



IMPORTÂNCIA DO PROCESSO DE SIMULAÇÃO EM ILUMINAÇÃO NATURAL PARA AMBIENTES ESPORTIVOS

Kaila Bissolotti (1); Fernando Oscar Ruttkay Pereira (2) Anderson Claro (3)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, kaila@labcon.ufsc.br,

(2) PhD, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, ruttkay.pereira@ufsc.br,

(3) Dr, Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, anderson.claro@ufsc.br,

Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Caixa Postal 476, Florianópolis - SC, 88040-900, Tel.: (48) 3331-7080

RESUMO

A importância de se projetar ambientes com o melhor aproveitamento de luz natural vai muito além da economia gerada pela redução do uso da iluminação artificial. Os benefícios da luz natural vão desde o aumento de produtividade até um melhor regulamento do ritmo circadiano, aumentando a saúde e o bem-estar dos usuários. Este trabalho objetiva avaliar a importância do processo de simulação em iluminação natural para ambientes esportivos utilizando diferentes plataformas de simulação integradas. Uma abordagem integrada permite analisar características arquitetônicas que possam contribuir com o melhor aproveitamento da luz natural, identificando os aspectos que influenciam no conforto visual e simulando diferentes cenários e parâmetros para avaliação comparativa. Para exemplificar o processo de simulação definiram-se três modelos computacionais para comparação. Ao comparar os modelos nota-se o impacto luminoso que aberturas zenitais proporcionam, com altos valores de iluminância, brilho excessivo e intolerável e probabilidade de ofuscamento, enquanto as simulações em que não há presença de zenitais se mantêm com valores de iluminância bem menores. Previamente, sem o processo de simulação computacional, poder-se-ia concluir erroneamente características que poderiam causar alta probabilidade de ofuscamento ou pouco impacto luminoso. Ao passo que, com os resultados das simulações, pôde-se chegar ao modelo que melhor atende aos parâmetros de iluminação sem prejudicar o conforto visual do usuário.

Palavras-chave: iluminação natural, simulação computacional, ambiente esportivo.

ABSTRACT

The importance to project places with the best use of natural light goes far beyond the savings generated to reduce the use of artificial lighting. The benefits of natural light range from increased productivity to better regulation of the circadian rhythm, increasing the health and well-being of users. This paper aims to evaluate the importance of the simulation process in natural lighting for sports spaces using different integrated simulation platforms. An integrated approach allows to analyze the architectural features that contribute to the best use of natural light, identifying the elements that influence on visual comfort and simulating different scenarios and parameters for the comparative evaluation. To exemplify this simulation process three computational models were defined for comparative analysis. Comparing models, we can see the light impact that zenith openings provide, with high illuminance values, excessive and intolerable brightness and probability of glare, while simulations in which there is no presence of zenith remain with much lower illuminance values. Previously, without the computational simulation process, could mistakenly conclude characteristics that could cause high probability of glare or little light impact. While, with the results of simulations, it was possible to define the model that best meets the lighting parameters without impact the visual comfort of the user.

Key words: natural lighting, computational simulation, sports spaces.

1. INTRODUÇÃO

As crises do setor energético brasileiro têm demandado a adoção de novas medidas e estratégias para um consumo mais eficiente e consciente. Isso aumenta cada vez mais a necessidade de buscar soluções arquitetônicas que reduzam de forma significativa o consumo de energia elétrica.

As respostas arquitetônicas adotadas na busca pelo aumento da eficiência energética caminham paralelamente à preocupação com o conforto visual para melhoria da qualidade de vida e bem-estar dos usuários. O emprego da luz natural, além de reduzir o consumo de energia elétrica, pode trazer benefícios biológicos e fisiológicos aos usuários. Para Boyce (1998) a exposição à luz é o mais poderoso estímulo para a sincronização do ritmo dia-noite em vinte e quatro horas. O uso da luz natural pode garantir níveis de iluminação adequados para as atividades humanas e reduzir a necessidade do uso da luz artificial (DIDONÉ e PEREIRA, 2009).

Nas regiões tropicais a disponibilidade de luz natural é grande, mas deve-se equilibrar sabiamente o ingresso da luz, bloqueando a incidência de luz solar direta, que pode causar desconforto térmico e luminoso. No estudo das variáveis de iluminação, mostra-se imprescindível o conhecimento do clima local. Além do clima, a admissão de luz natural em ambientes internos necessita ser analisada com base no uso dos espaços e no trajeto da luz desde o ambiente externo através das aberturas. Para uma adequada admissão de luz natural no interior das edificações, preocupações com um adequado balanço termo-luminoso devem ocorrer a partir da adoção de estratégias e elementos para o controle do excesso de insolação, principalmente em climas predominantemente quentes, como ocorre na maior parte do Brasil (BOGO, 2010).

Os avanços para avaliação de desempenho da luz natural em ambientes, através de softwares de simulação, se multiplicaram nas últimas décadas. Antes desse avanço, esse tipo de avaliação era feito através de medições baseadas em métodos descritos em normas técnicas, modelos em escala ou no próprio ambiente construído. Com o uso das simulações computacionais é possível avaliar o projeto em diversos aspectos, inclusive prever os impactos das decisões projetuais antes mesmo de sua execução. Apesar desse fato, o complicado processo de simulação, o tempo despendido, a incapacidade de interpretar os resultados obtidos, entre outros fatores, tem atrapalhado a larga adoção dessa tecnologia de avaliação pelos projetistas (REINHART e WIENOLD, 2011).

Portanto, considerando a importância da avaliação do conforto luminoso citada por diversos autores e incluindo outros critérios de análise, este trabalho visa avaliar a importância do processo de simulação computacional de iluminação natural para adoção de estratégias arquitetônicas concordantes para o aumento do conforto visual de espaços esportivos, baseado em avaliações e comparações de modelos comportamentais.

Espera-se que este estudo possa contribuir para o campo de pesquisa de conforto luminoso para projetos de arquitetura de espaços destinados a atividades físicas de alta intensidade.

