



## USO DO EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES (EDGE) COMO FERRAMENTA DE APOIO PARA PROJETOS DE RETROFIT SUSTENTÁVEL

CALDAS, Lucas Rosse (1)

(1) Universidade Federal do Rio de Janeiro, [lrc.ambiental@gmail.com](mailto:lrc.ambiental@gmail.com)

### RESUMO

A pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial do *Excellence in Design for Greater Efficiencies* (EDGE) como uma ferramenta de apoio para projetos de *retrofit* mais sustentáveis de edificações, considerando o contexto brasileiro. Foi realizado um estudo de caso de uma edificação de escritórios, sendo analisadas duas cidades de condições climáticas diferentes: Rio de Janeiro e Curitiba. Foram avaliadas diferentes estratégias de *retrofit* para envoltória da edificação, iluminação e ar condicionado. A modelagem foi realizada na plataforma online do EDGE considerando o caso de edificações existentes. Foram analisados dados de saída relativos à redução do consumo de energia, custos incrementais, tempo de retorno e um indicador de eficiência energética para a escolha das diferentes estratégias. A alternativa de troca dos equipamentos de ar condicionado apresentou ser a mais vantajosa em termos de custos benefícios. No entanto, para casos de maior eficiência energética outras medidas são necessárias. O uso do EDGE para o apoio de projetos de *retrofit* de edificações se mostrou bastante prático para a ajuda da escolha de diferentes estratégias nas primeiras fases do desenvolvimento do projeto (envoltória, iluminação, ar condicionado e combinações entre elas). A ferramenta se apresentou sensível a diferentes realidades climáticas brasileiras. No entanto, para definições mais precisas, por exemplo a escolha de um dado sistema construtivo a ser utilizado na fachada, deve ser realizada com base em outras ferramentas. Ao final, foram elencadas as principais vantagens e limitações do uso do EDGE para o apoio de projetos de *retrofit*. Essa pesquisa contribui por mostrar uma nova ferramenta para o auxílio de projetistas e outros envolvidos da indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

**Palavras-chave:** Edificações existentes, Eficiência energética, Custos.

### ABSTRACT

The research aimed to evaluate the ability of *Excellence in Design for Greater Efficiencies* (EDGE) as a support tool for building retrofit design, considering the Brazilian context. A case study of an office building was carried out and two cities with different climatic conditions were evaluated: Rio de Janeiro and Curitiba. Different retrofit strategies for building envelope, lighting and air conditioning were evaluated. The modeling was performed on the EDGE online platform considering the case of existing buildings. Output data relating to energy consumption reduction, incremental costs, payback time and an energy efficiency indicator for the choice of different strategies were analyzed. The alternative of changing the air conditioning equipment proved to be the most cost-effective. However, in the cases of higher energy efficiency, other measures are required. The use of EDGE to support building retrofit projects has proved to be very practical to help the choice of different strategies in the early stages of design development (envelope, lighting, air conditioning and combinations between them). The tool proved to be sensitive to different Brazilian climate realities. However, for more precise definitions, for example the choice of a specific constructive system to be used on the building's façade should be performed using other tools. In the end, the main advantages and limitations when the EDGE is used for the support of retrofit designs. This research contributes in order

to show a new tool to help designers and other stakeholders involved in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) industry.

**Keywords:** Existing buildings, Energy efficiency, Costs.

## 1 INTRODUÇÃO

As cidades brasileiras estão passando por modificações em seu estoque de edificações, sendo que muitas delas vêm se tornando obsoletas, principalmente em termos de elevado consumo de energia. Isso se deve, dentre outros fatores, a o uso de equipamentos (iluminação, climatização, etc.) pouco eficientes e um projeto da envoltória pouco condizente com a realidade climática local (SOUZA et al., 2018).

