

APLICAÇÃO DE UMA FERRAMENTA BIM DE SIMULAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO NAS FASES INICIAIS DE PROJETO

BIM tool application to evaluate energy performance at design early stages

Fernando Márcio de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe | São Cristóvão, SE | fernandomarcio@hotmail.com

Leonardo Salazar Bittencourt
Universidade Federal de Alagoas | Maceió, AL | lsb54@hotmail.com

David Rodrigues Silva Dória
Autônomo | Aracaju, SE | arq.david.doria@outlook.com

RESUMO

Eficiência energética na edificação depende de decisões iniciais de projeto. No entanto, a maioria dos *softwares* usados para avaliar a eficiência energética dos edifícios exige informações geralmente disponíveis nos estágios finais do processo de projeto. O incremento da eficiência energética nos edifícios depende em grande parte das opções de projeto arquitetônico, especialmente aquelas feitas no projeto de estágios iniciais, que, sendo guiado por princípios bioclimáticos, podem minimizar o uso de energia. O objetivo deste artigo é avaliar a aplicação de uma ferramenta de suporte denominada IDEEA - Integração do Desempenho Energético na Arquitetura, para projetar a eficiência energética de habitações unifamiliares nos estágios iniciais do desenvolvimento do objeto arquitetônico usando a tecnologia BIM. A ferramenta IDEEA foi concebida como um sistema baseado na metodologia *Design Science*, em um processo iterativo. Considera o desempenho energético desde as fases iniciais do processo de projeto, com suporte para tomada de decisão, e os resultados encontrados, nos permite acreditar que o objetivo da pesquisa foi contemplado, contribuindo para o desenvolvimento de edifícios com melhor desempenho energético. A avaliação do aplicativo ocorreu em um *workshop* realizado na Universidade Federal de Sergipe, com participantes voluntários, alunos e professores do curso de arquitetura e urbanismo e arquitetos praticantes.

Palavras-chave: Fase inicial; Eficiência energética; Processo de projeto; RTQ-R; BIM.

ABSTRACT

Building energy efficiency depends upon early design decisions. Nevertheless, most of software used to evaluate buildings energy efficiency requires information generally available at final stages of design process. The increment of energy efficiency in buildings depends largely on the architectural design choices, especially those made at the early stages design, which, being guided by bioclimatic principles, can minimize energy use. The objective of this paper is to evaluate the application of a support tool called IDEEA - Integrating Energy Performance in Architecture, for designers to estimate the energy efficiency of single-family dwellings in the early stages of the development of the architectural object using BIM technology. The IDEEA tool was conceived as a system based on the Design Science methodology, in an iterative process. It considers energy performance from the early stages of design process, with support for making decision, and the results found, allows us to believe that the objective of the research was contemplated, contributing to the development of buildings with better energy performance. The application evaluation took place in a workshop held at the Federal University of Sergipe, with volunteer participants, students and teachers of the architecture and urbanism course and practicing architects.

Keywords: Early stage; Energy efficiency; Design process; RTQ-R; BIM.

1 INTRODUÇÃO

As edificações são responsáveis por um terço do consumo global de energia e níveis semelhantes de emissões de CO^2 (LAUSTSEN, 2008). Por esse motivo, o desempenho energético destas tem assumido uma importância crescente em todo o mundo.

A partir de 2009 no Brasil, uma parceria entre INMETRO e Eletrobrás viabilizou a implantação dos Regulamentos para o Nível de Eficiência Energética de Edificações (PROCEL, 2012), baseados nos quais seriam outorgadas etiquetas que mostrassem o desempenho das edificações examinadas em relação à eficiência energética (UMAKOSHI, 2014). A avaliação do nível de eficiência energética em edifícios residenciais é feita mediante a aplicação de métodos descritos nos Regulamentos Técnicos da Qualidade (RTQ-R). São avaliados a envoltória da construção e o sistema de aquecimento de água.