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste estudo consiste em verificar a importância do processo de simulação em iluminação natural para ambientes esportivos utilizando diferentes plataformas de simulação integradas. Uma abordagem integrada permite analisar características arquitetônicas que possam contribuir com o melhor aproveitamento da luz natural, identificando os aspectos que influenciam no conforto visual e simulando diferentes cenários e parâmetros para avaliação comparativa.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido nas seguintes etapas:

3.1 Escolha de um projeto arquitetônico com ambientes esportivos internos

Para este estudo optou-se por escolher um projeto que não tivesse passado por processos de simulação computacional para iluminação natural durante sua concepção, a fim de avaliar o possível impacto que estas simulações teriam na tomada de decisões projetuais arquitetônicas.

Para tal, adotou-se o projeto de Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo, realizado pela autora na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC em 2014 e denominado SESC Ingleses.

O projeto contempla um complexo esportivo com amplos ambientes e aberturas variadas para análise. Neste estudo será analisado o ambiente da quadra poliesportiva indicado na Figura 01, que possui horário de utilização das 07 horas às 22 horas. A Figura 02 representa a fachada desse equipamento esportivo que indica a presença de grandes aberturas norte e sul com brises horizontais na fachada norte, e que possui grandes aberturas zenitais com entrada de iluminação direta como indicado na Figura 03.

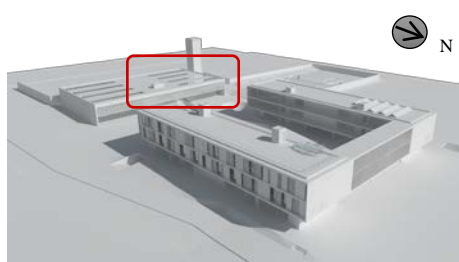


Figura 01 – Perspectiva do projeto SESC Ingleses com indicação do ambiente esportivo.



Figura 02 – Fachada do complexo esportivo do projeto SESC Ingleses.



Figura 03 – Quadra poliesportiva do projeto SESC Ingleses.

O projeto está localizado no bairro Ingleses em Florianópolis (Latitude -27° , Longitude -48°), Santa Catarina, Brasil. Para este estudo será utilizado o arquivo climático SWERA da cidade de Florianópolis.

3.2 Criação de modelos computacionais para serem feitas as simulações e análises

Criação de um modelo representativo do projeto arquitetônico escolhido e dois modelos alterados para comparação. Os modelos serão criados com o software Rhinoceros para permitir exportá-los a outras plataformas caso necessário.

3.2.1 Modelo Computacional Representativo – MR

Para as análises criou-se um modelo simplificado contendo as principais características do ambiente da quadra poliesportiva: presença de quatro grandes aberturas zenitais e amplas aberturas norte e sul que equivalem a $2/3$ (dois terços) do pé-direito interno. A Figura 04 mostra uma perspectiva externa e cortes perspectivados deste modelo simplificado.

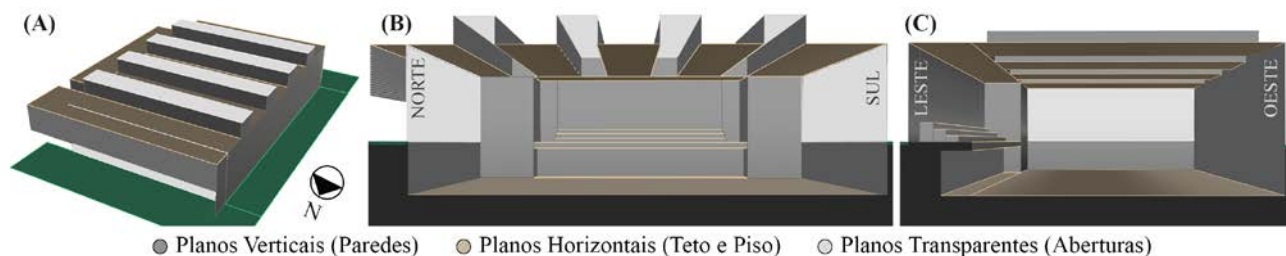


Figura 04 – Modelo Computacional Representativo MR: (A) Perspectiva externa; (B) Corte longitudinal; (C) Corte transversal.

3.2.2 Modelo Computacional Comparativo – MC1

No modelo comparativo MC1 retirou-se as aberturas zenitais presentes no modelo representativo e manteve-se as amplas aberturas norte e sul com $2/3$ (dois terços) do pé-direito interno. A Figura 05 mostra uma perspectiva externa e cortes perspectivados deste modelo simplificado.

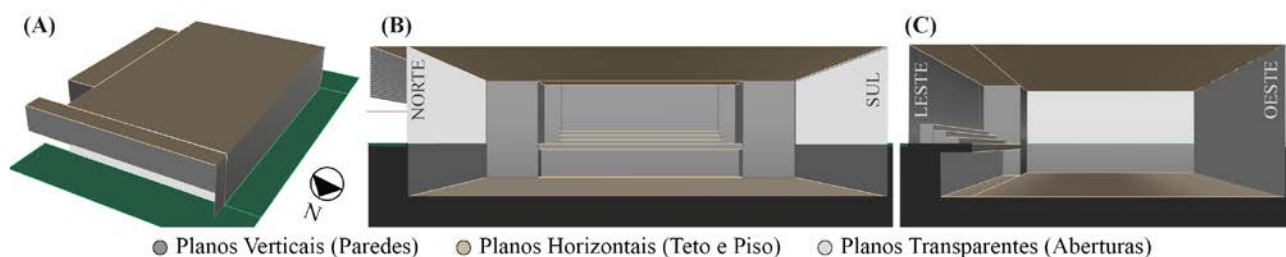


Figura 05 – Modelo Computacional Comparativo MC1: (A) Perspectiva externa; (B) Corte longitudinal; (C) Corte transversal.

3.2.3 Modelo Computacional Comparativo – MC2

No modelo comparativo MC2 retirou-se as aberturas zenitais presentes no modelo representativo e reduziu-se a altura das aberturas norte e sul para $1/3$ (um terço) do pé-direito interno. A Figura 06 mostra uma perspectiva externa e cortes perspectivados deste modelo simplificado.

