



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM CONSTRUÇÃO TOMBADA PELO PATRIMÔNIO HISTÓRICO

Jordana Faria (1); Camila Nascimento (2); Sarah Fernandes (3); Lucas José Moreira (4); Ana Carolina de Oliveira Veloso (5); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (6)

(1) Arquiteta; aluna de disciplina isolada no Curso de Pós Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, jordana.arquitetura@hotmail.com

(2) Graduanda; cursando Arquitetura e Urbanismo pela UFMG, camila.ln92@gmail.com

(3) Graduanda; cursando Arquitetura e Urbanismo pela UFMG, sarah.rm.fernandes@gmail.com

(4) Graduando; cursando Arquitetura e Urbanismo pela UFMG, lucasjmor@gmail.com

(5) Dra, Arquiteta, LABCON-UFMG, acoveloso@gmail.com

(6) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, roberta@arq.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética no Ambiente Construído, Belo Horizonte - MG, Rua Paraíba, 697 – sala 124 - CEP 30130-140, Tel.: (31) 3409 8825

RESUMO

Para que haja um bom desempenho termo-energético de qualquer edificação, é necessário analisar o uso da iluminação natural, uma vez que seu uso influencia não só os aspectos de eficiência energética e sustentabilidade, mas também o bem-estar do usuário. Há hoje um crescimento no reuso de edificações de interesse patrimonial e assim, o presente estudo tem como objetivo analisar o uso da iluminação natural na casa histórica localizada na Avenida Álvares Cabral 414 em Belo Horizonte, Minas Gerais, atual sede do escritório Gustavo Penna Arquiteto & Associados. O centenário do casarão em estilo eclético passou por reformas em seu interior para adaptar-se ao novo uso. Com o objetivo de avaliar a utilização de iluminação natural nesta edificação adaptada, foram realizadas simulações computacionais com os programas Daysim e Relux, bem como medições *in loco* e feitas análises para posterior proposta de intervenção. Foi constatado através do estudo realizado que a qualidade da iluminação no interior da edificação consiste não só na avaliação da quantidade de luz que possui, mas principalmente na adequada distribuição desta de acordo com as necessidades dos espaços.

Palavras-chave: Iluminação Natural; Simulação Computacional; Edifícios Históricos; Eficiência Energética.

ABSTRACT

In order to ensure good thermal-energy performance of any building, it is necessary to analyze the use of natural lighting, since its usage affects not only the aspects of energy efficiency and sustainability, but also the user's well-being. Nowadays, there is an increase in the reuse of heritage interest buildings. This study aims to analyze the use of natural lighting in a historic house located at Alvares Cabral Avenue, 414 in Belo Horizonte, Minas Gerais, and current headquarters of the architecture firm Gustavo Penna Arquiteto & Associados. The centenary house in eclectic style has undergone renovations inside to adapt to its new use. Aiming at evaluating the use of natural lighting in this adapted building, computer simulations were carried out using Daysim and Relux software, as well as measurements on the site and analyzes for later interventions propositions. The study allowed to infer that the quality of a daylighted space is not only due to the amount of light but also to its adequate distribution according to the space needs.

Keywords: Natural Lighting; Computer Simulation; Historic Buildings; Energy Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Percebe-se que, atualmente, o uso da iluminação natural vem ganhando espaço e sendo priorizado em projetos arquitetônicos, sejam estes, residenciais, comerciais ou institucionais. Utilizar a luz natural para iluminar ambientes internos pode trazer benefícios devido à economia de energia elétrica e, também, torna o ambiente mais agradável e confortável gerando bem-estar aos usuários. Além da economia gerada pela redução do consumo de energia com iluminação natural, sabe-se que morar ou trabalhar em ambientes que recebem pouca ou nenhuma quantidade de luz solar pode ser prejudicial à saúde, causando problemas como deficiência de vitamina D e depressão.

Pesquisadoras brasileiras apresentaram uma pesquisa publicada no jornal científico *Chronobiology International* em novembro de 2014 – que envolveu mulheres que trabalham perto de janelas e mulheres que trabalham em ambientes apenas sob iluminação artificial. A pesquisa apontou que o grupo sem contato com a luz natural mostrou níveis mais altos do hormônio cortisol e menor liberação do hormônio melatonina à noite – ou seja, trabalhar em um lugar sem janelas alterou o metabolismo das voluntárias. De acordo com as autoras, essa mudança se relaciona à possibilidade de distúrbios psiquiátricos, depressivos e piora na qualidade do sono (HARB, HIDALGO e MARTAU, 2014).

Atender às necessidades humanas aplicando os conceitos de conforto e sustentabilidade em novos projetos é um desafio para a profissão do arquiteto. Entretanto, este desafio torna-se ainda mais complexo quando se trata das construções existentes e, principalmente, daquelas históricas tombadas como patrimônio. Preservar a fachada e os elementos construtivos desses tipos de construção são os principais obstáculos na tentativa de melhorar o conforto visual de seus usuários. Neste caso, a luz desempenha papel fundamental tanto na percepção visual quanto na conservação dos elementos arquitetônicos. Uma iluminação adequada protege os materiais componentes do espaço e otimiza os atuais usos dos edifícios históricos.

