SBQP 2023
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Sustentabilidade e Responsabilidade Social no Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PROGRAU) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel). De 16 a 18 de Novembro, Pelotas, RS, Brasil.

APLICAÇÃO DE TECNOLOGIAS *BIM* COMO SUPORTE PARA ANÁLISE DE ILUMINAÇÃO NATURAL[1]

ROSA, Marcelo Epiphanio da (1); MACARTHY, Maritza da Rocha (2); DUARTE, Carolina de Mesquita (3); CORREA, Celina Maria Britto (4); BORTOLINI, Rafaela (5)

(1) Universidade Federal de Pelotas, marceloerosa20@gmail.com

(2) Universidade Federal de Pelotas, maritzadarochamacarthy@gmail.com

(3) Universidade Federal de Pelotas, carolinademesquitaduarte@hotmail.com

(4) Universidade Federal de Pelotas, celinabrittocorrea@gmail.com

(5) Universidade Federal de Pelotas, bortolinirafaela@gmail.com

RESUMO

A iluminação natural apresenta benefícios que vão muito além de questões energéticas para edifícios de alto desempenho, demonstram principalmente sua importância em tornar os ambientes de serviços mais saudáveis e produtivos. Atualmente, muitas ferramentas de simulação para análise do desempenho luminoso foram desenvolvidas para auxiliar nas tomadas de decisões em projeto. As tecnologias Building Information Modeling (BIM) se destacam como uma ferramenta promissora para estudos de eficiência energética em edificações, abordam a sustentabilidade e desempenho de edifícios. Este artigo tem como objetivo investigar o uso do plug-in Insight Ligthing Analysis (versão 4.1) com enfoque em analisar duas normativas brasileiras: NBR 15.575 e a INIC-C. Para as análises foi utilizado uma sala de aula, adaptada conforme sua localização real na cidade de Pelotas -RS. Os resultados demonstram fragilidade do plug-in na realização de simulações estáticas conforme os horários estabelecidos pela norma NBR 15.575; enquanto para análises dinâmicas a ferramentas apresenta os resultados com os critérios validados somente para certificação LEED v4, além da impossibilidade de verificação de iluminância anual conforme exigências da INI-C. Desta forma, torna-se necessário a utilização de um software específico para simulação de luz natural para obtenção de resultados precisos.

Palavras-chave: *Iluminação natural. Simulação computacional. Desempenho lumínico. Insight 360. BIM.*

ABSTRACT

Daylighting has benefits that go far beyond energy issues for high-performance buildings, mainly demonstrating its importance in making service environments healthier and more productive. Currently, many simulation tools for luminous performance analysis have been developed to assist in making design decisions. The Building Information Modeling (BIM) technologies stands out as a promising tool for studies of energy efficiency in buildings that

---

[1] ROSA, Marcelo Epiphanio da; MACARTHY, Maritza da Rocha; DUARTE, Carolina de Mesquita; CORREA, Celina Maria Britto; BORTOLINI, Rafaela. Aplicação de Tecnologias BIM como suporte para análise de iluminação natural. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2023, Pelotas. **Anais**... Pelotas: PROGRAU/UFPEL, 2023. p. 1-10. DOI https: //doi.org./ 10.46421/sbqp.v3i.3794

addresses sustainability and building performance. This article aims to investigate the use of the Insight Lighting Analysis plug-in (version 4.1) with a focus on analyzing two Brazilian regulations: NBR 15575 and INIC-C. For the analyses, a classroom was used, adapted according to its real location in the city of Pelotas -RS. The results demonstrate the plug-in's fragility in performing static simulations according to the schedules established by the NBR 15,575 standard; while for dynamic analysis the tools present the results with the criteria validated only for LEED v4 certification, in addition to the impossibility of verifying the annual illuminance as required by INI-C. Therefore, it is necessary to use a specific software for daylight simulation in order to obtain accurate results.

Keywords: *Daylighting. Computer simulation. Lighting performance. Insight 360. BIM.*

1 INTRODUÇÃO

A iluminação natural é considerada a melhor fonte de luz para o conforto visual humano e possui papel significante para o desempenho das funções fisiológicas (ALRUBAIH et al., 2013). Com isso, muitas ferramentas computacionais foram desenvolvidas para contribuir na avaliação do desempenho das edificações e no uso racional da luz natural em ambientes internos.

