XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Contribuições da luz do dia no âmbito de NZEBs: uma revisão de literatura

Daylight contributions within the scope of NZEB: literature review

Adriana Alice Sekeff Castro
Universidade de Brasília – UnB | Brasília | Brasil | adrianasekeff@gmail.com
Cláudia Naves David Amorim
Universidade de Brasília - UnB | Brasília | Brasil | clamorim@unb.br

Resumo

A iluminação natural na arquitetura proporciona bem-estar ao usuário e contribui para a eficiência energética na edificação. O artigo tem como objetivo compreender o uso da luz do dia no âmbito de edifícios de balanço energético nulo ou quase nulo (Net/nearly–Zero Energy Building - NZEB) por meio de uma revisão de literatura. Como resultado observaram-se predominância de estratégias para eficiência energética vinculadas à envoltória e ao controle interno da iluminação natural. Apontam-se como estudos futuros o uso de sensores para controle de luz artificial integrada à natural; sistemas envidraçados com controle de penetração da iluminação natural e estudos sobre a percepção do usuário – iluminação integrativa.

Palavras-chave: Luz do dia. NZEB. Eficiência energética.

Abstract

Daylighting architecture provides it users with well-being and contributes to energy efficiency in buildings. The article aims to understand how daylight promotes Net or near-Zero Energy Building-NZEB, through a literature review. As a result, strategies for energy efficiency in facades; and internal control of natural lighting, were observed. Future studies point to the use of sensors to control artificial light integrated with natural light; glazed systems with daylight penetration control and studies on user perception – integrative lighting.

Keywords: Daylight. NZEB Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

Edifícios causam impactos significativos tanto no consumo de energia quanto ao meio ambiente [1], estes impactos estão diretamente ligados às mudanças climáticas globais. O *The Global Aliance for Building and Construction* [2], em seu relatório de 2021, relata que o processo de descarbonização no setor da construção civil vem sendo realizado lentamente, porém já e visível o esforço de redução de emissões de

Como citar:
CASTRO, Adriana A. Sekeff; AMORIM, Cláudia N. David. Contribuições da luz do dia no âmbito de NZEBs: uma revisão de literatura. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

CO_2 no setor principalmente em países que adotaram políticas e códigos que visam diminuir seus impactos com adoções de eficiência energética nas edificações. Segundo a Agência Internacional de Energia (2021) [3], o setor residencial/não-residencial/construção consumiu em 2020 36% da demanda da energia global. No Brasil as edificações representam 50% do consumo total de energia elétrica no país, em residências, comércios e setor público [4].

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas – ONU, Nova Agenda Urbana-Habitat III, Acordo de Paris e o 26º Encontro da Conferência das Partes - COP26 são exemplos de iniciativas que procuram estratégias mais sustentáveis e buscam diminuir gradativamente os impactos ao meio ambiente. Este último evento citado, ocorrido em novembro de 2021, reforça as promessas dos países em realizar a redução de emissões para 2030 [5], tendo como a meta de zero emissões ("*goal of net zero emission*") de CO_2 por energia e processos industriais até 2050 [3]. Na busca de melhores soluções para edificações mais eficientes energeticamente e menos danosas para o meio ambiente, surge o termo Zero Energy Building - ZEB (edifício de balanço nulo), sendo um dos conceitos potenciais para projeto de construção sustentável [6].

ZEB é uma edificação com redução da necessidade de consumo de energia elétrica e com alto desempenho energético, de modo que o equilíbrio das necessidades de energia poderá ser abastecido com tecnologias renováveis, resultando desta forma, em um balanço energético nulo, segundo Torcellini *et al*. [7]. O termo *Net-Zero Energy Building* – NZEB, é a variação do termo para determinar que a edificação produza pelo menos tanta energia quanto usa em um ano, quando contabilizados no local - conectado à rede elétrica [7] pública de uma cidade. E o *nearly Zero Energy Building* – nZEB designa edificações com desempenho energético elevado e que se aproximam do balanço nulo energético, segundo definição da Comissão Europeia [8]. Este quase balanço energético nulo ocorre principalmente em casos de retrofits para melhorias no desempenho energético.

