



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

EDIFÍCIO COMERCIAL: USO DE PROTEÇÃO SOLAR NA AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO E REFRIGERAÇÃO ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO¹

QUEIROZ, Juliana (1); THIEME, Camila (2)

(1) UNIFOR, e-mail: queirozhfjuliana@gmail.com; (2) UNIFOR, e-mail: camila.thieme@gmail.com

RESUMO

Este estudo visa analisar a eficiência energética - iluminação natural e conforto térmico - de uma sala comercial em um edifício empresarial em Fortaleza-CE onde foi acrescentado um elemento de controle solar, de forma que, além de não prejudicar o resultado estético da fachada, obtivéssemos um melhor desempenho. Foram realizadas simulações computacionais comparando a mesma sala com e sem proteção solar através do brise-soleil. As simulações computacionais foram produzidas nos programas Solar Tool 2.0, Autodesk Ecotect Analysis 2011 e Comfen5. No programa Solar Tool 2.0 foram testados alguns tipos de proteção solar para a escolha do melhor resultado no quesito térmico e estético. Definido o modelo do brise-soleil, a sala foi modelada no programa Autodesk Ecotect Analysis 2011 com e sem a proteção solar, e, através do plugin Radiance 2.0 beta, foram obtidos os resultados da qualidade de iluminação natural interna à sala. Posteriormente, com o programa Comfen5, foi analisado o conforto térmico interno em ambas as salas. Os resultados obtidos indicaram que a iluminação natural não é eficiente em ambos os casos, necessitando de iluminação artificial para o trabalho necessário. Porém, para o quesito de conforto térmico, a sala com brise-soleil tem uma redução de energia elétrica de 33% para resfriamento e de 27% para ventilação.

Palavras-chave: Iluminação natural. Conforto térmico. Brise-soleil.

ABSTRACT

This study aim to analyze the energy efficiency - the natural lighting and thermal comfort - of a commercial room in a business building located in Fortaleza – Ceará - Brasil, which was added of a solar control element, so that does not harmed the aesthetic result of the facade, and does not compromised, as well, the thermal performance. [.1] Were made computer simulations comparing the same room with and without sun protection through the Brise-soleil [.2] The computer simulations were produced in the Solar Tool 2.0 software, Autodesk Ecotect Analysis 2011 and Comfen5. Using the Solar Tool 2.0, some types of sunscreen were tested to find the best result in thermal and aesthetic aspect. After the definition of the use of the brise-soleil model, the room was modeled in Autodesk Ecotect Analysis 2011, with and without sun protection, and through the Radiance 2.0 beta plugin, we obtained the results of the internal quality of natural light to the room. Later, with the Comfen5 program, we analyzed the internal thermal comfort in both rooms. The results indicated that natural lighting is not efficient in both cases, requiring artificial lighting for an

¹ QUEIROZ, Juliana; THIEME, Camila. Edifício comercial: uso de proteção solar na avaliação da iluminação e refrigeração através de simulação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

equalized lighting. However, when we analyze the query of thermal comfort, the room with brise-soleil has a power reduction of 33% for cooling and 27% for ventilation [3]

Keywords: *Lighting natura. Thermal comfort. Brise-soleil.*

1 INTRODUÇÃO

A iluminação natural, sempre fez parte das construções, independente da época e clima, sendo proposta conforme o contexto histórico ao longo dos tempos. Nos dias que correm diante das preocupações climáticas mundiais, há uma necessidade urgente da redução do consumo energético, assim busca-se soluções de otimização da luz natural e economia em refrigeração.

Com base no Balanço Energético Nacional - BEN, no ano de 2014, o setor de serviços aparece responsável por 4,7% do uso total da energia no Brasil, atrás apenas do setor agropecuário. Quando comparando com os resultados do ano de 2013, o setor de serviço foi o que sofreu aumento, de 5,6% anual.

Em relação aos gastos energéticos, os dados do BEN possibilitam uma crítica construtiva em relação à qualidade das edificações, voltadas para o setor de serviços. Essas construções sendo muitas vezes, com vedações em vidro, sem preocupações em diminuir a incidência solar interna no ambiente.

○ aproveitamento da luz natural pode proporcionar bem estar aos usuários do ambiente, contribuindo para um melhor conforto visual e térmico do ambiente, consequentemente uma melhor produtividade em ambientes de trabalho. De acordo com Silva, 2007 a luz natural além de reduzir o consumo de energia elétrica e proporcionar um maior conforto térmico, evita problemas de ofuscamento e contrastes, fornecendo níveis de iluminância mais favoráveis que a iluminação natural.

