# ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO NATURAL EM AMBIENTE DE TRABALHO EM EDIFICAÇÃO HISTÓRICA[1]

BARASUOL, F., Universidade Federal de Pelotas, email: nanda.barasuol@gmail.com; CORREA, C., Universidade Federal de Pelotas, email: celinab.sul@terra.com.br; MOURA, P., Universidade Federal do Rio Grande, email: pwmoura@yahoo.com.br

## ABSTRACT

*The use of natural lighting in work environments, in addition to the benefits of energy efficiency, is essential for user well-being and quality of work. In historical buildings, where interventions are controlled or prohibited, the adaptation of lighting to the demand for new uses is necessary and complex. This work aims to evaluate the natural light conditions in a technical work environment in a historical heritage building in Bagé, RS, so that solutions or adjustments can be increased. The methodology used was computer simulation of the ambient illuminances through the program Rhinoceros and plugin DIVA, in pre-established days and times, in addition to dynamic simulations. Structured interviews with users of the environment were carried out. There were spots with high illuminances and light with potential for brightness at certain times causing users dissatisfaction, keeping the windows closed. In contrast, often the amount of light has not reached the minimum levels of illumination required by the current standard. Due to the historical characteristics, no change in facade was considered. The need for adjustments such as the replacement of colors, the use of internal blinds and the awareness of the importance of sunlight and the control of artificial light are confirmed.*

***Keywords**: Daylighting. Computational simulation. Glare. Historic building.*

## 1 INTRODUÇÃO

A qualidade do trabalho tem relação direta com as condições de conforto do ambiente que o abriga. Em um projeto onde há a possibilidade de, partindo do novo, dimensionar e posicionar aberturas e sistemas para inserção da luz natural de acordo com o uso do espaço, mobiliário, perfil dos usuários, a possibilidade de acerto é facilitada. Por outro lado, em edificações tombadas ou de grande valor arquitetônico, levando em consideração o seu grau de proteção, apenas mínimas ou até mesmo nenhuma intervenção é permitida, principalmente no que se refere à fachada das mesmas. Muitas vezes torna-se necessária e complexa a adequação de edificações históricas às necessidades de iluminação que seus novos usos exigem. É sabido que a luz é um elemento imprescindível para o processo de visão do homem, e exerce efeitos biológicos e psicológicos sobre ele. A partir dessas observações buscou-se conhecer as condições de iluminação natural em um exemplar do patrimônio arquitetônico de Bagé, cidade do interior do RS.

[1] BARASUOL, F. , CORREA, C., MOURA, P. Analise das condições de iluminação natural em ambiente de trabalho em edificação histórica . In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

A edificação encontra-se na área central da cidade, abriga a Prefeitura Municipal e o ambiente de estudo escolhido foi a área dos técnicos de engenharia e arquitetura, situada na parte térrea da edificação, que possui 06 (seis) aberturas com orientação Norte e Leste. Segundo relatos dos usuários do local, em muitos momentos do dia, se as janelas são mantidas abertas, ocorrem reflexos e ofuscamento, assim como desconforto térmico. Esse problema é especialmente relevante em um local usado por técnicos que projetam, desenham no computador e precisam de concentração ao longo de sua jornada laborativa.

Figura 01 – Prefeitura Municipal de Bagé



Fonte: Jornal Minuano (2017)

Frente à importância histórica da edificação e sua impossibilidade de alteração de fachada para controle da luz solar, o objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de iluminação natural existentes nessa edificação, no que diz respeito à opinião do usuário e às demandas técnicas para o trabalho ali realizado, para que se proponha alternativas para solução ou adequação das dificuldades encontradas.

