



Avaliação do desempenho energético nas etapas iniciais de um processo BIM de um projeto público padronizado

Evaluation of energetic performance during early stage of a standardized public building BIM project

Marina Espíndola Amorim, acadêmica Curso Engenharia Civil, IFSC.

marinaamorim2101@gmail.com

Rafael Takeshi Hayashi Feuerharmel, acadêmico Curso Engenharia Civil, IFSC.

rafaelfeuerharmel@gmail.com

Ana Lígia Papst de Abreu, Professora, Instituto Federal de Santa Catarina.

ana.abreu@ifsc.edu.br

Resumo

Nas fases iniciais de um projeto existe o maior potencial para ajustes de desempenho energético de edifícios. O objetivo deste trabalho é avaliar o potencial de melhoria do desempenho energético de um edifício público catarinense com projeto padronizado na etapa inicial do projeto. O método de pesquisa avaliou três parâmetros de construção (mudança na orientação solar; porcentagem da área de abertura por fachada; e proteção solar horizontal nas janelas) que podem ser ajustados no projeto arquitetônico na etapa inicial. A massa volumétrica do edifício foi projetada no Revit (software Autodesk), e a análise de energia foi executada no Insight. Os resultados da simulação mostraram uma variação de 44 pontos percentuais no consumo de energia por metro quadrado por ano devido aos ajustes construtivos analisados. Concluindo, estudos paramétricos nos estágios iniciais de um projeto podem impactar na eficiência energética de um edifício BIM.

Palavras-chave: simulação energética; fases iniciais de projeto; sustentabilidade.

Abstract

At early stages of a project there is the greatest potential for building energy performance adjustments. The aim of this paper is to evaluate the potential for improving the energy performance of a public building of Santa Catarina with a standardized design during early stage projects. The research method evaluated three construction parameters (solar orientation facade; percentage of opening area per facade; and brises soleil at windows) that could be adjusted at architectural design. The building volumetric mass was designed at Revit (Autodesk software), and the energy analysis was run at Insight. The simulation results have shown a variation of 44 percentage points at energy consumption per square meter per year due to the construction adjustments analyzed. As a conclusion, parametric studies at the initial stages of a project may impact on energy efficiency in the BIM building process.

Keywords: *energy simulation; project's early stages; sustainability.*



1. Introdução

A representação gráfica em duas dimensões de uma edificação está atrelada ao desenvolvimento de projetos na construção civil, pois é uma forma de transcrever um desenho técnico para execução ou documentação. Porém, este método de representação planejada quando utilizado pelos profissionais para elaborar o projeto de uma obra, torna o projeto passível de uma maior quantidade de erros, que vão desde incompatibilidade entre projetos até uma má interpretação e leitura do mesmo. A Modelagem da Informação da Construção (BIM - Building Information Modeling) possibilita modelar o ciclo de vida de uma edificação, além de possibilitar um processo de projeto com menos possibilidade de erros. O que o BIM tem de melhor é ser um banco de dados estruturado, onde os objetos paramétricos contém informações pertinentes aos setores da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação - AECO (KENSEK, 2018). Além disso, o projeto e a construção acabam sendo mais integrados e resultando numa edificação de melhor qualidade, com menor custo e prazo reduzidos. (EASTMAN et al., 2014).

O processo BIM é capaz de transformar um sistema produtivo de 2D para 3D, 4D, 5D, 6D e 7D, dependendo da quantidade de informações que o projetista cadastre no modelo em produção. Os vários subconjuntos de BIM são comumente rotulados em termos de dimensões: 3D (modelo em três dimensões); 4D (integração do tempo: cronograma); 5D (custo); 6D, 7D e 8D podem variar entre os componente do ciclo de vida, sustentabilidade, gerenciamento de energia, questões de segurança (SMITH, 2014; KENSEK, 2018). Recentemente já se observa um BIM ainda mais multidimensional, com citações de 9D e 10D que se misturam entre conceitos de automação e robótica, construção enxuta, inteligência artificial e construção industrializada.