No contexto arquitetônico os elementos podem ser classificados em componentes de condução e componentes de passagem de acordo com Serra & Coch (1995 apud Silva, 2007, p.22). Os componentes de condução têm como finalidade conduzir a luz natural do ambiente externo para o interno, como por exemplo, na circulação central de galerias com iluminação natural. Os componentes de passagem são elementos que proporcionam a passagem da luz natural de um ambiente a outro. Podemos citar como exemplo, a janela, as superfícies transparentes ou translúcidas, que fecham totalmente ou não um ambiente, os sheds. Pode ser adicionados a esses componentes os elementos de controle, tendo como finalidade equilibrar a radiação solar, luz e calor, mantendo a visão para o exterior e em alguns casos a ventilação natural.

Para o melhor aproveitamento da iluminação, referente aos componentes de passagem, situação em estudo neste artigo, são mencionados por Frota (2004 apud Silva, 2007, p.23) alguns tipos de elementos de controle solar: brise-soleil vertical, brise-soleil horizontal, brise-soleil de composição de placas verticais e horizontais (mistos), varanda, marquise, sacada, telas especiais, toldos, cortinas, persianas, elementos vazados e pérgulas. Dans (1967 apud Silva, 2007, p.23), em sua classificação apresenta também o vidro de controle solar e a vegetação.

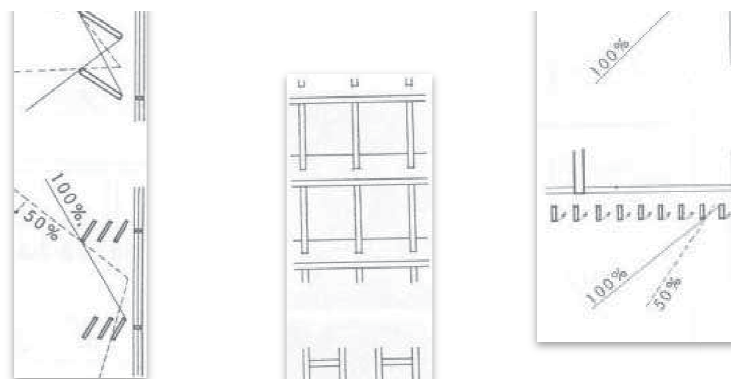
Esses elementos de controle podem ser posicionados no exterior ou no interior dos edifícios. No caso dos externos, a radiação solar é impossibilitada de penetrar completamente no ambiente interior, ficando somente uma parcela de calor recebida no ambiente. Já os posicionados internamente, quando o componente de passagem é o vidro, a radiação solar é absorvida e em seguida é direcionada ao elemento de controle, na qual uma parcela é absorvida e outra refletida. Essa parcela de radiação absorvida se converte em calor ficando quase em sua totalidade no ambiente, como coloca Serra & Coch (1995 apud Silva, 2007, p.22).

Os brise-soleils, elementos de controle utilizado no artigo para análise, apresentam-se como os mais eficientes, visto que barram o calor antes que ele penetre no ambiente. Este dispositivo apresenta o mais elevado percentual de redução de ganho solar entre os sistemas de controle solar em uso, variando de 75 a 90% quando aplicado sobre vidro simples transparente de 5 mm (MARAGNO, 2001).

Esse elemento também tem importante recurso para a avaliação dos ganhos de calor, com finalidade de controlar e diminuir a incidência do sol sobre uma construção, dessa forma podendo reduzir o consumo nos sistemas de iluminação e de ar-condicionado e, portanto, conservar a energia. Para Baker (1998 apud Labaki e Gutierrez, 2005, p. 876), "o brise-soleil atua como um filtro, criando uma película permeável ao redor do edifício que permite a penetração no espaço interno e suaviza o impacto da forma (...)". Olgyay e Olgyay (1957 apud Silva, 2007, p.24) também são mencionados que a forma obtida com o brise-soleil agrega a construção arquitetônica um maior apelo plástico.

Com a sua propagação, o brise-soleil ou também denominados de quebra-sol, obteve vários formatos e combinações, apresentando algumas classificações. Uma delas diz respeito à posição que ocupa nas fachadas, que, segundo Olgyay e Olgyay (1957 apud Silva, 2007, p.26), apresenta três tipos: horizontais, verticais e combinados. Os brises combinados são denominados por Bittencourt e Frota (2000 e 2004 apud Silva, 2007, p.26) de brises mistos e de composição de placas horizontais e verticais, respectivamente (Figura 1).