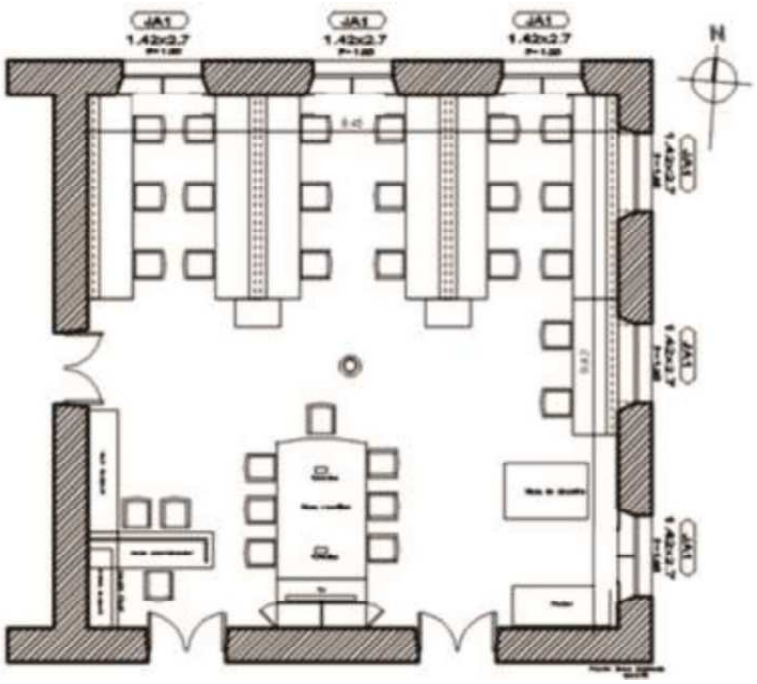
## 2 METODOLOGIA

A metodologia usada nesse trabalho caracterizou-se pela avaliação das iluminâncias do ambiente estudado através de simulação computacional realizada com o programa Rhinoceros e o plugin DIVA, em regime estático e dinâmico.

A simulação estática foi realizada para os dias de solstícios de inverno e de verão, e equinócios, nos horários das 8:00 às 18;00 em intervalos de duas horas. Os resultados de iluminância encontrados foram contrastados com os requisitos da norma ABNT NBR-ISO 8995-1, que fixa níveis de iluminância mínimo para os interiores de ambientes de trabalho. Os dados de iluminância também permitiram uma análise derivada, de possibilidade de ofuscamento por saturação, considerando-se que iluminâncias superiores a 2.000 lux podem causar ofuscamento (Nabil e Mardaljevic, 2006; IESNA, 2011).

Também foi observada a probabilidade de ofuscamento com base no índice DGP, que representa a resposta do usuário em relação à percepção do ofuscamento (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006). Valores de DGP menores que 0,35 são imperceptíveis; de 0,35 a 0,40 perceptíveis; de 0,40 a 0,45 desconfortável e maiores que 0,45 intoleráveis (JAKUBIEC; REINHART,2012). Calculou-se a uniformidade da iluminância da tarefa, considerando-se adequada quando maior ou igual a 0,7. Nas simulações dinâmicas, os parâmetros avaliados foram a automonia de iluminação natural (DA), e a Iluminância útil da luz natural (UDI).
Procedeu-se a aplicação de questionários estruturados, baseado em Signorini, 2014, como forma de avaliar a iluminação pela ótica do usuário. Finalmente, foram analisados os resultados e propostas adequações e melhorias, levando em consideração as características da edificação e as restrições estabelecidas pela legislação local.

Figura 02 – Planta Baixa da Sala Técnica




Fonte: Arq. Sandro Martinez - GePlan Bagé (2018)

O ambiente estudado consiste em uma sala onde trabalham diariamente e simultaneamente, aproximadamente 18 pessoas. O ambiente possui piso e mobiliário em madeira de tom claro, forro na cor marrom escuro e paredes na cor creme claro. O pé-direito é de 5,60m.