A preocupação e responsabilidade em adaptar a construção antiga às novas diretrizes de conforto é um assunto bastante delicado. Tal pode ser verificado em legislações como o Decreto espanhol 235/2013 “que aprova o procedimento básico para a certificação de eficiência energética dos edifícios” que declara excluída a obrigação de possuir o certificado de eficiência energética os edifícios e monumentos protegidos oficialmente, assim como lugares de culto ou destinados a atividades religiosas. Ironicamente, justamente estes edifícios estão entre os principais consumidores de energia. Esta isenção do decreto se deve ao fato do alto custo para reabilitar as construções e, nem sempre, o resultado ser satisfatório devido aos impedimentos próprios que um edifício tombado possui em relação às modificações (ESPAÑA, 2013)

Felizmente, por se tratar a Espanha de um país consideravelmente antigo e de parte considerável de suas construções serem tombadas, existem novos projetos para tentar reduzir o gasto energético e preservar ao mesmo tempo, o valor cultural, artístico e patrimonial destes imóveis. Um destes projetos é o 3ENCULT “Eficiência Energética para Europa Histórica Cultural” (*Efficient Energy for EU Cultural Heritage*) que conta com a participação de 10 países. Esta iniciativa pretende cobrir o vazio entre a proteção do patrimônio histórico e o respeito ao meio ambiente, com a premissa de que os edifícios, somente se manterão intactos em um entorno limpo - se trata de provar que a eficiência energética é útil tanto para a proteção estrutural, como para o conforto dos usuários. Em março de 2015, os responsáveis por este projeto publicaram um guia de aumento da eficiência energética em edifícios históricos com propostas de reabilitação em fachadas, telhados, iluminação, ar condicionado e integração de energia renovável incluindo modos de diagnosticar e monitorizar os resultados energéticos (3ENCULT, 2016).

Apesar das barreiras encontradas quando o assunto é conforto e sustentabilidade aplicados em construções antigas, temos algumas vantagens em relação aos países nórdicos do globo, pois o Brasil é um país que contribui para a aplicação de iluminação natural, já que as iluminâncias em países tropicais são altas. O presente estudo acontece na capital de Minas Gerais, Belo Horizonte na qual o clima é classificado como tropical com estação seca, próximo do clima subtropical úmido. A cidade apresenta temperaturas médias acima de 18 °C no mês mais frio, e acima de 22 °C no mês mais quente. O inverno é bastante seco e o verão quente e chuvoso. A temperatura é amena durante o ano, variando em média de 18,1 °C a 23,2 °C, sendo a média anual de 21,1 °C (BRASIL, 1992). De acordo com Ferreira e Souza (2006), a cidade possui céus claros nos meses que vão de junho a agosto, correspondendo ao período do inverno e de maior escassez de chuvas. No verão mais chuvoso apenas o mês de dezembro pode ser classificado como possuindo céus predominantemente encobertos enquanto o resto do ano é caracterizado pela presença predominante de céus parcialmente encobertos.

A casa histórica localizada na Avenida Álvares Cabral, 414 em Belo Horizonte, Minas Gerais é sede desde 1974 do escritório de arquitetura Gustavo Penna Arquiteto & Associados. O casarão de estilo eclético passou por reformas em seu interior para adaptar ao novo uso permitindo, assim, uma nova configuração interna. Todavia, seus usuários (dentre os quais 2 autoras do presente artigo) não se sentem totalmente

confortáveis em relação a iluminação natural durante alguns horários do dia. A sala de gerenciamento, situada no segundo pavimento é um dos ambientes desfavorecidos pela iluminação natural, com fachada voltada para o sudoeste, tombada pelo patrimônio não podendo ser modificada – nesta sala, os usuários se queixam de ofuscamento durante a tarde e falta de luz pela manhã. Nas figuras 1 e 2, podemos observar a tipologia da casa e como se dá a configuração de suas janelas. A sala em estudo está indicada na figura 2.



Figura 1 – Fachada do Escritório Gustavo Penna Arquiteto & Associados.

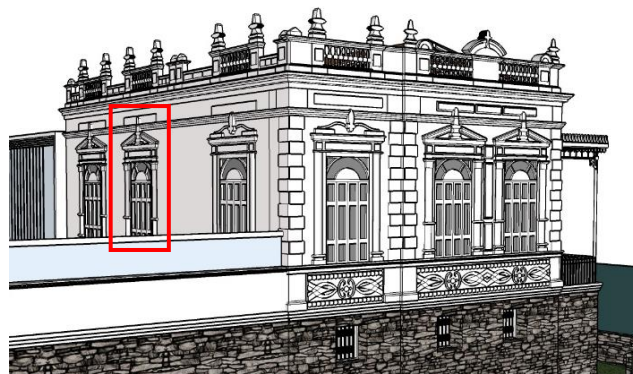


Figura 2 – Imagem do modelo 3D do escritório. Indicação da janela da sala em estudo

Nas figuras 3 e 4, observa-se como se dá a disposição da sala de gerenciamento, de aproximadamente 11m², na qual trabalham 4 pessoas. A carta solar, apresentada na figura 3, indica a direção da fachada voltada para sudoeste e nos mostra claramente a incidência solar entre 12:00 e 18:00 horas durante praticamente todo o ano bem como a não incidência de sol pela manhã.

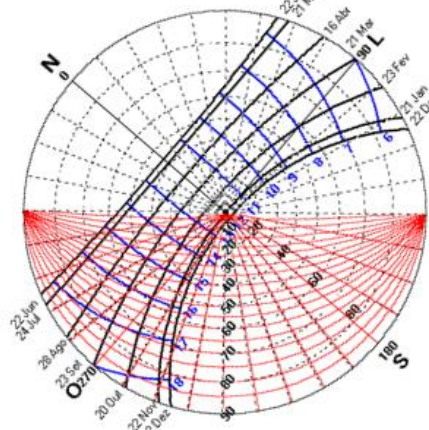


Figura 3 – Carta Solar da Fachada Sudoeste.

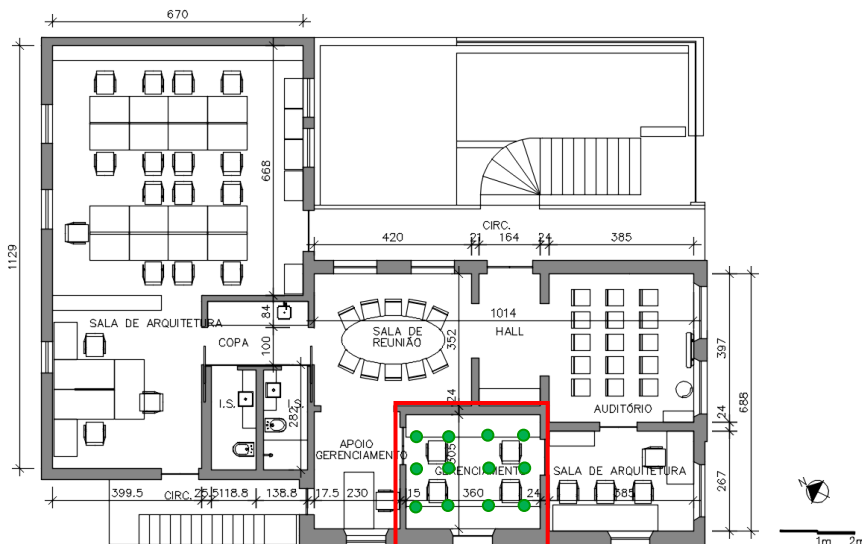


Figura 4 – Planta do segundo pavimento da casa. Indicação da sala em estudo e dos pontos escolhidos para realizar as medições.

