XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8918

Método de monitoramento do edifício LabZero | UnB: Conforto térmico e luminoso

Monitoring method for the LabZero Building | UnB: thermal and luminous comfort

Maria Fernanda Arantes Nacfur
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | mariafernandanacfur@gmail.com
Marlise Bohn Guimarães
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | marliseguimaraes@gmail.com
Joara Cronemberger Ribeiro Silva
Universidade de Brasília| Brasília | Brasil | joaracronemberger@unb.br

Cláudia Naves David Amorim
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | clamorim@unb.br

Resumo

Com a crise climática e energética dos últimos anos, os edifícios de balanço energético quase nulo (NZEB) começaram a ganhar força no cenário mundial. Dessa forma, edifícios como o LabZero UnB tem a finalidade de serem projetados para otimizar o uso de energia. Esse estudo tem como objetivo delimitar um método de monitoramento que comprove o desempenho térmico e luminoso do edifício. A metodologia foi baseada no protocolo de monitoramento de iluminação da IEA Task 61 e ASHRAE 55, além de artigos recentes sobre o tema. Foram selecionados equipamentos como sensores de temperatura e iluminação, termômetro de globo, piranômetro, luxímetros e luminancímetros, além de outros. A partir disso, foram definidos os critérios que seriam usados no planejamento e execução do monitoramento. Como resultado foi desenvolvido um método de monitoramento capaz de analisar as condições climáticas e luminosas em edifícios de energia quase zero em clima quente e seco, e avalia o desempenho baseado em métricas propostas pelas normas vigentes.

Palavras-chave: Monitoramento. Método de monitoramento. Conforto térmico. Conforto luminoso.

Abstract

With the climate and energy crises of recent years, Nearly Zero Energy Buildings (NZEBs) have gained increasing prominence worldwide. In this context, buildings such as LabZero UnB are designed to optimize energy use and enhance overall building performance. This study aims to establish a monitoring methodology capable of assessing and validating the building's thermal and lighting performance. The methodology was based on the lighting monitoring protocol proposed by IEA Task 61 and ASHRAE Standard 55, as well as on recent scientific literature related to the topic. Monitoring equipment such as temperature and illuminance sensors, globe thermometers, pyranometers, lux meters, luminance meters, among others, were selected. Based on these resources, the criteria for planning and implementing the monitoring process were defined. As a result, a monitoring method was developed to analyze

thermal and lighting conditions in nearly zero energy buildings located in hot and dry climates, evaluating their performance through metrics established by current standards

Keywords: Monitoring; Monitoring method; Thermal comfort; Visual comfort.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas e eficiência energética vêm sendo tópicos de crescente preocupação global, especialmente se tratando de edificações. Assim, várias estratégias arquitetônicas estão sendo desenvolvidas e são voltadas, principalmente, à redução do consumo energético, sem prejudicar as condições de conforto ambiental nos edifícios. Nesse contexto, surgem os edifícios com balanço energético quase nulo, conhecidos como Nearly Zero Energy Buildings (NZEB). Segundo D'Agostino e Mazzarella [1], eles são caracterizados pela alta eficiência energética e soluções inteligentes para melhor otimização do consumo. Ainda, os autores citam a dificuldade de achar uma definição universal do conceito, visto que ele é relativo ao contexto climático e ao perfil principal do projeto.

O termo ZEB (Zero Energy Building) começou a aparecer no cenário arquitetônico por volta da década de 1970, mas foi ganhar mais relevância após as crises energéticas ocorridas nos anos 2000 [2]. Após isso, foram definidas terminologias e definições, além das abordagens que variam de acordo com políticas e características de cada local.

A International Energy Agency (IEA) [3] define que para um edifício ser considerado de balanço energético nulo, ele precisa, obrigatoriamente, gerar energia através de fontes renováveis. Mas, para além da melhoria no consumo energético, outro ponto crucial dos edifícios NZEB é a manutenção de condições de conforto ambiental adequadas aos usuários. Dentro desse espectro, o conforto térmico e luminoso tem relação direta com a qualidade do ambiente. Dessa forma, para compreender o funcionamento das estratégias utilizadas e investigar sua eficácia, é necessário o monitoramento do ambiente, colhendo e analisando a maior quantidade possível de dados que indiquem as condições de temperatura, umidade e iluminação e todos os outros fatores que possam comprometer o bem-estar dos usuários.

