, não interfere significativamente na distribuição de iluminâncias no ambiente. Quando o painel é colocado na posição inclinada, com melhores resultados entre 40 e 50 graus, os valores dos coeficientes tendem a aproximarem-se do exigido por norma.

O céu 1, encoberto, novamente exibe resultados menos expressivos que os demais. A aplicação do painel LCP entre 40 e 50 graus conseguiu aumentar a Uniformidade em 32%. O valor preconizado pela ISO/CIE 8995-1 é de 70%, foram obtidos valores de 66,4% na melhor situação, em comparação a valores de 50% na situação inicial sem LCP.

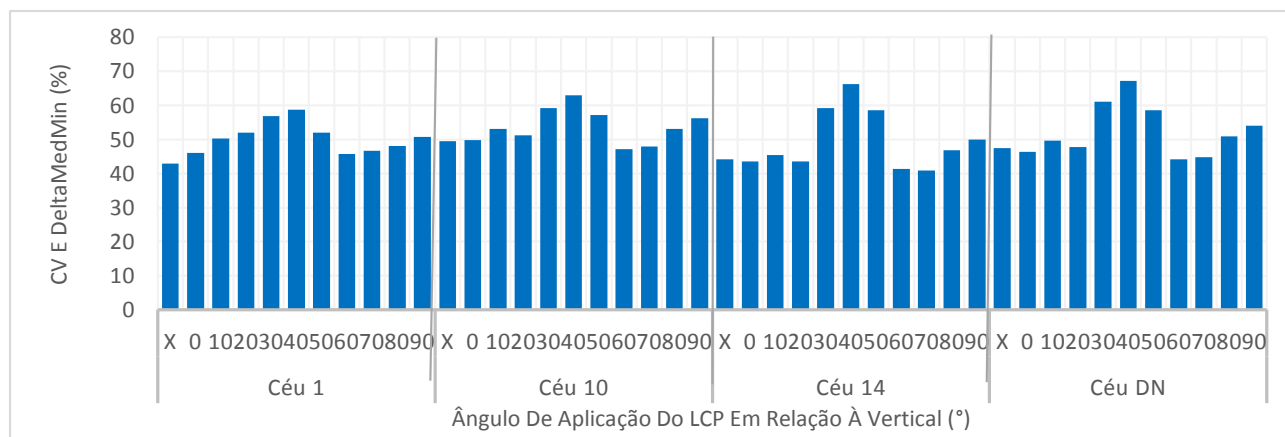


Figura 4 – Uniformidade (%) para fachada orientada a Norte, variando o tipo de céu e o ângulo de aplicação do LCP

A análise da fachada voltada a Leste (Figura 5) traz resultados semelhantes, no que diz respeito à variação angular do painel, à fachada Norte, com algumas particularidades. Sem a aplicação do LCP a quantidade de luz natural se mostrou novamente alta, ao passo que a aplicação do elemento reduz esses níveis de forma significativa. Com a aplicação do LCP a tendência é de redução dos valores de média, máximos e mínimos. A

iluminância atinge níveis máximos entre os 40 e 60 graus, mas, nesse caso, a média se mantém abaixo do encontrado na situação sem LCP.

Como esperado, os resultados menos significativos foram encontrados para o céu 1, encoberto, já para os demais, os ganhos tiveram maior ordem de grandeza. Os valores máximos diminuíram em até 40%, os mínimos aumentaram em 13% e a média reduziu em 10%, quando comparada a situação de janela simples e a aplicação do LCP a 40°. Quando analisada razão entre mínimos e máximos, a amplitude dos valores, o melhor modelo foi o com aplicação a 40°, no céu 10, que obteve uma redução máxima de 33%.