A busca por cidades de baixo carbono e metas relacionadas aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o objetivo 11, que trata de cidades mais sustentáveis, estão impulsionando a melhoria de edificações existentes. Em muitas cidades brasileiras é perceptível o crescimento dos vazios urbanos decorrente da mudança e abandono de áreas que no passado serviam como polo de desenvolvimento econômico e industrial, sendo muito delas localizadas nos centros urbanos (LEITE, 2010). Por outro lado, tem crescido também o número de projetos que buscam a revitalização desses locais, inclusive a melhoria das edificações localizadas nessas áreas. Nessa ótica, essa prática, sendo chamada no presente trabalho de *retrofit*, que pode ser definida como o processo de modernização de uma edificação já existente, que pode ser desde mudanças em elementos construtivos, como nova pintura, instalação de elementos de sombreamento, troca de vidros, mudanças nas fachadas etc, até substituição dos equipamentos, da iluminação, entre outros (ROMERO, 2011; SOUZA et al., 2018). Nesse contexto, o projeto de *retrofit* merece atenção especial de toda a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Em termos de edificações sustentáveis, nos últimos anos, os selos de certificação ambiental, como o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE) e Casa Azul ganharam força no contexto brasileiro, tanto em termos de aplicação no mercado como em pesquisas acadêmicas (SALGADO et al., 2012). Todos esses selos trazem listas na forma de *checklists* de diversos critérios associados a melhoria do desempenho ambiental das edificações, considerando aspectos de energia, água, materiais, resíduos, qualidade do ar, entre outros. Embora todos esses critérios sejam importantes quando se pensa em um projeto de alta qualidade ambiental, a inclusão de muitos critérios pode levar a dificuldade de aplicação prática por projetistas e construtores ou restringir a um certo nicho do mercado, por exemplo, edificações corporativas e comerciais. Nesse contexto, surgiu no mercado um sistema de certificação mais simples e de menor custo de certificação, que é apoiado pelo Banco Mundial, o *Excellence in Design*

for Greater Efficiencies (EDGE). Em todas essas certificações, a questão de eficiência energética aparece como um dos principais requisitos do projeto.

Nessa ótica, a busca por ferramentas de apoio para projetos que buscam melhoria da eficiência energética, inclusive relacionados a estratégias de *retrofit*, tem sido objeto de pesquisa de muitos estudos, sendo que nos últimos anos observa-se especial foco no uso do *Building Information Modeling* (BIM), como apontam Sanhudo et al. (2018). No entanto, o uso de ferramentas BIM pode não ser uma tarefa tão trivial, já que é necessário o domínio de softwares específicos, como o Autodesk Revit ou ArchiCAD ou softwares especializados em simulações termodinâmicas. Nessa ótica, esse modelo tende a ser mais utilizado por projetistas e, conseqüentemente com limitação para os outros agentes da indústria da AEC, como construtores, incorporadores e etc. O EDGE também pode ser visto como uma ferramenta, no entanto, com uma forma de uso bastante simplificada quando comparada a softwares específicos de simulação. Não há a necessidade que o usuário possua conhecimentos aprofundados, sendo requerido apenas dados sobre o projeto, que serão inseridos em uma plataforma online gratuita capaz de ser utilizada por qualquer parte envolvida do projeto de uma edificação.

A partir do contexto apresentado, o presente estudo teve como objetivo avaliar a potencialidade do uso do EDGE como ferramenta para a elaboração de projetos de *retrofit* mais sustentáveis (considerado aqui somente o aspecto ambiental relacionado ao consumo de energia e a vertente econômica) ainda nas etapas de concepção do projeto (definição das estratégias de intervenção). Foi avaliado um estudo de caso de uma edificação de escritórios localizadas em duas cidades de condições climáticas consideravelmente diferentes: Rio de Janeiro e Curitiba. Ao final foram elencados os principais vantagens e limitações do EDGE para o apoio desse tipo de projeto.

## **2 EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES (EDGE): APRESENTAÇÃO DA FERRAMENTA**

O EDGE pode ser definido como uma plataforma de edificações verdes, que inclui uma forma de normatização dessas edificações, uma aplicação na forma de software (ferramenta), e um programa de certificação. Ele é uma inovação desenvolvida pelo *International Finance Corporation* (IFC) que é um membro do *World Bank Group*. Embora seja uma certificação global, é adaptado as regras ambientais e de eficiência energética locais e já é adotado por mais de 150 países (EDGE, 2019).