O edifício Labzero UnB, em Brasília, é uma edificação demonstrativa de um NZEB, proposto por Amorim et al [4], cuja construção foi financiada por edital da Eletrobrás/PROCEL em 2020. Ainda em construção, o edifício LabZero fica situado na Universidade de Brasília, no campus Darcy Ribeiro, precisamente no Parque Tecnológico da UnB. Foi proposto por para ser uma edificação de alta eficiência energética com balanço energético anual quase nulo, destinada a atividades de escritório, para abrigar grupos de pesquisa e laboratórios da área de sustentabilidade ambiental.

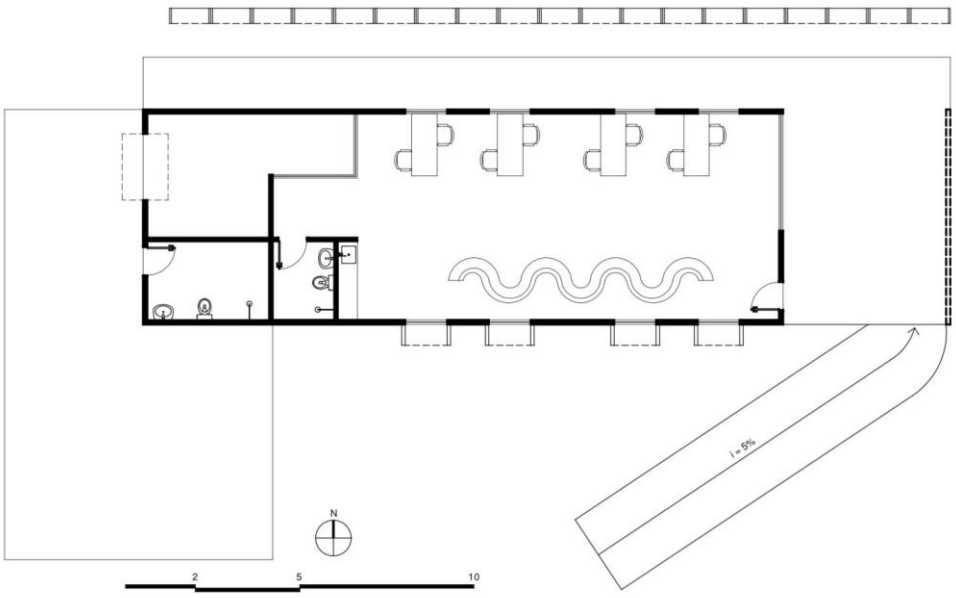
O edifício foi concebido com elementos arquitetônicos voltados ao aproveitamento de estratégias passivas compatíveis com o clima local. O partido arquitetônico buscou manter consonância com o padrão construtivo da universidade, ao mesmo tempo em que valorizou a adoção de soluções estruturais inovadoras.

As estratégias utilizadas foram iluminação natural bilateral, áreas envidraçadas com brises, sistema de chaminé na fachada oeste para intensificar a ventilação natural, materiais de paredes e coberturas com transmitância adequados à zona bioclimática local, fachadas maiores voltadas para Norte e Sul, sistema de iluminação artificial com lâmpadas e luminárias eficientes e iluminação de tarefa e uso de automação para uso e regulagem de sistemas de AVAC.

O projeto consta 207 m² de área construída e um único pavimento, integrando área de coworking, banheiro, copa, área técnica, bicicletário e varanda. O edifício é descrito como alongado, de pouca profundidade, com iluminação natural bilateral. As fachadas principais tem orientação Norte-Sul, com a fachada Sul marcando o acesso principal.