As diversas dimensões BIM não precisam ser sequenciais, e desta forma, a simulação termo energética não necessariamente precisa acontecer depois da estimativa e do cronograma da obra. Um processo concomitante de desenvolvimento de projetos, orçamentos, cronograma, dentre outros, possui maior poder de mudança quando é realizado estudos na fase embrionária de projeto.

Está sendo desenvolvido no Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina uma pesquisa em BIM utilizando como objeto o projeto arquitetônico do CREAS - Centro de Referência Especializado de Assistência Social. Este é um projeto do governo do estado catarinense, que tem um projeto padronizado, possibilitando que sejam feitas pequenas alterações e adequações internas dentro da proposta básica do CREAS. Esta busca por economia dos recursos públicos com a utilização de projetos padronizados, pode resultar num gasto de consumo de energia pelo resto da vida útil da edificação.

O objetivo deste artigo é avaliar o potencial de melhoria de desempenho energético de um CREAS na etapa inicial de um processo BIM.



2. Revisão

A utilização das edificações é um dos fatores que mais contribui na emissão de CO₂ e ao mesmo tempo, é nas edificações onde se encontra a alternativa mais econômica para redução destas emissões. (AGOPYAN e JOHN, 2011). É nas etapas iniciais de concepção de um projeto sustentável, onde se tem o maior potencial de incorporar estratégias arquitetônicas que tenham o menor consumo energético e melhor desempenho, com menores custos ao projeto (PEDRINI, 2003; ASBEA, 2015), indo até avaliações prévias sobre impactos do consumo de energia nos diferentes estágios do ciclo de vida da edificação (LIBRELOTTO et al., 2012).

Uma edificação para ser dita sustentável, segundo Yudelson (2014), considera seus impactos sobre o ambiente e a saúde humana, e os diminui. A edificação sustentável, quando comparada a uma edificação dita convencional, consome menos quantidade de energia e de água, preocupa-se com os impactos do ciclo de vida dos materiais usados, impactos no terreno, e nos efeitos na construção, operação, manutenção, demolição, remoção e reciclagem dos materiais e sistemas prediais.

Tendo por base fundamentar as decisões antes de começar o primeiro esboço, o processo de projeto integrado de edificações é uma forma sustentável de projetar, pois todos os envolvidos encaram o projeto de maneira global, em vez de só se concentrarem na sua parte do projeto (KEELER e BURKE, 2010 p.17).

Dentro dos conceitos de sustentabilidade e ênfase na etapa de concepção de projeto, aparece a Modelagem da Informação da Construção (BIM - Building Information Modeling). Com a tecnologia BIM possibilita-se ter um modelo digital virtual de uma edificação, desde a fase de concepção até a fase de demolição e destinação dos resíduos. (EASTMAN et al., 2014). A eficiência da prática de processo de projeto integrado apoia-se na utilização de ferramentas BIM. (KOWALTOWSKI et al., 2011). BIM na prática não é a substituição de desenhos em duas dimensões para modelos digitais de três dimensões que possibilita a integração de todos os projetos. Diferentemente de uma maquete física, as maquetes virtuais podem conter informações de análise estruturais, custos, energéticas, análise de ciclo de vida, entre outros. (EASTMAN et al., 2014). Num fluxo de trabalho BIM pode-se criar um design esquemático nas fases iniciais do projeto que vai sendo aprimorado ao longo do processo (KENSEK, 2018).

É na etapa inicial de um fluxo de trabalho de projeto, execução e operação de uma edificação, seja um processo BIM ou não, onde se tem as maiores possibilidades de alteração na edificação com menores gastos. A curva de MacLeamy ilustra a relação entre o custo e o esforço crescente das modificações no tempo de projeto, execução e operação de uma edificação. O que se observa na Figura 1 é que, independente do fluxo de trabalho, quanto mais adiantada a fase de uma edificação, maiores serão os custos de alterações no projeto. Um outro detalhe importante, na curva de processo de projeto com colaboração antecipada, o maior esforço nas fases iniciais do projeto fica abaixo da curva referente a impactar custo, cronograma e funcionalidade do edifício. Para uma equipe que trabalha com processo BIM, pode-se ficar com a ideia de aumento de tempo de trabalho na fase inicial, entretanto, as vantagens de alterações nas etapas iniciais está no fato de se ter um menor esforço no decorrer do processo.