A figura 5 mostra o entorno imediato da edificação. A edificação contígua a esta possui mesma altura não sendo uma barreira para a entrada de luz natural na edificação. As edificações de maior porte encontram-se afastadas da fachada em estudo causando pouca interferência na mesma.

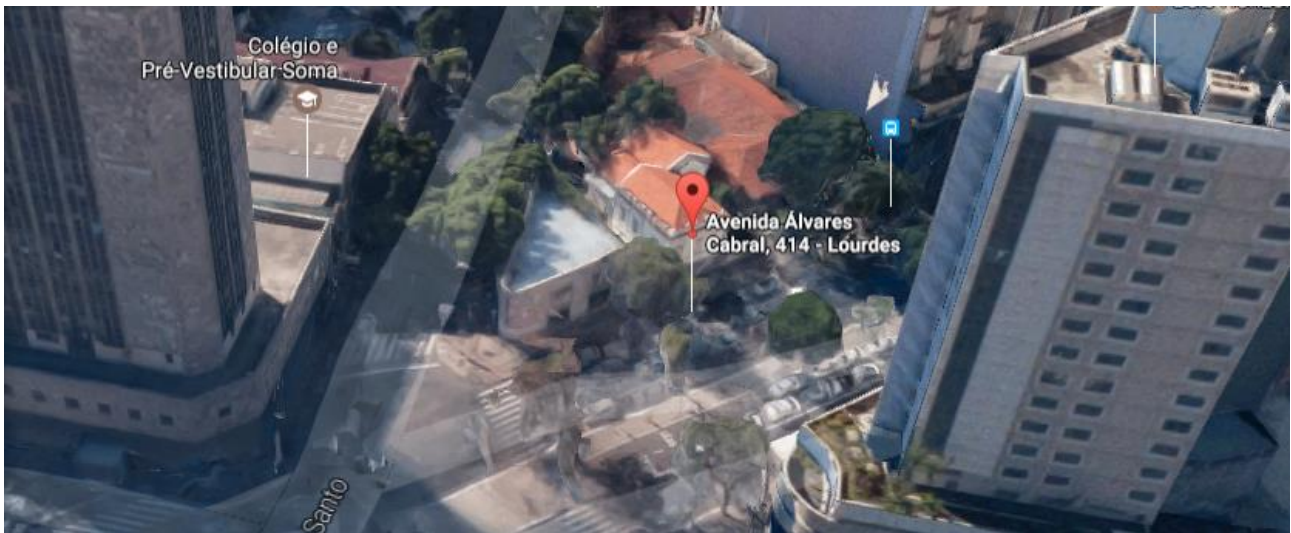


Figura 5 – Vista do entorno da edificação em estudo. Fonte: GoogleMaps, maio de 2017.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo analisar as condições de iluminação interna de edifício histórico tomando como estudo de caso um dos ambientes de trabalho do escritório de arquitetura Gustavo Penna Arquiteto & Associados, na cidade de Belo Horizonte, MG. Propõe-se verificar se este atende a métricas para análise de desempenho luminoso para um ambiente de trabalho e a criação de soluções pertinentes para os problemas encontrados.

3. METODOLOGIA

Para compreender como se comporta a iluminação natural nos horários de trabalho do ambiente a ser estudado, foi feita simulação estática, por meio do programa Relux em um dia considerado representativo, e foi feita simulação dinâmica, por meio do programa Daysim, para entender como a iluminação natural se comporta durante o ano todo e também foi realizada medição *in loco*, através de luxímetro. Os procedimentos serão detalhados a seguir, assim como as normas e padrões de referência utilizados.

3.1. Medição *in loco*

Para uma melhor compreensão da situação do espaço estudado foi realizada uma medição *in loco* das iluminâncias nos planos de trabalho. O aparelho utilizado para essa medição foi o luxímetro MINIPA.

Para a realização da medição *in loco*, a sala de estudo foi dividida em 16 partes iguais. No dia 28 de setembro de 2016, nos horários de 9:00h, 12:00 e 15:00, foi realizada a coleta de dados centros destas divisões, de forma a coincidir com os pontos calculados na simulação computacional Daysim. As medições foram realizadas simultaneamente ao nível de iluminância externa de acordo com o recomendado pela norma NBR 15.215-4 (2005).

3.2 Avaliação da iluminação natural – análise estática

O RELUX é um dos programas de simulação utilizados no planejamento de iluminação. Com este software é possível simular espaços internos e externos com aplicações de iluminação artificial usando o programa RADIANCE. Pode-se também simular a luz do dia para espaços internos gerando resultados que podem auxiliar na avaliação do atendimento às normas de iluminação.

Foi desenvolvido pelo Relux Informatik AG, com sede na Suíça. É uma empresa envolvida no desenvolvimento, produção e distribuição, planejamento de iluminação e apresentação do produto software (RELUX, www.relux.biz). Para a realização da simulação, foi necessária a modelagem do espaço no próprio programa, considerando o entorno imediato existente. Após a modelagem e sua configuração, conforme instruções disponíveis do site oficial do programa, foi possível obter resultados gráficos.