O sistema construtivo é uma estrutura metálica com painéis pré-fabricados, cobertura com isolamento adequados e materiais escolhidos conforme indicados pela NBR 15220 [5], sendo adequados para a zona bioclimática local. Possui estratégias bioclimáticas como iluminação natural bilateral, ventilação cruzada, brises, cobogós, varando sombreada, chaminé solar e proteção solar das aberturas. Também possui sistema fotovoltaico, automação, iluminação LED eficiente, iluminação de tarefa, ventilação natural priorizada e ventilação forçada, caso necessário.

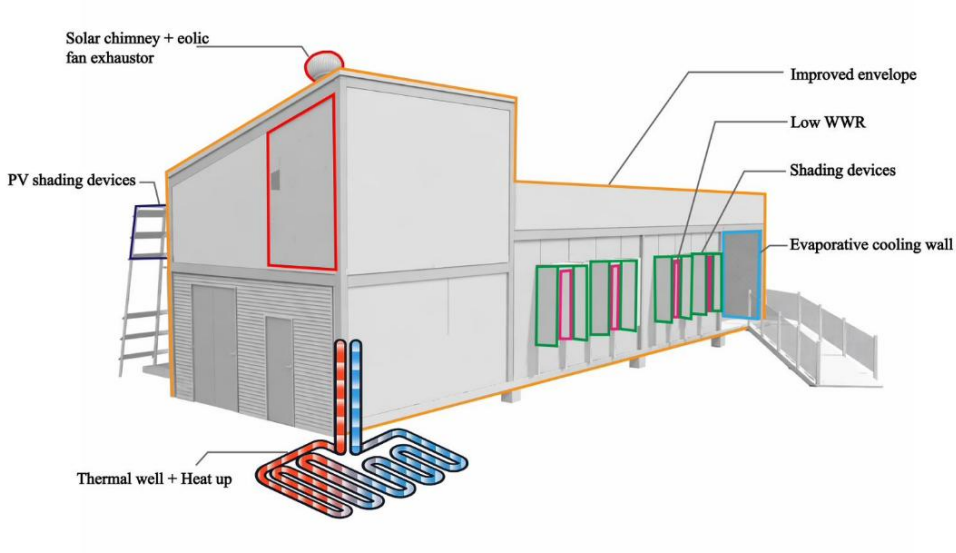
Figura 1: Planta do edifício LabZero UnB



Fonte: Mariana Alves Pontes

Figura 2: Esquema de elementos projetuais do edifício LabZero UnB

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8918



Fonte: Mariana Alves Pontes

OBJETIVO

O objetivo geral desse artigo é definir um método de monitoramento do desempenho térmico e luminoso para edifícios de balanço energético quase nulo.

METODOLOGIA

Inicialmente, foi feita uma revisão bibliográfica de temas voltados à monitoramentos em edifícios e à tecnologia NZEB, abordando o uso de equipamentos e técnicas para medições de parâmetros de temperatura e iluminação. O foco foi na IEA Task 61 [3] e na norma ASHRAE 55 [6], além de artigos em periódicos como os de Iautaro et al [10], Garcés et al [11], Bellia et al [16].

Em seguida, com base na revisão da bibliografia, foram estudados equipamentos e técnicas adequadas para as medições, considerando orçamento e disponibilidade de equipamentos e condições físicas do local.

Por fim, foi elaborado plano para com método e ferramentas adequadas para o monitoramento.

DESENVOLVIMENTO

CLIMA LOCAL

Brasília, onde o edifício LabZero é situado, situa-se no Planalto Central Brasileiro, com latitude de 15° 52’, longitude de 47° 56’ e altitude entre 1000 e 1061 metros. Apresenta clima Tropical de Altitude, com dois períodos marcantes e distintos: um quente e úmido, com temperatura média de 22°C, e um quente e seco, com temperatura média de 20°C.

Segundo a NBR 15220-3 [5] Brasília se encontra na zona 3B, de clima misto e seco. Esse tipo de clima funciona muito bem utilizando do conforto adaptativo, com estratégias de ventilação natural, controle solar e massa térmica moderada.