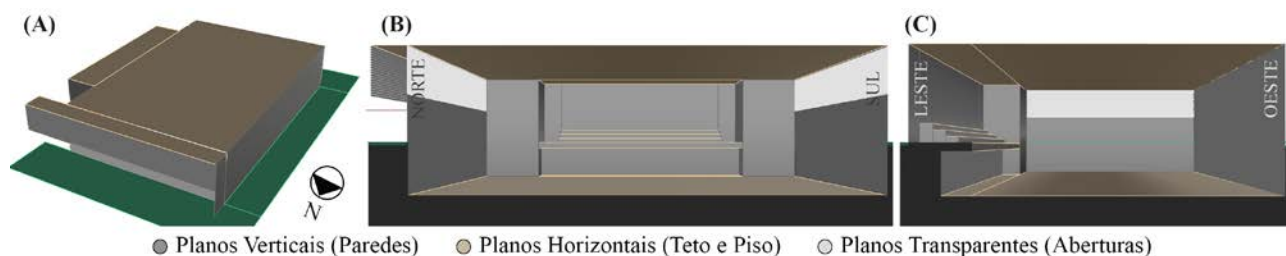


Figura 06 – Modelo Computacional Comparativo MC2: (A) Perspectiva externa; (B) Corte longitudinal; (C) Corte transversal.

3.3 Realização de simulações computacionais para comparar os modelos quanto às suas características

As simulações foram feitas com o software Apolux na versão atualizada em 23/agosto/2016, software Diva for Rhino Versão 4.0 e software Rhinoceros versão 5.0 atualizada em 13/setembro/2016.

As simulações levarão em consideração o período de utilização da quadra poliesportiva, das 7h às 22h, sendo que nas análises com o Apolux o software descarta todos os horários sem presença de luz solar durante simulação.

3.3.1 **Daylight Autonomy – DA** será simulado com o software Apolux para avaliar as iluminâncias dos planos existentes para determinar se há luz suficiente no espaço para realização das atividades esportivas utilizando apenas a luz natural disponível. Unidade de medida gerada na simulação: porcentagem de valores Lx.

Para as análises a serem feitas, adotou-se a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 que define os valores recomendados a serem utilizados para a iluminação de ambientes. Segundo a norma para Salas de esportes e ginásios a iluminância mantida (Em) deve ser de 300 lx, o índice limite de ofuscamento unificado (UGR) de 22 e o índice de reprodução de cor mínimo (Ra) de 80.

3.3.2 **Useful Daylight Illuminances – UDI** será simulado com o software Apolux para avaliar as iluminâncias dos espaços para realização das atividades esportivas, tendo em vista a possibilidade de obtermos altos valores de DA que podem estar mascarando índices considerados excessivos de iluminância no ambiente, como no caso de luz direta do Sol. Unidade de medida gerada na simulação: porcentagem de valores Lx.

3.3.3 **Máscaras Solares** fornecem uma projeção das superfícies do projeto que se superpõe à projeção da abóbada calculada e da posição real do Sol. Serão simuladas com o software Apolux para avaliar as aberturas existentes quanto à entrada ou não de radiação solar direta.

Para os três modelos computacionais (representativo e comparativos) foram definidas 5 (cinco) posições de observadores para análise, conforme indicado na Figura 07. Todos os observadores representam posições de jogadores durante partidas esportivas e foram definidos a 1,70 metros de altura – estatura média de um jogador em pé.

3.3.4 **Luminâncias** serão simuladas com o software Apolux para avaliar a intensidade luminosa (brilho) produzida ou refletida pelas superfícies. Unidade de medida gerada na simulação: candela/m².

Para esta ferramenta foram definidas 3 (três) câmeras para análise, conforme indicado na Figura 08. As câmeras foram escolhidas de forma a visualizar todas as superfícies do ambiente da quadra poliesportiva, representando a posição dos jogadores de pé (1,70m) e dos expectadores sentados na arquibancada (1,10m).

Para esta simulação foi adotado um dia de verão, 20 de janeiro, com sol da manhã, as 09 horas, o que permitiria para a análise maior entrada de luz solar no ambiente.

3.3.5 **Annual Glare** será simulado com o software Diva for Rhino para avaliar a probabilidade de ofuscamento das aberturas existentes.

É uma ferramenta que simula as condições de conforto visual de uma pessoa para determinado ponto de vista durante todos os dias do ano, de hora em hora, levando em consideração os dados meteorológicos da cidade de estudo.

A ferramenta Annual Glare apresenta o índice de valores DGP – Daylight Glare Probability, que indica a probabilidade de a intensidade luminosa causar ofuscamento. Este índice é dado em porcentagem variando de 0 a 1 ou 0% a 100%.

Para as simulações dos três modelos foram definidas 2 (duas) câmeras de visualização, conforme Figura 09. As câmeras foram escolhidas de forma a visualizar todas as superfícies do ambiente da quadra poliesportiva representando a posição dos jogadores de pé (1,70m).

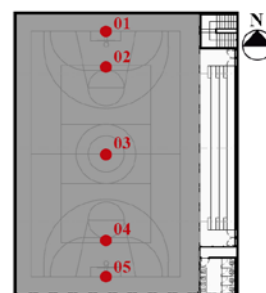


Figura 07 – Planta baixa com a posição dos observadores para as Máscaras Solares

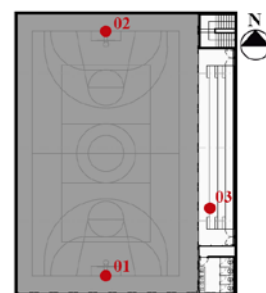


Figura 08 – Planta baixa com a posição das câmeras para as Luminâncias

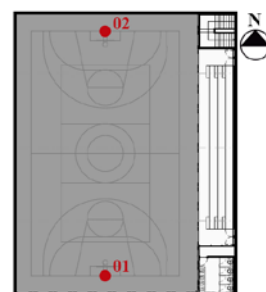


Figura 09 – Planta baixa com as câmeras para o Annual e Point-In-Time Glare

3.3.6 *Point-In-Time Glare* será simulado com o software Diva for Rhino para visualizar a probabilidade de ofuscamento das aberturas existentes. Assim como o Annual Glare, é uma ferramenta que simula as condições de conforto visual de uma pessoa para determinado ponto de vista levando em consideração os dados meteorológicos da cidade de estudo, mas, neste caso, considerando uma data e hora específicos, mostrando o índice específico e a visualização das fontes de brilho que estão sendo consideradas na probabilidade de ofuscamento.