Para este estudo, foram analisados: Iluminância para céu encoberto e para céu limpo nos horários de 9:00, 12:00 e 15:00, do dia 28/09 de forma a coincidir com o dia de medição *in loco*. As refletâncias foram

definidas como padrão valores recomendados pela NBR ISO CIE 8995/13 (ABNT, 2013) (ver figura 7): nas paredes 50%, no teto 70% e no piso 30%. O vidro com película foi estimado com transmissividade de 70%.

3.3 Avaliação da iluminação natural – análise dinâmica

O programa Daysim, foi desenvolvido pelo *National Research Council Canada* (NRCC) e foi elaborado com o intuito de calcular as iluminâncias de maneira dinâmica por um período de um ano (REINHART, 2006). Para a realização da simulação modelou-se o ambiente no SketchUp (versão 8.0), considerando-se o entorno existente. O próximo passo foi a alteração dos materiais para os da biblioteca no programa Daysim utilizando-se os mesmos valores de refletância e transmissividade descritos no item anterior.

3.4. Métricas utilizadas

O parâmetro escolhido para a análise das simulações realizadas foi a quantidade mínima de iluminância em mesas de trabalho que apesar de ser de 500 pela NBR ISO CIE 8995/13 (ABNT,2013) para iluminação artificial, foi considerada como 300 lux para iluminação natural, pois de acordo com Mardaljevic *et al.* (2011) valores acima de 300lux são frequentemente percebidos por ocupantes de escritório como desejáveis até um certo limite e é menos provável que a iluminação artificial seja acionada quando há valores superiores a 300 lux no ambiente.

Além disso, este estudo avaliará os resultados sob a métrica Autonomia Espacial de Iluminação Natural com limite mínimo de 300 lux em 50% da área do ambiente de 8:00 às 18:00 considerando ajustes para a longitude e para o horário de verão. O desempenho de uma determinada área pode ser considerado “aceito” se $sDA \geq 55\%$ ou “preferido” se o $sDA \geq 75\%$. Para o presente estudo se avaliará se o ambiente atende o desempenho tido como “aceito” ($sDA_{300,50\%} \geq 55\%$, IES LM 83-12).

Estes limites de $sDA_{300,50\%}$ foram estabelecidos através de uma investigação de preferência de usuários em escritórios de planta aberta, salas de reunião, salas de aula, halls de entrada de edificações públicas e de espaços públicos em bibliotecas nos Estados Unidos em latitudes entre 37°N e 48°N e a IES considera que estas preferências possam ser estendidas para áreas de mesmas tarefas visuais (IESNA, 2012).

Conforme o LEED v4 (USGBC, 2014), observar-se-á ainda o atendimento a valores de iluminância entre 100 e 2.000 lux consideradas pelo sistema como iluminâncias úteis. De acordo com o Referencial de avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício – Edifícios Não Residenciais, do AQUA (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016) haverá ofuscamento acima de 2.000 lux e, portanto, valores acima de 2000 serão considerados no presente artigo como passíveis de causar ofuscamento.

3.5. Proposta de melhoria

A partir da análise das métricas utilizadas, serão avaliadas soluções para a melhoria da qualidade da iluminância interna do ambiente selecionado respeitando os limites existentes para uma edificação tombada. Tal será feito com elementos que não gerem interferência na fachada da edificação.

4. RESULTADOS

4.1. Avaliação da medição *in loco*

De acordo com o gráfico da figura 6, apenas 37,5% dos pontos do ambiente possuem iluminação adequada entre os níveis de 300 lux e 2000 lux. Observou-se no dia de medição que na maior parte do ambiente, a iluminância inferior a 300 lux, no horário de 9:00 horas da manhã e, assim, considera-se que o ambiente não atende o mínimo de iluminação natural exigido. Neste período não houve indicação de existência de ofuscamento no ambiente.

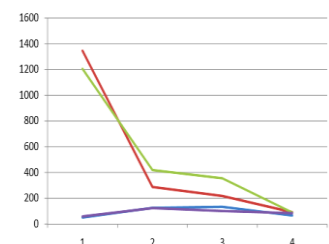


Figura 6. Medição *in loco* nos pontos escolhidos - 9h

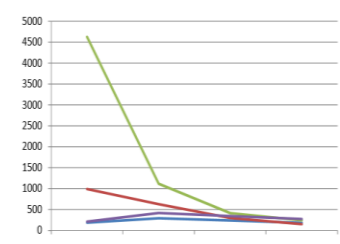


Figura 7. Medição *in loco* nos pontos escolhidos - 12h

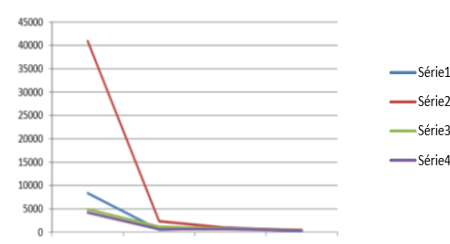


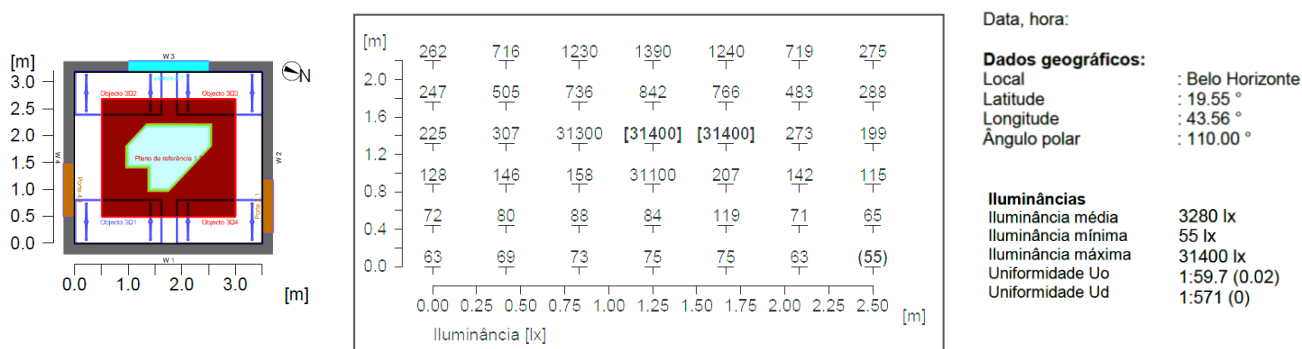
Figura 8. Medição *in loco* nos pontos escolhidos - 15h