Como ferramenta, ele pode ser utilizado por todos os envolvidos da indústria da AEC (projetistas, incorporadores, construtores, etc.) e como certificação tem adesão voluntária. Para atender os requisitos do EDGE para que o projeto seja certificado é preciso reduzir, em pelo menos 20%,

o consumo de: energia, água e energia incorporada dos materiais, em comparação a um projeto de referência. Atualmente já existe a certificação EDGE avançada que exige uma redução maior do item de eficiência energética, que deve atingir 40%. O EDGE engloba diferentes tipologias de projeto, sendo elas: residencial, hoteleira, hospitalar, vendas/comercial, escritórios e escolar. Para o projeto ser certificado ele precisa ser avaliado por um auditor credenciado ao EDGE nas etapas de projeto e pós-construção.

Os cálculos do EDGE são baseados em três características principais: condições climáticas do local, tipologia e padrão de ocupação da edificação, projeto e especificação. Para a avaliação do desempenho energético é utilizado o modelo do tipo *Steady-state model*, que é uma forma intermediária entre modelos empíricos e simulação termodinâmica. A principal vantagem desse tipo de modelo é facilidade de modelagem pelo usuário (relativamente poucos dados de entrada, processo rápido, etc.), é o método normalmente utilizado para certificação de edificações, e consegue fornecer bons resultados de cálculo de demanda energética, principalmente para fins comparativos.

No presente artigo será explorado somente questões relacionadas às estratégias de eficiência energética do projeto de edificações (Figura 1), sendo escolhidas aquelas mais indicadas para projetos existentes.

**Figura 1 – Detalhamento da plataforma online EDGE para o item de eficiência energética.**



Fonte: Adaptado pelo autor com base em GBCI (2019).

As principais vantagens quando comparadas aos outros selos de certificação ambiental são: é uma ferramenta online gratuita, de fácil interface, com custos de formação de auditores e de certificação inferiores, já possui indicadores que considera o ciclo de vida dos materiais

(energia incorporada), incorpora os custos relacionados às estratégias de projeto, é adaptado a realidade local dos países, além de ser possível avaliar diferenças climáticas à nível da cidade.

A principal desvantagem em relação aos outros selos de certificação ambiental é o fato dele estar limitado somente a questões do consumo de energia e água. No entanto, o escopo do EDGE pretende incluir questões relacionadas às mudanças climáticas em suas próximas versões (EDGE, 2019).

### **3 MÉTODO**

O método de pesquisa foi dividido em: (1) pesquisa bibliográfica e (2) avaliação de um estudo de caso.

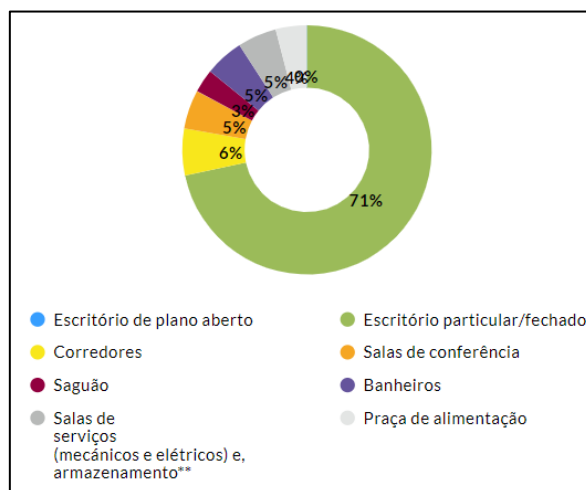
#### **3.1 Pesquisa bibliográfica**

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir da revisão da literatura, sendo consultados dissertações, teses, artigos publicados em anais e periódicos, nacionais e internacionais. Foram utilizadas as seguintes bases de buscas: Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), Science Direct, Google Acadêmico. Foram pesquisados trabalhos utilizando as seguintes palavras-chave: Edificações e *retrofit*, edificações existentes, eficiência energética, EDGE. Os trabalhos foram escolhidos com base na avaliação dos resumos (*abstracts*), verificando a pertinência com o tema do presente estudo.

#### **3.2 Estudo de caso**

A partir da pesquisa bibliográfica realizada as estratégias de projeto foram classificadas em: (1) Envoltória - ENV, (2) Climatização - CLI e (3) Iluminação - ILU. Essa classificação foi realizada pelo fato de serem os itens que estão diretamente relacionados ao consumo de energia de uma edificação de escritórios, a mesma divisão utilizada pelo Regulamento Técnico de Edifícios Comerciais (RTQ-C) do PROCEL (ELETROBRAS, 2015). A edificação estudada possui 15 pavimentos acima do térreo, com pé direito de 3,5 m e área interna bruta de 5000 m<sup>2</sup>. Foi adotada a configuração *default* da ferramenta. Na Figura 2 é apresentada a divisão de ambientes por área.

