

DESEMPENHO LUMINOSO DAS ABERTURAS LATERAIS EM AMBIENTE ANTÁRTICO

Gabriela da Conceição Bolssoni (1); Andréa Coelho Laranja (2); Cristina Engel Alvarez (3); Daniela Pawelski Amaro Marins (4); Marina Silva Tomé (5)

(1) Estudante, Graduada em Arquitetura e Urbanismo, gabriela_bolssoni@hotmail.com

(2) PhD, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, andreacoelholaranja@gmail.com

(3) PhD, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, cristina.engel@ufes.br

(4) Arquiteta, Mestranda em Engenharia Civil, daniela.pawelski@gmail.com

(5) Arquiteta, Mestranda em Arquitetura e Urbanismo,

Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Artes, Laboratório de Planejamento de Projetos, Av. Fernando Ferrari 514, Goiabeiras, Vitória-ES, 29075-910, Tel.: (27) 4009-2581

RESUMO

A pesquisa diz respeito à iluminação natural no ambiente interno para uma edificação na Antártica. Este trabalho se propõe a investigar a iluminação natural no ambiente interno em áreas de alta latitude considerando a influência das aberturas. Na metodologia é feita a revisão bibliográfica buscando estudos de autores previamente selecionados que abordam o tema iluminação natural e aberturas laterais, bem como as especificidades da região Antártica. A simulação é feita em um ambiente de geometria retangular, em específico, nas novas edificações brasileiras na Antártica, utilizando o céu 1 padrão da CIE (Commission Internationale de L'Éclairage). A análise é realizada para todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste), por meio da construção de curvas isolux em pontos específicos do ambiente, em horários e dias do ano pré-estabelecidos, para quatro modelos de aberturas (J1, J2, J3 e J4) e por meio dos percentuais das UDI (Useful Daylight Illuminances). Os valores de iluminação natural foram gerados pelo *software* TropLux. Como resultado principal observa-se que o desempenho da J1 foi similar ao da J2 e o da J3 similar ao da J4, destacando-se ainda que todas as aberturas apresentam valor de uniformidade de aproximadamente 0,2, inferior ao aceitável 0,5. Pode-se observar que as J3 e J4 demonstram uma melhor performance por permitir que mais pontos do ambiente interno fossem iluminados dentro do intervalo de iluminação ideal.

Palavras-chave: iluminação natural, janelas, Antártica.

ABSTRACT

The research concerns daylight in interior environment for an Antarctic building. This work intends to investigate daylight in an interior environment in high latitude area, considering the influence of the openings. In the methodology, a bibliographic review is carried out, looking for previously selected author's studies that approach the subject of natural lighting and lateral openings, as well as the specificities of the Antarctic region. The simulation is done in a rectangular geometry environment, in particular, the new Brazilian building in Antarctica, using the CIE sky 1 (Commission Internationale de L'Eclairage). The analysis is performed for all orientations (North, South, East and West), by means of the construction of isolux curves at specific points of the environment, at pre-established times and days of the year, considering four opening models (J1, J2, J3 and J4) and UDI percentages evaluation (Useful Daylight Illuminances). The daylight values were generated by TropLux software. As a main result, it is observed that the performance of J1 was similar to J2, as well as J3 was also similar to J4, and all openings had an uniformity value of approximately 0.2, less than the acceptable rate of 0.6. It can be observed that the J3 and J4 show a better performance by allowing more points of the internal environment to be illuminated within the ideal lighting range.

Keywords: daylight, windows, Antarctica.

1. INTRODUÇÃO

A iluminação natural proporciona benefícios psicológicos e fisiológicos ao ser humano, além de reduções no consumo de energia elétrica de uma edificação (LARANJA, 2010; LEDER, 2007). Acosta e outros (2016) complementam que o formato da janela influencia diretamente na quantidade de luz recebida no ambiente interno, podendo esta advir de luz direta ou indireta. Por outro lado, espaços territoriais como a Antártica, são fontes de pesquisa singular, apresentando características únicas que influenciam diretamente na obtenção de luz natural no ambiente interno – nesse caso, especialmente a trajetória solar –, que apresenta grandes diferenças na quantidade de horas de luz natural disponível nos períodos de verão e inverno (MONTARROYOS, 2015).

No que se refere especificamente à Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), esta encontra-se em processo de reconstrução visto a destruição parcial em função do incêndio ocorrido em 2012, ver figura 1 (MONTARROYOS, 2015). Embora houvesse exigências no âmbito de sustentabilidade para edificações mais eficientes, as realizações de alguns estudos indicaram que as janelas projetadas para a EACF não alcançariam resultados satisfatórios relacionados à iluminação natural dos ambientes internos (TOME et al, 2016). Embora a atual etapa da edificação não permita mais a realização de modificações, as futuras ampliações ou a reprodução do sistema construtivo em outro local é uma possibilidade a ser considerada, sendo importante proceder as simulações computacionais visando prever possíveis modificações e adaptações de acordo com os resultados obtidos (REINHART e WIENOLD, 2011; ANDERSEN et al., 2013).

Este artigo faz parte do escopo de pesquisa do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) da Universidade Federal do Espírito Santo, onde são desenvolvidas tecnologias para edificações em áreas inóspitas, dentre elas a Antártica, com pesquisas também vinculadas ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR).



Figura 1: Maquete eletrônica do projeto vencedor do Concurso Internacional Estação Antártica Comandante Ferraz.

Fonte: Arch Daily (2016).

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo é investigar a iluminação natural no ambiente interno em função da variação das aberturas.