Figura 1 - Brise horizontal (corte) - brise vertical (planta baixa) - brise misto (elevação)



Fonte: Silva (2007)

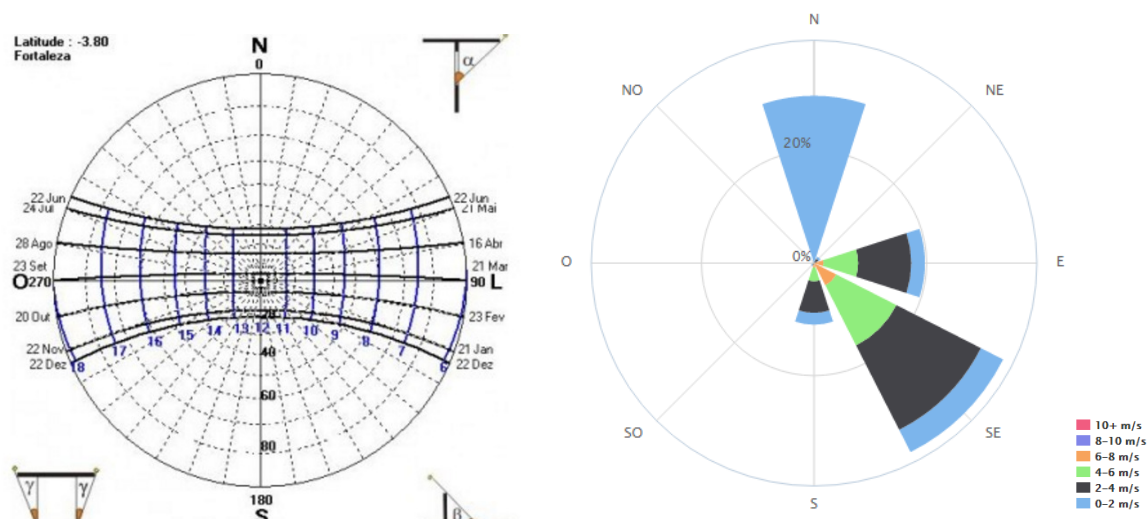
Outra classificação que obtiveram os brise-soleils foi quanto à mobilidade, que se apresentam como fixos ou móveis. Segundo Rivero (1986 apud Silva, 2007, p.26), os fixos são colocados rigidamente à construção, sem a possibilidade de regulagem, portanto sua eficiência depende exclusivamente de única dimensão e posição, estendendo a mesma influência durante todo o ano. Os brises móveis permitem maior possibilidade de regulagem, de acordo com a necessidade de controle solar e sua posição podendo variar, consequentemente, apresentam alto custo de manutenção comparado aos fixos.

O projeto da edificação quando planejando desde início, decisões adequadas às condições climáticas locais, para capturar a radiação solar e obstruir ou usar de forma otimizada pode conseguir resultados sustentáveis.

Fortaleza-CE, cidade do estudo de caso, encontra na latitude de -3.80 e longitude -38.5, sendo assim é perceptível que o caminho do sol é praticamente central, variando entre o norte e o sul de forma quase que equidistantes (Figura 2).

Dessa maneira localizada nas regiões intertropicais, na zona tropical com clima tropical/quente-úmido, com temperatura que varia de 20°C à 31°C e a umidade relativa é quase sempre maior que 50%. Tendo ventos predominantes leste e sudeste com velocidade média 80 km/h denominados alísios (Figura 2). Os mesmos saem da zona tropical (pressão alta) para linha equatorial (pressão baixa).

Figura 2 - Carta solar e rosa dos ventos de Fortaleza – CE, respectivamente.



Fonte: www.projeteeee.ufsc.br.

A iluminação natural quando corretamente utilizada oferece melhores condições ambientais em espaços internos e externos reduz o consumo energético, dentre outros benefícios. Neste contexto, neste artigo analisou-se a eficiência energética de um ambiente construído sem e com um sistema convencional brise-soleil, na cidade de Fortaleza - CE.