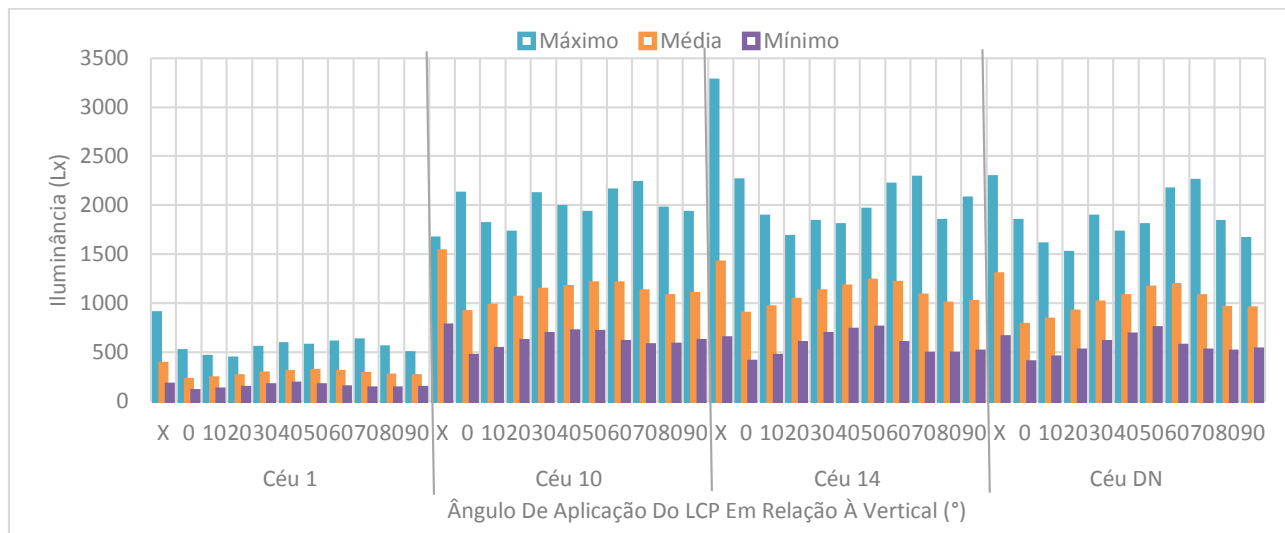


Figura 5 – Iluminância média, máxima e mínima para fachada orientada a Leste, variando o tipo de céu e o ângulo de aplicação do LCP

A análise dos coeficientes de variação para a orientação Leste (Figura 6) mostrou comportamento semelhante à orientação anterior. Os dados encontrados mostram uma variação menor que na orientação Norte, devido aos períodos de sombreamento no pôr do sol. Quando o painel é colocado na posição inclinada, os melhores resultados são encontrados entre 40 e 50 graus, os valores dos coeficientes tendem a se aproximar do exigido por norma.

O céu encoberto, novamente, exibe resultados menos expressivos que os demais. A aplicação do painel LCP entre 40 e 50 graus conseguiu aumentar a Uniformidade em 13% para os céus 10, parcialmente encoberto, e o céu 14, claro. O valor preconizado pela ISO/CIE 8995-1 é de 70%, foram obtidos valores de 61,1% na melhor situação, em comparação a valores de 51% na situação inicial sem o LCP.