Já nas figuras 7 e 8 podemos observar elevados níveis de iluminância nos horários de 12 horas e de 15 horas, principalmente neste último horário, chegando a 42.000 lux em alguns pontos da sala, próximos à janela o que indica que há grande probabilidade de ofuscamento. No período de 12:00 horas a iluminação é considerada adequada em apenas 43,75% da sala. Já às 15:00 horas, 68,75% dos pontos medidos atendem aos limites estabelecidos de iluminação, apesar de se notar em certos pontos do ambiente elevados valores de iluminância o que indica a provável presença de ofuscamento. Esta grande variação de iluminâncias em um mesmo momento, gera altos níveis de contraste do ambiente, trazendo desconforto visual aos usuários.

4.2. Avaliação da iluminação natural interna pelo programa Relux

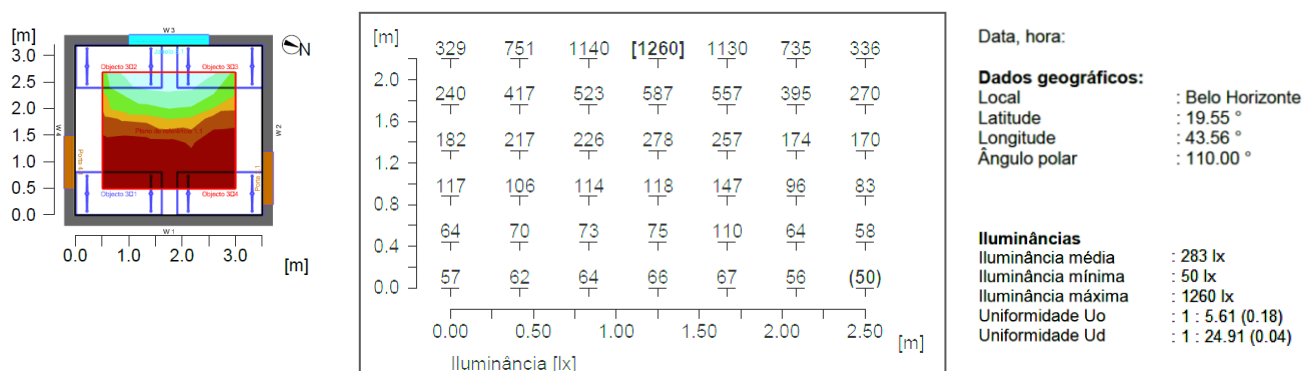
As simulações no programa Relux foram feitas para céu limpo e encoberto em 3 horários do dia. Nas figuras 15 e 16 serão apresentados os resultados mais significativos para a pesquisa.

Na figura 9, apresentam-se os resultados para 15:00, céu limpo, e percebe-se que grande parte do ambiente apresenta valores inferiores a 300 lux, ou seja, 67% do ambiente apresenta valores considerados inadequados para ao trabalho em escritório ao longo do ano, porém, nota-se que há uma mancha de sol que penetra o ambiente, o que faz registrar em 33% dos pontos analisados valores superiores a 300 lux, chegando-se a registrar valores superiores a 30.000lux. Considera-se, portanto, alta a probabilidade de gerar-se ofuscamento para os trabalhadores deste ambiente sob este tipo de céu no dia analisado.



Figuras 9. Simulação Relux: Iluminância 15:00 horas. Céu Limpo

Na Figura 10, apresentam-se os resultados para 15:00, sob céu encoberto. Sob este tipo de céu houve uma melhor distribuição da luz, não havendo a presença de níveis de iluminância tão elevados como no caso anterior. Porém percebe-se uma gradativa diminuição da luz, no sentido janela – interior. Registrando que apenas 28% dos pontos do ambiente possuem uma iluminação superior aos 300 lux indicados ao longo do ano.



Figuras 10. Simulação Relux: Iluminância 15:00 horas. Céu Encoberto

A figura 11, mostra o ambiente às 9:00 horas para céu encoberto, em que apenas 28% do ambiente possui valores superiores a 300 lux. Às 12:00 para este mesmo tipo de céu (figura 11) apresenta 45% dos pontos do ambiente com iluminância superior aos 300 lux.

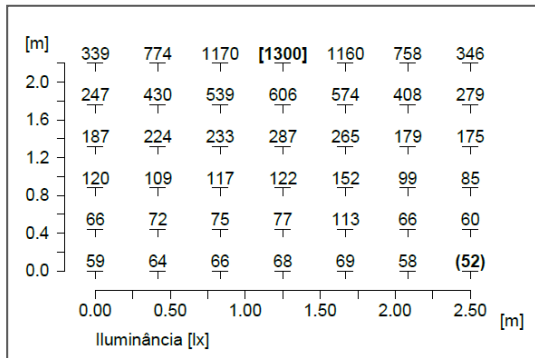


Figura 11. Iluminância 9:00 horas. Céu Encoberto

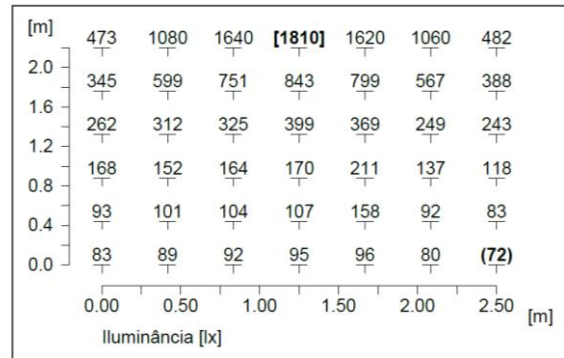


Figura 12. Iluminância 12:00 horas. Céu Encoberto

De forma geral a análise para o dia 28/09 pelo programa Relux indica não se atinge 55% da área do ambiente com níveis mínimos de 300 lux, o que parece indicar que ao longo do ano a métrica de sDA almejada pode não ser atingida.