Atualmente, as tecnologias Building Information Modeling (BIM) são baseadas em envolvimento simultâneo em processos de projeto (EASTMAN et al., 2018), na colaboração entre agentes que viabilizam análises de uma edificação e infraestrutura durante todo o ciclo da construção de forma integrada e eficiente. Além disso, a plataforma BIM oportuniza a integração de análises de eficiência energética durante as fases iniciais de projeto. Esse é o cenário ideal visto que são nessas fases que as alterações de projeto possuem o maior impacto.

Pesquisas recentes abordam a utilização da plataforma BIM para realizar análises energéticas e manutenção em edifícios (Chong et al, 2017). Dogan e Reinhart (2013) apontam benefícios em usar ferramentas de simulação computacional simplificadas para análises em projeto, pelas quais exercem um grande impacto na qualificação do projeto.

Com essa primeira iniciativa, das tecnologias BIM em potencializar o acompanhamento de empreendimentos de forma integrada através do ciclo BIM, esse processo produtivo foi particionado em subdivisões, que transcrevem aspectos e informações úteis para a construção. Tais subdivisões fazem referência ao modelo BIM 3D (representação do modelo tridimensional) e comunicam com outras características desse mesmo modelo em cada dimensão.

A indicação aos requisitos de sustentabilidade atribui informações ao modelo 3D no âmbito da eficiência energética do modelo. A partir desse modelo é possível avaliar automaticamente o desempenho energético em um projeto arquitetônico (YUNG et al.2014), permitindo que projetistas realizem avaliações para selecionar a melhor opção projetual que estão relacionados a aspectos como poluição ambiental e construção sustentável associado à manutenção eficiente. Por meio das tecnologias envolvidas no modelo energético, o comportamento da edificação pode ser simulado não só para novos edifícios como também para estudos de retrofit energético em edifícios existentes, uma vez que a metodologia BIM possibilita analisar de forma abrangente todo o ciclo de vida do edifício devido ao seu potencial em produzir de forma rápida saídas de energia para analisar opções econômicas energeticamente eficientes.

Nesse contexto, alguns softwares da plataforma BIM fornecem recursos complementares para a realização de análises de desempenho na interface do

programa. Dentre os programas BIM de crescente utilização no mercado brasileiro está o Autodesk Revit, que se firmou como uma ferramenta eficiente para o trabalho de profissionais da construção civil. Nesse contexto, na área da iluminação natural a ferramenta Insight 360 for Revit, desenvolvida em 2015 (GHOBAD; GLUMAC, 2018) contribui na forma de plug-in para realizar estudos de iluminação natural, cálculos de energia e quantitativos de materiais (YEGANIANTZ,2016).

No contexto BIM, a ferramenta Insight Lighting Analysis é um plug-in integrado para a plataforma de projetos BIM Revit, que usa renderização baseado em nuvem no processo de cálculos é operada por especialistas para análises de desempenho. Dessa forma, permite que o modelo seja analisado quanto ao desempenho lumínico, energético, cargas térmicas de resfriamento e aquecimento e incidência solar (AUTODESK, 2023). Apresenta configurações automatizadas e também personalizáveis para diferentes tipos de análises. As simulações são realizadas por meio de um algoritmo multidimensional Lightcuts com a técnica de modelagem de luz bidirecional Ray tracing. Esse processo é fornecido mediante assinatura de créditos pagos para fins comerciais. Entretanto, a plataforma oferece licença educacional gratuita para fins de pesquisas na versão educacional pelo qual foi realizado o presente estudo.

Diante disso, este trabalho visa investigar o plug-in Insight Lighting analysis (versão 4.0) na realização de simulação computacional de luz natural em projetos desenvolvidos em BIM, com enfoque na obtenção de resultados que atenda as exigências da Norma de desempenho 15.575 e da INI-C (INMETRO, 2021). Para isso, foram executadas simulações estáticas (níveis de iluminância) e dinâmicas para Autonomia da Luz Natural Espacial (sDA) para avaliação da ferramenta a partir de resultados de iluminação natural.

2 OBJETIVO

O presente estudo apresenta como objetivo avaliar a ferramenta Insight Lighting Analysis (versão 4.0) integrada no software Autodesk Revit (2022) para avaliar os benefícios e limitações de uso do plug-in na realização de simulação de desempenho da luz natural com base em duas normativas de iluminação natural.