Figuras 03 e 04– Fotos internas do ambiente



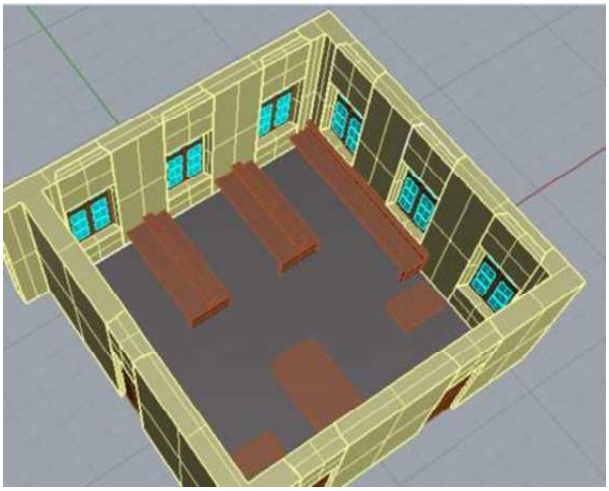


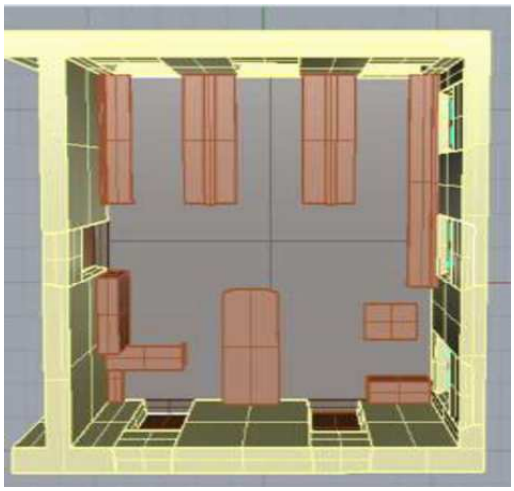
Fonte: Arq. Nicole Bergamo - GePlan Bagé (2018)

## 2.1 Análise da iluminação natural utilizando o programa Rhinoceros e o plugin DIVA

Primeiramente foi desenvolvida a modelagem do ambiente através do programa Sketchup, e exportada para o programa Rhinoceros, onde foram inseridas as características dos materiais e cores que conformam o espaço interno.

Figuras 05 e 06– Modelagem do ambiente em estudo





Fonte: Modelagem desenvolvida pela autora (2018)

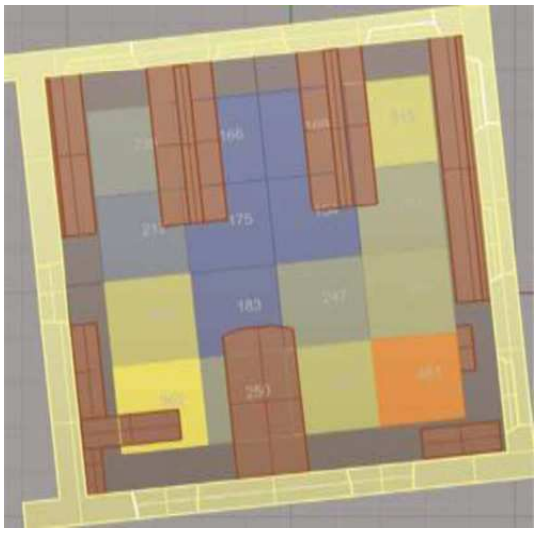
O dado de iluminância inserido foi de 500 lux, definido pela norma ABNT NBR ISO 8995-1 – Iluminância em ambientes de trabalho (interior), para a atividade.
Foram determinados 16 pontos de análise no ambiente de estudo, segundo orientação da ABNT NBR 15215-4 - Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações.

## 3 RESULTADOS

Os resultados das simulações são apresentados nas imagens e tabelas abaixo.

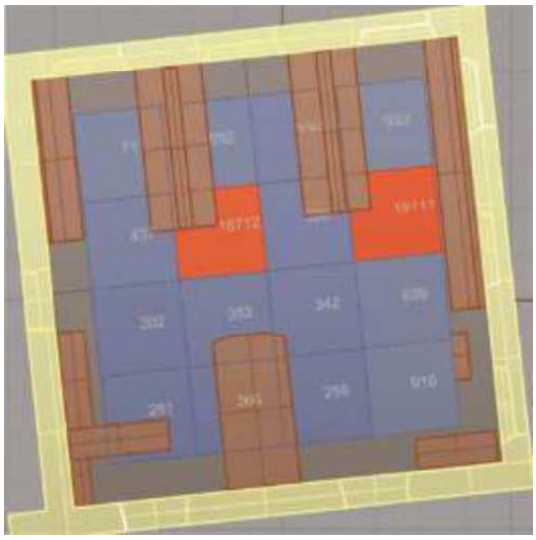
No solstício de inverno, para a condição de céu claro, no horário das 8:00, a luz natural não contemplou a iluminância mínima para a atividade (máx. 451lux), devendo ser complementada com a luz artificial. Já as iluminâncias às 10:00, em dois pontos do ambiente, apresentaram valores muito altos (19.111lux), com possibilidade de causarem ofuscamento por saturação. A incidência do sol ao meio dia levou a iluminânica a valores que ultrapassaram 31.000 lux. Ficou caracterizada, nesse caso, a necessidade de controle desse excesso de luz natural sobre as bancadas de trabalho.