4.3. Avaliação da iluminação natural interna ao longo do ano - Daysim

Foram feitas três simulações entre 8:00 e 18:00 do ambiente utilizando-se o programa Daysim, a primeira referente à métrica sDA 300,50% $\geq 55\%$, a segunda referente à avaliação do percentual do tempo e do ambiente em que são registrados valores superiores a 2.000 lux, indicando a presença de possível ofuscamento e a terceira para verificar o percentual do tempo em que valores considerados adequados para execução de tarefa visual (entre 100 e 2000 lux).

De acordo com a simulação da figura 12, pode-se observar que apenas 52% do ambiente tem iluminação em pelo menos 50% do tempo ao longo do ano maior que 300 lux, índice próximo, mas inferior ao da métrica sDA 300,50% $\geq 55\%$.

Podemos observar na figura 13 que existem áreas próximas à janela com níveis de ofuscamento consideráveis em aproximadamente 20% do tempo de uso do ambiente. Estes pontos correspondem a 12% da sala. Como se trata de um ambiente pequeno, mesmo este percentual sendo baixo, considera-se que a presença de excesso de luz, especialmente causada pela luz solar direta, afeta diretamente a qualidade visual do espaço e o conforto dos usuários. Já as demais regiões da sala se encontram em uma situação diferente, sem altas quantidades de iluminância, podendo inclusive ter em horários isolados baixa quantidade de luz.

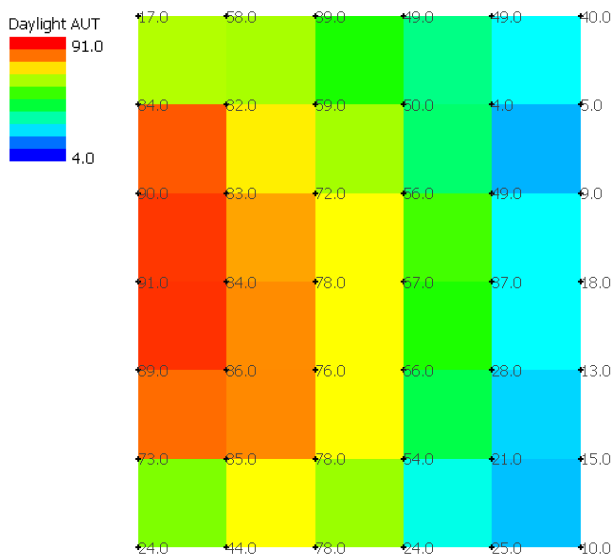


Figura 13. Simulação Daysim: Acima de 300 lux. Janela na lateral esquerda da imagem

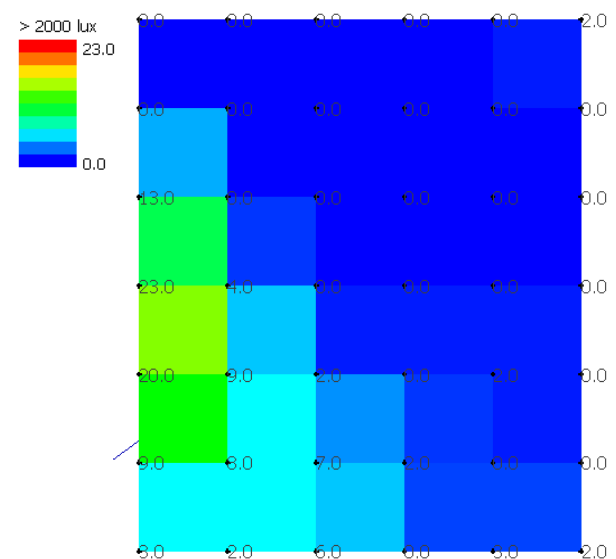


Figura 14. Simulação Daysim: >2000 lux. Janela na lateral esquerda da imagem

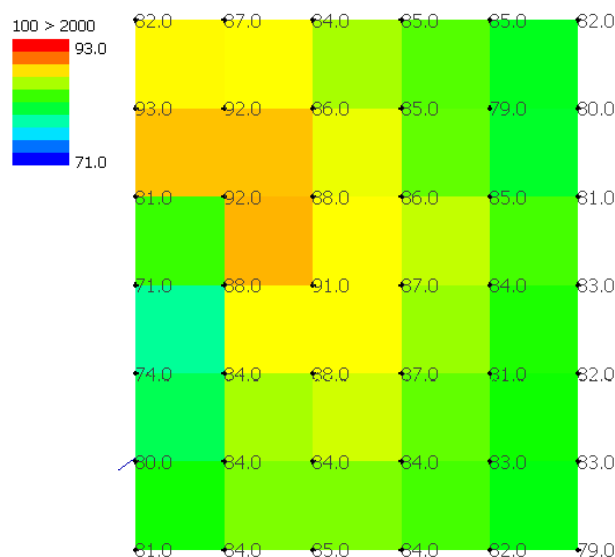


Figura 15. Simulação Daysim: de 100 à 2000 lux. Janela na lateral esquerda da imagem

Já a figura 14, que apresenta os níveis de iluminância entre 100 lux e 2000 lux, mostra que 100% da sala atende este mínimo e máximo de iluminância durante o ano em pelo menos 50%. Tendo suas variações controladas pela média.

4.4. Propostas de melhoria do ambiente

Por se tratar de bem tombado pelo patrimônio histórico, existem limitações quanto à realização de alterações no exterior do edifício. Foram feitas simulações em que foram exploradas opções para a melhoria do ambiente lumínico do espaço: prateleira de luz reflexiva, brise interno, shed e tela solar. A tabela 1 apresenta os resultados e a avaliação do atendimento das métricas estabelecidas no que tange a resolução dos problemas de conforto visual do ambiente em estudo.

Tabela 1. Tabela com resultado das propostas.