CONFORTO TÉRMICO

A ASHRAE 55 [6] define o conforto térmico como uma condição de espírito que reflete a satisfação dos indivíduos ocupantes com o ambiente térmico ocupado. A NBR 16401-2 [7], norma brasileira de conforto térmico atualmente, é baseada na ASHRAE 55 e traz definição semelhante, trabalhando o conforto térmico como a condição de satisfação dos ocupantes e levando em consideração as variáveis físicas humanas. Ela utiliza seis variáveis principais: quatro são relacionadas ao ambiente, sendo elas a temperatura do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar; as outras duas são relacionadas aos ocupantes, sendo elas a taxa metabólica e o isolamento da vestimenta. A norma brasileira apresenta, também, métodos de avaliação como o *Predicted Mean Vote* (PMV), baseado no método da ISO 7730 [8], que avalia a sensação térmica média de um grupo de ocupantes em lugares que possuem climatização HVAC, e um modelo de conforto adaptativo, para ambientes naturalmente ventilados.

Entretanto, devido às diferentes variáveis físicas humanas, não é possível chegar em uma resposta perfeita, que agrade todo mundo. Assim, a ISO 7730 [8] também criou um outro parâmetro, o Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), que diz que mesmo em condições ideias sempre haverá usuários insatisfeitos. Portanto, a taxa mínima sempre será de cerca de 5%.

A ISO 7730 [8] utiliza esses parâmetros - os limites do PMV e os valores do PPD - para definir o conforto térmico, separando-o em três classes. A classe A é de alto conforto, a classe B de conforto médio, e a classe C é aceitável.

CONFORTO ADAPTATIVO

O conforto adaptativo é a ideia de que o corpo humano se adapta ao ambiente, definido pela ASHRAE [6]. Essa ideia se encaixa satisfatoriamente em edifícios que possuem ventilação natural ao invés de mecânica. A norma define faixas de temperatura aceitáveis, cerca de 80 ou 90% de aceitabilidade, baseando-se nas temperaturas médias dos dias anteriores e no clima local. Entende-se que, em caso de desconforto, os indivíduos ocupantes realizaram ajustes comportamentais, como tirar ou colocar uma roupa, ajustes fisiológicos e ajustes psicológicos.

Esse modelo é uma alternativa ao parâmetro do PMV, que propõe a utilizar sistemas passivos de climatização para trazer soluções, sendo mais usado para projetos sustentáveis e de baixo consumo energético.

CONFORTO LUMINOSO

A NBR ISO/ CIE 8995-1 [9] estabelece que o conforto luminoso é um ambiente onde exista um desempenho visual adequado, sem causar desconforto aos usuários. Nessa norma, que trata da iluminação elétrica, os parâmetros utilizados

para o conforto luminoso satisfatório são: a iluminância (lux); a uniformidade da iluminância; o índice de reprodução de cor (IRC) e a temperatura de cor e o limite ofuscamento (UGR).

A NBR 15215 [2] traz outros critérios, mas trata da iluminação natural. Os parâmetros são: Iluminância (lux); ofuscamento (UGR); Fator de luz do dia (FLD); distribuição da luz.

PLANEJAMENTO DO MONITORAMENTO

A ASHRAE 55 [6] estabelece as condições térmicas aceitáveis para os usuários em ambientes internos. Ela traz 6 variáveis fundamentais: temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar, umidade, metabolismo humano e as vestimentas usadas, sendo necessário, para realizar o monitoramento, medir as 4 primeiras. No caso desse edifício, as últimas duas não serão realizadas, pois não haverá ocupação durante o monitoramento.

A IEA *Task* 61 [3] considera quatro aspectos fundamentais do monitoramento de iluminação para o estudo de caso de um edifício real, sendo eles: o uso da energia, efeitos visuais, efeitos não visuais e a avaliação do usuário. O processo completo, segundo esse método, possui etapas de medição in loco, medição de energia e avaliação subjetiva. No entanto, o processo aqui conduzido inclui somente a parte de efeitos visuais da luz, não contemplando as demais por não haver ocupação do edifício e, portanto, nenhum usuário e nenhum consumo energético derivado do uso. Os efeitos não visuais também não serão incluídos.