OLIVEIRA, F.; BITTENCOURT, L. S.; DÓRIA, D. R. S. Aplicação de uma ferramenta BIM de simulação de desempenho energético nas fases iniciais de projeto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2, 2019, Campinas. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: https://antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/240

O processo de projeto é marcado pela contínua ocorrência de dilemas arquitetônicos, bem como do posicionamento do arquiteto frente aos mesmos. Esses dilemas, se materializam como conflitos entre as demandas oriundas dos diferentes condicionantes arquitetônicos: caráter da obra; configuração do partido arquitetônico; demandas bioclimáticas; forma, orientação e topografia do terreno; vistas e vegetação a serem preservadas; definição do sistema construtivo; localização, dimensionamento e tipologia das aberturas; colorido do edifício; entre outras demandas (BITTENCOURT; MONTEIRO; YANNAS, 2015).

O *Building Information Modeling* (BIM) baseia-se num conjunto inter-relacionado de processos, tecnologias e políticas de gerenciamento do fluxo da informação digital na Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) (SUCCAR, 2009). As ferramentas baseadas na tecnologia BIM têm grande potencial de auxílio ao projeto, e podem ser incorporadas desde a fase de análise até a fase de síntese e, portanto, podem ser uma parte ativa do processo de projeto desde o início (THUESEN; KIRKEGAARD; JENSEN, 2010).

Em pesquisa anterior foi desenvolvida uma ferramenta de Integração de Desempenho Energético na Arquitetura (IDEEA) que busca fornecer suporte integrado ao processo de projeto durante as fases iniciais, auxiliando às tomadas de decisões na concepção do edifício, com o objetivo de melhorar o desempenho energético, que seja fácil de configurar e expansível, na plataforma BIM utilizada - Autodesk Revit.

A IDEEA usa uma interface de usuário de programação visual para configuração de parâmetros de construção e funções de desempenho físico, utilizando os benefícios significativos da programação visual, especialmente em arquitetura (MYERS, 1990; BOEYKENS; NEUCKERMANS, 2009).

Um dos principais aspectos da ferramenta computacional proposta, é a possibilidade de avaliar o impacto de diferentes varáveis arquitetônicas no desempenho da edificação durante o processo de projeto, e nas fases iniciais de concepção, permitindo aos projetistas de incorporar a eficiência energética como atributo inerente ao edifício, e tendo a possibilidade de proporem com maior exatidão o desempenho da edificação. A etapa inicial do projeto do edifício é uma das mais importantes. Decisões tomadas nessa etapa têm grande impacto no desempenho energético do edifício.

Os critérios de desempenho adotados são do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), padrão de referência brasileira para o tema. Visa estabelecer as condições para a classificação do nível de eficiência energética de edificações residenciais a fim de possibilitar a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), concedida no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO (ELETROBRÁS et al., 2012).

Este trabalho tem como objetivo geral apresentar as potencialidades e limitações da ferramenta IDEEA no que se refere à sua adequação as etapas iniciais do processo projetual, e pertinência da simulação nos edifícios projetados durante um breve *workshop* realizado para avaliação de sua utilização por participantes voluntários, arquitetos, alunos e professores de arquitetura e urbanismo. Analisa o desenvolvimento de um projeto para uma edificação residencial, e tem como objetivos específicos: contribuir para o aperfeiçoamento do processo projetual, a partir da integração do desempenho energético ao projeto arquitetônico, como também, simplificar o desenvolvimento de edificações com melhor desempenho energético.

1 METODOLOGIA

Além de uma ampla revisão da literatura relacionada à problemática abordada, a metodologia adotada para o desenvolvimento da ferramenta baseia-se na Design Science Research Metodology (DSRM), proposta por Peffers (2006). Esse artigo segue a metodologia e os conceitos da DSR para aplicação e avaliação da ferramenta.