**Figura 2 – Divisão dos ambientes por área da edificação de escritórios avaliada.**



Fonte: EDGE APP (2019).

Foram avaliadas duas cidades brasileiras localizadas em zonas bioclimáticas (ZB) distintas, Rio de Janeiro (ZB 8) e Curitiba (ZB1), de acordo com a classificação da NBR 15220-3 (ABNT, 2005). No Quadro 1 são apresentadas as estratégias de projeto consideradas.

**Quadro 1 – Estratégias de projeto consideradas no estudo de caso.**

Item do projeto	Estratégia de projeto
Envoltória	Uso de sombreamento externo
Envoltória	Tinta reflexiva para cobertura
Envoltória	Tinta reflexiva para fachada
Envoltória	Isolamento da cobertura
Envoltória	Uso de vidros <i>low-e</i>
Climatização	Uso de ventiladores de teto
Climatização	Aumento da eficiência do sistema de ar condicionado
Iluminação	Uso de lâmpadas eficientes LED
Iluminação	Sensores de iluminação nos ambientes internos
Iluminação	Sensores de iluminação nos corredores e escadas

Como dados de saída foram medidos os seguintes itens:

- Economia de energia (kWh/mês);

- Custo incremental (R\$);
- Tempo de retorno (anos);
- Indicador de eficiência custo-energética (R\$/kWh/mês).

O Indicador de eficiência custo-energética (IE) foi calculado conforme Equação 1. Esse indicador representa o custo incremental unitário (em R\$) para a economia de 1kWh de energia ao mês das estratégias de projeto utilizadas. Em outras palavras, quanto menor esse indicador, mais eficiente é a estratégia adotada.

$$IE = \frac{CI}{EE} \quad (1)$$

onde, IE = indicador de eficiência custo-energética;  
 CI = custo incremental;  
 EE = economia de energia.

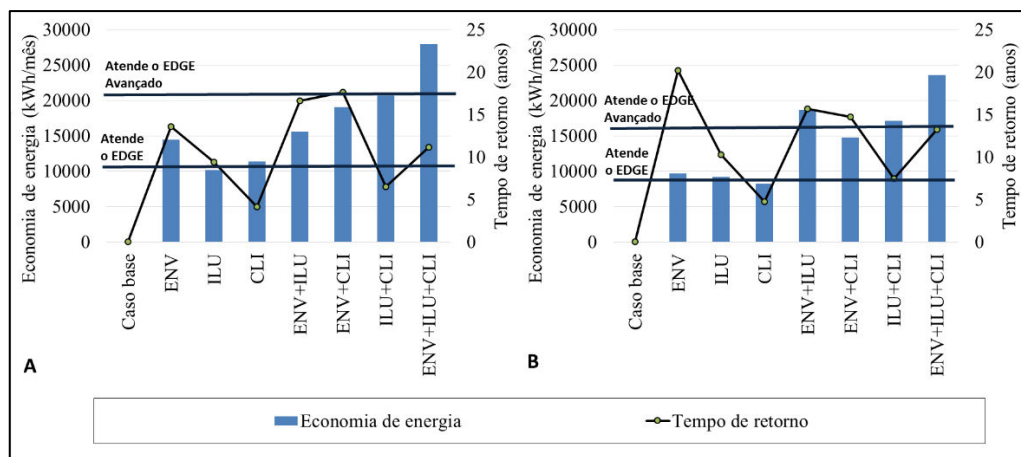
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliação da potencialidade do uso do EDGE como ferramenta para a elaboração de projetos de retrofit

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os resultados encontrados para o estudo de caso avaliado.