Ainda seguindo a IEA [3], para realizar o monitoramento dos efeitos visuais da luz (conforto luminoso) as medições in loco devem ser feitas considerando pelo menos a quantidade e distribuição de luz (iluminâncias no plano de trabalho, contrastes de luminância nas tarefas visuais, nas posições previstas para os usuários). Devem ser medidas a iluminância externa e a radiação solar global.

MÉTODO DE MONITORAMENTO

O método deve ser organizado de forma que oriente a realização das medições *in loco* e garanta uma obtenção de dados assertiva.

Inicialmente, segundo Iatauro [10] e a IEA Task 61 [3], é preciso escolher e analisar o edifício com precisão. Colher informações sobre localização, implantação, clima local, orientação solar, sistema construtivo, dimensões, materiais utilizados e estratégias projetuais.

Após, de acordo com a IEA [3], devem ser escolhidos os pontos a serem medidos, os equipamentos que serão utilizados e as condições e momentos que o monitoramento será realizado, sendo imprescindível a consideração de condições críticas.

Os equipamentos escolhidos precisam estar calibrados e em bom funcionamento para medirem os parâmetros necessários com precisão. Além disso, precisam estar conectados a sistemas que armazenem de forma segura os dados obtidos

Após, os dados que foram coletados durantes as medições precisam ser organizados, de forma que permita fácil análise. Depois de serem analisados, é preciso comparar com os parâmetros estabelecidos nas normas e com os objetivos da pesquisa.

RESULTADOS: MONITORAMENTO DO LABZERO UNB

Os instrumentos para o monitoramento do LabZero UnB foram escolhidos com base na revisão bibliográfica. Os equipamentos selecionados foram:

- Termômetro de globo [10], que mede a temperatura radiante;
- Sensores DHT-22 [11], que medem a temperatura do ar e umidade;
- Piranômetro [12], para medir a irradiação solar externa;
- Luxímetro, para medir a iluminância interna [16] e
- Luminancímetro para medição de luminância e contrastes.

Figura 3: Tabela de equipamentos

Instrumento	**Função**	**Tipo de medição**
Termômetro de globo	Utilizado para medir a temperatura radiante	Medições pontuais
Sensores DHT-22	Utilizados para medir a temperatura do ar e umidade	Medições contínuas
Piranômetro	Utilizado para medir a irradiação solar externa	Medições pontuais
Luxímetros	Utilizado para medir a iluminância interna	Medições pontuais
Luminancímetros	Utilizados para medir a luminância	Medições contínuas

Fonte: Autoral

Delimitou-se então o período de monitoramento, meses em que ocorreria, e pontos dentro do edifício.

Considerando o clima de Brasília, definiu-se que o monitoramento será feito em 2 períodos: um de junho a agosto, meses que caracterizam um período de seca, e um de janeiro a março que caracterizam um período chuvoso. Para cada período, foram delimitados 15 dias consecutivos [10], suficiente para capturar diferentes situações.

O monitoramento com os sensores de temperatura e umidade deve ser feito continuamente, de 5 em 5 minutos, por não ser um ambiente grande. Com o termômetro de globo e com o piranômetro, as medições devem ser pontuais, durante o período de maior ocupação do edifício [12], [16].

O monitoramento da iluminância, por depender de luz natural, deve ser pontual, feito com um luxímetro portátil, e realizado em três horários diferentes, sendo eles 9h, 12h e 15h, devido às diferentes posições do sol. Deve ser feito também um

contínuo, com luminancímetros, para analisar o comportamento luminoso do edifício ao longo do tempo [3].

Também, foi marcado o local em que cada equipamento deve ser colocado e a posição.

Os sensores de temperatura e umidade devem ser posicionados na zona ocupada da sala, aproximadamente 1,1 metro do piso. Devem ser afastados pelo menos 1 m das janelas e não devem receber incidência solar direta [3], [6], [8]. Por serem medições contínuas, devem ser apoiados sobre alguma superfície.