Foi elaborada uma versão preliminar do aplicativo o qual foi submetida a uma breve avaliação dividida em 3 partes:

Realização de *workshop* para avaliação preliminar da usabilidade da ferramenta, bem como identificação das limitações e potencialidades da mesma, tendo em vista seu uso durante a elaboração de um projeto residencial. Nas atividades didáticas do *workshop* para aplicação da ferramenta, buscou-se seguir um roteiro sugestivo com as etapas passo-a-passo para facilitar a compreensão do processo, salientando que a

sequência apresentada seria apenas uma sugestão, e cada um deveria adotar sua metodologia de projeto arquitetônico própria de cada um dos participantes;

Acompanhamento de um colaborador que deveria esclarecer dúvidas referentes ao software com vistas a aplicação da ferramenta por cada um dos participantes voluntário;

Aplicação e análise dos resultados dos questionários que tinham como finalidade uma apreciação de cada participante em relação as potencialidades e limitações da ferramenta.

Na última etapa do *workshop* os participantes responderam a um questionário sobre uso e a aplicação da ferramenta, sendo solicitado uma avaliação de 0 a 10, e comentar a nota. As perguntas e respostas estão apresentadas nos gráficos desse artigo.

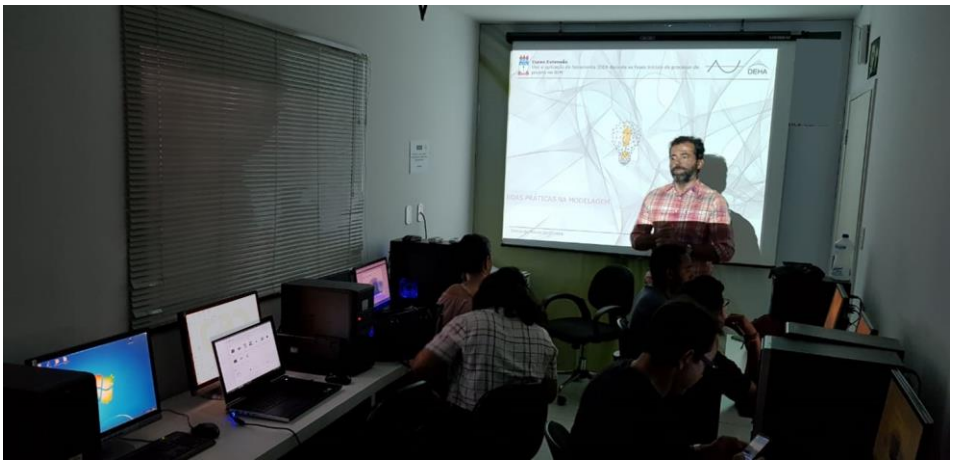
Os participantes voluntários deveriam saber usar o *software* Autodesk Revit, e não foi exigido conhecimento em eficiência energética / etiqueta PBE Edifica, não havendo restrições de sexo, etnia ou idade.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os participantes apresentaram heterogeneidade no conhecimento referentes aos temas abordados, e estágios de formação profissional variados (3 professores, 6 arquitetos e 8 alunos), sendo garantido para eles o anonimato nas publicações que viessem a ocorrer no futuro. Eles receberam um nivelamento abordando o assunto Desempenho Energético, Etiquetagem e PROCEL Edifica, com duração de 04 horas. Foram abordados conceitos importantes para a utilização da ferramenta (**Figura 1**). Em seguida, foi ensinado como utilizar a ferramenta IDEEA, e os procedimentos que devem ser adotados na modelagem virtual.

Foi realizado uma apresentação das etapas necessárias para a modelagem virtual, e configuração das informações necessárias nos cálculos. Após essa etapa, a ferramenta foi iniciada, com acompanhamento das atividades e avaliação dos resultados.

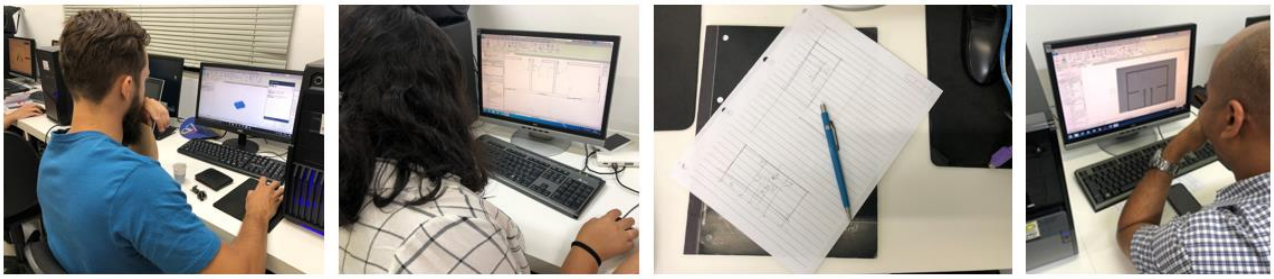
Figura 1: *Workshop* realizado para aplicação da ferramenta IDEEA



Fonte: Autores (2019).