3. MÉTODO

Esse trabalho avaliou a iluminação natural no ambiente interno, por meio de simulações no programa TropiLux, que permitiram a organização de gráficos para posterior avaliação dos dados. As análises foram feitas utilizando como parâmetro a iluminância e índice de uniformidade indicados pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, bem como os intervalos das UDI (*Useful Daylight Illuminances*).

3.1. Caracterização do ambiente interno adotado

Para a realização das simulações foi adotado ambiente conforme a estrutura modular projetada para as novas edificações da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), localizada na Ilha Rei George (62°05'S e 58° 23'W), Figura 2.

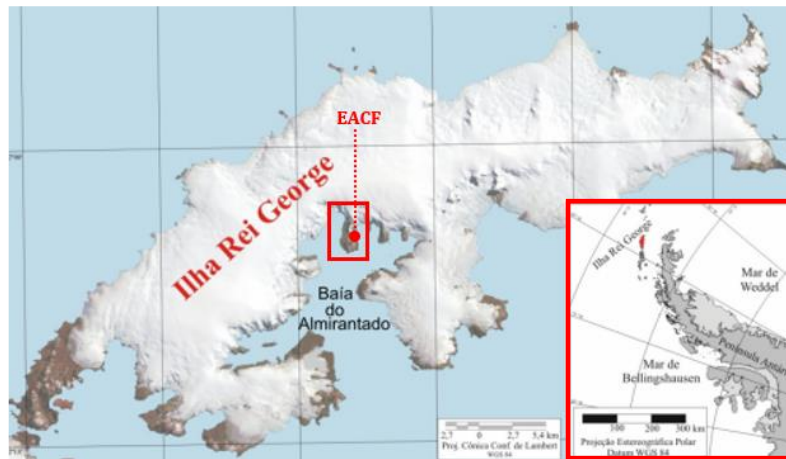


Figura 2: Localização da EACF na Península de Keller, Ilha Rei George, Península Antártica.
Fonte: Rosa e outros (2014).

Com dimensões internas de 2,14m de largura por 5,74m de profundidade e pé direito de 2,46m, para a construção das curvas isolux foram determinados 11 pontos, localizados no eixo do ambiente interno, perpendicular à janela, distantes 48 cm entre si (Figura 3), com altura do plano de trabalho de 75cm do piso (Figura 4), conforme determina a ABNT NBR 8.955-1.

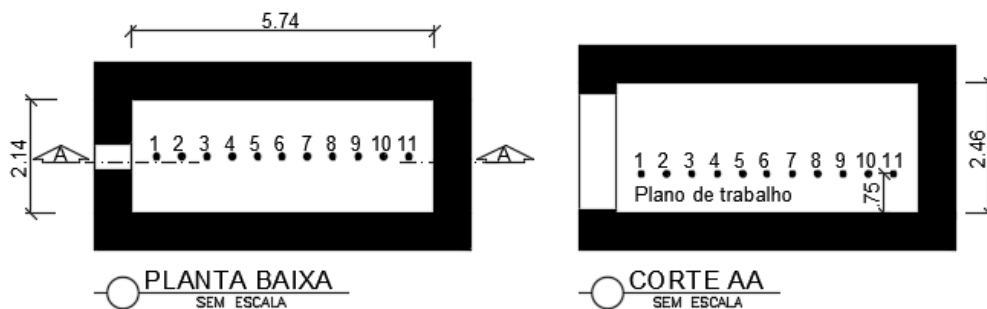


Figura 3: Planta baixa esquemática com pontos para cálculo das iluminâncias.
Fonte: as autoras (2016).

Figura 4: Corte esquemático AA e altura do plano de trabalho.
Fonte: as autoras (2016).

Para análise dos percentuais das UDI foi estabelecida uma malha com 44 pontos (11 pontos no eixo X e 4 pontos no eixo Y), na qual os pontos em X distam 48 cm entre si e em Y distam 42,8 cm (Figura 5).

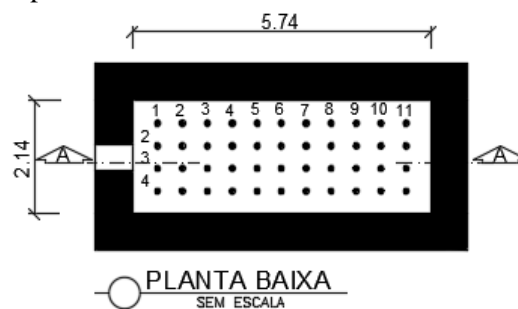


Figura 5: Planta baixa esquemática com pontos em malha para cálculo das UDI.
Fonte: as autoras (2017).

Os coeficientes de reflexões utilizados nas superfícies internas foram: 0,2 para o piso, 0,8 para o teto e 0,6 para a parede; para superfícies externas foram considerados: 0,9 para faces externas; 0,9 para pisos externos, dada a influência da neve exceto nos meses de verão (dezembro, janeiro, fevereiro e março), nos quais o solo aparece rochoso, sendo considerada para estes, refletância de 0,2.

3.2. Proposição de modelos de janelas para simulação, utilizando o programa TropLux

A análise das aberturas foi feita por meio de simulação computacional, com o programa TropLux 7.0, que permite a simulação das características da iluminação natural no ambiente interno (CABÚS, 2006). Adotou-

se a mesma área de janela proposta para a EACF, com 1,06m², porém adaptada para três novas propostas de janelas, totalizando, então, quatro modelos (J1, J2, J3 e J4), Figura 6.