Figura 07 – Simulação 21-06 (08:00)



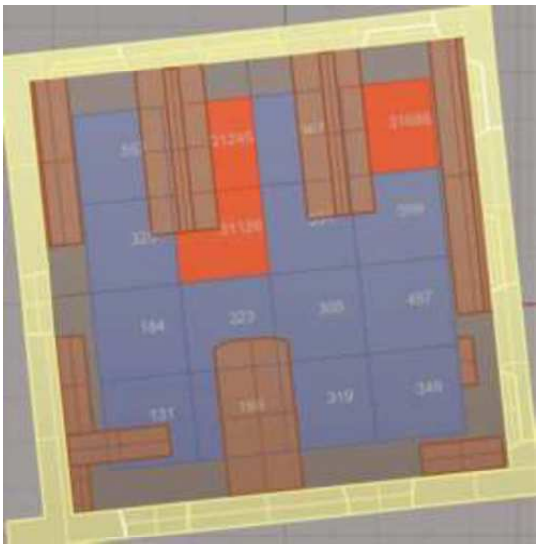
Fonte: A autora

Figura 08 – Simulação 21-06 (10:00)



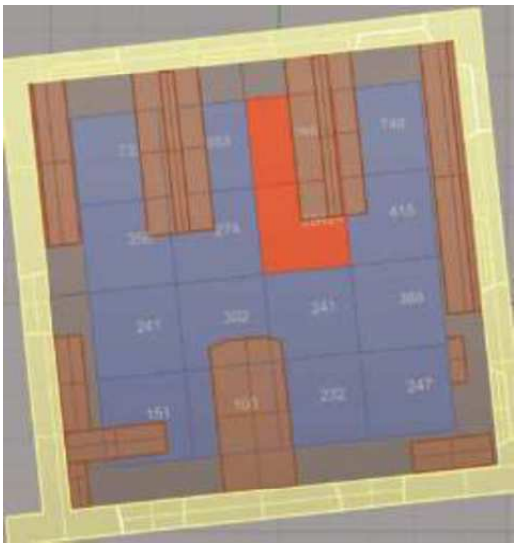
Fonte: A autora

Figura 09 – Simulação 21-06 (12:00)



Fonte: A autora

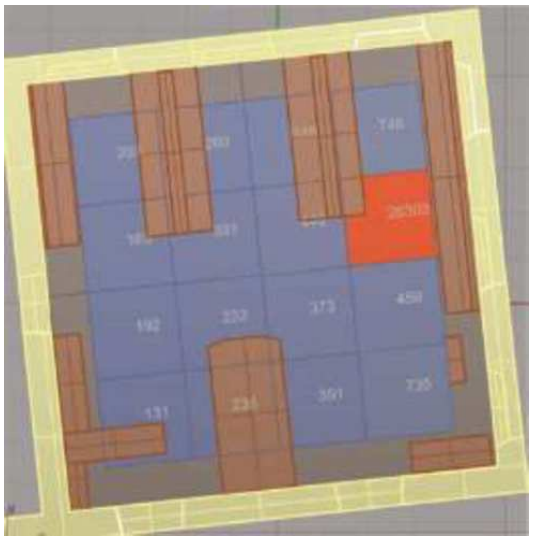
Figura 10– Simulação 21-06 (14:00)