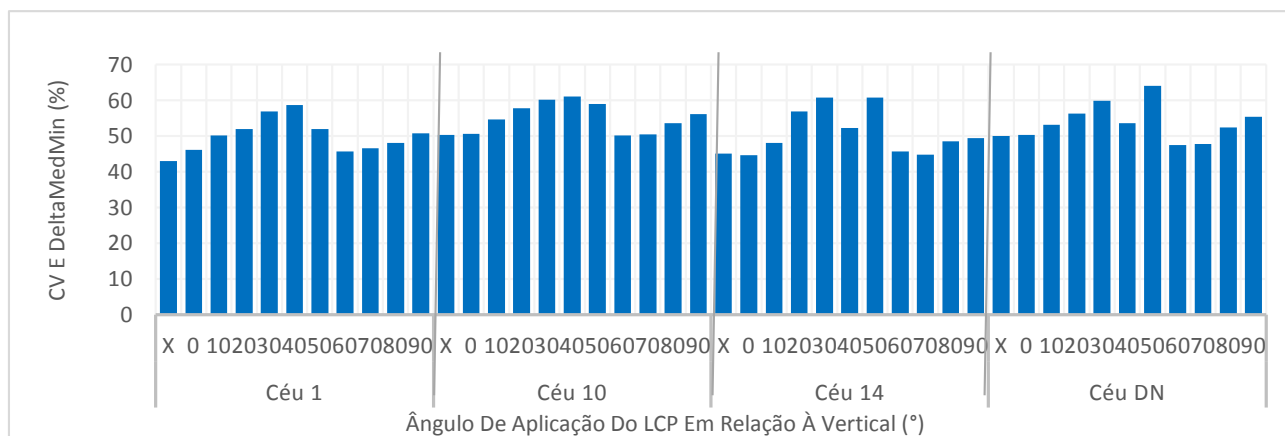


Figura 6 – Uniformidade (%) para fachada orientada a Leste, variando o tipo de céu e o ângulo de aplicação do LCP

Quando analisados os valores de iluminância, os melhores resultados, para as orientações estudadas, são encontrados na faixa entre 40° e 60°, já a análise dos coeficientes de distribuição mostra melhores resultados entre 40° e 50°. A formulação proposta por Edmonds (1993), aplicada à cidade de Maceió, seria de um ângulo de aplicação ideal de 41°, estando entre o intervalo atestado como recomendável pelas simulações realizadas.

A redução dos ganhos a partir dos 50° pode ser explicada pela grande área aberta abaixo do LCP, fazendo com que o material, que inicialmente funciona como redirecionador de luz para o teto do ambiente, passe a ter função de protetor solar, com funcionamento semelhante a uma marquise.

Numa segunda etapa de análises, foram estudados os valores médios globais anuais para uma linha partindo do centro da janela até o fundo da sala. Esse estudo verifica se há ganho em profundidade com a aplicação do painel *laser cut*. Inicialmente, será tratado o caso do céu encoberto (Figura 7), em que foram obtidos os menores ganhos em valores globais. Como, por definição, o céu encoberto possui uma distribuição de luminâncias na abóbada igual horizontalmente, independente do azimute escolhido, será abordada apenas uma das orientações.

A situação de céu encoberto o modelo sem LCP mostra níveis mais altos de iluminância entre 1 e 2 metros da janela. O fundo da sala recebe apenas 15% do valor máximo encontrado próximo à janela, estando 56% abaixo da média. Nas situações com LCP, os valores de iluminância próximos à janela diminuem, bem como os valores ao fundo, mas já configuram uma situação de uniformidade melhor que a anterior pela diminuição da amplitude entre máximos e mínimos. Para a aplicação a 40°, a iluminância no fundo da sala corresponde à 32% do máximo próximo à janela e a uma redução de 43% do valor médio, menor do que se comparada com a anterior.