3 MÉTODO

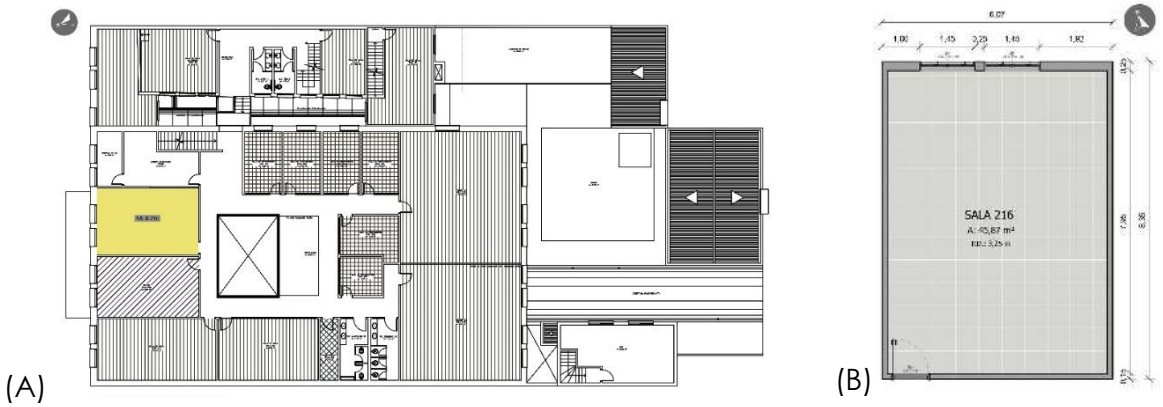
O método empregado neste trabalho foi um estudo de caso, onde foram determinadas condições de iluminação natural através do uso de simulação computacional. Os softwares utilizados foram o Autodesk Revit (2022) para a modelagem, e para as análises do comportamento luminoso foram obtidas por meio do Insight (versão 4.1). Sendo assim, foi escolhido o plug-in Insight por abrir a possibilidade de ser inserido diretamente ao modelo BIM, trazendo maior dinâmica ao processo, visto que não é necessário a exportação do projeto para outro simulador externo, que muitas vezes não permite a compatibilização direta, também diminuindo a chance de perda de informação, e que nem todas ferramentas externas permitem a interoperabilidade BIM. As simulações lumínicas obedeceram aos critérios de duas normativas brasileiras, a ABNT NBR 15.575(ABNT,2013), e a INI-C (INMETRO, 2021).

3.1 Estudo de caso

O objeto de estudo consistiu em um ambiente de sala de aula, localizado na

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas – RS. O modelo apresenta forma retangular com área de 45,87 m², é composto por um único ambiente, não possui divisórias internas, apresenta duas janelas voltadas para a orientação Norte e dimensões conforme a Figura 1.

Figura 1 - Estudo de caso: (A) Planta Baixa esquemática do segundo pavimento FAURB – UFPEL ; (B) Planta Baixa Sala 216.