Para esta simulação serão adotadas duas datas e horários com os maiores índices DGP levantadas no resultado da simulação do Annual Glare, uma para o verão e outra para o inverno. Serão utilizadas as mesmas câmeras de visualização utilizadas da ferramenta Annual Glare, conforme indicado na Figura 09.

A ferramenta Point-In-Time Glare também apresenta o índice de valores DGP. A imagem resultante mostra fontes de brilho baseadas em contraste realçadas em cores. Nesta análise, em particular, as cores, não representam índices numéricos comparativos.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Daylight Autonomy – DA

Nas simulações realizadas a Autonomia de Luz Natural para 300lx, conforme definido pela norma, foi de 100% (cem por cento) para os três modelos simulados considerando o intervalo de horas previsto para utilização da quadra poliesportiva.

Porém, apesar de o resultado atender aos requisitos mínimos, altos valores de DA podem estar mascarando índices considerados excessivos de iluminância no ambiente, como no caso de luz direta do Sol.

4.2 Useful Daylight Illuminances – UDI

Para avaliar possíveis altos valores de iluminância no ambiente, os três modelos foram simulados para medição da Iluminância Natural Útil.

A partir do resultado das simulações (Figuras 10 a 13) pode-se observar que o modelo representativo MR possui iluminâncias úteis de luz natural acima de 2000lx considerando o intervalo de horas previsto para utilização da quadra poliesportiva.

Para o modelo comparativo MC1, a retirada das aberturas zenitais possibilitou a redução dos valores de iluminâncias no centro da quadra poliesportiva, que passaram a variar entre 300 a 2000lx. Os valores mantiveram-se maiores que 2000lx somente nas extremidades, próximo às aberturas norte e sul. Além disso, na Figura 13, devido a existência dos brises horizontais, é possível observar que a fachada norte gerou porcentagens menores de iluminâncias úteis quando comparadas à fachada sul.

Analisando os resultados do modelo comparativo MC2, nota-se que as iluminâncias úteis variaram entre 300 e 2000lx com uma porcentagem pequena do ambiente com mais de 2000lx.

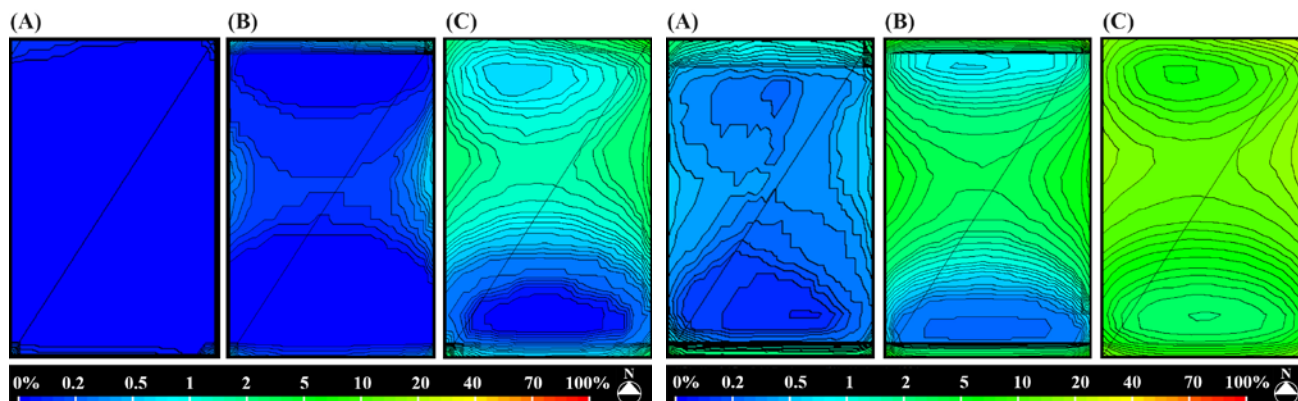


Figura 10 – Useful Daylight Illuminance abaixo de 100lx:
(A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

Figura 11 – Useful Daylight Illuminance entre 100 e 300lx:
(A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

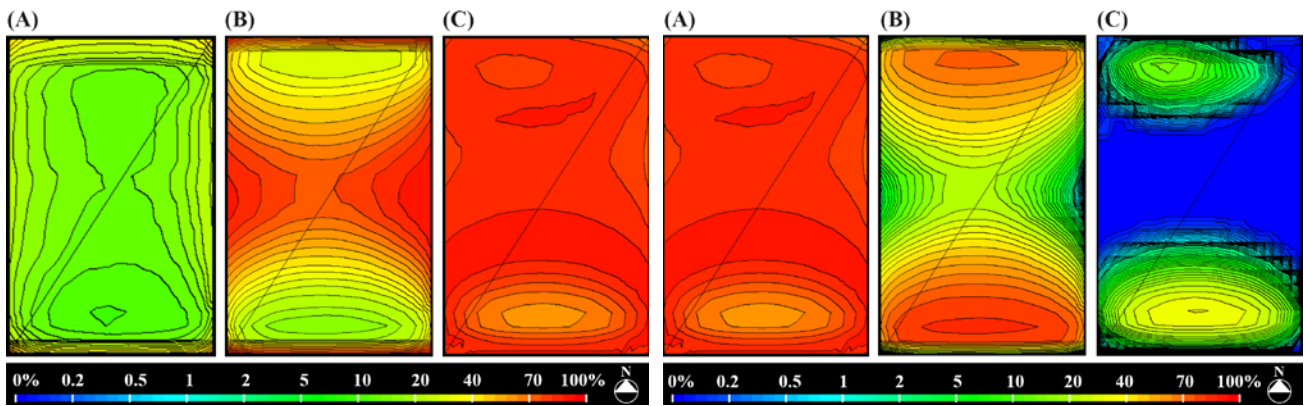


Figura 12 – Useful Daylight Illuminance entre 300 e 2000lx: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

Figura 13 – Useful Daylight Illuminance acima de 2000lx: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

4.3 Máscaras Solares

Dada a variação nos valores de iluminância através das simulações de UDI causada principalmente pela existência e/ou características das aberturas, foram geradas as máscaras solares para avaliar a entrada ou não de radiação solar direta.