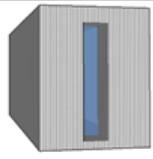
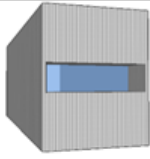
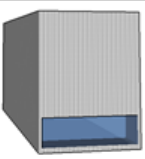
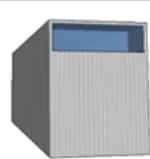
			
J1 (original)	J2	J3	J4
Largura: 48,3cm Altura: 221cm Peitoril: 5cm	Largura: 194cm Altura: 55cm Peitoril: 95cm	Largura: 194cm Altura: 55cm Peitoril: 5cm	Largura: 194cm Altura: 55cm Peitoril: 186cm

Figura 6: Modelos de janelas propostos para a simulação.
Fonte: as autoras (2016).

3.3. Definição dos dias e horários das simulações

Foram adotados para as simulações os dias 21 dos meses de março, junho, setembro e dezembro, que determinam o equinócio de primavera, solstício de inverno, equinócio de outono e solstício de verão, respectivamente e todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste). De acordo com os parâmetros da CIE (Commission Internationale de L'Éclairage), em função dos 15 modelos de céu apresentados pela CIE, encoberto (céu 1 a 5); parcialmente nublado (6 a 10) e claro (11 a 15), adotou-se o céu 1 nas simulações. O céu 1 caracteriza-se por ser o que melhor se aproxima das condições de céu da Antártica, encoberto, gradação alta, aproximando-se do céu encoberto da CIE tradicional.

A partir da análise do mapa solar da Ilha do Rei George, foi possível perceber longos períodos de sol na abóboda celeste, próximo ao solstício de verão e curtos períodos de sol no inverno, Figura 7.

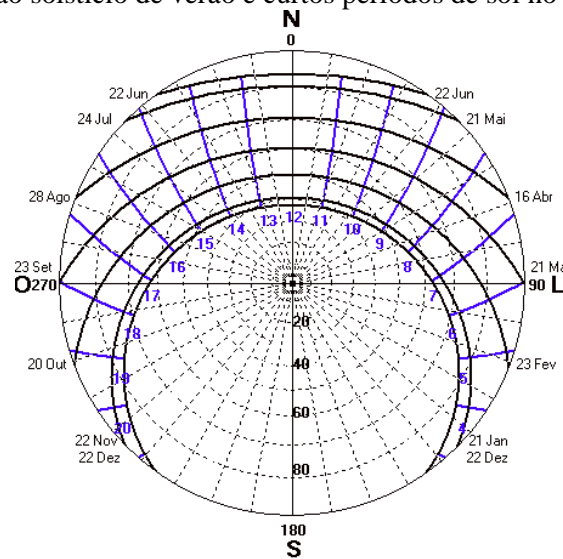


Figura 7: Mapa Solar da Ilha do Rei George na Antártica, onde está localizada a EACF.
Fonte: Software Sol-ar 6.2 (2015).

Desse modo, foi possível, elaborar a Tabela 1, que apresenta os horários em que o sol nasce e se põe. A partir daí, em função da duração do dia, organizou-se o período de trabalho considerado na simulação do Troplux. Para a realização das simulações foi adotado o intervalo de 2 horas conforme sugere a ABNT.

Tabela 1: Síntese da análise do mapa solar da Ilha Rei George e indicação dos horários de simulação do Troplux.
Fonte: as autoras (2016).

Meses do Ano	Nascer do Sol	Pôr do Sol	Tempo de Sol	Período de Trabalho	Horários de Simulação Troplux
Dezembro	2h 30'	21h 30'	19h	7h – 20h	8h,10 h, 12h, 14h,16h, 18h e 20h
Janeiro/Novembro	3h30'	20h30'	17h	7h – 20h	-
Fevereiro/Outubro	4h15'	19h45'	15h30'	7h – 18h	-
Março/Setembro	6h	18h	12h	7h – 18h	8h,10 h, 12h, 14h,16h e 18h
Abril/Agosto	7h15'	16h 45'	9h 30'	9h – 15h	-
Maião/Julho	8h30'	15h30'	7h	9h – 15h	-
Junho	9h 15'	14h 45'	5h30'	9h – 15h	10h, 12h e 14h

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos resultados foi feita com base na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que determina a iluminância adequada para diversos ambientes, bem como os valores de uniformidade. Neste caso, foi considerado o ambiente como similar ao de escritório, sendo assim necessária uma iluminância ideal de 500lux e a uniformidade (razão entre o valor mínimo e a média) da iluminância não inferior a 0,5.

Outro parâmetro utilizado para análise foram os intervalos das UDI (*Useful Daylight Illuminances*), propostos por Nabil e Mardaljevic (2006). Estes intervalos das UDI são definidos em: valores inferiores a 100 lux, entre 100 e 500lux, no intervalo de 500 a 2000 lux e superiores a 2000lux, classificados como insuficiente, suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar, suficiente, e excessivo, respectivamente.

4.1. Análise do índice de uniformidade

No índice de uniformidade, como pode-se observar na Tabela 2, todas as janelas em todos os horários analisados apresentaram valor de uniformidade de aproximadamente 0,2, inferior ao ideal 0,5 indicado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, confirmando elevados contrastes de iluminância no ambiente interno.

Tabela 2: Índice de uniformidade

Fonte: as autoras (2017).

MÊS	HORÁRIO	J1	J2	J3	J4
21 de Março	8h e 16h	0,19	0,19	0,2	0,2
	10h e 14h	0,19	0,19	0,2	0,2
	12h	0,19	0,19	0,2	0,2
	18h	0,18	0,2	0,2	0,2
21 de Junho	10h e 14h	0,19	0,19	0,2	0,2
	12h	0,19	0,19	0,2	0,2
21 de Setembro	8h e 16h	0,19	0,19	0,2	0,2
	10h e 14h	0,19	0,19	0,2	0,2
	12h	0,19	0,19	0,2	0,2
21 de Dezembro	6h e 18h	0,19	0,19	0,2	0,2
	8h e 16h	0,19	0,19	0,2	0,2
	10h e 14h	0,19	0,19	0,2	0,2
	12h	0,19	0,19	0,2	0,2
	20h	0,19	0,19	0,2	0,2

4.2. Análise das iluminâncias

De uma forma geral, para todos os gráficos analisados, como já era previsto, foi observado um decréscimo da iluminância ao longo da profundidade do ambiente para todos os tipos de janelas. Observa-se que ao longo da curva isolux o desempenho da J1 é similar ao da J2, bem como da J3 é similar ao da J4. Nota-se também uma semelhança entre os resultados das iluminâncias independente da orientação da abertura e similaridade quando se comparam os resultados das iluminâncias para os horários de 8 e 16h e os horários de 10 e 14h.