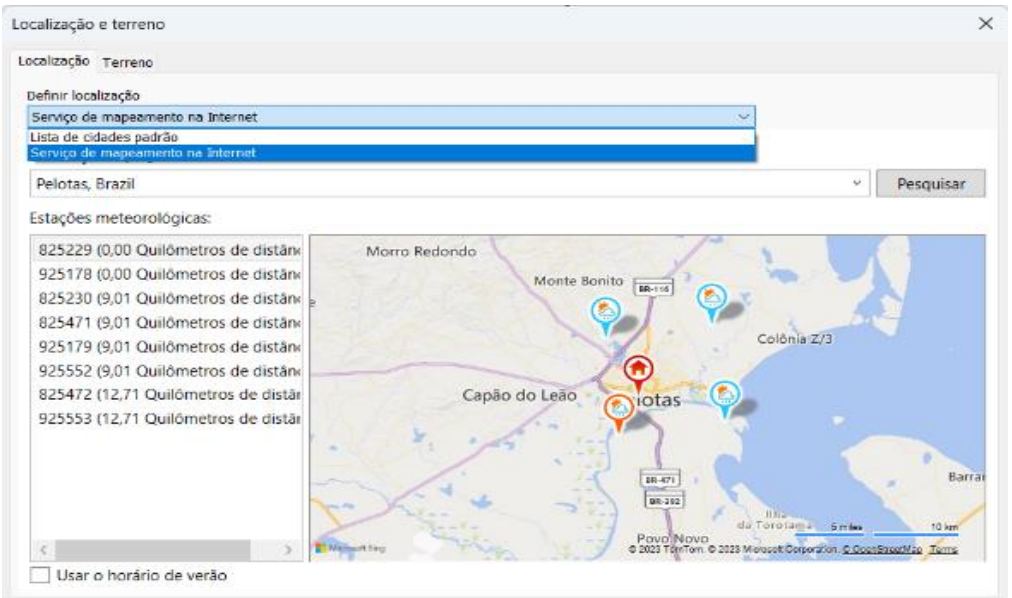
Fonte: Os autores

3.2 Zona bioclimática e arquivo climático

A cidade de Pelotas/RS, localiza na Zona Bioclimática 2 (Latitude: 31° 46' 34" S, Longitude: 52° 21' 34" W). No entanto, a ferramenta Autodesk Revit, disponibiliza automaticamente o serviço de mapeamento online através de um banco de dados da WMO (World Meteorological Organization), com as estações meteorológicas mais próximas à cidade de Pelotas com arquivos TMY (Typical Meteorological Years), disponibilizados a partir do servidor climático da Autodesk.

Para a realização das simulações, foi inserido a localização real da edificação em Pelotas -RS (Figura 2), considerando sua latitude e longitude, afim de obter resultados mais fiéis à realidade.

Figura 2: Arquivo Climático



Fonte: adaptado de Autodesk Revit 2022(2023)

3.3 Configuração dos materiais

Outro fator importante para a preparação do modelo são as configurações das propriedades e aparências dos materiais opacos e translúcidos. Para os materiais opacos, as definições de refletância tem grande influência no comportamento da luz natural, visto que irá definir quanto da luz incidente nas superfícies será refletida de volta para o ambiente. No Insight 360, a refletância dos materiais é definida pela configuração de parâmetros RGB através da aba gerenciar que controla a refletância de cada material opaco.

Outra definição importante é a configuração dos materiais transparentes e translúcidos, ou seja, a transmissidade à luz visível (Tvis) que indica a quantidade de luz que adentra ao ambiente a partir de um material transparente ou translúcido, e que também é definida por valores em RGB. A Tabela 1 apresenta cada material que compõem o modelo da sala de aula analisada e também os valores de refletância e transmissividade configurados a partir dos índices de RGB adequado.

Tabela 1 – Refletância e Transmissividade dos materiais

Componentes	Características	Refletância(%)	RGB
Parede interna	Pintura branca	80%	210,210,210
Piso	Vinílico em placa. Cor azul médio	25%	60,60,60
Forro	PVC branco	80%	210,210,210
Porta	Madeira	35%	90,90,90
Perfis janela	Metálico. Cor grafite escuro	20%	50,50,50
Componentes	Características	Transmissividade(%)	RGB
Vidro simples	Vidro 3mm	85%	220,220,220

Fonte: Os autores

3.4 Normativas para iluminação natural

As normas surgiram para estabelecer conceitos na tentativa de otimizar ao máximo o uso da luz natural em edificações, assegurar a presença da luz em ambientes internos para influenciar no conforto visual do usuário em suas atividades. Sendo assim, possuem embasamentos técnicos na promoção das boas práticas em projeto através de parâmetros exigidos, como níveis de iluminação máximos e mínimos a serem observados para realização de simulação computacional. Para abarcar esse contexto, normativas brasileiras e internacionais tratam de assuntos similares e, por vezes determinam requisitos diferentes para os mesmos parâmetros de desempenho lumínico.

3.4.1 Norma NBR 15.575

A norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais, NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS -ABNT, 2013), de caráter obrigatório nacional, entrou em vigor com o objetivo de traduzir exigências dos usuários em

critérios para satisfazer condições necessárias de conforto no ambiente construído. Dentre os requisitos, é estabelecido o desempenho lumínico, que visa garantir níveis máximos e mínimos de iluminância conforme o método de procedimento de cálculo para a realização de simulações computacionais em ambientes internos sugeridos pela NBR 15.215-3 (ABNT,2005a). Essa norma dispõe de critérios a serem seguidos para a realização de simulação para a avaliação do nível de iluminância no plano horizontal. Assim, as análises devem ser feitas em quatro horários do ano, os dias 23 de abril e 23 de outubro, executadas no período da manhã (9:30) e no período da tarde (15:30), considerando a latitude e longitude do local, considerar nebulosidade intermediaria de céu (50% índice de nuvens) e sensor colocado na altura de 0,75 m acima do piso para o centro do ambiente.