Altomonte, *et al*. [9] e Mahyuddin, *et al* [10] fazem uma crítica às "novas edificações verdes". Os autores compreendem que edificações sustentáveis, como NZEBs sejam um avanço na busca da eficiência energética, mas ressalvam que estas venham acompanhadas de promoção do bem-estar estar humano. Não se pode pensar em apenas aumentar o desempenho energético em uma edificação ZEB sem incluir a qualidade ambiental interna (*Indoor Environmental Quality* - IEQ) [11]. A iluminação faz parte de um dos quesitos de qualidade da edificação, que pode ser otimizado para uma boa eficiência energética, favorecendo a obtenção do balanço energético nulo. A luz do dia, que além da economia energética possibilitará a realização de tarefas visuais e, fisiologicamente, estimular o sistema visual humano, com a regulagem e manutenção do ciclo circadiano. Psicologicamente, luz do dia integrada à vista externa é altamente desejável e, como consequência, pode trazer bem-estar para o ser humano [12].

O uso de iluminação natural em edificações de alto desempenho, envolve questão estética, benefícios a saúde e oportunidade de redução de consumo de energia.

Portanto, a iluminação natural é altamente recomendada nestes projetos, tais como os ZEBs [7].

OBJETIVO

Analisar, por meio de revisão da literatura, o uso da luz do dia no âmbito de edificações Net–Zero *Energy Building* / *nearly* Zero *Energy Building* e tendências atuais de pesquisa.

PROCESSO METODOLÓGICO

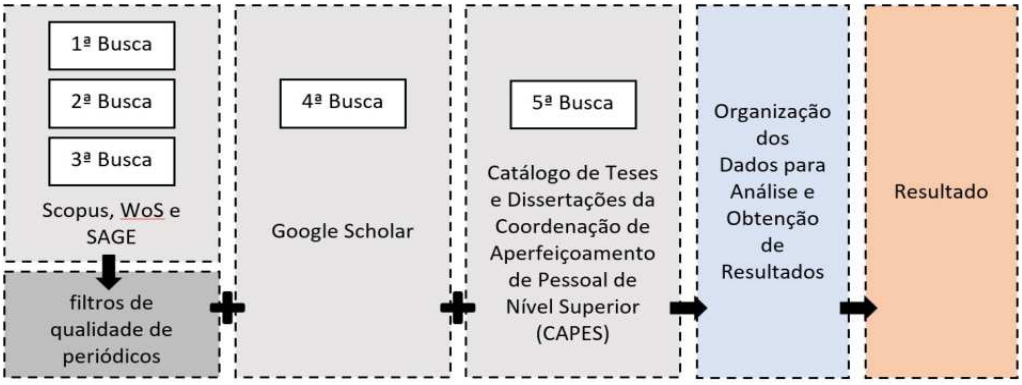
Esta pesquisa é do tipo exploratória, através de uma revisão sistemática de literatura. Para Gil [13], este tipo de pesquisa busca uma "maior familiaridade com o problema, com vista a torná-lo mais explícito", objetivando conhecer melhor o panorama internacional e nacional do tema proposto "luz do dia no âmbito de NZEB", e por fim, seja apresentados novos caminhos para o aprofundamento do assunto.

BASES DE DADOS E PALAVRAS-CHAVE

A pesquisa bibliográfica constituiu em buscas em publicações no recorte temporal entre 2011-2021, nas bases de dados: Scopus, *Web of Science* - WoS, SAGE, Google *Scholar* e Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A pesquisa foi dividida em 5 momentos de busca com variações nas palavras-chave e bases de pesquisa. A 1ª, 2ª e 3ª busca foram focadas em periódicos de impacto internacional nas bases Scopus, *Web of Science* e SAGE. A 4ª e 5ª pesquisa buscam compreender o panorama sobre o tema no Brasil, e utilizaram-se de buscas em "*grey literature*" ou seja, trabalhos acadêmicos tipo teses, dissertações, artigos em conferências etc., que podem ser benéficos em revisões de literatura, podendo sugerir evidências que poderão ser aprofundadas em trabalhos futuros. Neste caso, foram focadas em artigos, teses ou dissertações no Brasil em programas de Pós-Graduação reconhecidos pela CAPES – Plataforma SUCUPIRA. (Figura 1).

