Proposta de método para a implementação da simulação de desempenho lumínico natural em uma empresa de arquitetura

Proposal of a method for the implementation of daylight performance simulation in an architectural firm

Breno Tisi Mendes da Veiga
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | brenoveiga@hotmail.com
Silvio Burrattino Melhado
Universidade de São Paulo | São Paulo | Brasil | silvio.melhado@usp.br

Resumo
O método apresentado por este artigo é fundamentado a partir da integração entre tecnologia, processo, pessoas e gestão e objetiva a implementação das simulações visando o desempenho lumínico natural no fluxo de projeto de uma empresa de arquitetura. Os resultados indicam a grande capacidade das TICs em se adaptar às necessidades dos projetistas e ampliar a qualidade dos projetos.

Palavras-chave: Inovação. Integração. Processo de projeto. Modelagem paramétrica. Desempenho.

Abstract
The method presented in this article bases on the integration between technology, process, people and management and aims the implementation of daylight performance simulations, on the workflow of an architectural firm. The results indicates the great capacity of ICTs to adapt to the needs of designers and to increase the quality of projects.

Keywords: Innovation. Integration. Design process. Parametric modeling. Performance.

INTRODUÇÃO

O entendimento das condições climáticas, nos estágios iniciais do processo de projeto, aumenta a possibilidade de tomar decisões ambientalmente responsivas. Nessa etapa, os projetistas podem avaliar suas decisões, não apenas com a intuição, mas com base no entendimento dos dados ambientais do local onde o projeto será inserido.

Projetar visando a sustentabilidade e o desempenho não é apenas uma exigência da legislação atual, como por exemplo das Normas [1 e 2], mas sim uma responsabilidade que arquitetos e projetistas possuem com seus clientes, com o usuário final de suas edificações e com o meio ambiente.

Como citar:
VEIGA, B. T. M.; MELHADO, S. B. Proposta de método para a implementação da simulação de desempenho lumínico natural em uma empresa de arquitetura. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-13. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/563. Acesso em: 4 ago. 2021.

Este artigo objetiva a proposição de um método para a implementação da simulação computadorizada visando o desempenho lumínico natural em uma empresa de projetos de arquitetura, baseado na articulação entre: tecnologia, processo, pessoas e gestão.

SIMULAÇÃO DIGITAL

A revolução tecnológica provocada pelas Tecnologias da Informação para a Construção (TICs) afetou diretamente o processamento e o compartilhamento de informações. Na contemporaneidade, o processo hierárquico de design foi transformado em uma rede de design, onde a responsabilidade é compartilhada entre os vários profissionais envolvidos. As decisões são tomadas de maneira síncrona e coordenada potencializando a integração de produtos, processos, e promovendo a qualidade do produto final [3].

Com a pandemia de 2020, o trabalho remoto virou uma realidade para a maioria das empresas, acelerando a implementação das TICs na gestão e produção de projetos [4]. Com as pessoas permanecendo por mais tempo em suas casas, a preocupação das empresas projetistas com o desempenho de seus projetos aumentou, sobretudo, em relação à iluminação natural, pois a luz solar exerce papel fundamental no bem-estar, na saúde e na produtividade das pessoas [5].

As simulações de desempenho têm sido cada vez mais integradas ao fluxo de projeto das empresas, pois proporcionam a análise do comportamento de um edifício a partir de uma grande quantidade de dados climáticos e, consequentemente, permitem o desenvolvimento de formas arquitetônicas mais responsivas, resolvendo problemas futuros em potencial, relacionados ao desempenho e sustentabilidade [6].

MODELAGEM PARAMÉTRICA

O uso das ferramentas computacionais no processo de projeto em arquitetura está cada vez mais difundido. Atualmente, as ferramentas digitais facilitam o entendimento das condicionantes do projeto e expandem o processo de exploração e proposição de novas formas geométricas fundamentadas em dados climáticos e respaldadas pelas relações com o contexto do projeto [7].

A introdução das ferramentas de linguagem computacional como RhinoScript e Python, no processo de projeto em arquitetura permitiu que arquitetos com conhecimento em programação pudessem desenvolver seus próprios instrumentos computacionais [8].