3.4.2 INI-C (Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas)

A INI-C é o resultado de uma série de pesquisas realizadas pelo Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (Procel Edifica) em conjunto com o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). Esta instrução normativa visa aperfeiçoar o método de avaliação e classificação de eficiência energética das edificações comerciais, de serviços e públicas. Na INI-C é possível estimar o consumo de energia da edificação por meio dos métodos simplificado e de simulação computacional, além de estabelecer critérios para avaliação do consumo energético do edifício. A INI-C traz recomendações para análise de iluminação natural, como aspectos relacionados ao software e regulamentações baseadas na IES LM-83 (IESNA, 2012), estabelecendo como métricas de análise a Autonomia de Luz Natural Espacial, sDA 300lux/50% e a Exposição a Luz Solar Direta, ASE 1000lux/250h.

Para a realização de simulação lumínica, deve-se seguir alguns parâmetros de instruções (INI-C, Anexo C.II):

a) Usar programa para a análise dinâmica de sDA e ASE para iluminação natural em edifícios;

b) Considerar o período de ocupação para o qual a luz natural é disponível, considerado um período de 10h, durante os 365 dias do ano, totalizando em 3.650h/ano, independentemente da tipologia da edificação;

c) A iluminância alvo deve ser de 300 lux;

d) Permitir a modelagem e operação de persianas e cortinas conforme o algoritmo presente na versão mais atual da IES LM-83;

e) Arquivo climático deve conter 8.760 valores horários anuais (365 dias);

f) Plano de análise é onde as iluminâncias devem ser mapeadas por meio de uma malha de pontos contínua, localizada a 0,75 m acima do piso acabado;

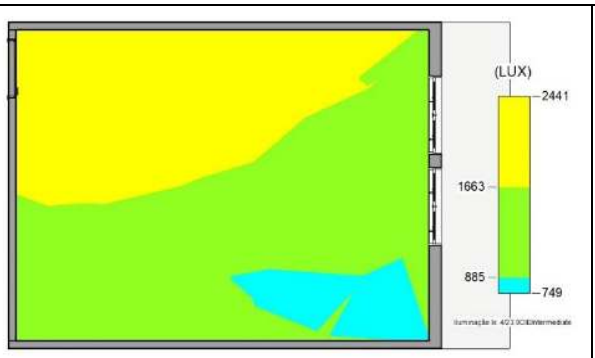
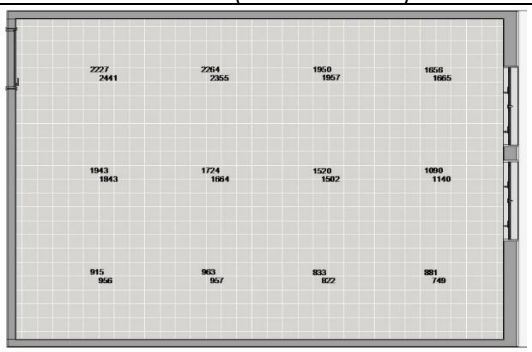
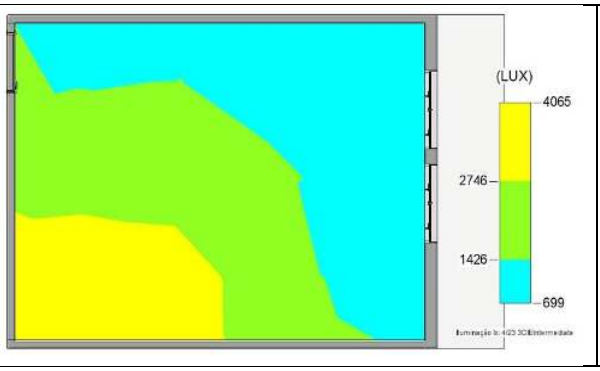
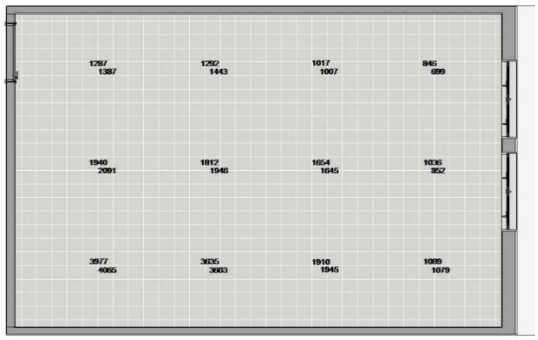
g) Obstruções externas devem ser modeladas considerando-se as edificações e topografia do entorno imediato.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Serão discutidos resultados que comtemplam as exigências de cada uma das normativa já citadas, quatro simulações computacionais executadas para o cumprimento da NBR 15.575 e uma simulação para INI-C. A Norma de Desempenho NBR15.575 recomenda simulação estática, com horários específicos (9:30 e 15:30), datas distintas para avaliação do nível de iluminância e considerando céu

intermediário (índice de nuvens de 50%). Neste caso, por se tratar de análise estática, e pela fragilidade do plug-in em permitir simulações apenas em horários inteiros, de hora em hora, realizadas análises no período das 9:00 às 10:00 para o período da manhã e das 15:00 as 16:00 para a tarde, permitindo fazer uma média de valores nesses horários. No período de 23 de abril, compreendendo das 9:00 às 10:00, observa-se que na sala alcançou níveis altos de iluminância com 88%, no período da tarde 50% acima do limite e com percentuais excessivos de iluminância entre 15:00 as 16:00.