O termômetro de globo também deve ficar na zona ocupada, na mesma posição do sensor de temperatura central, a 1,1 metro do piso e longe de janelas e incidência solar direta [6], [8].

O piranômetro deve ficar posicionado no telhado, em plano horizontal e longe de qualquer obstrução [3], [13], [14].

Os luminancímetros devem formar uma malha no local e estar sob o plano de trabalho, na zona ocupada, sem encostar em paredes e a aproximadamente 1 metro do chão e 1 metro das janelas [2], [9].

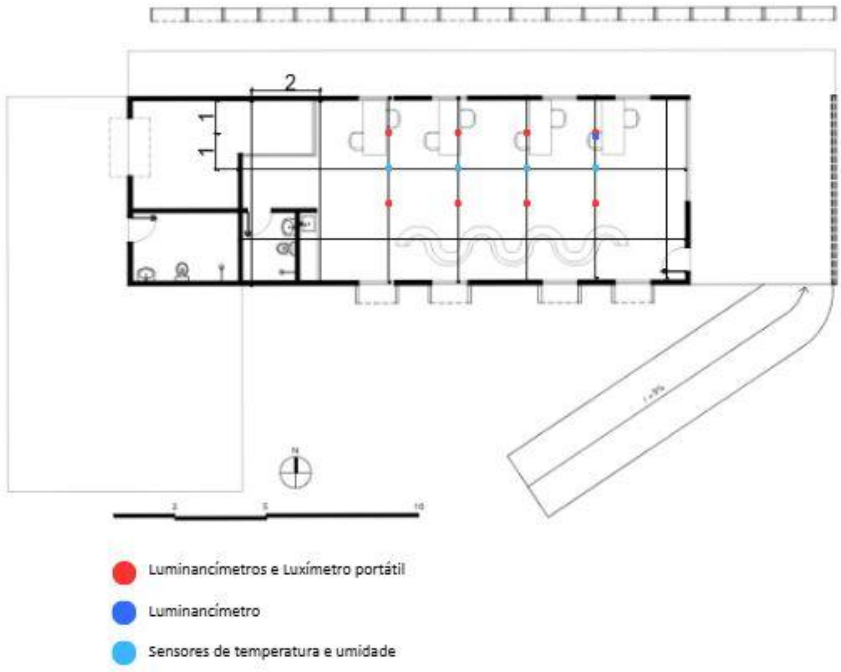
Para as medições pontuais internas com o luxímetro portátil, a medição deve seguir a malha dos luminancímetros. Para as externas, a medição tem que ocorrer em local desobstruído, com visão livre do céu e sem sombreamento [2].

Um luminancímetro também deve ser apoiado em uma estação de trabalho representativa, aproximadamente da altura do olhar do ocupante sentado, e direcionado para a janela, o plano de trabalho e o teto, para medir corretamente a distribuição da luz e os contrastes no campo de visão dos usuários [3], [15], [16].

A figura 4 ilustra os pontos de medição marcados na planta do edifício, em uma malha de 2x2 metros, que abrange as áreas de trabalho e a zona central.

Figura 4: Esquema de posicionamento de equipamentos na planta

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8918



Fonte: Autoral

Por fim, foi desenvolvido um *checklist* de monitoramento do edifício, adaptado do apresentado pela IEA Task 61 [3].