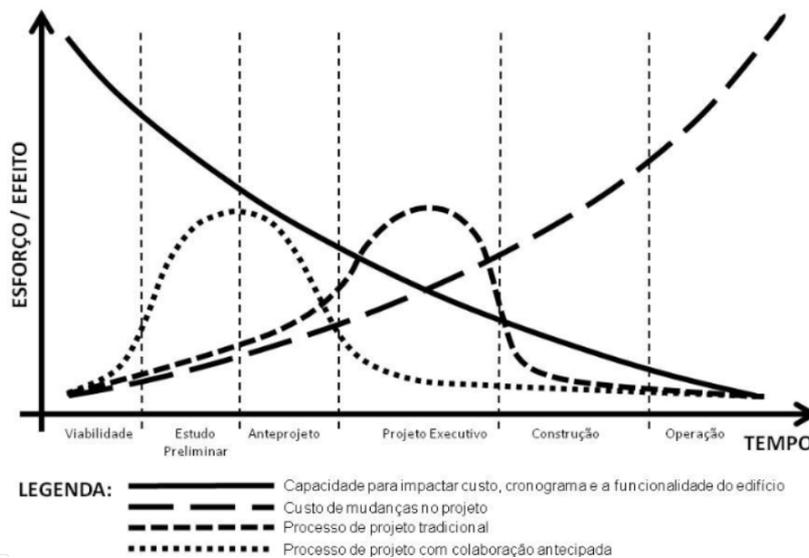


Figura 1: Fases de desenvolvimento de projeto com a relação entre o custo e o esforço ao longo do tempo. Fonte: Santos (2012).

No processo BIM, na fase de desenvolvimento de projeto os esforços podem ser descritos como: atividades de concepção, pesquisas, desenvolvimento de sistemas, pesquisa de soluções construtivas e de engenharia. Pois antes de começar a construção, é onde se tem as mais significativas oportunidades de reduções de custos e definições de racionalizações na edificação. Quando do início das obras, a maioria das especificações e métodos construtivos a serem utilizados já estarão definidos. Desta forma, o foco dos esforços deveria ser mais na parte de logística e da gestão de suprimentos e materiais para obra. (MARITAN, 2017).

Numa revisão de literatura recente, os autores (CHONG; LEE; WANG, 2017) comentaram que existe um crescente interesse na utilização de projetos BIM relacionados ao consumo energético das edificações. Mas ainda é preciso melhorar a interoperabilidade entre softwares BIM com ferramentas de simulação termo energéticas.

Este problema de interoperabilidade diz mais respeito quando um projeto já está modelado em BIM, e as simulações são feitas num outro software mais preciso de avaliação termo energética, além disso, numa etapa que, muitas das decisões construtivas ficam difíceis de serem alteradas. Segundo Kensek (2018), dentre as diversas “dimensões” BIM, é na dimensão 6D que se introduz os aspectos referentes às instalações e gerenciamento de energia. Nesta “dimensão” BIM de análise energética das instalações, é onde softwares de simulações energéticas podem ser usados em paralelo para assessorar nos ajustes dos modelos BIM. Possibilitando aferições de atendimento às normas, ou certificações de edificações sustentáveis. Normalmente estas avaliações precisam ser feitas por equipes que tenham conhecimento e domínio destes softwares de simulação.

Entretanto, como anteriormente comentado, as avaliações termo energéticas na fase inicial de projeto, resultam numa resposta com baixo custo e, que possibilitam embasar tomadas de decisões com foco no conforto dos ocupantes, na eficiência energética e na



sustentabilidade. Durante a fase de concepção, num processo de projeto arquitetônico tradicional, observa-se a falta de integração do projeto de arquitetura com seus projetos complementares (KOWALTOWSKI et al., 2011). Desta feita, se as avaliações termo energéticas, num processo BIM, só forem feitas quando da elaboração dos projetos complementares, e o projeto arquitetônico já está quase pronto, pode-se dizer que se tem fluxo de trabalho muito similar ao fluxo de projeto arquitetônico tradicional. Pois as sugestões de melhoria na proposta arquitetônica já determinada, serão pontuais.