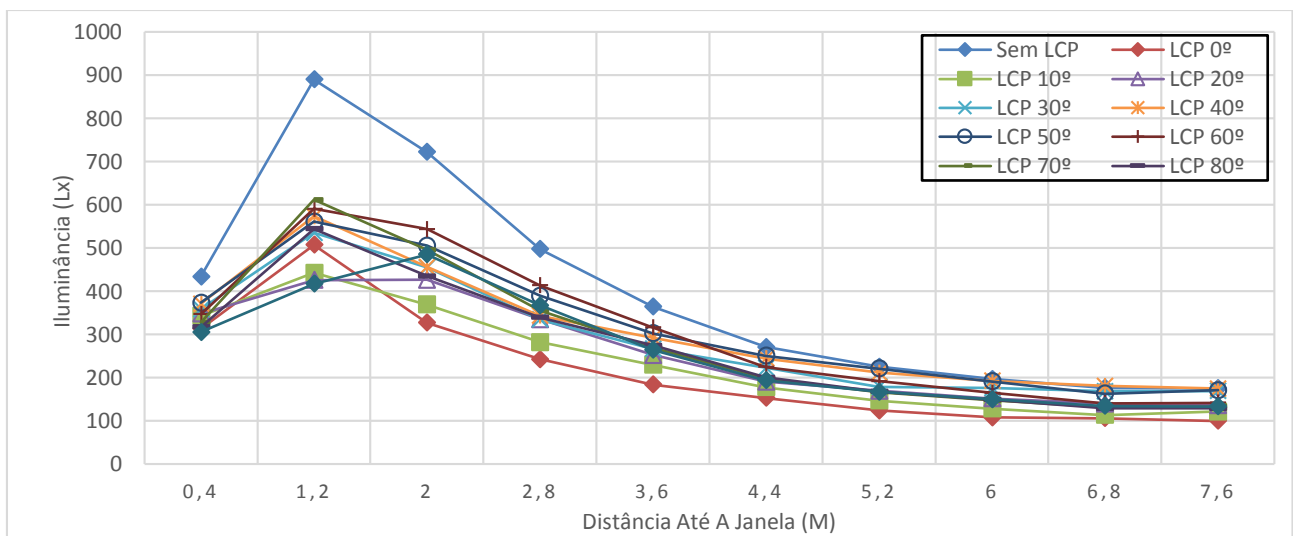


Figura 6 – Iluminância média de uma linha de pontos partindo do centro da janela até o fundo do ambiente, para a orientação Norte, e Céu 1

Já na análise dos resultados para o céu 10 (Figura 7), parcialmente encoberto, que é encontrado com maior frequência no clima de Maceió, o ganho expressivo é no aumento da quantidade de iluminação natural no fundo da sala e na redução da amplitude entre máximos e mínimos.

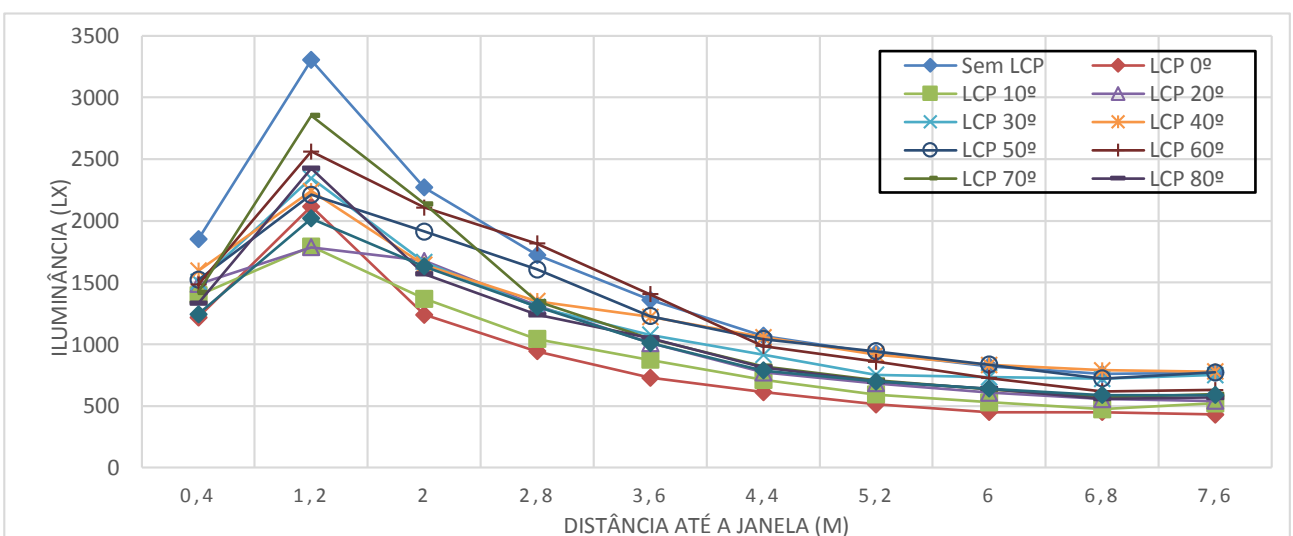


Figura 7 – Iluminância média de uma linha de pontos partindo do centro da janela até o fundo do ambiente, para a orientação Norte, e Céu 10