Fonte: A autora

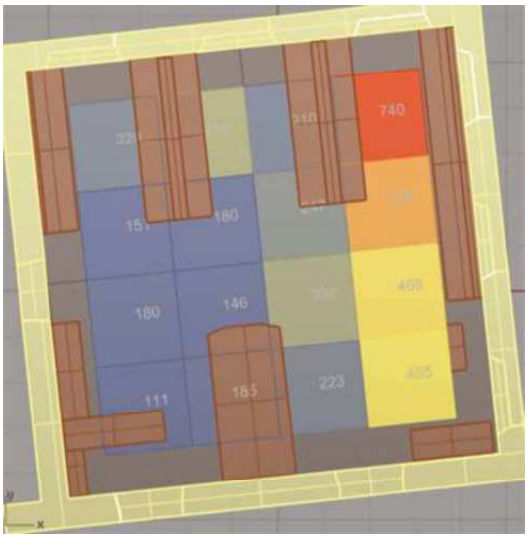
Nas simulações realizadas em 21 de dezembro (solstício de verão), em condição de céu claro, o horário das 8:00 foi o único em que os resultados apontaram iluminâncias acima de 26.000 lux, passíveis de causar ofuscamento por saturação, num determinado ponto da sala (figura 11).

Figura 11 – Simulação 21-12 (08:00)



Fonte: A autora

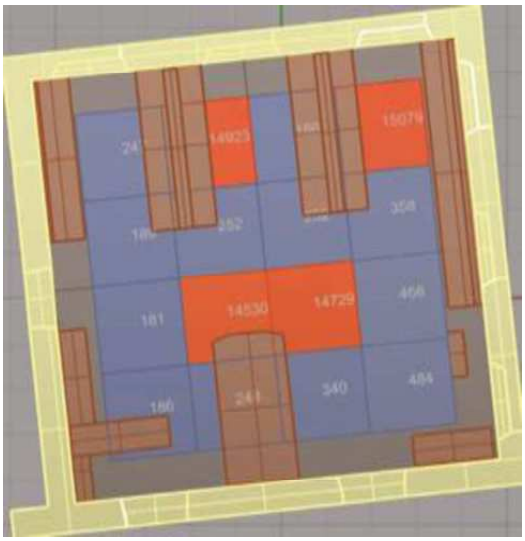
Figura 12 – Simulação 21-12 (10:00)



Fonte: A autora

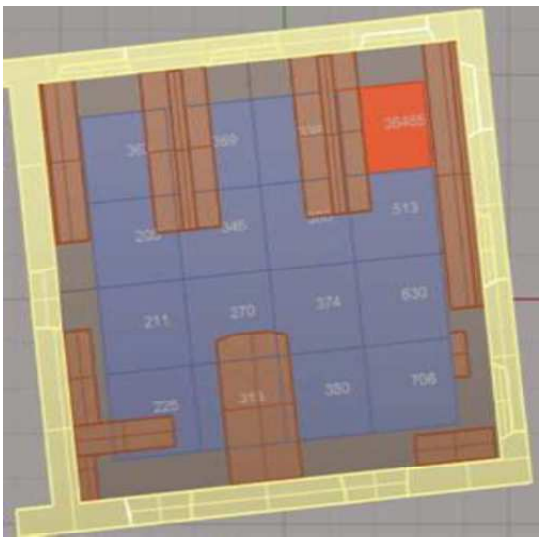
Nos resultados das simulações realizadas para os equinócios, em condição de céu claro, foi observada a possibilidade de ofuscamento por saturação no horário das 08:00 do dia 22 de setembro, e nos horários das 8:00 e 10:00 em 21 de março.

Figura 13 – Simulação 22-09 (08:00)



Fonte: A autora

Figura 14 – Simulação 21-03 (10:00)



Fonte: A autora

Nas demais avaliações de iluminância em condições de céu claro não foram observados valores de iluminância que pudessem causar ofuscamento por saturação, e por consequência, desconforto visual.
As tabelas 01 e 02 abaixo apresentam os resultados das simulaçoes estáticas, com valores de iluminância mínima e máxima (em lux) e seus índices derivados, como uniformidade de iluminação (UL) e probabilidade de ofuscamento por iluminação natural (DGP). Marcou-se em amarelo os níveis excessivos de iluminação; em verde, níveis que atingem ou ultrapassam os

500 lux, ainda dentro de valores considerados aceitáveis; e em azul, os valores entre 0,40 e 0,45 que indicam probabilidade de ofuscamento desconfortável e maiores de 0,45 correspondente a probabilidade de ofuscamento intolerável.