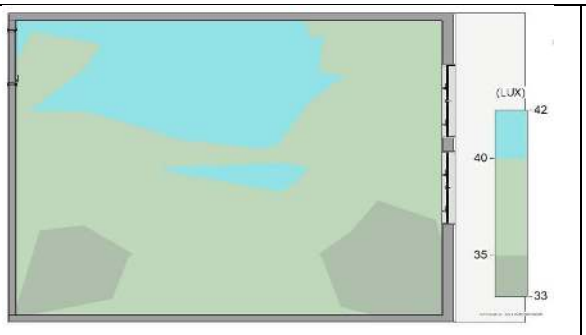
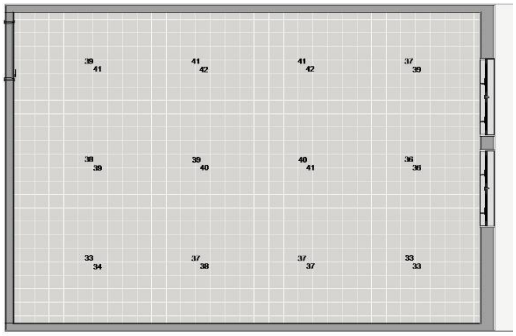
Quadro 1 – Resultados das simulações para norma NBR15.575 – Abril

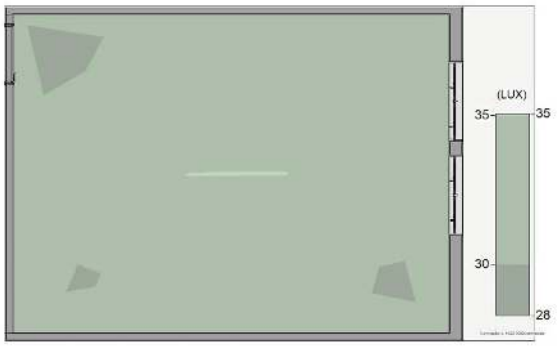
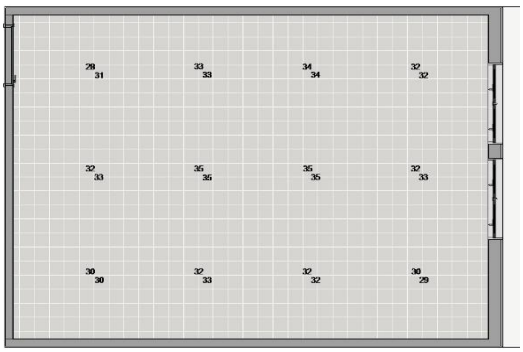
Resultado dia 23 de Abril – Período da manhã (9:00 às 10:00)	
	
Resultado dia 23 de Abril – Período da tarde (15:00 às 16:00)	
	

Fonte: Os autores

Nos resultados para o dia 23 de outubro, observa-se que tanto no horário da manhã como da tarde os níveis de iluminância são insuficientes para a sala de aula, por abaixo de 100 lx, o que demanda necessidade de complementação com a iluminação artificial nesses períodos.