2 METODOLOGIA

Para a realização do estudo foi escolhido uma sala em uma torre comercial que obtivesse em uma das fachadas vedação em pele de vidro e que fosse possível acrescentar uma proteção solar. O motivo da escolha da sala se deu pelo fácil acesso ao projeto do edifício e por ser, entre as salas dessa torre, a com maior incidência solar. Após a escolha do ambiente construído foi lançado ao Solar Tool 2.0 para definição do tipo de proteção solar para poder realizar as simulações de iluminação natural, no Ecotect Analysis, e de resfriamento e ventilação, no Comfen5.

2.1 Seleção da sala

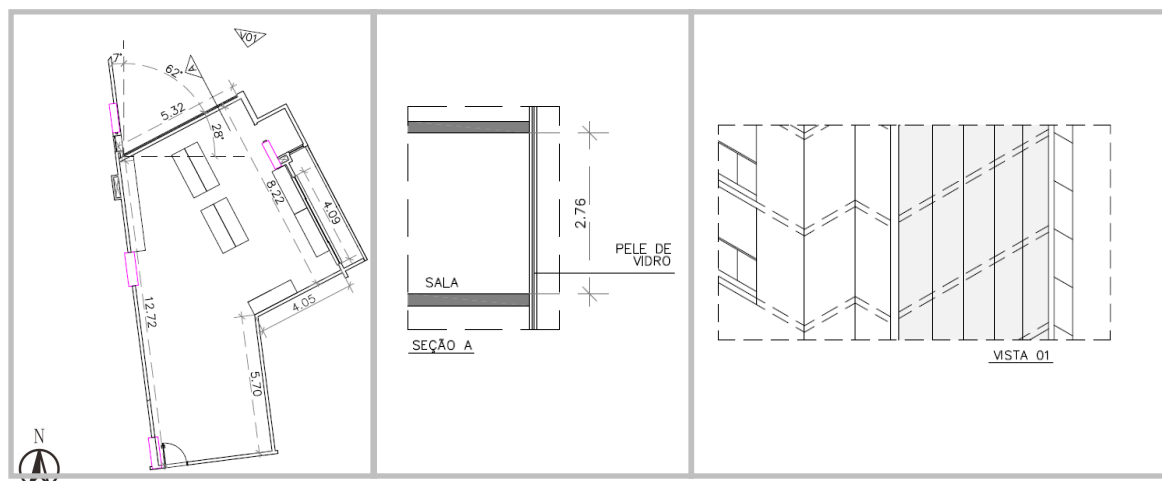
O edifício comercial escolhido se localiza na cidade de Fortaleza – CE. O lote da edificação encontra-se de esquina, o edifício possui no pavimento térreo lojas e até 4º pavimento encontra-se ao fundo do lote as vagas para veículos e na frente do lote estão laboratórios e outras lojas. Do quinto pavimento até o 12º estão às salas comerciais. Todas as salas que se encontra na frente do lote estão com vidro em todo o pé-direito livre – formando uma cortina de vidro. Nas laterais e fundos do lote as salas estão com uma sacada de 1.05 de largura que são usadas para equipamentos de refrigeração.

A sala selecionada localiza-se no encontro da frente do lote com a lateral, dessa forma, possui duas aberturas com vedação em vidro. A abertura - considerada em estudo - da frente do lote -, com orientação noroeste (62º do norte), não possui proteção solar, somente uma alvenaria ao lado

esquerdo que percorre toda a torre concebida por valores estéticos ao projeto, mas que não há grande contribuição em relação à insolação. Essa abertura é de piso à viga – conforme pode-se conferir no corte esquemático na Figura 3 – sendo vedado com vidro claro.

O fator de estudo refere-se à sala conforme o projeto original – sem proteção solar – e a mesma sala com uma proteção solar através de brises na abertura noroeste.