Para o dia 21 do mês de março, observa-se para os horários analisados que as J3 e J4 caracterizam-se por permitir uma maior iluminância no ambiente interno, nos pontos mais próximos das aberturas. Nota-se ainda, que com exceção dos horários do início da manhã (8h) e do final da tarde (após as 16h), o comportamento da curva isolux é similar entre os horários analisados (10, 12 e 14h), onde a J3 e J4 contribuem na iluminação do ambiente interno ao prolongar a iluminância adequada aproximadamente até o ponto 2 (0,96m da abertura), com iluminância superior ao ideal da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (500lx) bem como no intervalo suficiente das UDI ($500 \leq E \leq 2000$ lx), enquanto as J1 e J2 apresentaram esse resultado somente para o trecho até o ponto 1 (0,48m da abertura).

Observa-se, que as J3 e J4 também apresentaram maior capacidade em melhorar a iluminação nos níveis mais profundos do ambiente, iluminando aproximadamente até o ponto 4 (1,92m da abertura) com valores de iluminância no intervalo suficiente com necessidade de iluminação complementar ($100 \leq E \leq 500 \text{lx}$). Enquanto as J1 e J2 apresentaram menor desempenho, atendendo até o limite do ponto 3 (1,44m da abertura) dentro deste mesmo intervalo.

Nota-se, então, que as J3 e J4 propiciam uma área menor de ambiente interno com iluminação insuficiente, bem como, uma área de ambiente próximo à janela sem necessidade de iluminação artificial, indicando sua melhor performance no atendimento aos espaços mais próximos às aberturas (Figura 8).

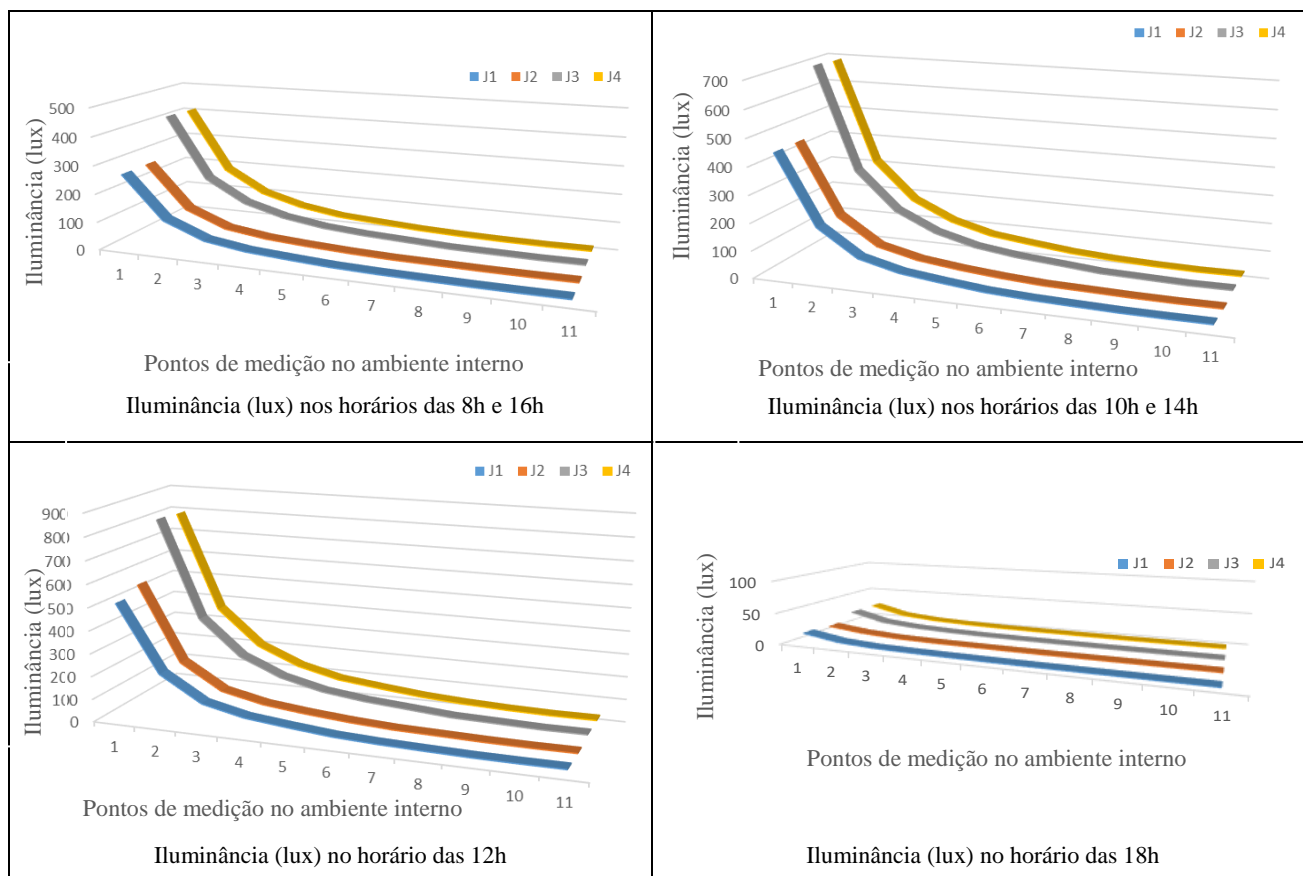


Figura 8: Iluminância (lux) para 21 de março, todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).
Fonte: as autoras (2016).