Depois do treinamento inicial, os participantes foram solicitados a desenvolver um exercício de projeto de uma residência unifamiliar, no programa de modelagem Revit, devendo recorrer à ferramenta para auxílio no processo projetual. Essa etapa de aplicação da ferramenta ocorreu em 4 horas (**Figura 2**). O treinamento visou apenas a avaliação da ferramenta como objetivo principal, sem entrar na análise do projeto elaborado pelos participantes, dando liberdade para se projetar de acordo com seus conhecimentos e metodologia.

Figura 2: Desenvolvimento da atividade de projeto de uma edificação residencial unifamiliar



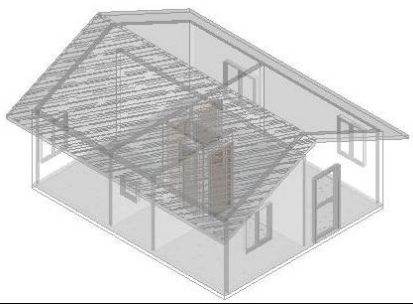
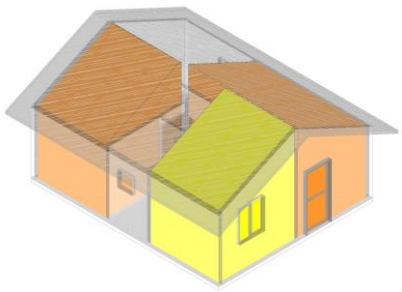
Fonte: Autores (2019)

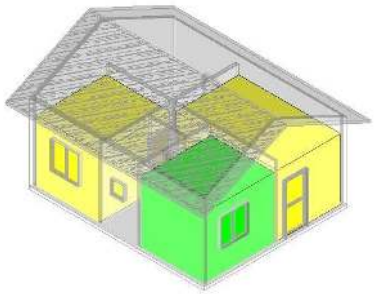
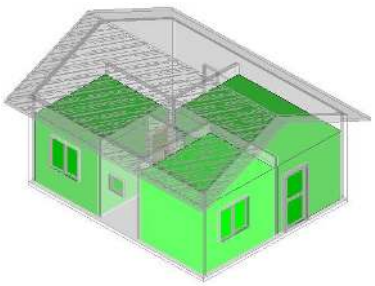
Os participantes demonstraram algumas dificuldades que ocorreram, provavelmente, por conta da pouca experiência na modelagem da informação qualificada, que reflete fielmente a construção virtual da edificação. Foi observado nos questionamentos dos participantes durante o workshop que essa não é uma prática recorrente. Um exemplo desses questionamentos aconteceu principalmente no momento da modelagem das paredes, onde é necessário que se defina a função da mesma, vedação de espaços interior ou exterior.

A maior parte das dificuldades foram sanadas pelas mensagens de erro enviadas pela ferramenta, e as demais através de análise e orientação do instrutor. Em média, os participantes começaram a extrair resultados 60 minutos após início do projeto, modelagem da geometria e entrada das informações necessárias; sendo que o primeiro deles conseguiu extrair resultados 40 minutos após iniciado o processo.

Na **Tabela 1** estão descritos os principais passos do acompanhamento do desenvolvimento do projeto por um dos participantes (P05), e a evolução alcançada pelo mesmo nos resultados de desempenho energético da edificação residencial unifamiliar.