A modelagem paramétrica atrelada à programação visual permitiu que projetistas com pouco conhecimento em computação pudessem desenvolver suas próprias ferramentas de concepção e análise arquitetônica e contribuiu para a exploração das relações entre os diversos parâmetros que compõe uma geometria, por meio da exploração sistemática de alternativas de projeto [9].

Uma destas ferramentas é o LadybugTools, um *plug-in* do Grasshopper que possibilita a integração com diversos softwares de análise de desempenho, como o Radiance e o

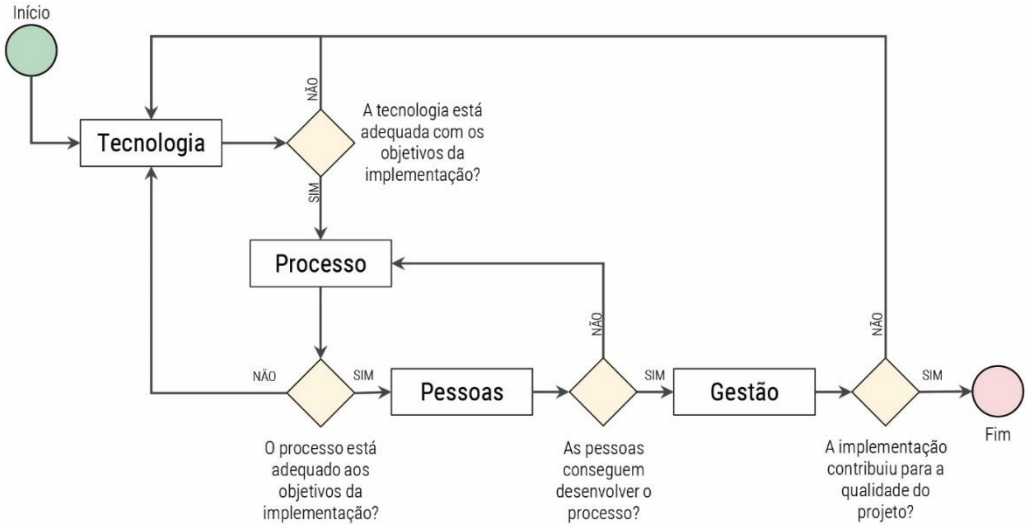
EnergyPlus. É referido pelos seus desenvolvedores [10], como um conjunto de ferramentas; onde o projetista pode construir seu próprio programa de avaliação de desempenho, devida a sua modularidade e flexibilidade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados por esta pesquisa são baseados na interdependência entre: tecnologia, processo, pessoas e gestão. Esta pesquisa entende que essas quatro áreas são correlatas e as suas implantações demandam empenho e dedicações equivalentes.

O método proposto induz a análise sistemática de cada etapa e pondera que a dificuldade na implantação de uma categoria é derivada de incongruências da fase diretamente anterior. Deste modo, no mapa do método proposto (Figura 1) cada área é sucedida por uma etapa de decisão que analisa se aquela fase está de acordo com os objetivos da implementação.

Figura 1: Mapa do método de implementação proposto



Fonte: os autores.

A não adequação da tecnologia aos objetivos de implementação e a realidade da empresa pode dificultar o processo de inserção no fluxo de projeto da empresa. Se o processo de implementação estiver inadequado e for de difícil execução, provavelmente não será bem executado pelos colaboradores da empresa. Por fim, se as pessoas não conseguem desenvolver o processo, a implementação não trará maior qualidade ao projeto.

É impreterível que cada área seja analisada individualmente, e que os objetivos de cada etapa sejam alcançados. Para que o método proposto seja executado com êxito: a tecnologia deve ser adequada aos objetivos da implementação e à realidade da empresa, os colaboradores devem conseguir executar o processo e a implementação deve sempre contribuir para a melhora na qualidade final do projeto.