Para o dia 21 do mês de junho, observa-se para os horários analisados que as J3 e J4 caracterizam-se por permitir uma maior iluminância no ambiente interno, nos pontos mais próximos das aberturas. Nota-se que no horário de 12h há um aumento da iluminância próximo da abertura.

Observa-se ainda, que todas as aberturas apresentam todos os pontos da curva isolux com iluminância inferior ao ideal recomendado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (500lx) e ao intervalo suficiente das UDI ($500 \leq E \leq 2000 \text{lx}$). Todavia, as J3 e J4 no horário de 12h (gráfico 6) apresentaram trechos (até o ponto mediano aos pontos 1 e 2 - aproximadamente 0,72m da abertura) com valores de iluminância dentro do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ($100 \leq E \leq 500 \text{lx}$). Os demais pontos, para todas as aberturas, encontram-se no intervalo insuficiente ($E \leq 100 \text{lx}$). Observa-se, então, que as J3 e J4 ocasionam uma área menor de ambiente interno com iluminação insuficiente, indicando sua melhor performance (Figura 9).

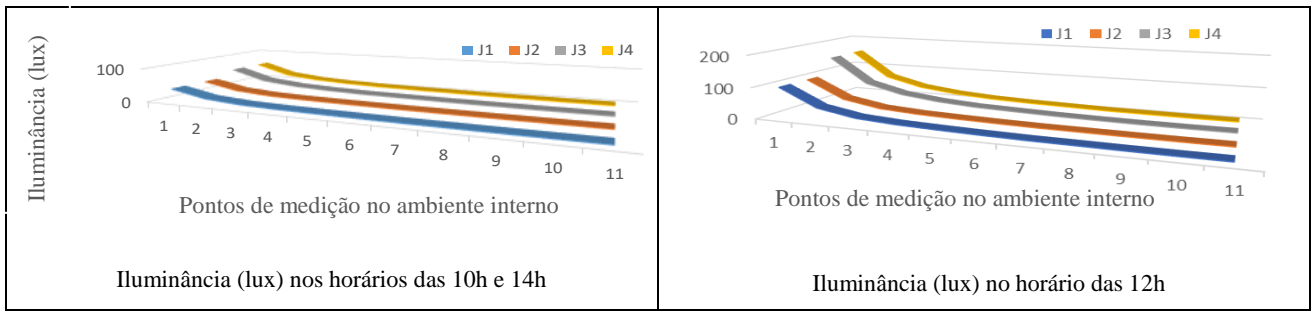


Figura 9: Iluminância (lux) para 21 de junho, todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).
Fonte: as autoras (2016).

Para o dia 21 do mês de setembro, observa-se para os horários analisados que as J3 e J4 caracterizam-se por permitir uma maior iluminância no ambiente interno, nos pontos mais próximos das aberturas. Nota-se ainda, que com exceção dos horários do início da manhã (8h) e do final da tarde (16h), o comportamento da curva isolux é similar entre os horários analisados (10, 12 e 14h), onde a J3 e J4 contribuem na iluminação do ambiente interno ao prolongar a iluminância adequada aproximadamente até o ponto 2 (0,96m da abertura), com iluminância superior ao ideal da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (500lx) bem como no intervalo suficiente das UDI ($500 \leq E \leq 2000 \text{lx}$).

Observa-se, que os pontos mais distantes das aberturas também tiveram acesso à iluminação natural, porém, dentro do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ($100 \leq E \leq 500 \text{lx}$). Na qual as J3 e J4 também apresentaram maior capacidade em melhorar a iluminação nos níveis mais profundos do ambiente, iluminando aproximadamente até o ponto 4 (1,92m da abertura). Já as J1 e J2 apresentaram menor desempenho, atendendo até o limite do ponto 3 (1,44m da abertura).

Nota-se, então, que as J3 e J4 propiciam uma área menor de ambiente interno com iluminação insuficiente, bem como, uma área de ambiente próximo à janela sem necessidade de iluminação artificial, indicando sua melhor performance no atendimento aos espaços mais próximos às aberturas (Figura 10).