Figura: *Checklist* de monitoramento LabZero UnB

CHECKLIST MONITORAMENTO LABZERO UNB	
DATA	**FAZER**
2 meses antes	o Checagem de disponibilidade dos equipamentos escolhidos. o Compra dos equipamentos não disponíveis. o Checar se equipamentos estão funcionando o satisfatoriamente. o Arrumar equipamentos, se for necessário. o Escolher e agendar dias do monitoramento com a administração do edifício. o Escolher equipe para estar presente no monitoramento.
2 semanas antes	o Revisar novamente os equipamentos. o Relembrar equipe dos dias de monitoramento. o Olhar previsão do tempo e escolher dia alternativo, caso necessário. o Relembrar administração do edifício sobre os dias de monitoramento.
1 dia antes	o Checar previsão do tempo e remarcar o dia, caso necessário. o Garantir que todos os equipamentos estão sendo levados. ✓ Sensores DHT-22 ✓ Termômetro de globo ✓ Piranômetro ✓ Luxímetros ✓ Luminancímetros
No dia	o Chegar 2 horas antes do começo do monitoramento. o Marcar pontos em que os equipamentos vão ficar. o Colocar os equipamentos e arrumá-los de acordo com suas necessidades. o Começar a arrumar material das medições pontuais. o Testar conexão entre a equipe interna e externa. o Tirar fotos do ambiente interno e externo no começo das medições. o Começar as medições às 9h.
Depois do monitoramento	o Checar se os dados foram armazenados corretamente. o Conferir se todos os equipamentos vão ser guardados de forma segura. o Conferir equipamentos que vão ficar no edifício para medição contínua.

Fonte: Modificado a partir da IEA Task 61 (2021)

CONCLUSÃO

O estudo teve como principal objetivo a delimitação de um método de monitoramento de conforto visual e térmico em edifícios de balanceamento energético quase nulo. A partir de uma revisão de literatura centrada, principalmente, na IEA Task 61 [3] e na ASHRAE 55 [6], além de artigos pertinentes ao assunto, foi estruturado um método com critérios para medições *in loco* de edifícios NZEB, que incluem a escolha de equipamentos, pontos a serem medidos e condições climáticas que abrangem diferentes situações.

DECLARAÇÃO

Os autores declaram que não utilizaram IA generativa nem tecnologias assistidas por IA no processo de preparação do manuscrito.

REFERÊNCIAS

[1] AGOSTINO, Delia D'; MAZZARELLA, Livio. What is a Nearly Zero Energy Building? Overview, implementation and comparison of definitions. *Journal of Building Engineering*, [S. l.], v. 21, p. 200–212, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.10.019.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15215: iluminação natural. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

[3] IEA SHC *Task* 61 / EBC Annex 77*: Integrated Solutions for Daylighting and Eletric Lighting: A Procedure to Post-Occupancy Evaluation of Daylighting and Electrical Lighting Integrated Projects.* França, SHC Task 61 / EBC Annex 77, 2021

[4] AMORIM, Cláudia Naves David et al. *Proposta de projeto de edificação de balanço energético nulo – LabZero UnB*. Memorial descritivo submetido à Chamada Pública NZEB Brasil – Procel Edifica. Brasília: Universidade de Brasília, 2020.

[5] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

[6] AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ANSI/ASHRAE Standard 55-2020: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2020

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401-2: instalações de ar-condicionado — sistemas centrais e unitários — parte 2: parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

[8] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7730: ergonomics of the thermal environment — analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Geneva: ISO, 2005.

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

[10] IATAURO, Domenico; et al. Thermal comfort monitoring in office buildings: a case study. E3S Web of Conferences, v. 523, art. 06006, 2024. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452306006

[11] GARCÉS, H. O. et al. Monitoring of thermal comfort and air quality for sustainable energy management inside hospitals based on online analytical processing and the Internet of Things. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 19, art. 12207, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ijerph191912207

[12] LEE, Dong-Seok; JO, Jae-Hun. Application of IR camera and pyranometer for estimation of longwave and shortwave mean radiant temperatures at multiple locations**.** Building and Environment, v. 207, parte A, art. 108423, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108423

[13] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 9060:2018: Solar energy — Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation. Geneva: ISO, 2018.

[14] WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Guide to Instruments and Methods of Observation. Geneva: World Meteorological Organization, 2018. (WMO-No. 8).

[15] COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE (CIE). CIE 232:2019 – Discomfort Glare in the Daylight of Buildings. Vienna: CIE, 2019.

[16] BELLIA, Laura; FRAGLIASSO, Francesca. Automated daylight-linked control systems performance with illuminance sensors for side-lit offices in the Mediterranean area. Automation in Construction, v. 100, p. 145–162, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.12.027