Figura 3 – Planta baixa e corte esquemático da sala analisada



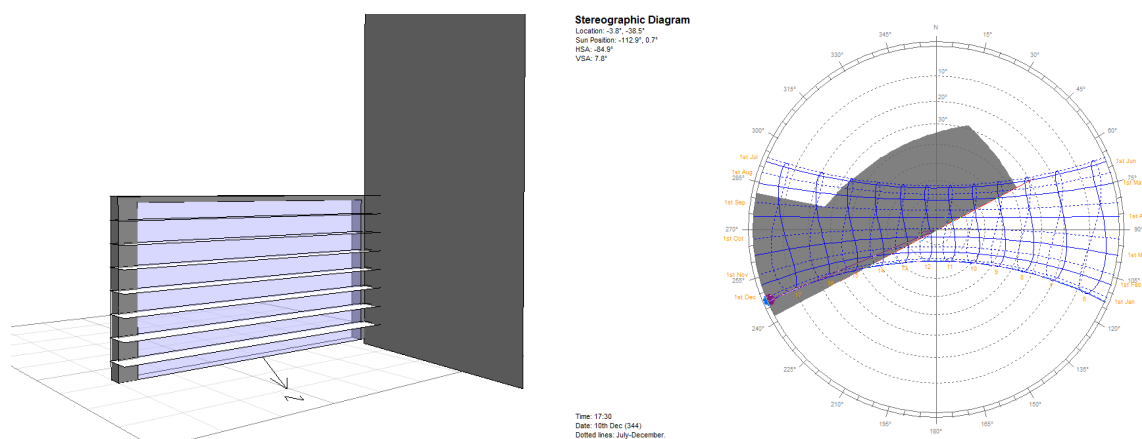
Fonte: Projeto desenhado pelo autor (2014)

2.2 Estudo de Proteção solar com elemento de controle – Brise Soleil (SolarTool)

Foram feitos testes de soluções para proteção solar por simulação no software Solar Tool 2.0 para esboço inicial, tendo como base o sombreamento total – sem incidência solar na esquadria em questão – das 09h às 15h durante todo o ano. Delimita-se este intervalo de horas do dia por ter os ângulos de maior incidência – ângulos do sol em relação ao plano vertical que tem maior penetração no ambiente construído.

Das soluções testadas, duas foram consideradas viáveis por terem apresentado bons resultados em sombreamento e proteção solar internamente à sala. Na primeira solução constam duas grandes marquises horizontais de (6,50m x 1,20m) separadas igualmente no vão do pé-direito da fachada. Na segunda solução consta oito brises horizontais estreitos (5,70m x 0,50m) também divididos permeando igualmente toda a fachada da abertura analisada (Figura 4). Esta última sendo a solução selecionada para prosseguir com o estudo.

Figura 4 – Perspectiva e carta solar da janela com solução brise

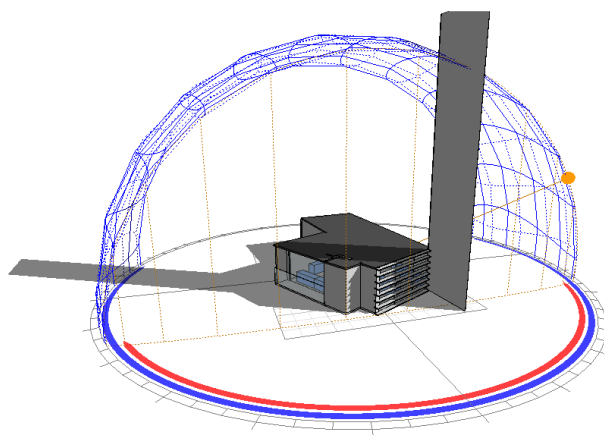


Fonte: Projeto desenhado pelo autor no Solar Tool 2.0 (2014)

2.3 Estudo de iluminação natural

Após a escolha da solução mais adequada, a sala foi modelada em 3D no programa Sketchup e importada para o programa Ecotect Analysis (Figura 5). O modelo 3D foi desenvolvido com a proteção solar (brises) de forma que pudesse ser inserido ou retirado das simulações para obtermos os resultados nas duas situações.

Figura 5 – Perspectiva sala com brise no Ecotect Analysis



Fonte: Projeto desenhado pelo autor no Solar Tool 2.0 (2014)

Foi representado em modelo 3D, também, um layout interno para analisarmos a iluminação no local de trabalho proposto. No programa Ecotect os revestimentos foram considerados da seguinte forma, com suas respectivas unidades de absorvência: as paredes em pintura branca (0,276AU), o teto em concreto (0,728AU), o piso em cerâmica branca (0,276AU), a porta em madeira (0,682AU) e nos móveis fórmica azul (0,413AU). Nas janelas vidro claro 4mm com transparência de 86% sem absorvência solar.

O estudo comparativo foi realizado no dia 21 de julho no horário de 12h. A escolha da data e horário foi dada dentre as medições padrão (09h, 12h e

15h do solstício de verão e inverno, e equinócio de primavera e outono) a situação que fosse considerada como pior. Neste dia o sol está mais ao norte e às 12h pois às 15h a esquadria já passa à ser protegida pelo volume vertical ao oeste.