Tabela 01– Iluminâncias (em lux), uniformidade luminosa e DGP na condição de céu claro

| Solsticio de Inverno 21-06 - Céu Claro | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL | DGP |
| 08:00 | 166 | 451 | 0.65 | 0.34 |
| 10:00 | 202 | 19111 | 0.07 | 0.25 |
| 12:00 | 131 | 31688 | 0.02 | 0.67 |
| 14:00 | 151 | 28640 | 0.04 | 0.34 |
| 16:00 | 86 | 437 | 0.4 | 0.37 |
| 18:00 | 16 | 61 | 0.43 | 0.18 |
| Solsticio de Verão 21-12 - Céu Claro | | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL | DGP |
| 08:00 | 131 | 26303 | 0.06 | 0.72 |
| 10:00 | 111 | 740 | 0.37 | 0.96 |
| 12:00 | 121 | 676 | 0.44 | 1 |
| 14:00 | 100 | 383 | 0.47 | 0.99 |
| 16:00 | 71 | 266 | 0.44 | 0.76 |
| 18:00 | 33 | 205 | 0.31 | 0.43 |
| Equinocio de primavera 22-09 - Céu Claro | | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL | DGP |
| 08:00 | 181 | 15079 | 0.04 | 0.50 |
| 10:00 | 153 | 904 | 0.4 | 0.83 |
| 12:00 | 82 | 788 | 0.25 | 0.93 |
| 14:00 | 116 | 510 | 0.4 | 0.85 |
| 16:00 | 102 | 514 | 0.45 | 0.59 |
| 18:00 | 30 | 133 | 0.4 | 0.22 |
| Equinocio de Outono 21-03 - Céu Claro | | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL | DGP |
| 08:00 | 172 | 11735 | 0.1 | 0.44 |
| 10:00 | 205 | 36465 | 0.07 | 0.80 |
| 12:00 | 103 | 722 | 0.34 | 0.93 |
| 14:00 | 112 | 555 | 0.41 | 0.87 |
| 16:00 | 71 | 462 | 0.3 | 0.64 |
| 18:00 | 32 | 173 | 0.35 | 0.24 |

Fonte: A autora

Tabela 02– Iluminâncias (em lux) e uniformidade luminosa na condição de céu nublado

| Solsticio de Inverno 21-06 - Céu nublado | | | |
|---|---|---|---|
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL |
| 08:00 | 7 | 65 | 0.3 |
| 10:00 | 27 | 334 | 0,22 |
| 12:00 | 34 | 359 | 0,2 |
| 14:00 | 38 | 384 | 0,24 |
| 16:00 | 20 | 228 | 0,23 |
| 18:00 | 0 | 0 | 0 |
| Solsticio de Verão 21-12 - Céu Nublado | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL |
| 08:00 | 47 | 395 | 0,31 |
| 10:00 | 65 | 645 | 0,27 |
| 12:00 | 75 | 705 | 0,25 |
| 14:00 | 75 | 692 | 0,26 |
| 16:00 | 50 | 510 | 0,24 |
| 18:00 | 21 | 237 | 0,23 |
| Equinócio de Primavera - 22-09- Céu Nublado | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL |
| 08:00 | 23 | 253 | 0,25 |
| 10:00 | 61 | 496 | 0,3 |
| 12:00 | 61 | 687 | 0,23 |
| 14:00 | 42 | 633 | 0,17 |
| 16:00 | 27 | 450 | 0,17 |
| 18:00 | 11 | 80 | 0,3 |
| Equinócio de Outono -21-03 - Céu Nublado | | | |
| Horario | Iluminância Mínima | Iluminância Máxima | UL |
| 08:00 | 26 | 209 | 0,3 |
| 10:00 | 44 | 514 | 0,23 |
| 12:00 | 73 | 691 | 0,29 |
| 14:00 | 67 | 721 | 0,27 |
| 16:00 | 55 | 444 | 0,32 |
| 18:00 | 11 | 112 | 0,22 |

Fonte: A autora

Observando-se o índice DGP, na condição de céu claro, infere-se que a probabilidade de ofuscamento acontece de forma quase permanente e em valores intoleráveis, no ambiente estudado. No solstício de inverno está presente às 12:00 horas, entretanto, no solstício de verão e nos equinócios cobre praticamente todo o período analisado (das 8:00 às 16:00).