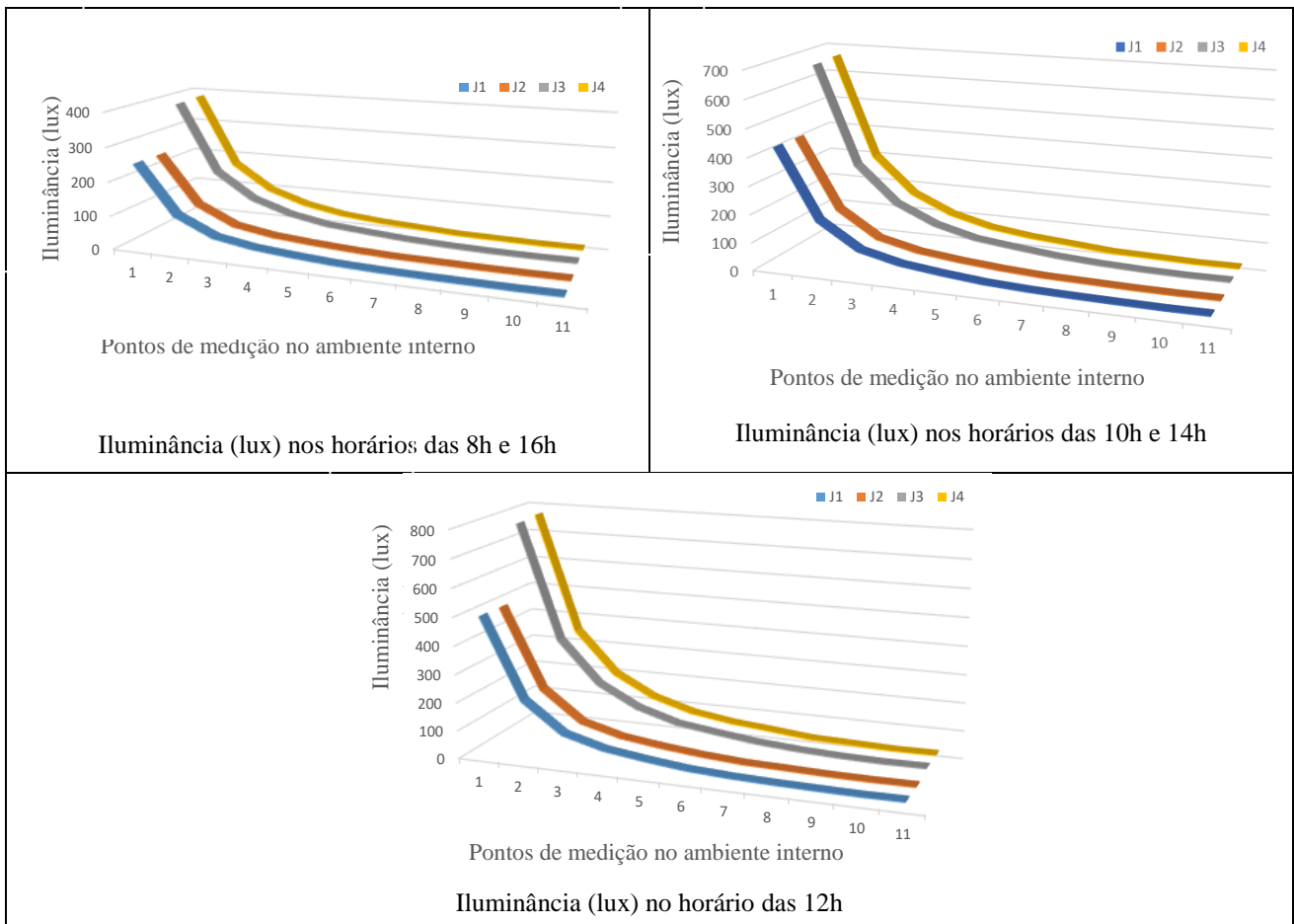
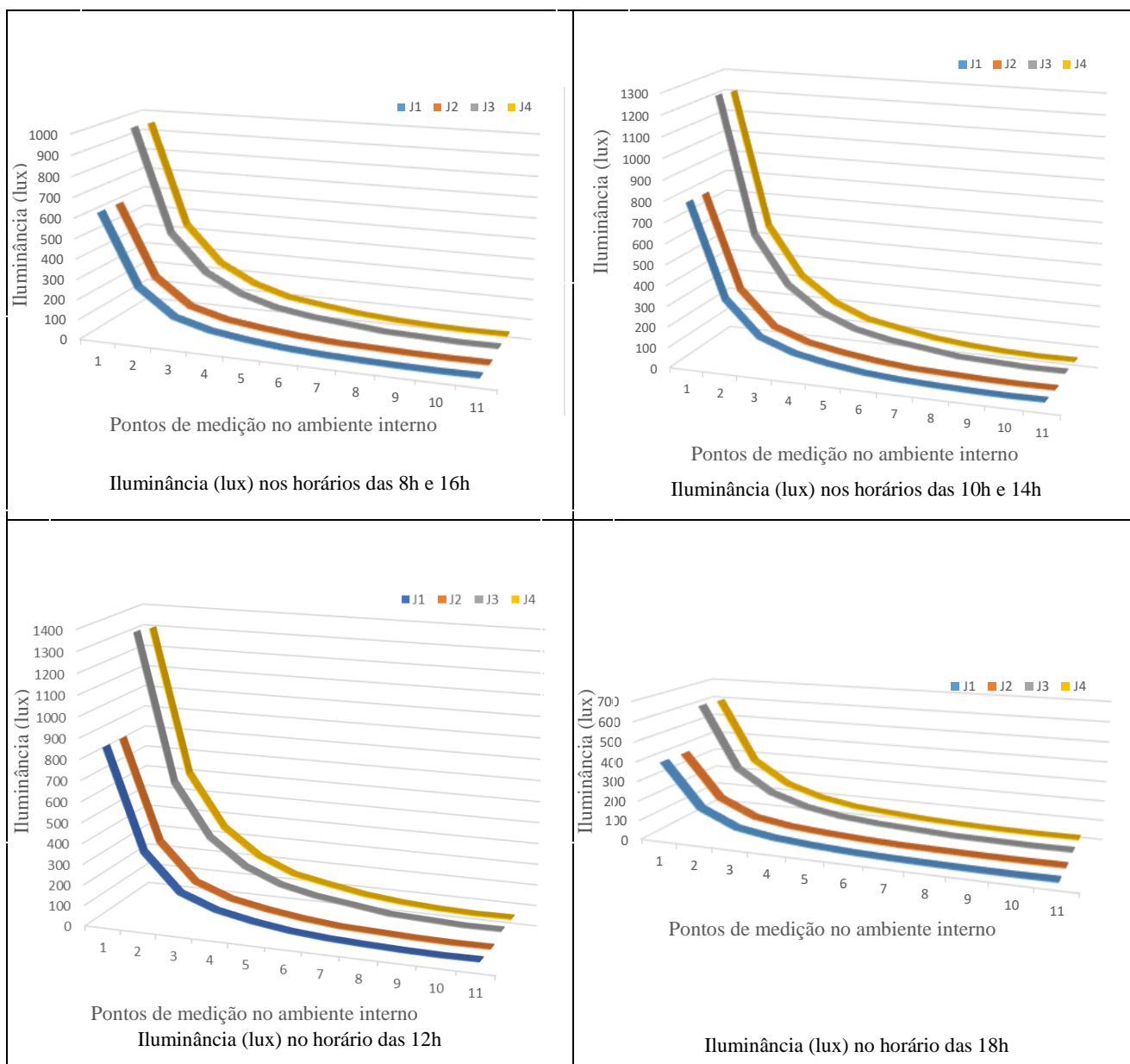