Estratégia	Análise do Resultado	Atendimento às métricas estabelecidas
01 Prateleira reflexiva	Não melhora o ofuscamento e diminui um pouco o contraste.	Continua não atendendo 50% do tempo os 300 lux nos locais onde não havia iluminação suficiente
02 Brise horizontal	Tornou o ambiente mais escuro	0% do ambiente atende os 300 lux em pelo menos 30% do tempo.
03 Prateleira refl. + Brise	Melhoria das áreas escuras, porém ainda existe ofuscamento no ambiente.	Alterações consideradas pouco significativas
04 Shed	Melhora o contraste e ilumina áreas escuras, porém não controla o ofuscamento.	Mais de 50% do tempo atende os 300 lux em 100% da sala. Situação atual: 50% da sala atende no período crítico.
05 Shed + Brise	Maior melhoria no controle do ofuscamento e diminuição do contraste.	100% do ambiente sem presença de ofuscamento. Na situação atual 71% do ambiente possui presença de ofuscamento em pelo menos 20% do tempo.
06 Tela Solar	Elimina o ofuscamento, porém escure o ambiente.	100% do ambiente sem ofuscamento. 100% do ambiente não entende os 300 lux.
07 Shed + Tela Solar	Acaba com o ofuscamento, porém ainda é pouco satisfatório para iluminância mínima.	97% da sala sem ofuscamento. 26% do ambiente atende 300 lux em mais de 50% do tempo
08 Shed+Tela+ Prateleira	Acaba com o ofuscamento e atende a iluminância mínima satisfatoriamente.	89% da sala sem nenhum ofuscamento e 11% com no máximo 5% do tempo de ofuscamento. 77% da sala atende pelo menos 50% do tempo o mínimo de 300 lux.

*As simulações acima foram feitas pelo programa Daysim entre 15:00 e 16:00 horas. A escolha do programa se deu pelo fato de maior flexibilidade de modelagem das estratégias e o horário pelo fato de ser o mais crítico no que concerne ao contraste a presença de ofuscamento.

Após as análises realizadas, conclui-se que a estratégia 8 é a melhor maneira de adaptar o ambiente para melhor conforto de seus usuários, seria a instalação de uma prateleira reflexiva e de um rolo tela solar, além de criar uma abertura zenital em forma de shed.

As opções de cortina com tela solar que atendem a proposta são a Cortina Solar 10% cor creme da marca Hunter Douglas, a Tela Solar 15, cor branco gelo da marca Aluflex e a Tela Solar 25, cor branco ou Champagne, marca Aluflex.

De acordo com a figura 19, 76% do ambiente atende o mínimo de 300 lux em pelo menos 50% ao longo do ano, contra 52% da situação atual.

Já na figura 20, nota-se que o problema de ofuscamento foi praticamente resolvido, já que 88% da sala não possui iluminâncias maiores que 2000 lux e, nos demais pontos da sala, o percentual de ocorrência é considerado pouco significativo.

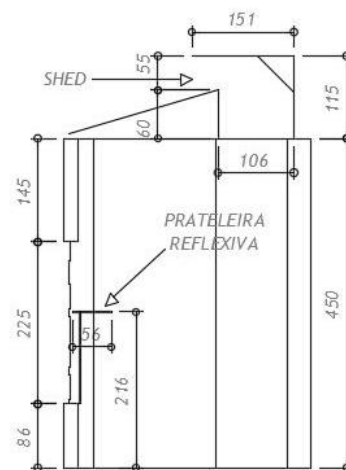


Figura 16. Corte esquemático da proposta.