As simulações em condições de céu nublado, tanto nos solstícios quanto nos equinócios, apresentaram valores de iluminância bastante baixos, e, sem possibilidade de radiação solar direta, consequentemente, não apresentando risco de ofuscamento. O nível de iluminação de 500 lux, necessário à atividade, sómente foi atingido no solstício de verão, entre as 10:00 e as 16:00, e nos equinócios entre às 10:00 e 14:00 horas.

Observou-se também, que para nenhuma das condições simuladas se obteve uniformidade da iluminância, pois os valores encontrados foram

sempre inferiores à 0,7, resultado coerente considerando-se a possibilidade de ofuscamento por saturação encontrada nas análises.

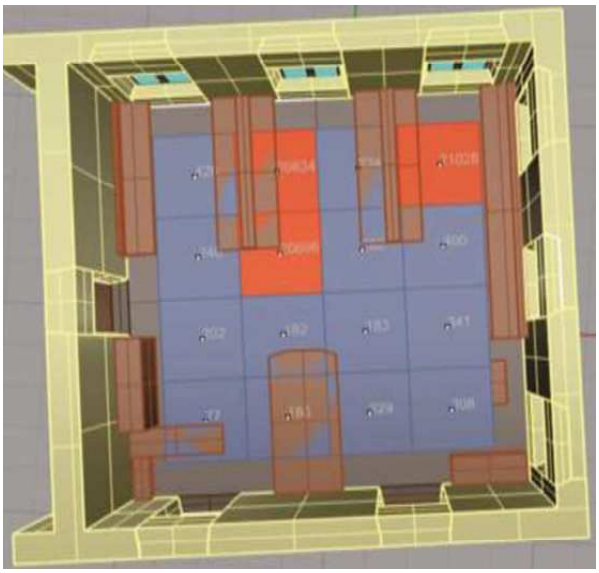
Na simulação dinâmica, que considera dados anuais, para um intervado entre 300 e 3000 lux obteve-se o resultado de 54,06% de UDI, definido como o percentual de horas diurnas de um ano, em que iluminação natural apresentou valores de iluminância entre o intervalo estabelecido.

Para uma autonomia de iluminação natural (DA) de 500 lux, o resultado da simulação apontou 34%, que representa o percentual das horas ocupadas por ano, nas quais um nível mínimo de iluminâncias (lux) pode ser mantido, apenas pela iluminação natural. Esse valor de DA é extremamente baixo, já que segundo a IESNA, LM 83-12, percentuais de DA >55% são considerados aceitos pela maioria dos usuários de escritório, e DA >75% são considerados preferidos, parâmetros muito diferentes dos encontrados nessa análise.

Para conhecer-se a opinião do usuário do ambiente de estudo quanto às suas condições de iluminação, foram entrevistados 10 usuários através da aplicação de questionários pré-elaborados. Como resultados, 80% dos usuários acharam a intensidade da luz natural intensa e sentem a sala desconfortável em relação às condições de iluminação natural, já que, segundo os usuários, em 100% das bancadas de trabalho há incidência de radiação solar direta que causa desconforto visual. 90% dos usuários apontam que a luz que entra pelas janelas causa ofuscamento; 100% afirmam que há exagero de luz solar em algumas horas do dia; 40% afirmam não poder controlar a iluminação ligando e desligando lâmpadas; 60% conseguem controlar a iluminação desligando a metade das luminárias; e 100% tomam a atitude de fechar as janelas para reduzir o desconforto por excesso de iluminação. Assim, embora haja disponibilidade de iluminação natural em vários horários do dia, o controle da radiação através do fechamentos dos postigos das janelas leva ao uso da iluminação artificial em tempo integral de ocupação.

Os resultados encontrados levaram a busca por alternativas construtivas para a melhoria das condições de iluminação do ambiente estudado. Inicialmente propôs-se a troca dos vidros comum por vidro de controle solar, com transmissividade de 60% (CEBRACE). Foram feitas simulações, em regime estático, em condição de céu claro, do ambiente com o novo vidro. Observou-se que, para o dia de solstício de inverno, a adoção do vidro de controle solar minimizou os altos valores de iluminância, que ainda assim permaneceu excessivo (redução de 31688 lux para 21028 lux), entretanto também contribuiu para a redução da iluminação natural geral da sala (mínimo 77 lux).