Softwares computacionais que permitem a construção e a manipulação de modelos BIM nas suas mais diversas etapas de desenvolvimento de projeto, já estão possibilitando análises energéticas simplificadas e nas fases iniciais. O Revit da Autodesk (<https://www.autodesk.com/products/revit/overview>) é um destes softwares, que possibilita modelar a edificação, e ainda fazer análises termo-energéticas nas etapas iniciais de projeto através do aplicativo denominado Insight. A otimização da energia no Insight, é uma ferramenta dimensionável que possibilita melhorar o desempenho de energia da construção desde a fase de design conceitual até o projeto para a operação de construções. O Insight fornece dados de diferentes cenários que possibilitam comparação do desempenho energético de uma edificação (<https://help.autodesk.com>).

3. Procedimentos Metodológicos

A proposta deste artigo é analisar estratégias de eficiência energética nas etapas iniciais de um projeto que use ferramentas computacionais que se adequem à metodologia BIM. Primeiro é feita uma apresentação esquemática do objeto de estudo, e as adequações feitas para uma simulação termo-energética simplificada. Na sequência são apresentados os procedimentos adotados para se alcançar o objetivo proposto deste artigo.

3.1 Descrição arquitetônica de um CREAS

O objeto deste artigo é um CREAS (Centro de Referência Especializado de Assistência Social), que possui a princípio um projeto arquitetônico pré-definido, mas com possibilidade de adequações em função do local a ser construído no estado de Santa Catarina. A Figura 2 apresenta a planta baixa esquemática de um Projeto CREAS, que possui salas de atendimento individual, uma recepção, sala administrativa e ambientes de apoio. Estas salas aparecem agrupadas por diferentes cores em função dos usos e ou ocupação (Figura 2). Podem ocorrer pequenas alterações em função do terreno (orientação solar) e das necessidades do município, entretanto, alguns aspectos da configuração que não se alteram: um único pavimento; salas de atendimento individual; e uma área entre 180m² e 200m².



Figura 2: Projeto Arquitetônico padronizado de um CREAS. Fonte: desenho elaborado pelos autores a partir de dados do projeto arquitetônico fornecidos pela Secretaria de Estado da Assistência Social, Trabalho e Habitação de Santa Catarina.

Observa-se na Figura 2 que existe a sugestão no projeto do CREAS, de colocar os ambientes de maior permanência alinhados em uma mesma fachada, e os ambientes de apoio e auditório na fachada oposta.

Visto que o governo estadual possibilita que se façam alterações/adequações do projeto do CREAS para implantação nos diversos municípios catarinenses, foi feita uma simplificação para a simulação termo-energética, como pode ser observado na Figura 3. As simulações vão ser avaliadas com relação a comentários destas quatro orientações (norte, sul, leste e oeste).

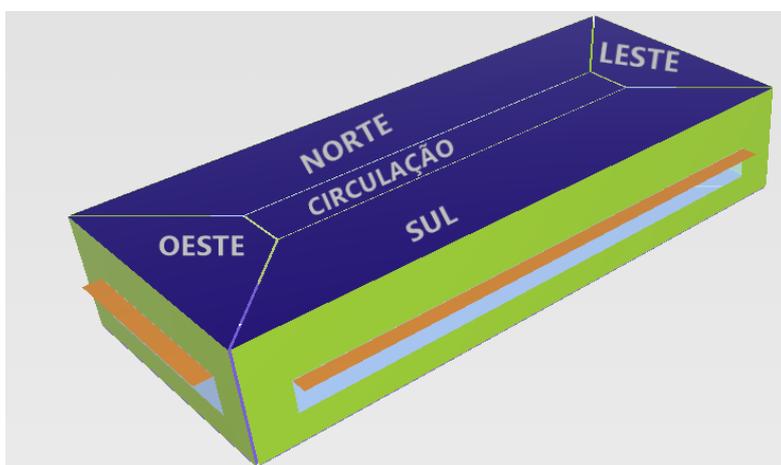


Figura 3: Modelo de massas por zonas do projeto CREAS para simulação energética. Fonte: desenho elaborado pelos autores a partir de dados do projeto arquitetônico fornecidos pela Secretaria de Estado da Assistência Social, Trabalho e Habitação.