Figura 1: Esquema do processo metodológico – revisão sistemática de literatura



Fonte: os autores.

Critério de busca e análise nas bases Scopus, *Web of Science* e Sage

Foram realizadas três buscas na pesquisa de periódicos nas bases Scopus, WoS e SAGE, e em todos os casos, o inglês foi a única língua selecionada. A primeira leva da pesquisa foi apenas com a palavra-chave "NZEB", com a finalidade de obter um alcance geral sobre o assunto pesquisado. Como critérios utilizados foram selecionados documentos do tipo artigo, revisado por pares, incluindo os classificados como revisão. Foram excluídos artigos oriundos de apresentação em conferências e artigos de capítulo de livros. Na segunda leva foram usadas as palavras-chave "NZEB *and daylight*" para reunir todos os artigos que tratam da luz natural em NZEBs. A terceira leva se fez necessária no intuito de ampliar os resultados com sinônimos para *daylight* (luz natural): NZEB and (*daylight* or *daylighting or sunlighting*) (Quadro 1).

Quadro 1: Palavras-chave e seus resultados nas bases Scopus, *Web of Science* e SAGE

Pesquisa	Palavra-chave	Base de dados	Número de resultados
1ª	"NZEB"	Scopus	559
		Web of Science	579
		SAGE	24
2ª	NZEB *and Daylight*	Scopus	10
		Web of Science	20
		SAGE	8
3ª	NZEB *and* (*daylight or daylighting or sunlighting*)	Scopus	18
		Web of Science	20
		SAGE	3

Fonte: os autores.

Foram contabilizados e excluídos os artigos repetidos, unificando todas as bases e restando 31 artigos para passar pelos seguintes filtros de qualidade de periódicos:

- ✓ Periódicos com classificação mínima de B2, de acordo com a Plataforma Sucupira da CAPES – classificação de periódicos do quadriênio 2013 – 2016 na área de avaliação de Arquitetura e Urbanismo ou Engenharia I, por se tratar de um assunto de ambos os campos de estudo.
- ✓ O fator de impacto é levado em consideração para casos em que não há referências na Plataforma Sucupira nas áreas de avaliação estabelecida. Fator de impacto deverá ser superior a 2 e 0,299 de acordo com a avaliação da *Clarivate Analystics* e *Scientific Journal Rankings* respectivamente.

Após o filtro de qualidade, restaram 27 artigos que foram avaliados de acordo com a relevância do seu título e, enquadrando-se na temática, tiveram seu resumo lido. Quinze periódicos foram selecionados para este estudo teórico.

Critério de busca e análise nas bases do Google *Scholar* e Catálogo (CAPES)

A 4ª e 5ª pesquisa buscam compreender o panorama sobre o tema no Brasil. Para a 4ª busca realizada no Google *Scholar*, foi selecionada a classificação "ordenar por relevância"; pesquisa por "páginas em português"; e, palavras-chave (Brasil, NZEB, "iluminação natural"). Para a 5ª pesquisa no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) foi

selecionada a grande área de conhecimento “ciências sociais aplicadas”; área de conhecimento e área avaliação “arquitetura e urbanismo”; e as palavras-chave (NZEB e “iluminação natural”). Nas duas pesquisas foram selecionados materiais referentes às primeiras páginas do resultado. Foram selecionados: 1 tese, 2 dissertações e 4 artigos de eventos.

ORGANIZAÇÃO DOS DADOS PARA ANÁLISE E OBTENÇÃO DE RESULTADOS

A análise dos resultados foi feita pelo método qualitativo, por meio de extração de dados dos documentos, buscado responder ao principal objetivo desta pesquisa. Segundo o autor Jonh Creswell [14], para a metodologia qualitativa é fundamental aprender sobre o problema e lidar com a pesquisa de modo a obter informações e, em seguida, fazer observações com base no material pesquisado para estruturação e apresentação do resultado investigado.

A etapa inicial para organização dos dados foi a primeira leitura, que envolveu catalogar os artigos selecionados, compreendendo a proposta de estudo apresentada e, posteriormente, uma leitura focada, extraindo as principais informações que relacionam a luz natural ou luz do dia em edificações NZEB.