Tabela 1: Desenvolvimento de projeto com auxílio da IDEEA do Participante P05

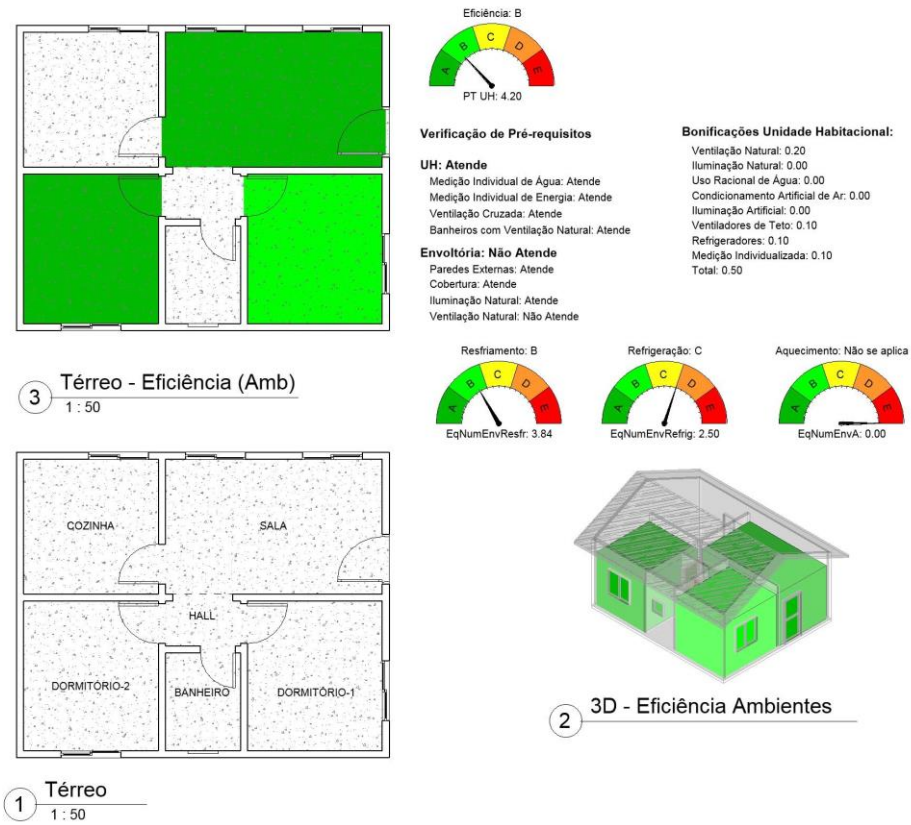
01	Na etapa inicial foi desenvolvida a modelagem relativa ao seu projeto de uma residência com 03 ambientes de permanência prolongada (02 quartos e sala), e 02 de permanência transitória (banheiro e cozinha). Os principais materiais usados foram: - Paredes externas: Bloco de concreto estrutural de 14cm; - Cobertura: Telha cerâmica colonial, com estrutura em madeira aparente; - Esquadrias: Alumínio natural, de correr, com vidro - Portas Externas: Alumínio natural, de abrir, com vidro.	
02	Após a modelagem do projeto, análise e conferência dos dados necessários aos cálculos, foi aplicada a ferramenta IDEEA para processamento das informações e cálculo das equações de eficiência. Foi apresentado um desempenho energético baixo para a Unidade Habitacional (UH): - Sala e Quarto 01: nível "D"; - Quarto 02: nível "C"; O resultado foi analisado e considerado baixo. Foram realizados ajustes, como posicionamento da janela do quarto para a orientação sul, com o intuito de melhorar a eficiência desse ambiente.	
03	A alteração produziu melhoras no resultado desse ambiente, porém não foi considerada satisfatória e o projetista continuou buscando melhorias para o projeto. Resultados encontrados: - Sala: nível "D"; - Quarto 01 e Quarto 02: nível "C"; Novos resultado encontrados. Foram realizados ajustes como a inserção de forros de gêsso nos Quartos e Sala, e um pé-direito 50cm mais alto, no intuito de proporcionar um maior isolamento da carga térmica proveniente da cobertura.	