A partir das máscaras solares, na Figura 14 pode-se observar que a presença dos brises horizontais na fachada norte bloqueia a entrada de radiação solar direta ao longo do dia nos meses de inverno.

Porém, para quase todos os observadores, o modelo representativo MR sofre influência direta de radiação solar através das zenitais existentes, principalmente nos meses de verão, conforme Figuras 15, 16 e 17. Ainda é possível observar que, para o Observador 05, na Figura 18, a fachada sul possui pouca entrada de radiação solar direta nas primeiras e últimas horas dos dias de verão. Portanto, os modelos comparativos MC1 e MC2 não sofrem grande influência de radiação solar direta através das aberturas existentes.

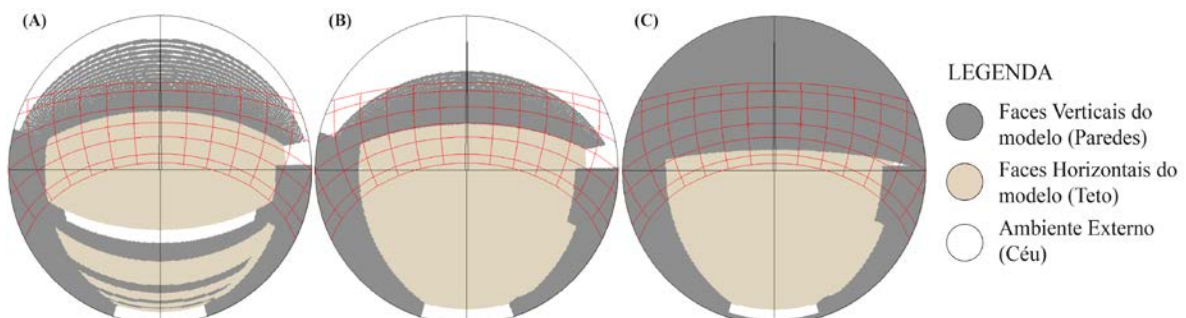


Figura 14 – Máscara solar, Observador 01: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

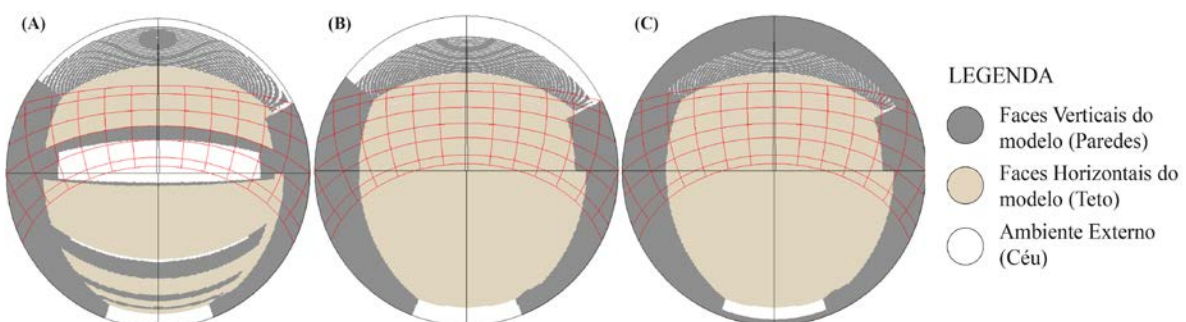


Figura 15 – Máscara solar, Observador 02: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

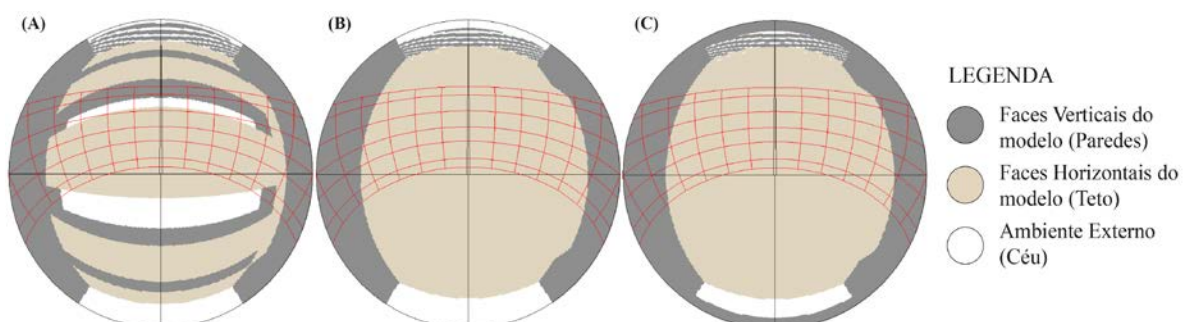


Figura 16 – Máscara solar, Observador 03: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

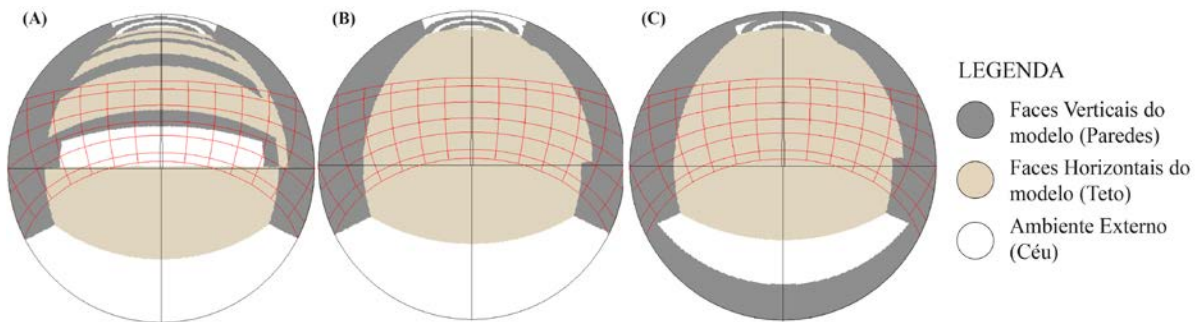


Figura 17 – Máscara solar, Observador 04: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