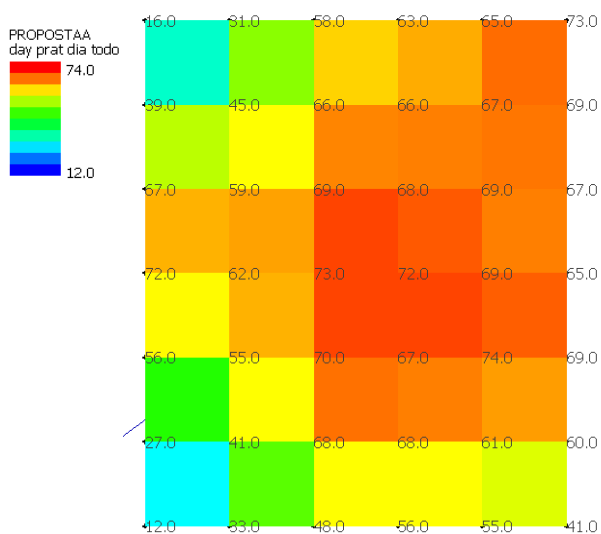


Figura 17. Estratégia 8 - Simulação Daysim: Daylight Autonomy >300 lux

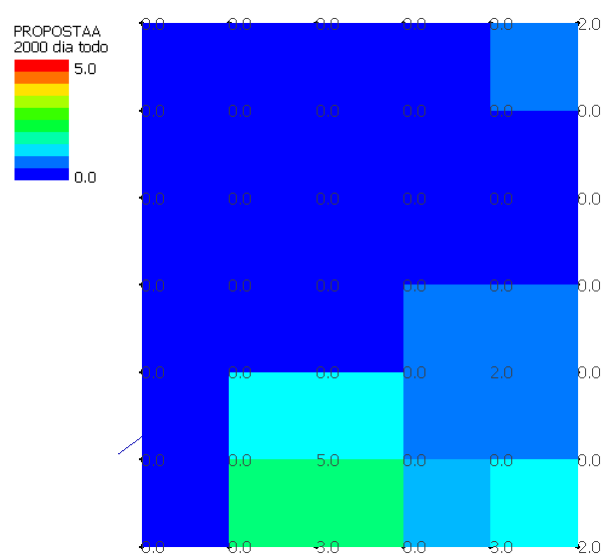


Figura 18. Estratégia 8 - Simulação Daysim: >2000 lux

5. CONCLUSÕES

Em uma edificação tombada foram realizadas medições *in loco* e também simulação de iluminação natural estática através do Relux, analisando um ambiente em momentos do dia que possuem problemas contrários (pouca luz pela manhã e excesso de luz à tarde). Estes estudos permitiram quantificar problemas percebidos pelos usuários: a partir da utilização de análises pontuais, de horários críticos, foram identificadas deficiências mais graves do ponto de vista da iluminação às 9h e às 15h horas, com ausência de luz e ofuscamento, respectivamente. Para análise do comportamento do ambiente ao longo do ano foi então feita simulação utilizando o software Daysim, que gera uma análise dinâmica de iluminação para o ambiente em questão. Os resultados obtidos através desse estudo, se mostraram genéricos quando foram analisadas as médias de iluminância anual durante todo o dia e em todo ano, ocultando informações relevantes sobre possibilidade de desconforto visual como as obtidas nas duas primeiras análises, mas permitiram avaliar o comportamento padrão do ambiente ao longo do ano. Considera-se, portanto, fundamental que sejam feitas avaliações tanto dinâmicas quanto estáticas de um ambiente para melhor apreensão de seu comportamento.

Ao confrontar os dados qualitativos, obtidos através das entrevistas, e quantitativos, gerados pela utilização do software Daysim, foi possível diferenciar os ambientes sob a ótica do conforto visual, considerando as necessidades do usuário e foi constatado que a qualidade da iluminação no interior de uma edificação consiste não só na quantidade de luz que possui, mas principalmente na adequada distribuição desta de acordo com as necessidades dos espaços. A simulação de diversas estratégias para o controle da

iluminação e solução dos problemas encontrados permitiu que se chegasse a uma solução ótima, levando em conta as limitações apresentadas pelo objeto de estudo, uma edificação tombada pelo patrimônio histórico no qual intervenções nas fachadas não são permitidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3ENCULT, Efficient energy for EU cultural heritage, <http://www.3encult.eu/en/project/welcome/default.html>. Acessado em 30 de outubro de 2016.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR15.215-4 - Iluminação natural - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, ABNT, 2005
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR ISO/CIE 8995:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.
- AMARAL, Vanine B; CABÚS, Ricardo C. Iluminando A Igreja Matriz Do Pilar - AI. ENTAC 2006. Brasil, 2006.
- BRASIL (Ministério da Agricultura e Reforma Agrária - Departamento Nacional de Meteorologia - DNMET). Normais Climatológicas (1961-1990). Brasília, DNMET, 1992.
- Cortina Rolô. Disponível em: <<http://www.aluflex.com.br/rolo.htm>>. Acessado em 30 de Outubro de 2016.
- Cortina Rolô. Disponível em: <http://www.hunterdouglas.cl/sb/uploads/editor/images/text/rolo_columbia.pdf>. Acessado em 30 de Outubro de 2016.
- Energy Efficiency and Renewable Energy. Building Technologies Program - Weather Data. Disponível em: <www.eere.energy.gov/buildings/EnergyPlus>. Acesso em outubro 2016.
- Encontra Minas Gerais, Disponível em <<http://www.encontraminasgerais.com.br/sobre-belo-horizonte.htm>>. Acessado em 30 de Outubro de 2016.
- Eficiência, Disponível em <<https://www.eseficiencia.es/articulos/idi-para-lograr-la-eficiencia-energetica-del-patrimonio-historico>>. Acessado em 30 de Outubro de 2016.
- ESPAÑA, Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, 2013.
- FERREIRA, Flávia F., SOUZA, Roberta V.G, Determinação de céus típicos para Minas Gerais – Metodologia de obtenção a partir de dados simplificados, ENTAC 2006, Florianópolis, 2006
- FUNDAÇÃO VANZOLINI, Referencial de Avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício – «Edifícios Não Residenciais», http://vanzolini.org.br/aqua/wp-content/uploads/sites/9/2015/11/RT_AQUA-HQE-Edificios_ nao-residenciais-2016-04.pdf , 2016.
- HARB, Francine; HIDALGO, Maria Paz; MARTAU, Betina. Lack of exposure to natural light in the workspace is associated with physiological, sleep and depressive symptoms. Chronobiology International. v. 7, p. 1 - 8, 2014.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. IES LM 83-12: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, 2012.
- Jornal El Mundo, Ocho de cada 10 edificios en España 'pierden energia Disponível em <<http://www.elmundo.es/economia/2015/05/19/555a2d67268e3e37748b459e.html>>. Acessado em 2 de Outubro de 2016.
- MARDALJEVIC, John ANDERSEN, Marilyne; ROY, Nicolas; Christoffersen, Jens I. Daylighting metrics for residential buildings. In: Proceedings of the 27th Session of the CIE, 2011.
- O Globo, Disponível em <<http://oglobo.globo.com/rio/vereadores-decidem-que-camara-do-rio-vai-mudar-de-endereco-7834334>>. Acessado em 30 de Outubro de 2016.
- Projeto reduz consumo energético de edificios históricos. Disponível em <<http://defender.org.br/tag/edificioshistoricos/page/2?print=print-page>>. Acessado em 11 de Outubro de 2016.
- REINHART, Christoph F. Tutorial on the use of Daysim Simulations for Sustainable Design. Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, Ottawa, Canada, ago. 2006.
- Revista Época, Disponível em < <http://epoca.globo.com/vida/noticia/2014/12/persianas-fechadas-bfalta-de-luz-natural-no-trabalho-pode-fazer-mal-para-cabeca.html>>. Acessado em 11 de Outubro de 2016.
- SOUZA, L.A.C. (1994), A Importância da Conservação Preventiva. Revista da Biblioteca Mário de Andrade, v.52 p. 87-93. 20 minutos. Disponível em <<http://www.20minutos.es/noticia/2466072/0/eficiencia-energetica/viviendas-espana-suspende/84-edificios/>> Acessado em 15 de Outubro de 2016.
- USGBC, United States Green Building Council, LEED v4 para operação e manutenção de edificios <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-ebom-rating-system-portuguese>, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG pelos recursos financeiros aplicados no projeto e à CAPES por bolsa de produtividade.