Na configuração sem LCP, o valor de iluminância no fundo da sala corresponde a 56% da média, na situação com LCP a 40° este valor sobe para 62%, acompanhado da redução da amplitude entre máximos e mínimos e aumento da quantidade de luz no fundo do ambiente em até 10%. Até 2/3 do comprimento da sala a aplicação do LCP a 50° resulta num ganho médio de iluminância de 5%

A série de dados para a orientação Leste (Figura 8) já mostra que a aplicação do LCP para fachadas com insolação direta do sol resulta apenas em redução dos índices próximos à janela, conseguindo mantê-los relativamente constantes no fundo do ambiente. Quando analisados os máximos globais, é possível observar uma redução dos valores próximos à janela no período da manhã com a aplicação do LCP, o que não acontece com a janela simples. Esse fato explica os níveis excessivos de iluminância próximos à janela para essa orientação.

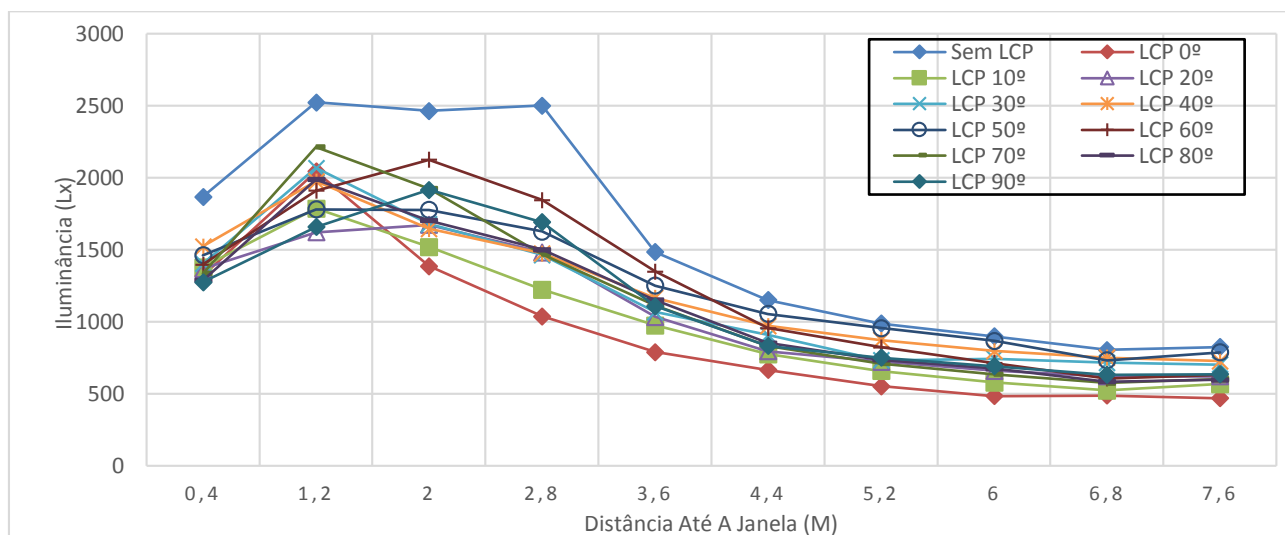


Figura 8 – Iluminância média de uma linha de pontos partindo do centro da janela até o fundo do ambiente, para a orientação Leste, e Céu 10

Analisando a situação que obteve os melhores resultados, o céu claro no modelo com orientação da fachada a Norte, e isolando os níveis sem o LCP e a aplicação entre 40 e 60° (Figura 9) é possível estudar melhor os ganhos com a aplicação do painel. Os melhores resultados no que diz respeito a ganho em profundidade foram obtidos para céu claro, 14.