Foi observado que o uso da palavra-chave NZEB correspondeu tanto a artigos sobre *nearly Zero Energy Building (nZEB), quanto ao Net Zero Energy Building (NZEB). Ambos foram considerados para pesquisa, visto que as estratégias de uso da luz do dia têm o mesmo objetivo, o aumento da eficiência energética.*

Na segunda etapa houve a estruturação dos dados em forma de planilha, gráfico e mapas mentais para uma facilitação da leitura visual dos diversos tópicos observados. Na última etapa foi feita a interpretação para extração do resultado.

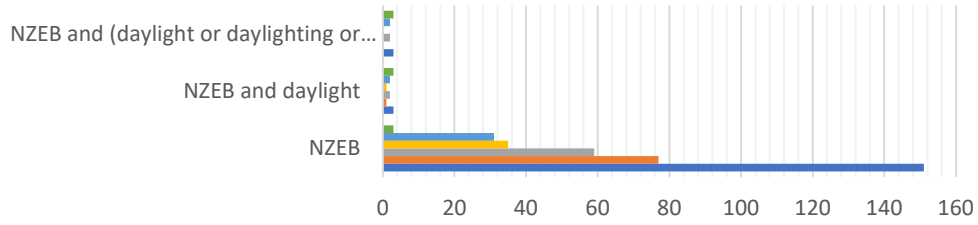
RESULTADOS

São apresentados a seguir os resultados da investigação exploratória sobre luz do dia em NZEB.

MAPEAMENTO DA PESQUISA

A fonte de dados *Web of Science* foi a que obteve o maior número de retorno da pesquisa usando as palavras-chaves para a investigação sobre a relação da luz do dia com edificações tipo NZEB. Observando o Quadro 2, nota-se um volume de 579 artigos para a palavra-chave NZEB, porém ao adicionar termos como “luz do dia” (*daylight*) e termos afins, o retorno da pesquisa foi 97% menor que primeira busca, apenas 20 artigos ao total.

Quadro 2: Dados da *Web Of Science* – publicação dos países



	NZEB	NZEB and daylight	NZEB and (daylight or daylighting or sunlighting)
Cingapura	3	3	3
USA	31	2	2
Portugal	35	1	0
China	59	2	2
Espanha	77	1	0
Itália	151	3	3

Fonte: os autores.

Os países que mais produziram artigos sobre o tema "NZEB" foram Itália, Espanha, China, Portugal e USA. Para as pesquisas com o acréscimo do termo "*daylight*" –, luz do dia – os países que se destacaram na publicação foram: Itália, Cingapura, China e Estados Unidos (USA).

Os materiais coletados do Google *Scholar* e do Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o destaque nas pesquisas nacionais foi o material desenvolvido pela Universidade de Brasília. Dos oito documentos selecionados na pré-análise, cinco pertencem à instituição do Distrito Federal.

ESTRATÉGIAS DO USO DA LUZ DO DIA EM NZEB

O objetivo da leitura dos materiais selecionados foi compreender como a luz do dia relaciona-se com nZEB/NZEB, percebendo como esta auxilia no percurso para obtenção de NZEB. Foi identificado o seu principal uso como estratégias para o aumento da eficiência energética na edificação (Figura 2).

Figura 2: Uso da luz do dia em NZEB



Fonte: os autores.

Destacam-se, conforme figura 2, dois eixos: envoltória, relacionando-se à fachada da edificação; e, quanto ao aproveitamento e otimização da luz do dia no ambiente interno. O Quadro 3 apresenta as abordagens e estratégias presentes nos materiais pesquisados.