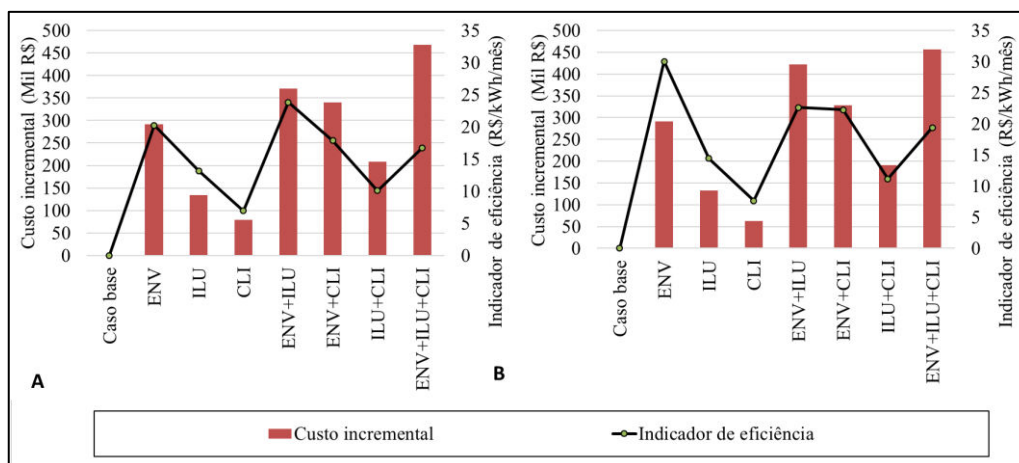
**Figura 3 – Economia de energia e tempo de retorno para os diferentes cenários.**

**(A) Rio de Janeiro. (B) Curitiba.**



ENV – Envoltória. ILU – Iluminação. CLI - Climatização. **Fonte:** Autor (2019)

**Figura 4 – Avaliação do custo incremental e indicador de eficiência para os diferentes cenários. (A) Rio de Janeiro. (B) Curitiba.**



ENV – Envoltória. ILU – Iluminação. CLI - Climatização. **Fonte:** Autor (2019)

O cenário com a adoção de todas as alternativas é a que conseguiu maior economia de energia (53,3% para a cidade do Rio de Janeiro e 56,69% para a cidade de Curitiba, em relação ao caso original), como era-se de se esperar. No entanto, os custos incrementais aumentam proporcionalmente e o tempo de retorno tende a aumentar. Dessa forma, a meta de redução de energia deve ser acompanhada com uma avaliação econômica.

Para ambos os casos a medida mais eficiente seria o aumento da eficiência dos equipamentos de ar condicionado e instalação de ventiladores, que apresentaram maior economia de energia para cada 1R\$ investido. No entanto, dependendo da meta de redução do consumo de energia serão necessárias outras medidas, que aumentarão os custos incrementais. Caso o projeto tenha interesse em obter a certificação EDGE quase todos os cenários conseguem atender, a não ser o caso somente de iluminação (ILU) para o Rio de Janeiro e o de climatização (CLI) para a cidade de Curitiba. Para o caso da certificação EDGE nível avançado apenas o cenário com todas as estratégias de projeto consegue atender para a cidade do Rio de Janeiro, enquanto que para Curitiba existe mais opções. Esses resultados mostram que medidas de eficiência energética para a primeira cidade, e, considerando a tipologia de escritórios, são mais difíceis devido principalmente as maiores temperaturas e umidade ao longo do ano. Esses achados corroboram com os de Caldas et al. (2017) que mostraram, a partir de simulação computacional dinâmica termoenergética, maior consumo de energia para climatização artificial de edificações localizadas no Rio de Janeiro quando comparadas com Curitiba.



Para os cenários de maior economia de energia o tempo de retorno estimado foi de 11,14 anos para o Rio de Janeiro e 13,23 anos para Curitiba. Ambos os valores são razoáveis se for pensado os benefícios indiretos que uma certificação pode trazer para a empresa, como questões relacionadas ao marketing, comunicação com os clientes e facilidade de vendas, além da redução dos custos operacionais nos próximos anos, como também apontam Mendes et al. (2014). Além do mais, se o custo da energia elétrica continuar a aumentar no Brasil, devido, principalmente à redução da participação na matriz de fontes menos custosas, como a energia hidráulica (observada desde 2012), esse tempo de retorno tende a ser diminuído. Ou seja, para esse cenário, o investimento inicial realizado nas intervenções de *retrofit* serão pagos em um menor tempo.