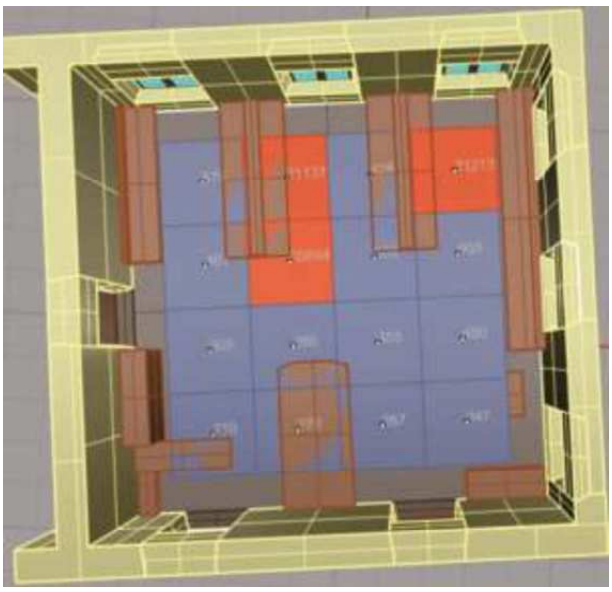
Figura 15 – Simulação 21-06 (12:00) com vidro de controle solar



Fonte: A autora

Foram feitas novas simulações substituindo-se a cor das paredes, mobiliário e teto para a cor branca, nesta mesma data e em condição de céu claro. Nesse caso a iluminância mínima foi de 210 lux, melhor condição de iluminação no ambiente estudado, o que sugere menor quantidade de luz artificial como complemento da iluminação.

Figura 16 – Simulação 21-06 (12:00) com vidro de controle solar e paredes, teto e mobiliário em cor branca.



Fonte: A autora

## 4 CONCLUSÕES

Os resultados das simulações levaram à conclusão de que o ambiente estudado apresenta várias situações nas quais, ou a luz natural incide de

forma excessiva nas bancadas de trabalho, ou é insuficiente para a realização das tarefas.
As análises confirmam a necessidade de adequações do espaço. A utilização de vidros de controle solar ameniza a luz que causa o ofuscamento, mas não resolve nas situações mais criticas. A mudança de cor do teto, paredes e mobiliário para uma cor mais clara ajuda na distribuição da luz de maneira uniforme em toda a sala, diminuindo o contraste e elevando a claridade no campo visual. A utilização de persianas internas é uma alternativa viável, dando preferencia aos modelos que não bloqueem totalmente a entrada de luz. Sugere-se modificar a posição das estações de trabalho para os locais onde não haja ofuscamento direto.
Em função da característica arquitetônica histórica da edificação, nenhuma alteração na fachada foi considerada nesse estudo.
Por fim, a conscientização do usuário quanto à importância da luz natural e da possibilidade de controle da luz artificial é de suma importância para a qualidade do trabalho e permanência agradável no ambiente laborativo.

## REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-1:** Iluminação natural – Parte 1: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. **NBR 15215-4:** Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004b.

_____. **NBR ISO/CIE 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: interior. Rio de Janeiro, 2013.

IESNA. **IES LM 83-12.** IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE). New York, 2012.

IESNA, **Lighting Handbook.** 10ed. Illuminating Engineering Society of North America, 2011.

JAKUBIEC, J.; REINHART, C. (2012). The "adaptive zone" - A concept for assessing discomfort glare throughout daylit spaces. Lighting Research and Technology, v. 44, n. 2, p. 149–170.

JORNAL MINUANO. **Bagé e sua beleza arquitetônica**. Disponível em http://www.jornalminuano.com.br/noticia/2017/07/14/bage-e-sua-beleza-arquitetonica. Acesso em janeiro de 2018.

NABIL,A.; MARDALJEVIC, J. **Useful daylight iluminance**: a replacement for daylight factors. Energy and Buildings, v38, n.7, p 905-913, 2006.

WIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. (2006) Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. Energy and Buildings, v. 38, n. 7, p. 743–757.

SIGNORINI, Vanessa. **O aproveitamento da luz natural em prédios públicos administrativos: Estudo de caso em prédio da UFPel**. Dissertação mestrado. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS. 2015.