Quadro 3: Organização de dados

Fonte	Numeração	Autores	Tipo de ZEB		Tipo de Uso		Clima		Estratégias					
			nZEB (nearly ZEB)	NZEB (*Net* ZEB)	Residencial	Não Residencial	Temperado (30°/50° lat.)	Tropical (0°/30° lat.)	Conforto Visual	Sombreamento[1]	PAF	Módulo Fotovoltaico[2]	Sensores / controle[3]	Percepção usuário
Periódicos Científicos (Scopus, *Web of Science*, SAGE)	1	(KANDASAMY et al., 2018) [15]		■		■	■		■				■	■
	2	(BALLARINI et al., 2019) [16]	■			■			■	■	■		■	■
	3	(ALKHATIB et al., 2021) [17]	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	4	(MAHYUDDIN et al., 2021) [18]	■			■		■	■	■	■			■
	5	(BUONOMANO et al., 2016) [19]		■		■	■		■	■			■	■
	6	(PIASECKI, 2019) [20]	■		■		■		■					■
	7	(LAN; WOOD; YUEN, 2019) [21]		■	■			■	■	■	■			■
	8	(FENG et al., 2019) [22]		■	■	■		■		■	■		■	■
	9	(PALLIS et al., 2021) [23]	■			■	■		■	■	■		■	■
	10	(RABANI; BAYERA MADESSA; NORD, 2021) [24]	■			■	■		■	■	■		■	
	11	(OLIVEIRA PANAO; GONÇALVES, 2011) [25]	■			■	■			■				■
	12	(KIM; YU, 2018) [26]	■		■	■	■		■					
	13	(ROMANSKA-ZAPALA; BOMBERG; YARBROUGH, 2019) [27]		■	■		■			■				
	14	(KANG et al., 2021) [28]	■		■	■	■			■				
	15	(PIKAS; THALFELDT; KURNITSKI, 2014) [29]	■			■	■			■			■	
Catál. Capes	16	COSTA, 2018 (dissertação) [30]		■		■		■	■	■	■	■		■
	17	ESTEVES, 2020 (tese) [31]		■		■		■	■	■				■
	18	SUDBRACK, 2017 (dissertação) [32]		■	■			■		■				■
Google *Scholar*	19	GÓES, T. *et al*. 2021 (encontro) [33]		■		■		■	■	■		■	■	
	20	AMORIM, C. *et al*. 2021a (encontro) [34]		■		■		■				■		
	21	AMORIM, C. *et al*. 2021b [35] (capítulo de livro)		■		■		■		■	■	■		
	22	LIMA, MV. de.; SILVA, TL. da; RIBEIRO, LA. 2020 (encontro) [36]		■		■		■						
Anotações	[1] Inclui-se qualquer projeção nas aberturas da envoltória e outros elementos de controle como persianas e cortinas. [2] Inseridos em fachadas. [3] Relacionando apenas sensores e controles para iluminação artificial do ambiente interno													

Fonte: os autores.

Edificações nZEB/NZEB tiveram proporcionalmente a mesma frequência na abordagem, sendo os tipos não-residenciais os mais explorados, destacando o tipo escritório. O clima temperado (30° a 50° de latitude Norte) foi o mais investigado no

âmbito de periódicos científicos internacionais, e os temas de abordagens mais recorrentes foram: conforto visual e questões sobre a percepção do usuário; sombreamento por projeções externas à envoltória e/ou internamente com persianas e cortinas; percentual de abertura envidraçada na fachada - PAF (razão entre área envidraçada e área opaca) e; módulos fotovoltaicos em fachadas, utilizados como proteção solar ou como janelas..

Os artigos de 1 a 10 (Quadro 3), foram os que mais apresentaram relação com a luz do dia em nZEB/NZEB. Apesar do artigo 6 não abordar muitos aspectos como os demais, o autor faz uma crítica sobre a qualidade ambiental e conforto (incluso o lumínico) em edificações recém-construídas tipo nZEB em seu estudo de caso na Polônia, na qual o relata que apesar de possuírem baixo consumo energético conforme normas vigentes em seu país, a qualidade ambiental e conforto não são satisfatórias. Diversos autores nos artigos 1 a 10, 12, 13, 16 a 21, reforçam a necessidade de nZEB/NZEB atenderem questões da qualidade e conforto ambiental, além da eficiência energética.

Técnicas passivas são a base inicial NZEBs, como o uso da iluminação natural por meio de estudo da orientação solar disponível [18,32]. Maximizar a captação da luz do dia proporciona uma grande economia de energia, porém deve-se manter atento o nível de iluminação adequado, evitando-se o ofuscamento do usuário [15]. Portanto a integração da luz do dia permite uma complementação com a luz artificial alterando as proporções conforme seja a necessidade do usuário durante o decorrer do dia. Em estudo de caso na Grécia apresentado por Pallis et al. [23], os usuários demonstram satisfação ao ter a luz do dia como fonte de luz combinante com a luz artificial, contanto que estes possam ter acesso ao controle sobre a iluminação vigente.