Quadro 2 – Resultados das simulações para norma NBR15.575 – Outubro

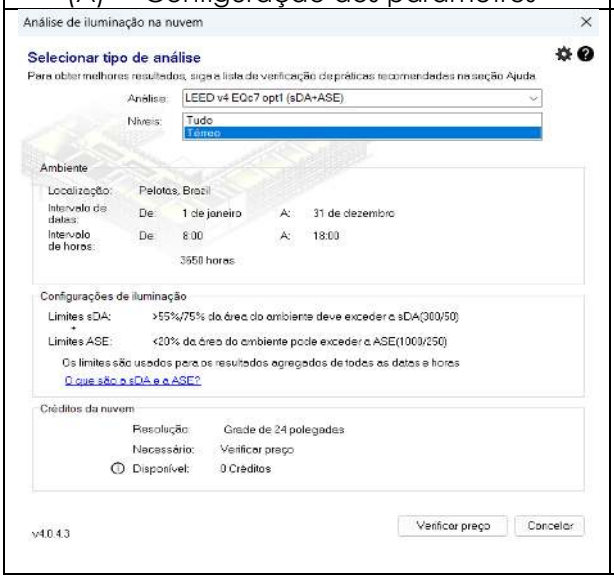
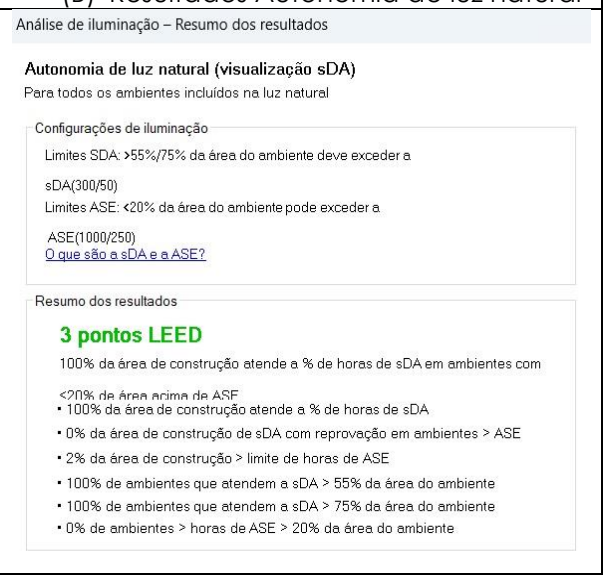
Resultado dia 23 de outubro – Período da manhã (9:00 às 10:00)	
	

Resultado dia 23 de outubro – Período da tarde (15:00 às 16:00)	
	

Fonte: Os autores

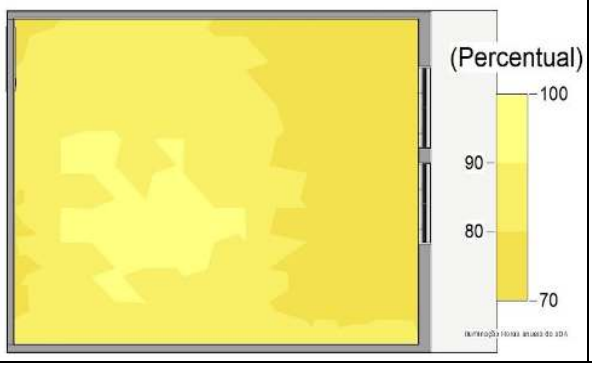
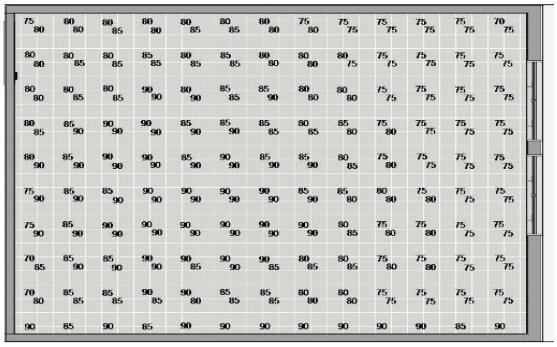
Para a realização de simulação dinâmica utilizando o plug-in Insight 360, é necessário executa-la a partir da opção LEED, disponibilizada pelo plug-in, que gera resultados das métricas de simulação integrada que atendem os requisitos de sDA (Spatial Daylight Autonomy) e ASE (Annual Sunlight Exposure) e níveis de iluminância (Lux). O resultado para a análise de iluminação pelo LEED verifica as métricas e apresenta os resultados especificando a quantidade de pontos obtidos para a amostragem das 3.650 horas por meio da análise completa da certificação LEED v4 EQc7 opt1(sDA + ASE), compatível com a recomendação da INI-C. A análise do modelo desse estudo alcançou os critérios de aprovação referente a opção 1 do LEED (3 pontos), como pode ser verificado no quadro 3. Entretanto, pelo fato de a ferramenta apresentar configurações automaticamente predefinidas impossibilita a livre troca de parâmetros para cada análise. Acresça-se a isso, a fragilidade do plug-in de não possibilitar a operação de persianas e cortinas e também em não utilizar algoritmo do raio traçado ou da radiosidade conforme exigência da norma. Além disso, a ferramenta demanda de alto tempo necessário para realização de simulações, visto que o *Insight* opera de forma manual e com salvamento em nuvem.