Em relação ao custo incremental a envoltória é o item mais caro, principalmente devido ao vidro *low-e* (baixa emissividade), seguido pelo sombreamento, tintas e isolamento da cobertura. Se a cidade é mais fria, como Curitiba, a iluminação acaba ganhando maior participação no consumo de energia total da edificação, sendo assim, a redução do seu consumo traz ganhos mais consideráveis. Um item importante quando se pensa no uso de tintas é a frequência de reposição, pois tintas claras tendem a escurecer e perder parte do seu poder reflexivo (SLEIMAN, M. et al., 2011). Nesses casos, é preciso incluir os custos de reposição no orçamento.

A ferramenta conseguiu ser sensível as diferenças climáticas das duas cidades, mostrando que algumas estratégias são mais eficientes para dada condição climática, como por exemplo, a climatização artificial. É importante ressaltar que existem muitas limitações no estudo, já que o objetivo do estudo não era saber de fato qual o consumo e custos para as soluções adotadas e, sim saber se a ferramenta consegue avaliar de forma rápida diferentes alternativas de projeto. No entanto, para as etapas iniciais de um projeto de *retrofit*, para a escolha de diferentes estratégias, em termos de custo benefício, a ferramenta se mostrou bastante útil. Durante a pesquisa bibliográfica realizada não foram encontrados trabalhos acadêmicos e/ou científicos sobre o uso do EDGE, provavelmente por ser uma certificação/ferramenta ainda recente no mercado.

Para estudos mais detalhados é recomendado que sejam utilizadas outras ferramentas, normalmente aquelas com simulação termodinâmica e de preferência que trabalhem no processo BIM, como pode ser visto na pesquisa de Sanhudo et al. (2018).

## **4.2 Principais vantagens**

Dentre as vantagens observadas podem ser citadas:

- É um software gratuito, com interface amigável, com disponibilidade de diversos idiomas (inglês, espanhol, português, francês, mandarim, etc.).
- O software pode ser utilizado por projetistas, incorporadores, construtores, consultores e até estudantes de graduação.
- Por ser um software online facilita seu uso pois não precisa ser instalado ou problemas relacionados à compatibilidade e licenças.
- O projeto realizado pode ser compartilhado com outros usuários, o que facilita um processo de projeto colaborativo.
- Já possui em sua organização a possibilidade de trabalhar com edificações existentes.
- O processo de projeto é relativamente fácil (com inserção de parâmetros, como espessura, condutividade térmica, CoP, etc.) e são gerados resultados e indicadores de projeto automaticamente.
- Possibilita a entrada de dados manuais, mais adequados à realidade do projeto.
- Possui certa sensibilidade para diferentes condições climáticas, inclusive cidades brasileiras.
- É bastante útil para casos comparativos, em termos de cenários com inclusão de custos benefícios.
- Possui análise integrada de redução do consumo de energia, emissões de CO<sub>2</sub>-eq de operação, custos correlatos e quantificação do tempo de retorno.

O último item talvez seja uma das principais vantagens do EDGE, pois possibilita uma análise mais sistêmica e de viabilidade do projeto, integrada das estratégias de projeto utilizadas.

### **4.3 Principais limitações**

Dentre as limitações observadas podem ser citadas:

- Falta de um projeto gráfico da edificação (por exemplo o projeto da planta e vistas).
- O modelo não prevê a vida útil de alguns dos equipamentos de menor duração, como por equipamentos de ar condicionado, ou tintas utilizadas na envoltória, o que resultará em aumento dos custos incrementais.
- São disponíveis estratégias genéricas, por exemplo: uso de isolante térmico na cobertura e fachada. No entanto, não é possível criar novas estratégias de projeto ou detalhar sistemas construtivos específicos, típicos da realidade brasileira.

- Como o custo é calculado com base em valores médios e premissas (definidos no guia), ele provavelmente pode ter uma grande variação para casos de avaliação de custos mais preciso.

Como qualquer software/ferramenta de projeto ele passa por revisões e atualizações, em que se espera que parte dessas limitações sejam solucionadas. Uma característica importante dessa ferramenta é que ela embora seja de caráter global, utiliza questões locais dos países para a melhoria da qualidade dos dados. Atualmente, ela já utiliza requisitos específicos de certificações de desempenho energético existentes na China, a *China's Green Evaluation Label (GBL)* e na África do Sul, a *SANS Building Regulations*. Nessa ótica, questões relacionadas a ENCE do PROCEL podem ser incorporadas no futuro, aproximando ainda mais das necessidades específicas brasileiras, inclusive podendo facilitar a obtenção dessa etiqueta de eficiência energética.