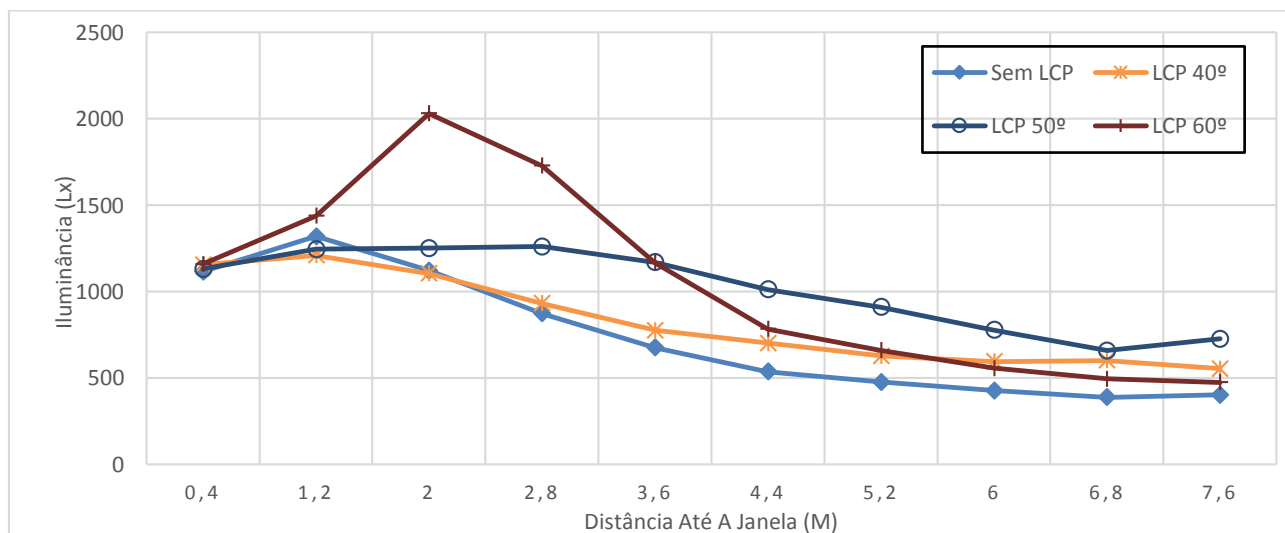


Figura 9 – Iluminância média de uma linha de pontos partindo do centro da janela até o fundo do ambiente, para a orientação Norte, e Céu 14

Na figura 9, é possível observar que a amplitude entre máximos e mínimos para a situação com LCP a 40° é a menor entre as mostradas. Os resultados de ganhos são expressivos na primeira metade do ambiente, até os 6 metros, com ganhos menores na porção mais ao fundo. Comparativamente, a abertura com LCP obteve um ganho de até 50% na iluminância na primeira porção do ambiente, reduzindo a 35% no fundo da sala.

A criação de uma abertura sem proteção solar propicia a entrada de sol direto dentro do ambiente, o que não é desejável. Os resultados para quantidade de dias em que houve incidência de sol direto, para o céu 10, pode ser visto na Figura 10. O céu encoberto, por definição, não registrou períodos de sol direto.

Nas orientações Leste e Oeste o modelo sem LCP registrou sol direto todos os dias do ano, após a aplicação do material houve uma redução de até 60% na quantidade de dias com insolação direta. A posição encontrada anteriormente, e definida como ideal, entre 40° e 50° obteve resultados menos expressivos, mas ainda conseguiu reduzir em 30% na orientação Leste e em 9% para a orientação Norte.