Através do plugin Radiance 2.0 beta foram geradas dois tipos de imagens para representar o nível de iluminância no interior da sala. Em uma, a luz é representada na cor branca e conforme diminui a iluminância se aproxima da cor preta. E na outra imagem é representada através do tipo configuração do software denominado de “false-colour” em que a cor vermelha representa a maior iluminância e a cor azul escuro menor.

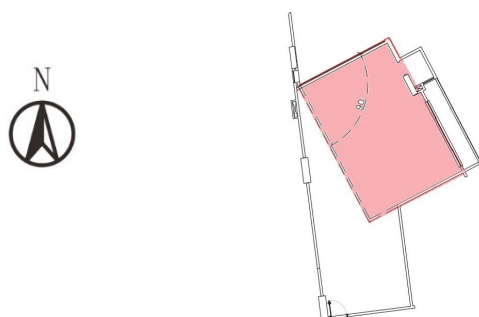
2.4 Estudo do consumo de ar-condicionado

Para análise da eficiência energética nos mecanismos de ventilação e resfriamento (ar-condicionado) foi utilizado o software Comfen5.

Para conseguir realizar o estudo, houve a necessidade de delimitar um formato retangular a partir da sala original, levando em consideração as limitações do software, conforme está representado na Figura 6. Esta limitação de espaço não terá impacto em relação ao estudo no item iluminação natural, pois a área que está sendo considerada é a zona de trabalho, em que essa se encontra dentro da área delimitada no consumo de ar-condicionado.

Em ambas as salas na simulação foram consideradas os materiais: concreto com 10 cm de espessura para parede da fachada e vidro claro de 4 mm para a abertura.

Figura 6 – Área considerada para estudo Comfen5



Fonte: Projeto desenhado pelo autor (2014)

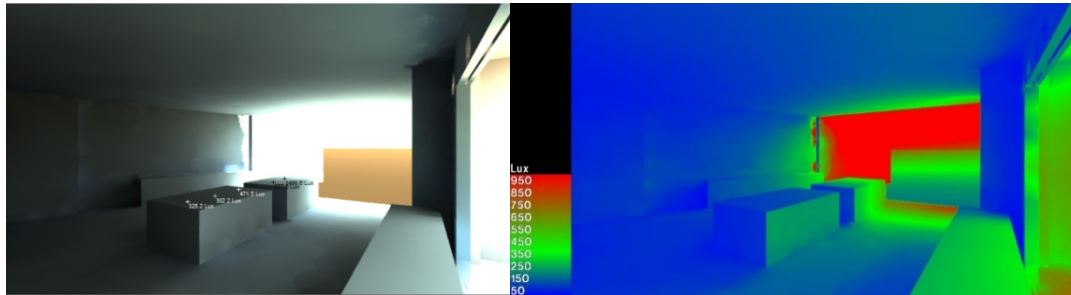
3 DISCUSSÕES

3.1 Iluminação natural

Com as imagens geradas pela simulação, é possível perceber que na sala sem a proteção solar (Figura 7) a iluminância que se tem próximo da abertura é muito alta. De acordo com dados do programa essa claridade na área de trabalho (em cima da mesa logo após a janela) chega a 1400lux. Mas ao penetrar na sala, logo essa quantidade de lux tem uma

decaída, ficando em torno de 400lux e 300lux. De acordo com a NBR 8995_1, a quantidade de lux, dependendo do trabalho realizado, pode incomodar e até mesmo causar ofuscamento.

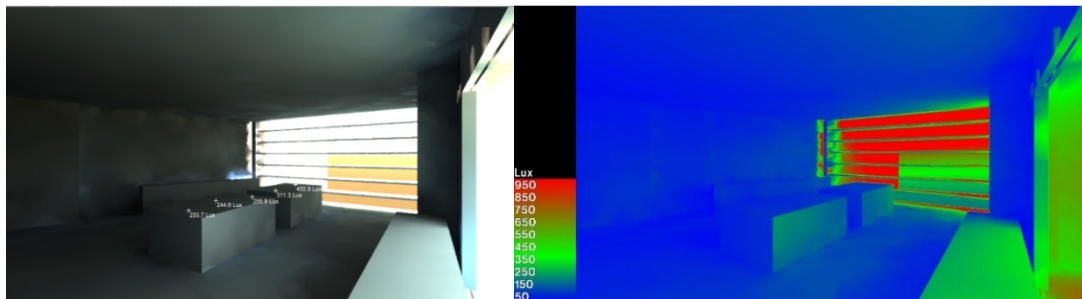
Figura 7 - 3D de iluminância da sala na situação original