Figura 10: Iluminância (lux) para 21 de setembro, todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).
Fonte: as autoras (2016).

Para o dia 21 do mês de dezembro, observa-se para os horários analisados que as J3 e J4 caracterizam-se por permitirem uma maior iluminância no ambiente interno, nos pontos mais próximos das aberturas. Nota-se ainda, que com exceção dos horários do início da manhã (6h) e do final da tarde (18h), o comportamento da curva isolux é similar entre os horários analisados (8, 10, 12, 14 e 16h), onde a J3 e J4 contribuem na iluminação do ambiente interno ao prolongar a iluminância adequada até o ponto 2 (0,96m da abertura), com iluminância superior ao ideal da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 (500lx) bem como no intervalo suficiente das UDI ($500 \leq E \leq 2000 \text{lx}$). Já as J1 e J2 apresentaram esse resultado para aproximadamente o ponto mediano entre os pontos 1 e 2 (aproximadamente 0,72m da abertura).

Observa-se, que os pontos mais distantes das aberturas também tiveram acesso à iluminação natural, porém, dentro do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ($100 \leq E \leq 500 \text{lx}$). Na qual as J3 e J4 também apresentaram maior capacidade em melhorar a iluminação nos níveis mais profundos do ambiente, iluminando aproximadamente até o ponto 6 (2,48m da abertura). Já as J1 e J2 apresentaram menor desempenho, atendendo até o limite do ponto 4 (1,92m da abertura).

As J3 e J4 propiciam uma área menor de ambiente interno com iluminação insuficiente, bem como, uma área de ambiente próximo à janela sem necessidade de iluminação artificial, indicando sua melhor performance no atendimento aos espaços mais próximos às aberturas (Figura 11).



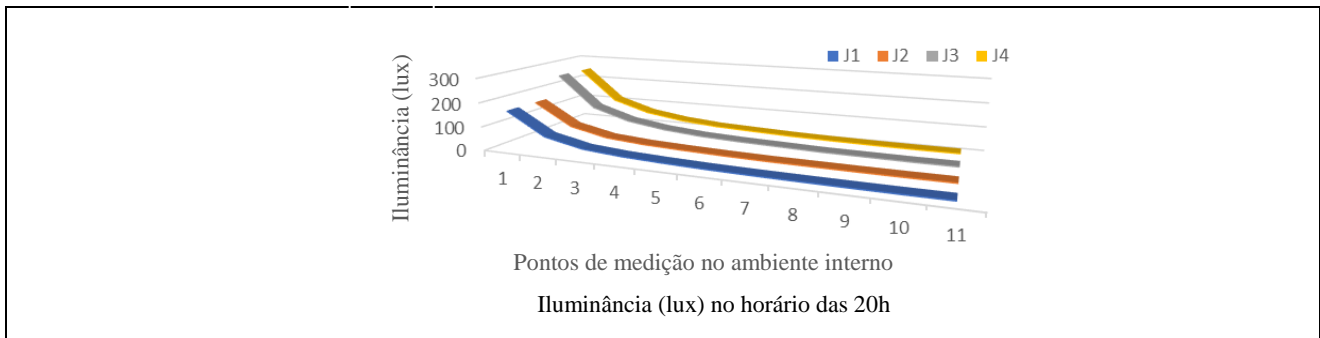


Figura 11: Iluminância (lux) para 21 de dezembro, todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste).
Fonte: as autoras (2016).

4.3. Análise dos percentuais das UDI

De uma forma geral, nota-se uma similaridade dos percentuais das UDI independente da orientação da abertura. Além disso, observa-se, que as J3 e J4 apresentaram melhor desempenho do que as J1 e J2. Nota-se, porém, uma performance diferenciada nas épocas do ano analisadas. Para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, nos quais não há presença de neve (refletância do piso externo igual a 0,2), o percentual da iluminação dentro do intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ($100\text{lx} \leq E \leq 500\text{lx}$) chega a 75%. Para o período de abril a novembro, onde há presença de neve (refletância do piso externo igual a 0,9) observa-se, que a performance da J3 e da J4 reduz, onde somente cerca de 25% dos percentuais encontra-se no intervalo suficiente, mas com necessidade de iluminação complementar ($100\text{lx} \leq E \leq 500\text{lx}$). Já para as J1 e J2, para todos os meses do ano sempre haverá a necessidade de utilização de iluminação artificial, visto que a iluminação natural se enquadra no intervalo insuficiente ($E < 100\text{lx}$), Figura 12.