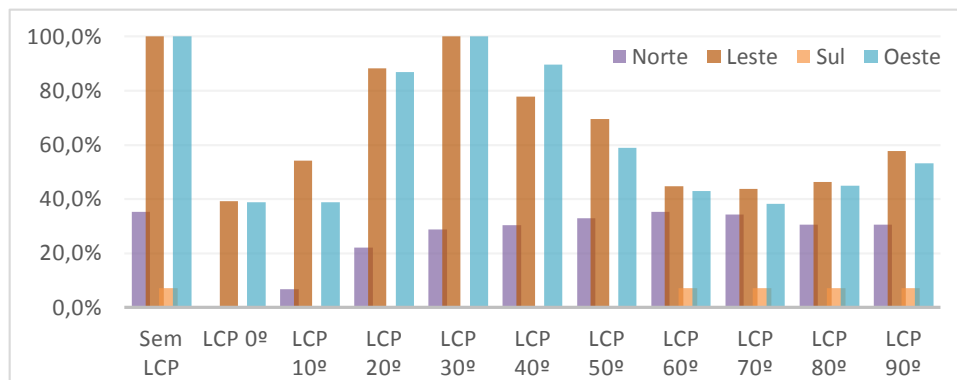


Figura 10 – Incidência Diária de Sol Direto no Ambiente, para o céu 14

Quando analisado o percentual de horas do ano com incidência de sol direto, os resultados são semelhantes ao anterior. A redução dos percentuais horários foi semelhante aos percentuais diários, o que indica que os instantes em que há incidência de sol direto dentro do ambiente não estão agrupados em dias específicos, mas dispersos em vários dias. Os resultados da Figura 11 mostram que, para o intervalo de 40° a 50° de inclinação do painel, há uma redução do percentual horário em 39% na orientação Leste e em 12% para a orientação Norte.

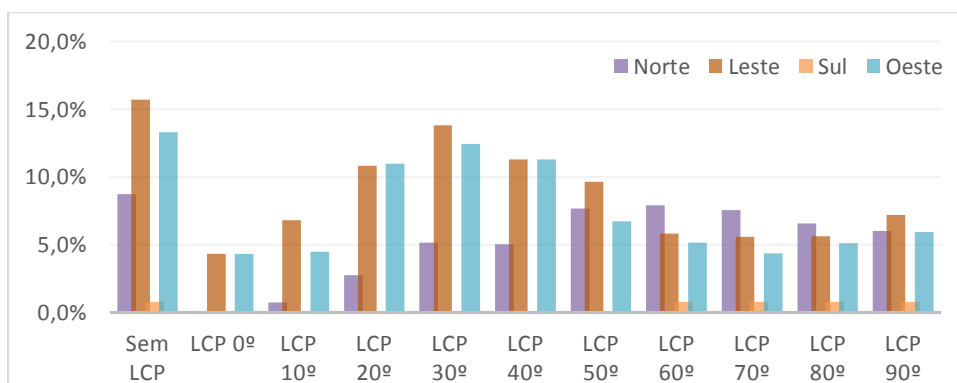


Figura 11 – Incidência Horária de Sol Direto no Ambiente, para o céu 14

A entrada de sol direto com a instalação do painel se dá nos períodos em que o ângulo de altura solar é tal que os raios de sol penetram entre os cortes do LCP. Os menores resultados encontrados nas fachadas norte e sul atestam o fato citado, pois possuem poucos instantes de entrada de sol, visto que a altura solar relativa ao painel nessas fachadas é maior.

A aplicação do LCP na vertical e na horizontal funcionam bem como protetores solares, especialmente nas orientações leste e oeste, bloqueando os raios solares diretos.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, é possível verificar a importância dos elementos de proteção solar e redirecionamento da luz natural em ambientes construídos. Sua utilização deve seguir critérios objetivos que se adaptem às condições de disponibilidade de luz natural, tipo de céu predominante e à trajetória solar na abóbada celeste.