O sistema construtivo que aparece indicado no projeto arquitetônico do CREAS: paredes de blocos cerâmicos rebocados dois dois lados; e cobertura de laje de concreto de 12 cm com telhas de fibrocimento.

3.2 Procedimentos e configurações das simulações termo energéticas

Para atingir o objetivo de, já ter nas etapas iniciais diretrizes construtivas para o projetista embasar suas tomadas de decisões com foco na eficiência energética de um projeto CREAS, foi utilizado o modelo de massa do projeto (Figura 3) criado a partir do projeto (Figura 2). A partir deste modelo de massa, os elementos de fechamento de massa foram configurados segundo a proposta arquitetônica básica, demonstrados na Tabela 1.

Dados da ocupação	12 horas de uso diária pelos 5 dias da semana
Sistema de Ar condicionado	Ventilação natural e ar condicionado compacto
Paredes externas	Reboco em parede única de tijolo ($U=1.9487 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Pisos	Azulejo ou vinil ($U=2.9582 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Lajes	Sólido sem isolamento ($U=0.7059 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Janelas externas	Vidro 6mm ($U=3.6898 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, SHGC=0.86)
Telhado + Forro	Telhado + laje ($U=1,77 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$)
Porcentagem de área de janelas por área de fachada	25%
Fator de Sombreamento das janelas externas	10%

Tabela 1: Descrição das propriedades e configurações utilizadas para a simulação. Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados retirados do Revit Autodesk.

As análises de energia foram feitas no software Revit versão 2020 da Autodesk. Primeiro foi especificado a localização geográfica de Florianópolis, após foi criado o modelo de energia no Revit, este foi enviado para o serviço de nuvem da Autodesk, onde a análise é feita através do aplicativo Insight.

O enfoque deste artigo é a fase inicial do projeto, onde ainda podem ser feitas alterações na proposta arquitetônica, e não somente ajustes na eficiência energética das instalações. Por isso, neste artigo não vai ser avaliada a influência no potencial de



eficiência energética com: a troca por equipamentos mais eficientes; sistemas de controle de iluminação artificial; alteração do tipo de vidro da janela; mudanças nos horários de operação da edificação; entre outros aspectos de ajustes que podem ser avaliados nas fases de projeto de maior detalhamento da edificação. Como o enfoque deste artigo é mais a parte de concepção, a avaliação do potencial de eficiência energética vai avaliar o quanto aumenta ou diminui o consumo energético em função: da mudança da orientação solar ($0^\circ \rightarrow N/S$; $45^\circ \rightarrow NE/SO$; $90^\circ \rightarrow E/O$); porcentagem de área de abertura por fachada (95%; 80%; 65%; 50%; 40%; 30%; 25%; 15%; 0%); proteção solar horizontal nas janelas em função da altura da janela ($1/6$; $1/4$; $1/3$; $1/2$; $2/3$ da altura da janela). A métrica utilizada para comparação dos dados resultantes do Insight é o consumo de energia por área de edificação por ano, ou seja na unidade de kWh/m²/ano.

4. Análise dos dados

A primeira análise apresentada é com relação à rotação da maior fachada da edificação com relação ao Norte. A Figura 4 apresenta os ganhos de energia a mais por rotacionar a edificação. Vale lembrar que este valor de consumo de energia a mais precisa ser multiplicado pela área da edificação, e refere-se ao ganho no consumo anual de energia da edificação CREAS.