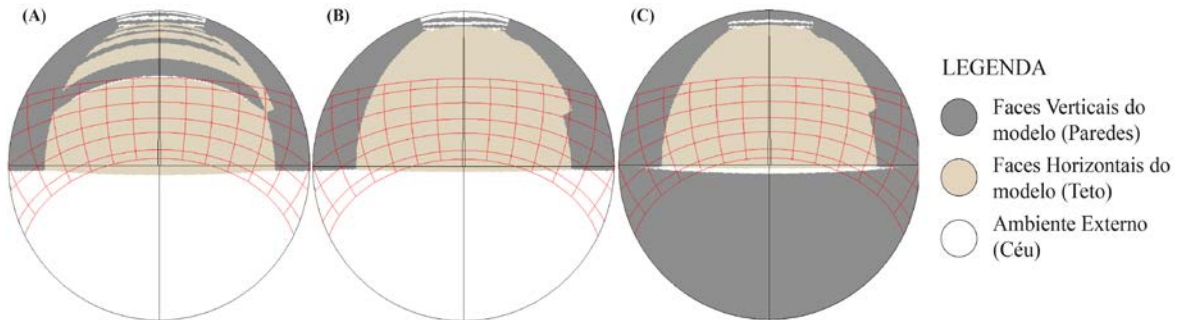


Figura 18 – Máscara solar, Observador 05: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

4.4 Luminâncias

A fim de avaliar a intensidade luminosa (brilho) produzida ou refletida pelas superfícies internas da quadra poliesportiva, definiram-se três câmeras para visualização dos valores de luminâncias.

Nos resultados obtidos nas Figuras 19 a 21 nota-se que o modelo representativo MR possui várias superfícies com altos níveis de brilho, enquanto que para os modelos comparativos MC1 e MC2, os níveis de luminâncias nas superfícies da quadra são bem menores.

Nota-se a presença de superfícies em que os níveis de luminância estão acima de 7.000 candelas/m², o que indica grande probabilidade de ofuscamento para a data e hora especificados. Esta probabilidade pode ser mensurada pelas ferramentas Annual Glare e Point-In-Time Glare.

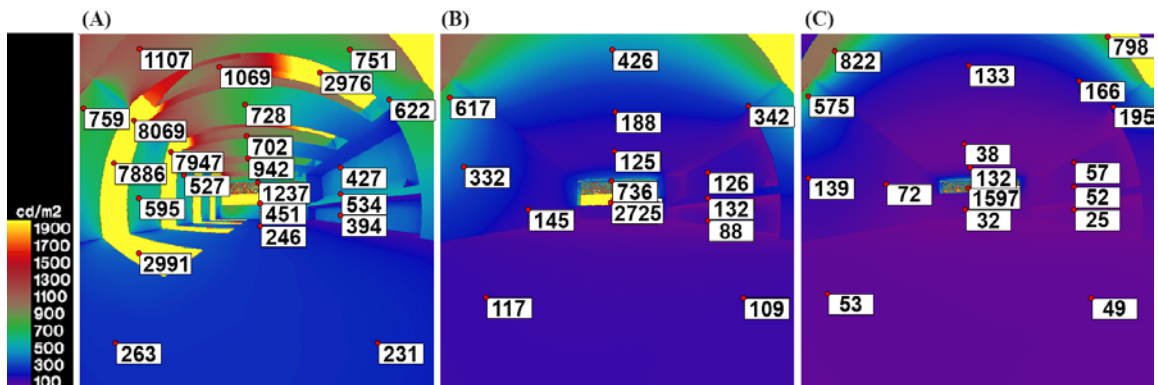


Figura 19: Índices de Luminância, Câmera 01, dia 20/01 às 9h: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

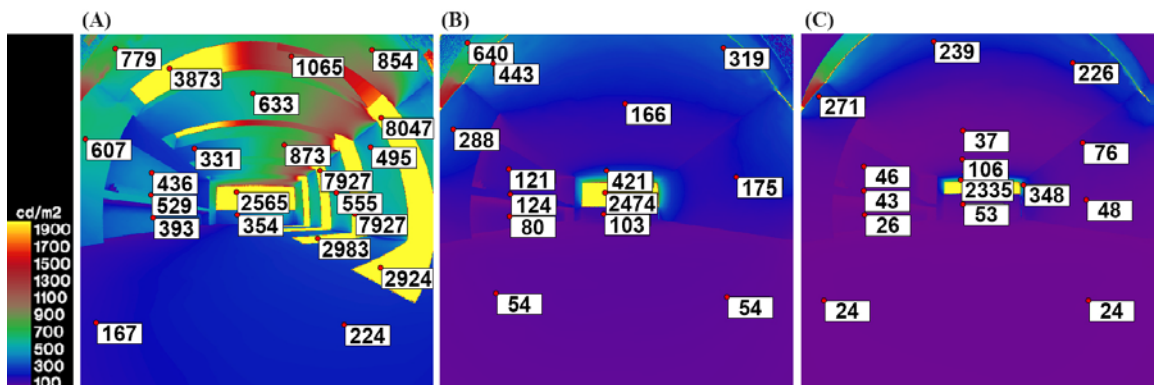


Figura 20: Índices de Luminância, Câmera 02, dia 20/01 às 9h: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

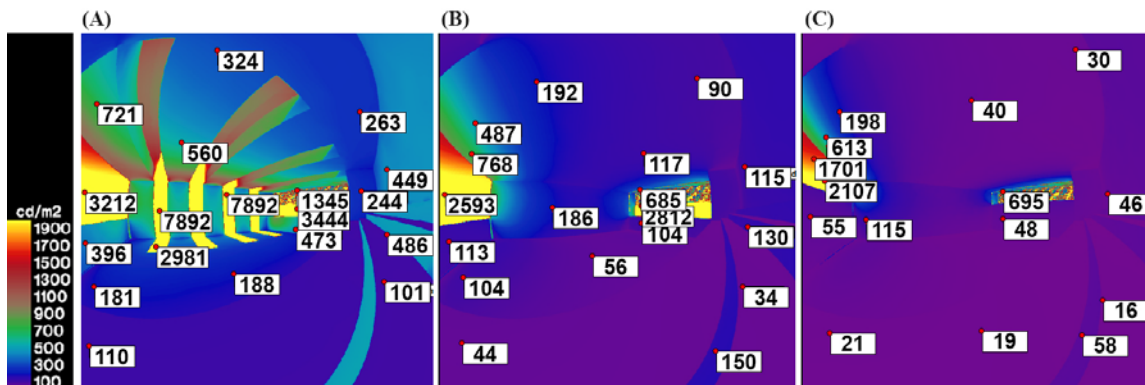


Figura 21: Índices de Luminância, Câmera 03, dia 20/01 às 9h: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

4.5 Annual Glare

Com as interferências de luz solar das aberturas apresentadas pelas máscaras solares e as luminâncias apresentadas, considerou-se avaliar as condições de conforto visual de um usuário para pontos visuais específicos. Utilizando a ferramenta Annual Glare, estes pontos visuais foram simulados nos três modelos para analisar a probabilidade de ofuscamento das aberturas existentes durante todos os dias do ano, de hora em hora.