Quadro 3 – (A)Configurações gerais e (B) Resultados sDA

(A) Configuração dos parâmetros	(B) Resultados Autonomia de luz natural
	

Fonte: Os autores

Quadro 4 – (A)Configurações gerais e (B) Resultados sDA

(A)Validação sDA/ASE	(B) sDA (dados numéricos na grade de ponto
	

Fonte: Os autores

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este artigo procurou evidenciar vantagens das tecnologias BIM como parâmetro projetual nas análises de desempenho, com o fim de colaborar nas decisões pela qualidade da iluminação natural desde a fase inicial de projeto. Para isso, fez uso da simulação computacional integrada do software Autodesk *Revit* por meio de uma ferramenta de colaboração associada chamada *Insight Lighting Analysis*. Para estudos inicias de desempenho energético, a possibilidade de simular diferentes projetos em um único arquivo favorece a adoção dessa ferramenta por profissionais não especializados, se torna mais fácil de usar, visto que para a execução de simulação, as configurações da ferramenta são bastante simplificadas.

No atendimento as exigências da norma 15.575, foram identificadas barreiras para a adoção do uso correto com o *plug-in* pelo fato da ferramenta disponibilizar apenas valores fixos de dados de entrada e a impossibilidade de configuração de horários específicos como a norma estabelece. Em relação aos critérios estabelecidos pela INI-C (INMETRO, 2021), a simulação dinâmica, o plug-in apresenta configurações voltadas apenas aos requisitos da normativa LEED, e impossibilita a verificação de valores médios de iluminância anual. Para cumprir com as determinações normativas brasileiras, torna-se necessário a utilização de um programa de simulação computacional que apresente confiabilidade nos resultados.

Conclui-se que a ferramenta Insight 360, apesar de suas fragilidades em atender os parâmetros conforme normativas brasileiras, possibilita análises iniciais de iluminação natural para a prática projetual. Observa-se como limitações desse estudo, as análises realizadas para um único lugar, um modelo de baixa complexidade que não considerou o entorno. Como sugestão para pesquisas futuras, mostra-se interessante comparar o entorno edificado para verificação dos resultados com luz natural.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.215 b– Parte 2**: iluminação natural: parte 2: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005.

_____**NBR 15.215 - Parte 3**: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.

_____ **NBR 15.575**: Edificações Habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro, 2021.
ALRUBAIH, M. S. et al. Research and Development on Aspects of Daylight **Fundamentals. Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 21, 2013. p. 494-505. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.12.057

Autodesk. 2022. Light Analysis for Revit. Autodesk, Inc.

Chong H-Y, Wang X, Lee C-Y. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, 2017. v. 142, p.4114-4126.

Dogan T, Reinhart C. **Atmospheres: proof of concept for web-based 3D energy modeling for designers with WebGL/html5 and modern event-driven, asynchronous server systems**. DOI: 10.26868/25222708.2013.1440, 2013

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LEE, G. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers. 3. ed. New Jersey: **Wiley**, 2018.

GHOBAD, L.; GLUMAC, S. **Daylighting and energy simulation workflow in performance-based building simulation tools**. BUILDING PERFORMANCE ANALYSIS CONFERENCE AND SIMBUILD, 2018, Chicago. ASHRAE/IBPSA-USA, 2018, p. 382–389.

IESNA, ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. **IES Lighting Measurements (LM) 83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)** | U.S. Green Building Council. New York, 2012. Disponível em: https://www.usgbc.org/resources/ies-lighting-measurements-lm-83-12-approved-method-ies-spatial-daylight-autonomy-sda-and. Acesso em: 13 abr. 2023.

INMETRO, INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Instrução Normativa INMETRO para a classificação de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas. Anexo da Portaria INMETRO No 42/2021**. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao. Acesso em: 27 abr. 2023.

YEGANIANTZ,TS **Simulação computacional ambiental no sistema BIM: possibilidades e limitações do calculador da luz natural. Dissertação** (Mestrado em Arquiteta e Urbanismo) Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

WANG, X.; YUNG, P.; LOU, H.B.; TRUJIENS, M. An innovative method for project control in LNG project through 5D CAD: A case study. **Automação e Constução**. 2014, v.45, p.126–135. DOI: 10.1016/j.autcon.2014.05.011

YUNG, P; WANG, X. **A 6D CAD Model for the Automatic Assessment of Building Sustentability**.Int.J.Adv.Robot.Syst.2014,11,531-540.