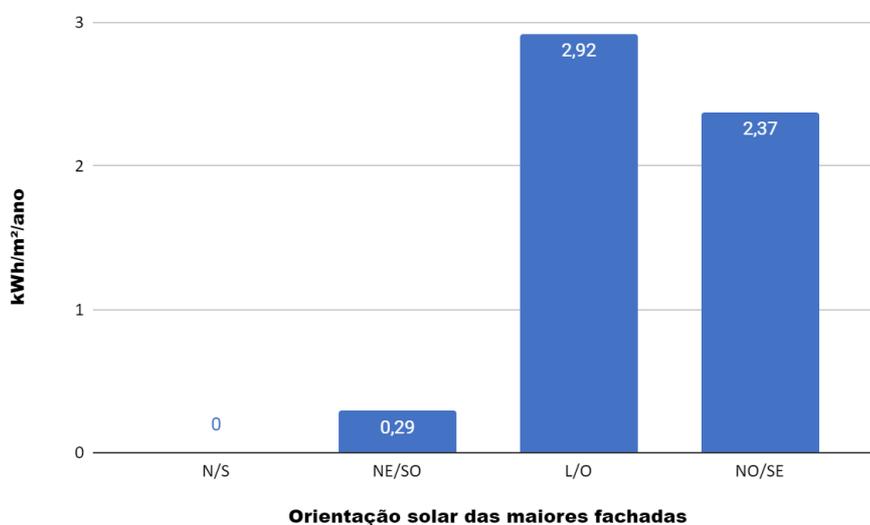


Figura 4: Ganho de energia por área de piso em função da rotação de um projeto CREAS para a cidade de Florianópolis. Fonte: elaborado pelos autores.

Pelo resultado da Figura 4, fica evidente que deve-se evitar simplesmente rotacionar a edificação para ajustar a mesma a um terreno que não possibilite orientar o CREAS com sua maior fachada a Norte e Sul. Mas se for necessário fazer uma rotação com relação ao Norte, o ideal seria deixar a edificação com sua maior fachada orientada a Nordeste e



Sudeste, em detrimento das maiores fachadas a Noroeste e Sudeste. Orientar as maiores fachadas de um CREAS a Leste e Oeste na cidade de Florianópolis, vai resultar num maior consumo de energia por metro quadrado da edificação pelo resto da vida útil da edificação.

A Figura 5 apresenta o quanto a área de abertura por fachada implica no consumo energético da edificação.

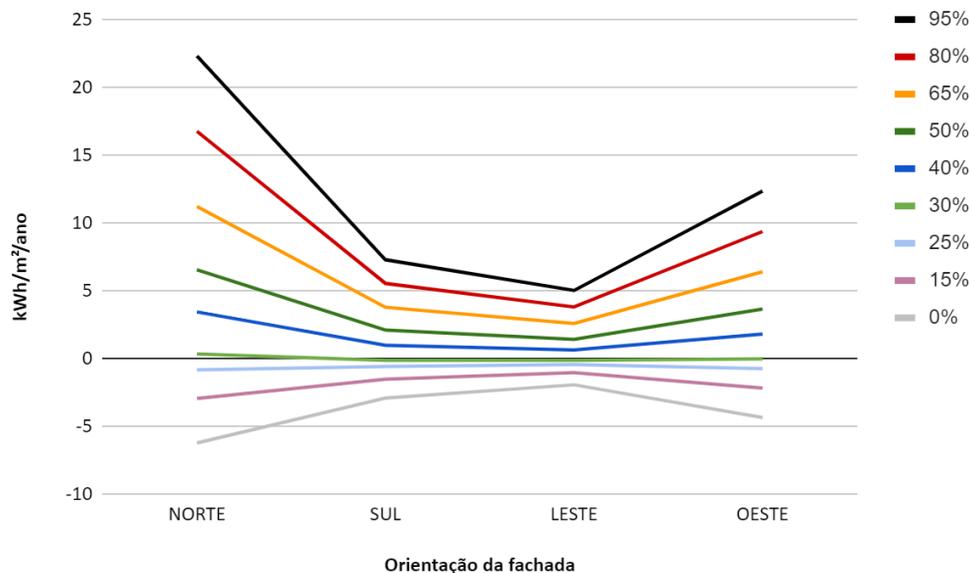


Figura 5: Ganho de energia por área de piso em função da variação de área de abertura por fachada de um CREAS para a cidade de Florianópolis. Fonte: elaborado pelos autores.