Fonte: Radiance (2014)

No caso com proteção solar (Figura 8) percebe-se que a claridade na proximidade da abertura diminui consideravelmente em relação a sala original, chegando a 450lux, mas ao penetrar na sala a que da iluminância não é tão se mantém muito próximo à sala sem proteção solar, o que não viria a impactar na qualidade de iluminação natural interna à sala. De acordo com dados obtidos no programa, permanecendo entre 300lux a 200lux.

Figura 8 - 3D de iluminância da sala com brises

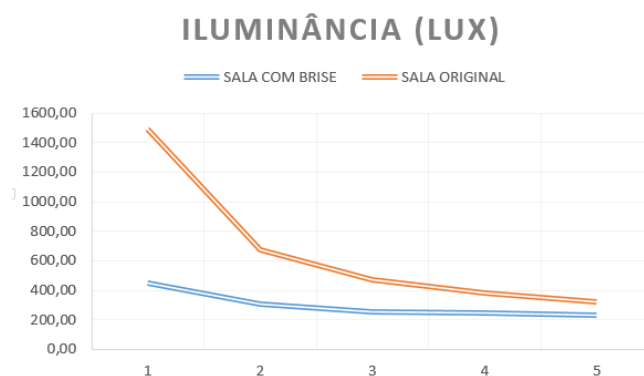


Fonte: Radiance 2.0 beta (2014)

A maior diferença entre as salas se dá próximo à janela (Figura 9) pois às 12h o sol não tem inclinação suficiente para que a luz adentre o ambiente. Como a sala tem orientação noroeste, mas há uma barreira na lateral oeste da sala, mesmo nos horários da tarde durante quase todo o ano, o sol não terá inclinação para incidir de forma mais profunda na sala.

Na figura 9 os dados de iluminância foram baseados nos cinco pontos marcados conforme se encontram na imagem acima com altura de medição, em relação ao chão, de 75cm (área de trabalho).

Figura 9 – Comparação iluminância entre as salas



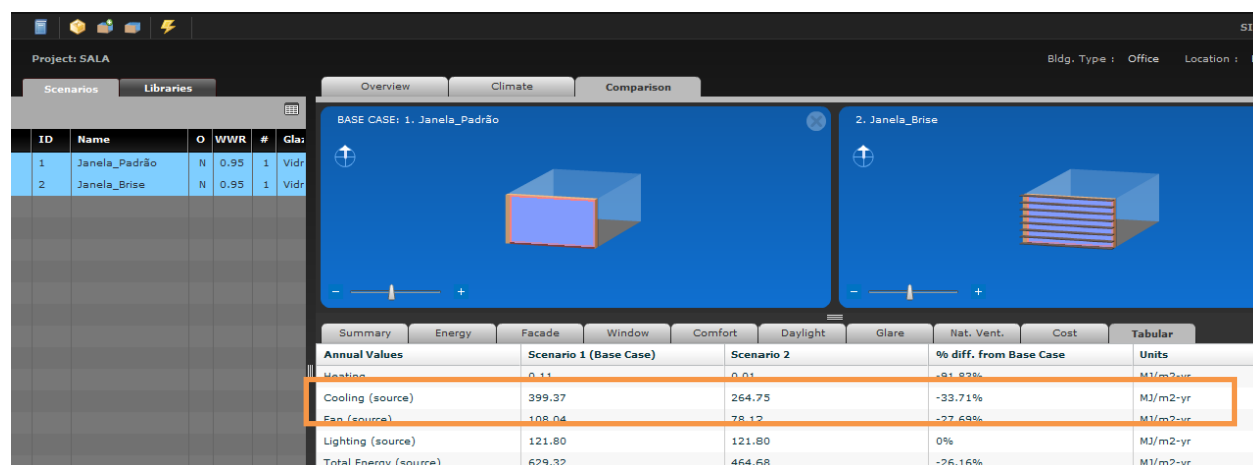
Fonte: Gráfico gerado com dados obtidos no Ecotect

De acordo com a norma brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: interior, a iluminação própria para ambientes de escritório de trabalho é de 500lux. Com isso, em ambos os casos a iluminância na área de trabalho não é suficiente para realizar a atividade, fazendo-se necessário a utilização de luz artificial para suprir e manter a iluminação em níveis mínimos e adequados.