Observando os resultados gráficos das Figuras 22 e 24 para o modelo representativo MR, Câmeras 01 e 02, existe probabilidade de ofuscamento que ocorre durante todos os meses do ano. Pode-se notar que nos meses de verão a simulação indicou uma probabilidade de ofuscamento intolerável com valores de DGP maiores de 0.45 ou 45% em praticamente todos os horários com presença da luz solar. Para a Câmera 02, porém, essa probabilidade é maior incluindo também alguns meses do outono e da primavera. Já nos meses de inverno o resultado indicou probabilidade de ofuscamento perceptível a perturbador para ambos os casos, variando no intervalo aproximado das 11 às 15 horas.

Dentro dos resultados obtidos pelas simulações, a Câmera 01 dos modelos comparativos MC1 e MC2 não resultou valores de DGP superiores a 0.35 ou 35%, sendo, portanto, considerado probabilidade de ofuscamento imperceptível. O mesmo resultado também ocorreu para a Câmera 02 do modelo comparativo MC2.

Para a Câmera 02 do modelo comparativo MC1, conforme Figura 24, houve probabilidade de ofuscamento perceptível com valores de DGP que variam entre 0.35 ou 35% e 0.4 ou 40% nos meses de inverno, de maio a agosto, no intervalo aproximado das 11 às 14 horas.

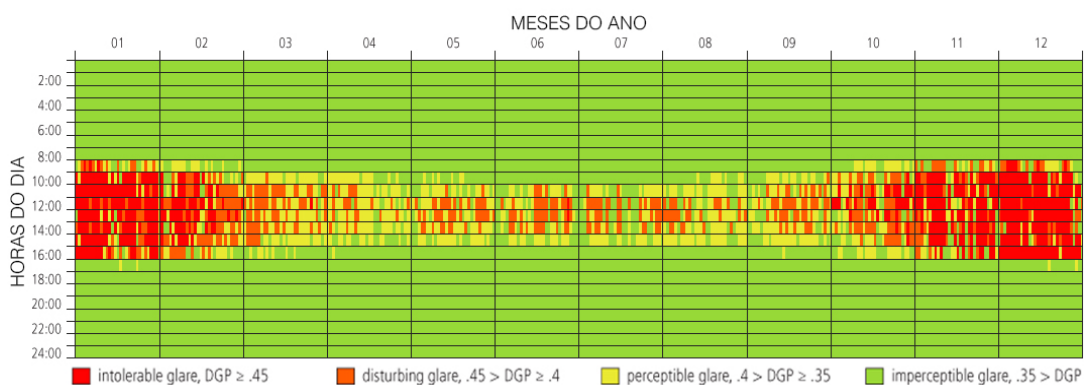


Figura 22: Annual Glare para a Câmera 01, modelo MR.



Figura 23: Annual Glare para a Câmera 02, modelo MR.



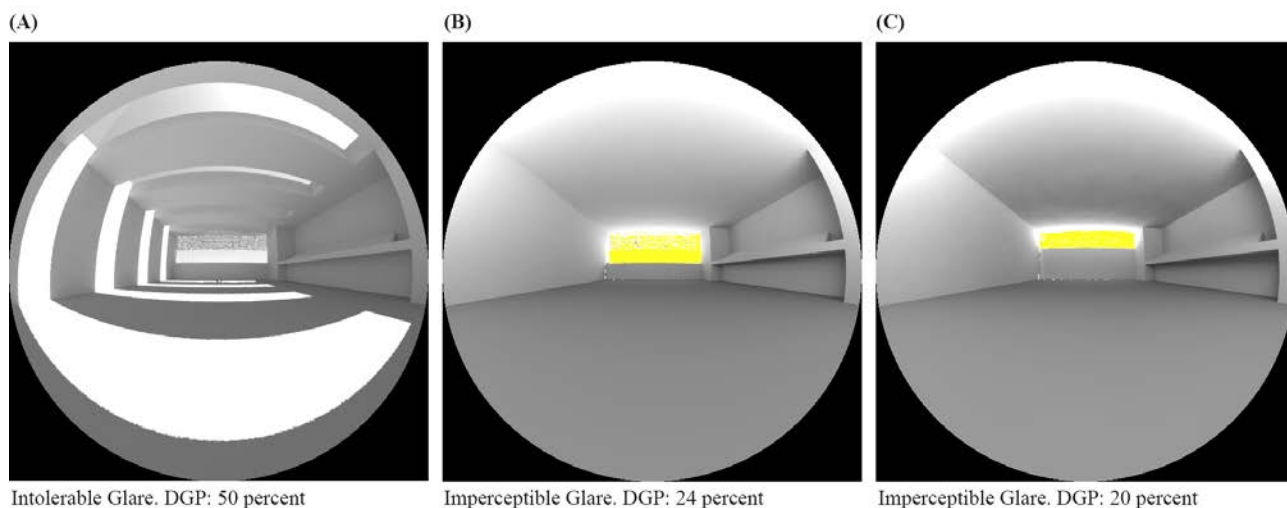
Figura 24: Annual Glare para a Câmera 02, modelo MC1.

4.6 Point-In-Time Glare

A partir dos resultados obtidos com a ferramenta Annual Glare foram definidos dois dias e horários com maior probabilidade de ofuscamento para simular o Point-in-Time Glare.