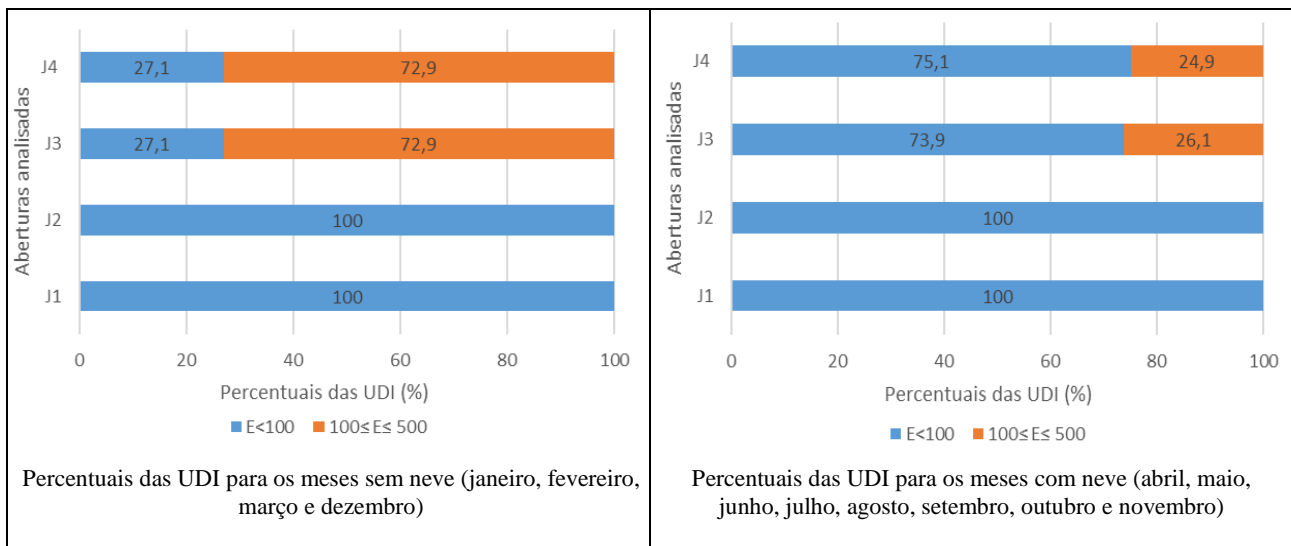


Figura 12: Percentuais das UDI
Fonte: as autoras (2017).

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar, que em todos os horários e dias simulados, a curva isolux demonstra que o desempenho da janela J1 (modelo de janela original com altura de 221 cm, largura de 48,3cm e peitoril de 5cm) é similar ao da J2 (altura de 55cm, largura de 194cm e peitoril de 95cm), bem como da J3 (altura de 55cm, largura de 194cm e peitoril de 5cm) é similar ao da J4 (altura de 55cm, largura de 194cm e peitoril de 186cm). Há também semelhança nos resultados nos horários de 8 e 16h, nos horários de 10 e 14h e nos das 6 e 18h.

Observa-se também, como já era previsto, um decréscimo da iluminância ao longo da profundidade do ambiente para todos os tipos de janelas, sendo este decaimento mais evidente até ponto 2 (à 0,96m da abertura). No caso do índice de uniformidade, todas as janelas em todos os horários apresentaram valor de aproximadamente 0,2, inferior à 0,5 indicado pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, o que por sua vez demonstra elevados contrastes de iluminância no ambiente interno.

Desta forma, é possível verificar que as aberturas J3 (altura de 55cm, largura de 194cm e peitoril de 5cm) e J4 (altura de 55cm, largura de 194cm e peitoril de 186cm) possuem uma performance melhor no ambiente interno, para as condições geográficas da Antártica, permitindo, desse modo, uma redução no uso da iluminação artificial ao longo de todo o ambiente interno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminância de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- ACOSTA, I., CAMPANO M.A., MOLINA J. F. “Window Design in Architecture: Analysis of Energy Savings for Lighting and Visual Comfort in Residential Spaces.” **Applied Energy**, Sevilla, v. 168, p. 493-506. 2016.
- ANDERSEN, M.; GOCHENOUR, S. J.; LOCKLEY, S. W. Modelling ‘nonvisual’ effects of daylighting in a residential environment. **Building and Environment**. V. 70, p. 138–149, 2013.
- CABÚS, R. C. TropLux, versão 7.0: Guia do Usuário, Maceió: Grilu, 2012.
- CIE – COMMISSION INTERNATIONALE DE L’ECLAIRAGE. Spatial distribution of daylight – **CIE standard general sky**. Publication CIE S 011/E:n2003. Viena, Áustria, 2003.
- LARANJA, A. C. **Parâmetros urbanos e a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno**. 2010. 285 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.
- LEDER, S. L. **Ocupação urbana e luz natural: proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural**. 2007. 240 f. Tese (Doutorado em Construção Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- MONTARROYOS, D. C. G. **Indicadores de sustentabilidade para edificações na Antártica**. 2015. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2015.
- NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. **Energy and Buildings**, London: Elsevier, v.38, p.905-913, 2006.
- REINHART, C. F.; WIENOLD, J. The Daylighting Dashboard - A Simulation-Based Design Analysis for Daylit Spaces. **Building and Environment**. V. 46, n. 2, p. 386-396, 2011.
- ROSA, K. K.; FREIBERGER, V. L.; VIEIRA, R.; ROSA, C. A.; SIMÕES, J. C. Mudanças glaciais recentes e variabilidade climática na Ilha Rei George, Antártica. **Quaternary and Environmental Geosciences**, Rio Grande do Sul, p.178. 2014
- TOME, M. S. ; PAWELSKI, Daniela ; ALVAREZ, C. E. ; LARANJA, A. C. . A influência da tipologia da janela na iluminação natural: O caso da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: SBE16 - Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment, 2016, VITORIA. **Sustainable Urban Communities towards a Nearly Zero Impact Built Environment**, 2016. v. 01. p. 265-274.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela viabilização desta pesquisa.