A integração da iluminação natural no ambiente gera um importante conflito que é abordado de forma recorrente nos artigos: a obtenção do conforto lumínico e térmico. Por conta deste conflito a abordagem sobre percentual de aberturas na fachada (PAF) é investigada, verificando-se quanto de área opaca e de abertura é necessária para atingir os objetivos de conforto térmico e lumínico/visual. [16]. Alguns exemplos que tratam de forma direta esta questão são os artigos 2, 4, e 10 que propõem como pesquisa futura a otimização das estratégias de projeto, incluindo o PAF que incidirão no tipo na escolha das tecnologias de envidraçamento e sombreamento. Estudos mais elaborados fazem uso de sombreamento que diminuem os ganhos de calor, enfatizando a importância de se obter conforto ambiental neste tipo de edificação [30,32,33]. Esteves [31], em sua tese faz uma análise sobre o uso da luz do dia tendo em vista os ganhos térmicos em NZEB com sistema zenital de captação de iluminação natural, defendeu que com as devidas ponderações de dimensionamento, é possível a sua aplicação de forma a não comprometer a eficiência energética da edificação.

Um destaque nas pesquisas nacionais é a proposta da construção de um laboratório NZEB que permitirá estudos de monitoramento do seu uso, como a qualidade da iluminação natural no ambiente [33,34].

Observou-se também estudos sobre uso de módulos fotovoltaicos em fachadas, que pode ser uma oportunidade para um estudo sobre tecnologias de esquadrias, como

apresentado por Alkhatib et al. [17], esquadrias e persianas com módulos fotovoltaicos que regulam a entrada da iluminação natural e a transmissão do calor para o ambiente.

De modo geral, ainda existe uma busca por avanços em estudos com os usuários. Há uma preocupação com os ocupantes e compreende-se que seu comportamento pode interferir nos resultados para a obtenção de um ZEB, no entanto, tratam-se estudos futuros que buscarão uma maior integração do usuário quanto a percepção e ao controle ambiental para obtenção do seu conforto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo sobre o panorama da luz do dia em NZEB limitou-se a avaliar materiais encontrados nas fontes de dados e palavras-chave citadas no processo metodológico. No entanto, destaca-se que a partir desta pesquisa, poucas inovações são apresentadas nos artigos encontrados, o que pode indicar falhas ou incompletude nos termos utilizados nas buscas. Em revisões futuras, fazendo uso de novas palavras-chave e fontes de pesquisa, será possível obter um maior detalhamento sobre o tema.

A principal estratégia identificada com o uso da luz do dia em uma edificação NZEB é o estudo inicial de orientação solar para a maior obtenção de entrada de luz nos ambientes internos e, consequentemente, diminuindo o consumo de energia com o uso de luz artificial. Nos artigos pesquisados, o estudo da iluminação é direcionado para soluções que otimizem a eficiência energética, portanto o uso de uma técnica passiva - maior disponibilidade de luz natural, é uma importante aliada para um melhor desempenho energético.

A envoltória pode filtrar parte da luz solar externa para os ambientes internos, dependo dos materiais (opacos/translúcidos/transparentes) e aberturas disponíveis. Pressupõe-se que a envoltória, parede e/ou abertura, possa fornecer a passagem de luz necessária para atender o tipo do uso do ambiente.

A terceira estratégia identificada é a aplicação de persianas e o uso de tecnologias e dispositivos de controle lumínico. Observa-se o investimento crescente em formas de regulação da entrada de luz natural, para evitar ofuscamento e ao mesmo tempo identificar o momento quando há a necessidade da complementação da luz artificial.

No entanto a validação do usuário, tema observado em 59% dos artigos pesquisados, é fundamental para a validação do projeto proposto, especialmente no pós-ocupação do ambiente para a realização de um reajuste, caso necessário. A falta de diálogo com o usuário não só prejudica a obtenção da eficiência energética em NZEBs, como não valoriza a percepção do conforto lumínico do ocupante. Embora o termo não esteja explícito, projetos NZEB, seguindo a tendência dos estudos apresentados, devem buscar o princípio da iluminação integrativa, ou seja, iluminação voltada para às necessidades do usuário, visando regular o ciclo circadiano, efeitos não-visuais, e para suas atividades propostas, efeitos visuais.