3.2 Consumo de energia

Os resultados do consumo de energia artificial estão representados na Figura 10. Na imagem, o retângulo de cor laranja está demarcando os resultados à serem levados em consideração para o estudo: ventilação (fan) e de resfriamento (cooling). Os dados

Figura 10 – Resultado sala original e sala com brise para fan e cooling

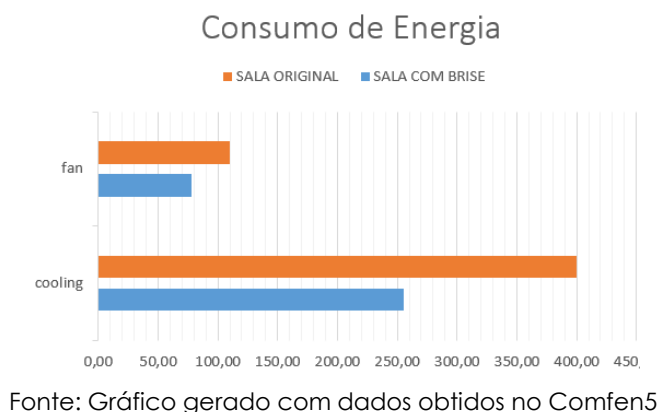


Fonte: Comfen5 (2014)

No Senário 1 estão os resultados referentes à sala sem a proteção solar e no Senário 2 à sala com proteção solar. O consumo de refrigeração (cooling) e de ventilação (fan), respectivamente, no Senário 1 é de 399,37MJ/m²-yr e de 108,04MJ/m²-yr. Enquanto no Senário 2 é de 264,75MJ/m²-yr e de 78,12MJ/m²-yr. Na coluna seguinte, o software representa a redução de

cada equipamento em porcentagem. A redução do uso de equipamentos artificiais para manter o conforto térmico interno às salas foi de 33% para resfriamento e 27% para ventilação. Na figura 11 podemos ver claramente a redução no consumo energético de cada equipamento ao ser comparado ambas as salas.

Figura 11 – Gráfico comparativo do consumo de ar-condicionado



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando ponderadas as análises comparativas chegou-se a conclusão que a utilização dos brises como proteção solar foi eficiente.

Ao analisar a iluminação natural, nota-se que os brises reduzem a incidência direta na proximidade da janela, mas sem diminuir tanto ao comparar o nível de iluminação interna. Percebe-se ainda que em ambos os casos a luminância interna do ambiente construído não é considerada suficiente para a realização do trabalho de um escritório padrão. Desta forma, o uso da iluminação artificial é indispensável em ambos os casos, tornando nulo na diminuição do uso da energia elétrica. Considera-se então que o desempenho da abertura com brises não foi prejudicado para o devido fim proposto. Este pode evitar iluminação direta indesejada.

Ao analisar o uso de ar-condicionado, conseguimos obter resultados significativos em relação ao custo de energia. A redução de 33% e de 27% no resfriamento e ventilação, respectivamente, é um resultado positivo para a redução do uso de ar-condicionado durante o dia, ou seja, o consumo de energia elétrica.

Não sendo prejudicado, consideravelmente, a iluminação natural e reduzindo a diferença da temperatura interna da sala, diminuindo proporcionalmente, o uso de condicionamento de ar, o acréscimo dos brises na fachada da sala em estudo foi eficiente para a finalidade proposta.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISSO/CIE-8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho- Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.

BEN Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese. Rio de Janeiro EPE, 2015. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2015_Web.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2016.

LABAKI, C. L.; GUTIERREZ, G. C. R. **Considerações sobre o brise-soleil na arquitetura moderna brasileira.** ENCAC – ELACAC 2005. Maceió, AL, 2005. Disponível em: <http://www.arq.ufmg.br/labcon/arquivos/ENCAC05_0874_881.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2016.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. **Eficiência e forma do brise-soleil na arquitetura de Campo Grande.** In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Paulo. **Anais...**São Paulo: ENCAC, 2001.

RIVERO, Roberto. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural.** 2ª. Ed. Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986.

SILVA, Joene Saibrosa da. **Estratégias para luz natural: sistemas convencionais e brise-soleil como elemento de controle.** Periodico n3: Paranóia – Cadernos de Arquitetura e urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.