## 5 CONCLUSÕES

O EDGE se mostrou uma ferramenta bastante prática e útil para apoio de projetos de *retrofit*, principalmente para as primeiras etapas desse processo. Embora o foco do presente estudo tenha sido somente o aspecto da eficiência energética, existe ainda a possibilidade de avaliar consumo de água e energia incorporada da construção, que será a próxima etapa da pesquisa. No entanto, para análises mais detalhadas e robustas sugere-se o emprego em conjunto de simulação termoenergética e avaliação de diferentes cenários de incertezas.

O trabalho apresenta como contribuição científica um maior detalhamento do EDGE, que ainda é uma certificação/ferramenta pouco difundida no ambiente acadêmico e bastante recente para o contexto do mercado brasileiro. Além de apresentar uma forma de auxiliar o processo de projeto para um *retrofit* mais sustentável. Nessa ótica, espera-se que os achados desse estudo ajudem a difusão do EDGE tanto para o contexto acadêmico como o de mercado. As limitações observadas foram evidenciadas e, portanto, estão disponíveis publicamente para os desenvolvedores da ferramenta, que podem utilizá-las para a sua atualização e melhoria.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-3**. Zoneamento Bioclimático Brasileiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2005.
- CALDAS, L. R.; LIRA, J. S. de M. M.; SPOSTO, R. M. Avaliação do ciclo de vida de habitações de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e painéis pré-moldados de concreto considerando diferentes zonas bioclimáticas. **LALCA - Revista Latino-amer. em Aval. do Ciclo de Vida, Brasília**, v. 1, n. 1, p. 138-167, jul./dez. 2017. DOI: <https://doi.org/10.18225/lalca.v1i1.3823>

EDGE APP. **Site oficial**. Disponível em: < <https://app.edgebuildings.com>> Acesso em 09 set. 2019.

ELETROBRÁS. PROCEL EDIFICA. 4.1 **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Versão 2, com base na Portaria nº 372/3013. 2015.

EXCELLENCE IN DESIGN FOR GREATER EFFICIENCIES (EDGE). **Site oficial**. Disponível em: <<https://www.edgebuildings.com/>> Acesso em 09 set. 2019.

GBCI. **Construções sustentáveis para um mundo melhor**. Disponível em: <<https://gbc-edge.s3.amazonaws.com/edge-online/s3fs-public/resources/gbc-edge-brochure-portuguese.pdf>> Acesso em: 08 set. 2019.

LEITE, Carlos. Cidades sustentáveis? Desafios e oportunidades. **ComCiência, Campinas**, n. 118, 2010.

MENDES, P. R. G.; FARIAS, M. H. M.; TAVARES, S. F. Certificação Ambiental de Habitações: Comparação entre Leed for Homes, Processo Aqua e Selo Casa Azul. **Ambiente & Sociedade**, vol. XVII, núm. 2, abril-junio, 2014, p. 195-214.

ROMERO, Marcelo de Andrade. Retrofit e APO-conforto ambiental e conservação de energia/eficiência energética. In: Tecnologia e sustentabilidade para a humanização dos edifícios de saúde[S.l: s.n.], 2011.

SALGADO, M. S.; CHATELET, A.; FERNANDEZ, P. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SANHUDO, L.; RAMOS, N. M. M.; MARTINS J. P.; ALMEIDA, R. M. S. F.; C, BARREIRA, E.; SIMÕES, M. L.; CARDOSO, V. Building information modeling for energy retrofitting – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 89, p.249-260, 2018.

SLEIMAN, M. et al. Soiling of Building Envelope Surfaces and Its Effect on Solar Reflectance: part I: analysis of roofing product databases. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 95, n. 12, p. 3385-3399, 2011.

SOUZA, L. B.; CALDAS, L. R.; HORA, K. E. R. Avaliação pós ocupação e projeto de retrofit sustentável de edificações: estudo de alternativas para redução das emissões de CO<sub>2</sub>e. **Anais...14ª Jornada Urbanere. 2ª Jornada Cires**, Brasil, Vitória-ES, 2018.