Como estudos futuros é possível destacar:

- ✓ o avanço em tecnologias para envoltórias que solucionem o conflito do conforto térmico e lumínico, ou seja, que recebam luz na quantidade necessária ao ambiente sem que haja desconforto como o ofuscamento e ganho de calor excessivo;
- ✓ Sensores e controle para gerenciamento de entrada da luz no dia e para uso adequado de iluminação artificial no ambiente;
- ✓ Estudos que melhorem o controle do ocupante para o gerenciamento individual de seu conforto.

REFERÊNCIAS

[1] CRAWLEY, Drury; PLESS, Shanti; TORCELLINI, Paul. **Getting to Net Zero**. ASHRAE Journal, NREL/JA-550-46382, 2009.

[2] THE GLOBAL ALLIANCE FOR BUILDINGS AND CONSTRUCTION (GLOBALABC). **Global status report for buildings and construction**. Relatório – projeto urbano, 2021. Acesso em: https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction. Disponível em: abr. 2021.

[3] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **World Energy Outlook**. IEA, 2021

[4] EMPRESA DE PESQUISA DE ENERGIA**. Eficiência Energética Brasil/2020: relatório de indicadores**. Ministério de Minas Energia, Brasil. Acesso em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-556/Atlas%20consolidado_08_03_2021.pdf . Disponível em: fev. 2022.

[5] NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **COP26 é encerrada e texto final dita os compromissos dos próximos 30 anos**. Notícia. Publicada em 15 de novembro de 2021. Acesso em: https://brasil.un.org/pt-br/158590-cop26-e-encerrada-e-texto-final-dita-os-compromissos-dos-proximos-30-anos . Disponível em: fev. 2022.

[6] FENG, W. et al. A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 114, p. 109303, 1 out. 2019.

[7] TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **Conference Paper - Conference: 2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings**. At: Asilomar, Pacific Grove, CaliforniaVolume: pp. 3-417/3-428

[8] COMISSÃO EUROPÉIA. **Nearly zero-energy buildings**. Acesso em: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/nearly-zero-energy-buildings_en#zero-emission-buildings. Disponível em: mar. 2021.

[9] ALTOMONTE, S.; ALLEN, J.; BLUYSSEN, P.; BRAGER, G.; HESCHONG, L.; LODER, A.; SCHIAVON, S.; VEITCH, J. WANG, L.; WARGOCKI, P. Ten questions concerning well-being in the built environment. **Building and Environment**, 180, 1-13, 2020.

[10] MAHYUDDIN, N. et al. Towards nearly zero energy building concept – visual comfort and energy efficiency assessments in a classroom. **Open House International**, v. 47, p. 167–187, 2021.

[11] BALLARINI, I. *et al*. Transformation of an office building into a nearly zero energy building (NZEB): Implications for thermal and visual comfort and energy performance. **Energies**, v. 12, n. 5, 2019.

[12] BOYCE, P; RAYNHAM; P. **The SLL Lighting Handbook**. The Society of Light & Lighting, London. 2009. https://doi.org/10.1177/1477153510361278

[13] GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar projeto de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[14] CRESWELL, John W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**; 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 296 páginas, 2010.

[15] KANDASAMY, N. K. et al. Smart lighting system using ANN-IMC for personalized lighting control and daylight harvesting. **Building and Environment**, v. 139, p. 170–180, 1 jul. 2018.

[16] BALLARINI, I. et al. Transformation of an office building into a nearly zero energy building (NZEB): Implications for thermal and visual comfort and energy performance. **Energies**, v. 12, n. 5, 2019.

[17] ALKHATIB, H. et al. Deployment and control of adaptive building facades for energy generation, thermal insulation, ventilation and daylighting: A review. **Applied Thermal Engineering**, v. 185, p. 116331, 25 fev. 2021.

[18] MAHYUDDIN, N. et al. Towards nearly zero energy building concept – visual comfort and energy efficiency assessments in a classroom. **Open House International**, v. 47, p. 167–187, 2021.