04	As alterações produziram melhorias no desempenho dos ambientes, mas ainda não foram consideradas satisfatórias e o projetista continuou buscando melhorar o projeto. Resultados encontrados: - Sala e Quarto 01: nível “C”; - Quarto 02: nível “B”; O resultado foi analisado e realizado novo ajuste como a inserção de uma janela na Sala, e aumento das dimensões das esquadrias para 1,20m de largura. Buscou-se ainda, ampliar a área de ventilação dos ambientes de permanência prolongada.	
05	As alterações proporcionaram melhores resultados e, apesar da eficiência energética ainda poder alcançar níveis mais alto, o projetista considerou que o resultado atendia de forma satisfatória o objetivo da atividade. Resultados encontrados: - Sala e Quarto 01: nível “A”; - Quarto 02: nível “B”; - Eficiêcia da UH: “B” / EqNumResfr:	

Fonte: Autores (2019).

O acompanhamento da utilização da ferramenta foi importante para perceber como a interface da ferramenta afetou o processo de modelagem, sem a necessidade de exportação da modelagem para outro programa, agilizando os resultados e a tomada de decisão. Ao final, todos apresentaram o resultado em uma prancha de desenho configurada para essa finalidade (**Figura 1Figura 3**).

Figura 3: Prancha de Eficiência Energética apresentada pelo participante P05.

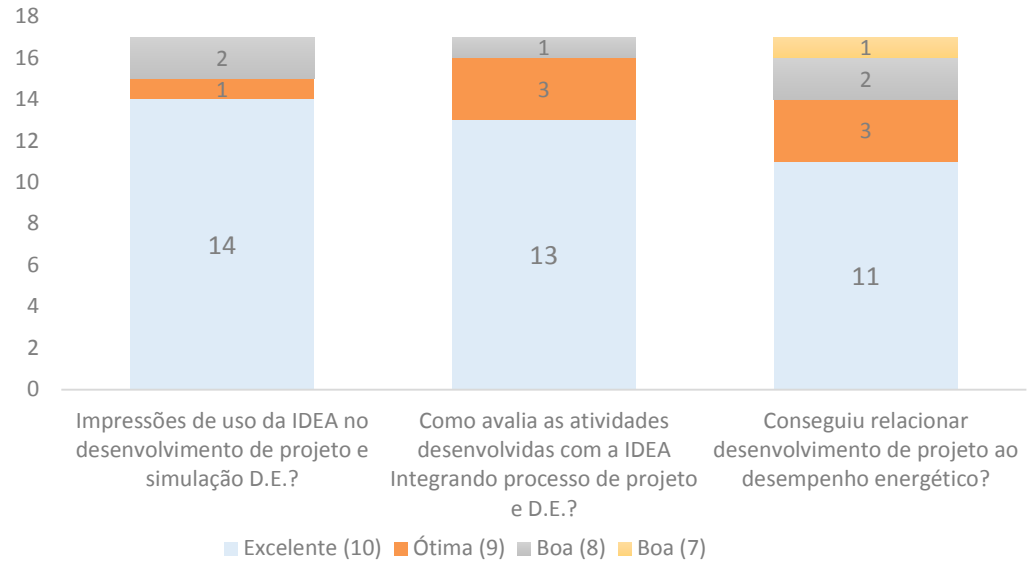


Fonte: Autores (2019)

Apesar das diferenças de experiência e reduzido número de participantes, todos desenvolveram o projeto, e puderam fazer ajustes buscando uma melhoria na eficiência energética. Os resultados apresentados através do acompanhamento e orientações durante a aplicação da IDEEA, bem como das repostas ao questionário