Observando a Figura 5, verifica-se que de 15% a 30% de área de janela por fachada é o limite para evitar aumento no consumo energético. As fachadas sul e norte são as maiores fachadas. Mas devido a latitude de Florianópolis, a fachada norte, impacta mais no consumo energético da edificação quanto maior a área envidraçada. A fachada oeste, apesar de ter menor área de fachada, impacta mais no consumo energético da edificação do que a fachada sul. Isto devido à incidência de sol perpendicular na fachada oeste, coincidindo com o horário de uso da edificação e com as temperaturas do ar mais elevadas do período vespertino.

Na Figura 6 observa-se o resultado da simulação para estudos de sombreamento horizontal das aberturas por orientação solar.

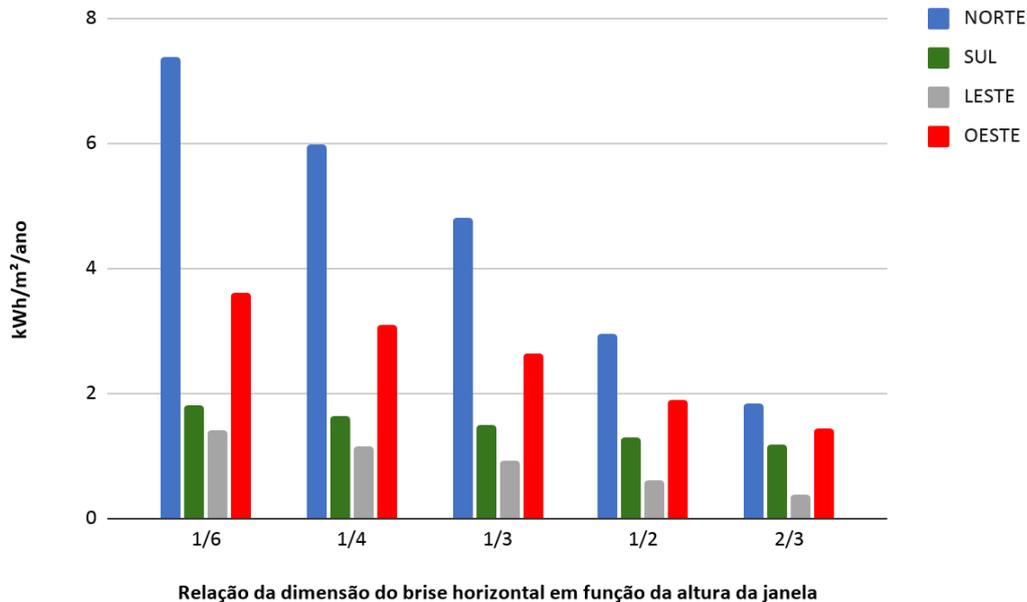


Figura 6: Ganho de energia por área de piso em função do aumento da proteção solar nas aberturas por fachada de um CREAS para a cidade de Florianópolis. Fonte: elaborado pelos autores.

Pelos resultados obtidos e apresentados na Figura 6, observa-se o potencial de redução do consumo energético da edificação com a adoção de proteções solares horizontais nas aberturas da fachada norte. E o consumo de energia da edificação diminui quanto maior a dimensão da proteção solar da fachada norte. Nas outras fachadas, esta redução ocorre, mas com uma menor potencial.

Na simulação da proposta inicial, obteve-se um valor de consumo de energia médio de 163 kWh/m²/ano. Com as escolhas não apropriadas nas etapas iniciais de projeto, este valor chegou a 208 kWh/m²/ano na simulação, ou seja um aumento de 28% no consumo de energia anual. Entretanto, com alterações nas propostas iniciais focando na eficiência energética, poderia se obter com os três aspectos analisados (orientação solar, porcentagem de área de abertura por fachada e proteção solar das aberturas) um consumo médio anual em torno de 137 kWh/m²/ano. Este valor de consumo de energia simulado demonstra uma redução de até 16% no consumo de energia anual por metro quadrado com relação ao modelo inicial (Tabela 1).