[19] BUONOMANO, A. et al. Innovative technologies for NZEBs: An energy and economic analysis tool and a case study of a non-residential building for the Mediterranean climate. **Energy and Buildings**, v. 121, p. 318–343, 1 jun. 2016.

[20] PIASECKI, M. Practical Implementation of the Indoor Environmental Quality Model for the Assessment of Nearly Zero Energy Single-Family Building. **Buildings 2019, 9, 214; doi:10.3390/buildings9100214**, v. 9, 2019.

[21] LAN, L.; WOOD, K. L.; YUEN, C. A holistic design approach for residential net-zero energy buildings: A case study in Singapore. **Sustainable Cities and Society**, v. 50, p. 101672, 1 out. 2019.

[22] FENG, W. et al. A review of net zero energy buildings in hot and humid climates: Experience learned from 34 case study buildings. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 114, p. 109303, 1 out. 2019.

[23] PALLIS, P. et al. Energy and economic performance assessment of efficiency measures in zero-energy office buildings in Greece. **Building and Environment**, v. 206, p. 108378, 1 dez. 2021.

[24] RABANI, M.; BAYERA MADESSA, H.; NORD, N. Achieving zero-energy building performance with thermal and visual comfort enhancement through optimization of fenestration, envelope, shading device, and energy supply system. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 44, p. 101020, 1 abr. 2021.

[25] OLIVEIRA PANAO, M. J. N.; GONÇALVES, H. J. P. Solar XXI building: Proof of concept or a concept to be proved? **Renewable Energy**, v. 36, n. 10, p. 2703–2710, 1 out. 2011.

[26] KIM, J. T.; YU, C. W. F. Sustainable development and requirements for energy efficiency in buildings – The Korean perspectives. **Indoor and Built Environment**, v. 27, n. 6, p. 734–751, 1 jul. 2018

[27] ROMANSKA-ZAPALA, A.; BOMBERG, M.; YARBROUGH, D. W. Buildings with environmental quality management: Part 4: A path to the future NZEB. **Original Article Journal of Building Physics**, v. 43, n. 1, p. 3–21, 2019.

[28] KANG, Y. et al. Handshaking towards zero-concept analysis and technical measures of LEED zero-energy building in connection with technical standard of nearly zero-energy building in China. **Energy Exploration and Exploitation**, v. 39, n. 2, p. 669–689, 2021.

[29] PIKAS, E.; THALFELDT, M.; KURNITSKI, J. Cost optimal and nearly zero energy building solutions for office buildings. **Energy and Buildings**, v. 74, p. 30–42, 1 maio 2014.

[30] COSTA, JOAO FRANCISCO WALTER. **Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília**. 31/08/2018 305 f. Mestrado em ARQUITETURA E

URBANISMO Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília Biblioteca Depositária: Universidade de Brasília.

[31] ESTEVES, Ana Paula da Conceição. **A iluminação natural zenital, o uso de células fotovoltaicas e suas contribuições para o edifício de energia zero no Brasil.** 2020. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.

[32] SUDBRACK, LARISSA OLIVIER. **Casa Zero: Diretrizes de projeto para casas pré-fabricadas de balanço energético nulo em Brasília'** 15/08/2017 240 f. Mestrado em ARQUITETURA E URBANISMO Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília Biblioteca Depositária: UnB

[33] GÓES, T. *et al.* **LABZERO|UNB: Simulação para o desempenho de edifício de balanço energético nulo em Brasília**. XVI ENCAC/XII ELACAC, 2021.

[34] AMORIM, C*. et al*. **Da pesquisa ao projeto: edifício de balanço energético nulo – o caso do LABZERO|UNB.** XVI ENCAC/XII ELACAC, 2021a.

[35] AMORIM, C. et al. **Retrofit e preservação de edifícios não residenciais modernos em Brasília: uma abordagem para eficiência energética e iluminação natural**. Capítulo do livro eletrônico: A construção civil: em perspectiva econômica, ambiental e social/ Organizador Bianca Anacleto Araújo de Sousa, et al. – Guarujá, SP: Científica Digital, 2021b.

[36] LIMA, MV. de.; SILVA, TL. da; RIBEIRO, LA. Balanço energético nulo em habitação de interesse social: estudo de caso no sul do Brasil. Artigo do XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2020.