Portanto, seguindo os resultados obtidos na Figura 23, a Simulação PT1 foi definida para o dia 10 de janeiro às 11 horas e a Simulação PT2 para o dia 10 de junho às 12 horas.

Com base nas imagens geradas pela ferramenta Point-In-Time Glare (Figuras 25 e 26), é possível notar que no modelo representativo MR a probabilidade de ofuscamento é considerada intolerável para as duas simulações, sendo que na primeira simulação PT1 aparece com um valor de DGP de 50%, enquanto na segunda simulação PT2 a probabilidade de ofuscamento é de 100%, conforme Figura 26.

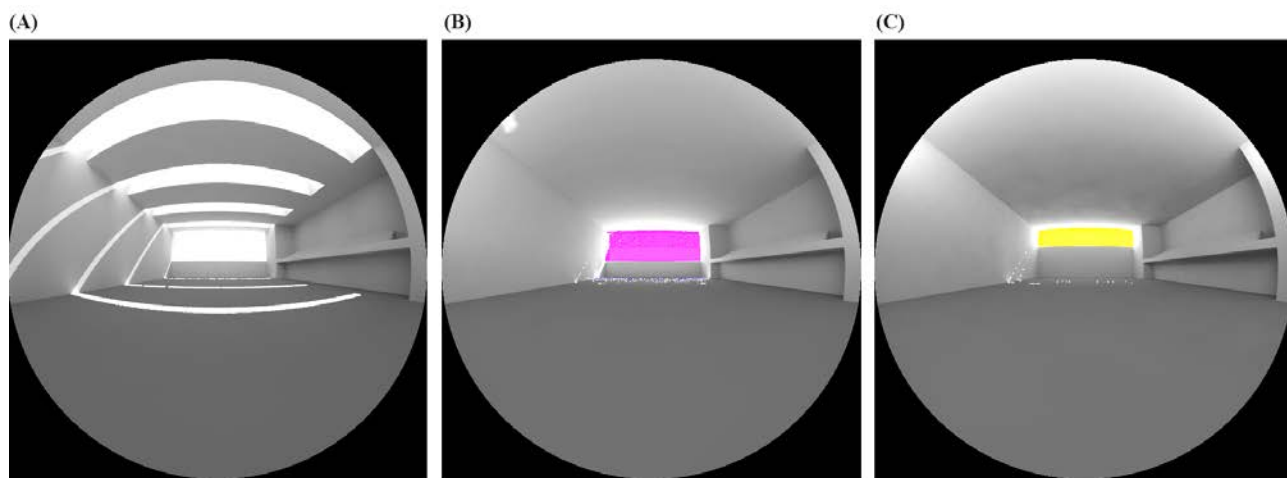


Intolerable Glare. DGP: 50 percent

Imperceptible Glare. DGP: 24 percent

Imperceptible Glare. DGP: 20 percent

Figura 25: Simulação PT1 do Point-in-Time Glare: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.



Intolerable Glare. DGP: 100 percent

Imperceptible Glare. DGP: 29 percent

Imperceptible Glare. DGP: 24 percent

Figura 26: Simulação PT2 do Point-in-Time Glare: (A) Modelo MR; (B) Modelo MC1; (C) Modelo MC2.

Para os modelos comparativos MC1 e MC2 a diferença no índice entre as duas simulações não foi tão grande, variando entre 20% e 29%, sendo, portanto, considerado probabilidade de ofuscamento

imperceptível para todos os casos.

5. CONCLUSÕES

O resultado das simulações feitas nos permite perceber o impacto luminoso que as aberturas zenitais proporcionam ao ambiente.

No modelo representativo MR pode-se notar valores de UDI que excedem os 2.000 lx no ambiente, brilho excessivo e intolerável que indica alta probabilidade de ofuscamento em todo o ambiente, e vários planos com entrada de radiação solar direta indicado através das cartas solares.

Nos modelos comparativos MC1 e MC2 em que não há presença de aberturas zenitais, os valores de UDI se mantiveram entre os 300lx e os 2.000 lx, onde 300lx é o mínimo recomendado pela normatização brasileira. E é possível perceber que a diferença no tamanho das aberturas não impactou significativamente a probabilidade de ofuscamento para o usuário.

Para os dois modelos comparativos a diferença significativa ocorreu nos níveis de luminância do ambiente, a qual se caracteriza pela medição da luz de uma superfície tal como é percebida pelo olho humano. Neste caso, os valores de luminância do modelo comparativo MC1 para o MC2 caem para praticamente a metade do valor inicial na maioria das superfícies.

Com os resultados obtidos, comparativamente entre os modelos simulados, o modelo MC1 é o que melhor atenderia aos parâmetros de iluminação sem prejudicar o conforto visual dos usuários. Essa conclusão só foi possível devido ao processo de simulação computacional da iluminação natural do ambiente. Previamente, sem o uso das simulações, poder-se-ia concluir erroneamente que as aberturas existentes no modelo MC1 causariam uma alta probabilidade de ofuscamento no conforto visual dos usuários devido à grande área e proporção das aberturas, ou também, concluir que as aberturas zenitais não teriam um impacto luminoso tão grande no conforto visual quanto o constatado através das simulações.

Reitera-se, portanto, a importância do processo de simulação em iluminação natural para os ambientes utilizando diferentes plataformas de simulação integradas. Com o uso das simulações computacionais é possível avaliar o projeto em diversos aspectos, inclusive prever os impactos das decisões projetuais antes mesmo de sua execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1. **Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BOGO, Amílcar J. **Metodologia para análise da admissão de luz natural em edificações**. NUTAU 2010. São Paulo, SP, 2010.
- BOYCE, Peter. **Light, sight and photobiology**. Lighting Future, vol.2, n.3. Troy, New York: Lighting Research Center – Rensselaer Polytechnic Institute, 1998.
- CLARO, Anderson. **Método para determinação da Estimativa Anual de Luz Natural utilizando o modelo vetorial esférico para radiosidade**. 2015. Tese do Concurso para Professor Titular do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **O potencial da luz natural na economia de energia elétrica para a iluminação artificial**. Maringá, Revista Tecnológica, 2009.
- REINHART, C. F.; WIENOLD, J. **The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylit spaces**. Building and Environment, n.46, 2011.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelos recursos financeiros aplicados.