A utilização de painéis tipo *laser cut* promove uma melhoria nos índices de distribuição de iluminância no ambiente, com ganhos reais no fundo da sala se comparada à situação com vidro comum. O painel LCP traz melhores resultados em céus com sol visível e com nebulosidade baixa, a exemplo dos céus 10 e 14. Para o

céu encoberto, a redução na distribuição de iluminância é de, no máximo, 20%, mantendo os demais relativamente constantes. Para os céus tipo 10 e 14, bem como o céu dinâmico, os ganhos são mais expressivos, com aumento de Uniformidade em 32%, aproximando-se do valor recomendado por norma.

Os melhores resultados foram obtidos para aplicações entre 40 e 50°, quando se deseja redirecionar a luz para o interior dos ambientes. Nessa posição, o painel consegue reduzir a porção de luz perto da janela em até 36%, com ganhos de até 15% nos níveis de iluminância nos primeiros 2/3 do ambiente.

As aplicações na vertical a 0° e na horizontal a 90° mostraram características de protetores solares, conseguindo reduzir em 60% os dias de ocorrência de sol direto.

Por fim, a aplicação do painel tipo *Laser Cut* deve ser realizada conforme a necessidade do ambiente. O atual estudo se limitou a verificar a influência da janela superior, reforçando o fato de que a janela inferior precisa ter um elemento de proteção solar contra os raios diretos do sol, como uma marquise, para que o conjunto funcione como esperado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO/CIE 8995-1: Iluminação de Ambientes de Trabalho, Parte 1: Interior, 2013.

_____. NBR 15215-3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos, 2005.

_____. NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho, 2010.

BAKER, Nick; STEEMERS, Koen. Daylight Design of Buildings. Londres: James & James, 2002.

CABÚS, Ricardo Carvalho. TropLux: um sotaque tropical na simulação da luz natural em edificações. In: Encontro Latino-Americano, 4. Encontro Nacional Sobre Conforto No Ambiente Construído, 8, 2005, Maceió, Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2005. 1 CD-ROM.

CABÚS, Ricardo Carvalho. Tropical Daylighting: predicting sky types and interior illuminance in north-east Brazil. 2002. 288p. Architecture, University of Sheffield. Sheffield, England, 2002.

CHAVES, Patricia Winter. Iluminação Natural em Escritórios: O Uso de Painel Prismático em Aberturas Laterais. 2012. 182p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2012.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simons. Em Busca de Uma Arquitetura. Sustentável para os trópicos - Conforto Ambiental. 1ª edição. Rio de Janeiro: Editora Revan, 2010.

DORNELLES, K. A.; RORIZ, Maurício. Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações. In: X Congresso Internacional de Tintas, 2007, São Paulo. Anais do X Congresso Internacional de Tintas. São Paulo: ABRAFATI, 2007.

EDMONDS, I.R. Performing of Laser Cut Light Deflecting Panels in Daylighting Applications. Solar Energy Materials and Solar Cells. nº 29, p. 1-26, 1993.

LAAR, Michael. Daylighting Systems For The Tropics. The Example Of Laser Cut Panels (Austrália) And Plexiglas Daylight (Germany). In: International IBPSA Conference, Rio de Janeiro, 2001. Resumos... Building Simulation, 2001.

LABIB, Rania. Improving Daylighting in Existing Classrooms Using Laser Cut Panels. Lighting Research and Technology. N. 45, p. 585-598, 2012.

ONU. Organização das Nações Unidas. Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development. 1987. Disponível em < <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#I>>. Acesso em 15/09/2014.

PHILLIPS, Derek. Daylighting: Natural Light in Architecture. Oxford: Elsevier, 2004, 212p.

SANTOS, Sara Dionisio Palma. Sistemas Avançados de Iluminação Natural: Estudo Comparativo de Vidros Prismáticos, Laser-Cut, Panels e Channel Panels. 2009. 142p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao Grilu, à Universidade Federal de Alagoas através do Centro de Tecnologia, ao CNPQ e a ELETROBRÁS.