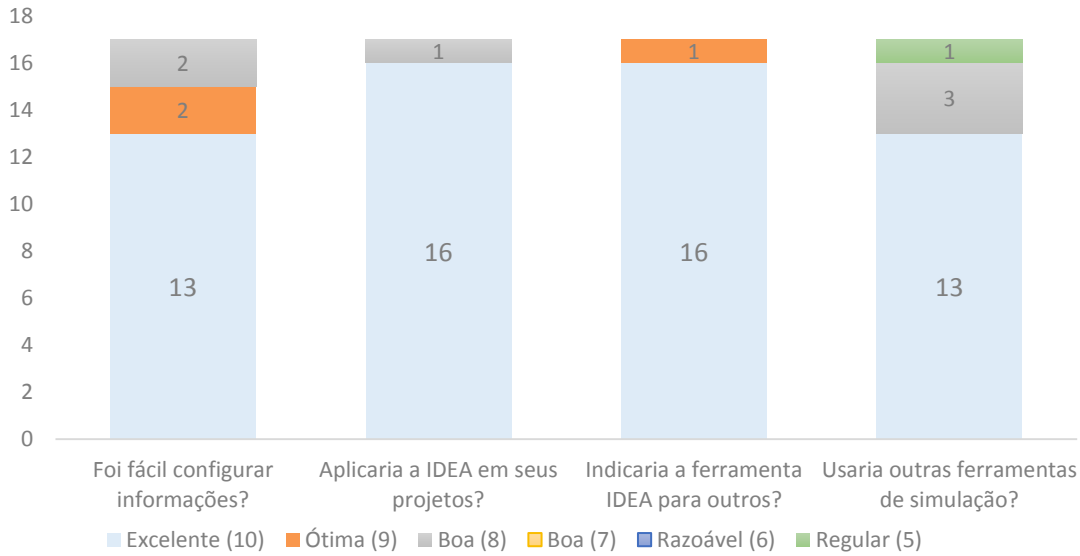
aplicado de avaliação do workshop / ferramenta foram positivos, sugerindo que os participantes tiveram uma boa assimilação da ferramenta para auxílio ao processo projetual, demonstrado nas **Figura 4** e 5.

Figura 4: Avaliação do uso da ferramenta IDEEA no processo de projeto



Fonte: Autores (2019)

Figura 5: Avaliação dos participantes sobre a aplicação da ferramenta IDEEA no processo de projeto



Fonte: Autores (2019)

4 CONCLUSÃO

Esse artigo teve como objetivo examinar o potencial da ferramenta IDEEA quanto ao nível de adequação ao processo projetual, e pertinência da simulação nos edifícios projetados durante o workshop realizado para validação de sua utilização no processo de projeto.

O objetivo proposto pode ser considerado atingido, pois os resultados demonstraram a interação dos projetistas com a ferramenta, e auxilio no processo de projeto nas decisões para melhoria do desempenho energético da edificação residencial.

Como desdobramento dessa pesquisa, deve ser desenvolvido outras etapas de avaliação da ferramenta, para uma melhor compreensão das suas potencialidades e limitações.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio por meio da bolsa de doutorado.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, Leonardo Salazar; MONTEIRO, Leonardo; YANNAS, Simos. Conforto Ambiental e as possibilidades do Modelo Adaptativo. *Edifício Ambiental*. São Paulo: [s.n.], 2015. p. 27–35.

BOEYKENS, Stefan; NEUCKERMANS, HERmAN. Visual Programming in Architecture: Should Architects Be Trained As Programmers?'. *Proceedings of CAAD-Futures 2009 CD-Rom*, 2009.

LAUSTSEN, Jens. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency policies for new buildings. *International Energy Agency (IEA)*, p. 477–488, 2008.

MYERS, Brad A. Taxonomies of visual programming and program visualization. *Journal of Visual Languages & Computing*, v. 1, n. 1, p. 97–123, 1990.

PEFFERS, Ken *et al.* The design science research process: a model for producing and presenting information systems research. 2006, [S.l.]: sn, 2006. p. 83–106.

PROCEL. *RTQ-R_ Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais*. . [S.l.]: Procel/Eletrobrás. 2012.

SUCCAR, Bilal. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009.

THUESEN, N.; KIRKEGAARD, P.H.; JENSEN, R. Lunden. Evalution of BIM and Ecotect for conceptual architectural design analysis. *Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering*, 2010.

UMAKOSHI, Erika. *Avaliação de Desempenho Ambiental e Arquitetura Paramétrica Generativa para o projeto do edifício Alto*. 2014. 253 f. Universidade de São Paulo - FAUUSP, São Paulo, SP, 2014.