5. Considerações finais

A proposta deste artigo está em auxiliar na tomada de decisões quanto às estratégias de eficiência energética mais indicadas nas etapas iniciais de projeto. Uma edificação que não tem orientação solar adequada ao local, ou proposta de aberturas excessivas por orientação



de fachada, podem resultar em consumo energético excessivo no resto da vida útil da edificação.

Este artigo buscou avaliar nas etapas iniciais de um processo BIM diretrizes construtivas e de orientação solar que possibilitem ao projetista tomar decisões embasadas de eficiência energética para uma edificação CREAS. Esta avaliação foi feita com dados retirados de simulação feita no Insight após a modelagem por massas conceituais no Revit para o clima da cidade de Florianópolis. A proposta base do CREAS tinha: maior fachada da edificação na orientação norte, 25% de área de abertura por fachada, e sombreamento horizontal de 1/10 da altura da janela. Foram avaliados três aspectos que impactam no consumo de energia da edificação: alteração na orientação solar; porcentagem de área de abertura por fachada; e proteção solar horizontal nas janelas.

Os resultados demonstraram que a proposta inicial de um CREAS, mais do que valores absolutos de consumo de energia anuais por metro quadrado, pode-se ter uma redução em torno de 16%, ou um aumento de 28% no consumo de energia anual. Desta forma, os resultados aqui apresentados podem ser usados na definição de escolha de um terreno, onde deve-se priorizar que a edificação tenha orientação solar das maiores fachadas a Norte e Sul. Mas se forem necessários ajustes na orientação solar, o ideal seria orientar a edificação com as maiores fachadas a Nordeste e Sudoeste, e evitar colocar as maiores fachadas a leste e oeste. Além disso, o ideal seria partir de uma porcentagem de área de aberturas por fachada inferior a 30% independente da orientação solar. E com relação ao sombreamento das aberturas, sugere-se estudar formas de proteções solares horizontais para a fachada norte.

Através das análises apresentadas neste artigo, verifica-se a importância de estudos paramétricos de sistemas construtivos nas etapas iniciais de um projeto, e que estes podem ser feitos num processo de projeto BIM.

Referências

AGOPYAN, V.; JOHN, V.M. **O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ASBEA. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM: Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução** / Grupo Técnico BIM - AsBEA. São Paulo, 2015 < disponível em 19/09/2018 <http://www.asbea.org.br/userfiles/manuais/d6005212432f590eb72e0c44f25352be.pdf>

CHONG, H. Y.; LEE, C. Y.; WANG, X. A mixed review of the adoption of Building Information Modelling (BIM) for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 4114–4126, 2017.

EASTMAN, C. TEICHOLZ, P. SACKS, R. LISTON, K. **Manual de BIM: Um Guia de Modelagem da Informação da Construção**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

KEELER, M. BURKE, B. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010.



KENSEK, Karen. **BIM: Fundamentos e Aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. ISBN: 9788535267044.

KOWALTOWSKI, D.C.C.K. MOREIRA, D.C. PETRECHE, J.R.D. FABRÍCIO, M.M. (orgs). **O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIBRELOTTO, L.I. FERROLI, P.C.M. MUTTI, C.N. ARRIGONE, G.M. **A teoria do equilíbrio: Alternativas para a Sustentabilidade na Construção Civil**. Florianópolis: DIOESC, 2012.

MARITAN, Flávia. Projeto - Custo x Esforço | Curva de MacLeamy. **BIMRevit**, 2017. Disponível em <http://www.bimrevit.com/2017/05/projeto-custo-x-esforco-curva-de.html>. Acesso em 10 jan.21.

PEDRINI, Aldomar. **Integration of low energy strategies to early stages of design process of office buildings in warm climate**. 2003. Thesis. (Doctor of Philosophy) - Department of Architecture. University of Queensland, Queensland, 2003.

SANTOS, E. T. BIM Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil. In: Edison Ferreira Pratini; Eleudo Esteves de Araujo Silva Junior. (Org.). **Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto**. 1ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, p. 25-62.

SMITH, P. BIM & the 5D project cost manager. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, 2014, 119: 475-484.

YUDELSON, J. **Projeto Integrado e Construções Sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2014.