EMPRESA DE ARQUITETURA

Esta pesquisa utilizou como estudo de caso uma empresa de arquitetura paulistana fundada em 1971 por dois sócios arquitetos. Atualmente a empresa possui um quadro com mais de 100 colaboradores, e grande parte de seus clientes são construtoras e incorporadoras voltadas ao mercado imobiliário. A escolha por esta empresa foi baseada na inserção de um dos autores desta pesquisa no quadro de funcionários da empresa.

FLUXO DE PROJETO ANTERIOR À IMPLEMENTAÇÃO

Em 2013, o atual CEO da empresa promoveu uma série de mudanças estratégicas, tanto de caráter organizacional, quanto para a produção de projetos. O setor de projetos foi dividido entre duas gerências: a de Design, que atua nas etapas do processo referentes à concepção, e a Técnica, que atua nas etapas de desenvolvimento do projeto. Durante o processo de mudanças, em 2017 a empresa adotou o BIM como a principal tecnologia para a produção de seus projetos.

Nesse período, o atual BIM Manager foi contratado para supervisionar a adoção da tecnologia BIM, desenvolver *templates* de projeto, criar bibliotecas de objetos e auxiliar as equipes.

Por possuir formação em arquitetura sustentável, o BIM Manager executava todas as simulações de desempenho lumínico na empresa, por meio do software VELUX Daylight Visualizer.

Como observado na Figura 2, as simulações não eram totalmente integradas ao fluxo de projeto. A equipe de design desenvolvia a modelagem do projeto, mas não executava as simulações.

Figura 2: Fluxo de projeto anterior a implementação



Fonte: os autores.

Esse fluxo não permitia a disseminação do conhecimento sobre desempenho e simulação, ocasionava grande latência no processo de projeto e por consequência deixava o BIM Manager sobrecarregado.

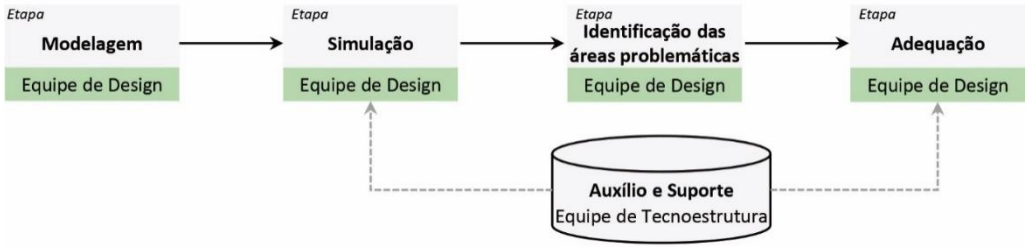
Também foi observado que o software onde as simulações eram desenvolvidas não possibilitava a interoperabilidade com os demais programas utilizados pela empresa e não permitia a edição de seu código-fonte para adaptação às necessidades da empresa.

FLUXO DE PROJETO PROPOSTO

No fluxo proposto (Figura 3), todas as etapas serão realizadas pela equipe de design. O papel do BIM Manager será substituído pela equipe de tecnoestrutura, que prestará o suporte às equipes. Essa proposta almeja solucionar os problemas de

interoperabilidade, mitigar a latência do processo, difundir o conhecimento sobre desempenho e aliviar a sobrecarga de trabalho do BIM Manager.

Figura 3: Fluxo de projeto proposto



Fonte: os autores.

De acordo com [11], a tecnoestrutura é um núcleo organizacional formado por profissionais que estão fora da linha formal de produção do serviço, que desempenham o papel de suporte e pesquisa e propõem melhorias no processo de projeto.

Criada em 2020, a tecnoestrutura da empresa ficou encarregada pelo desenvolvimento do algoritmo de análise, pelo desenho dos fluxos de implementação, pela concepção do material de apoio e pelo treinamento dos colaboradores. Compõem a equipe: o BIM Manager, um engenheiro de sistemas digitais e um dos autores desta pesquisa.

IMPLEMENTAÇÃO

O fluxo de projeto apresentado por este artigo, subdividido entre tecnologia, processo, pessoas e gestão começou a ser elaborado em meados de 2020, quando a empresa iniciou a definição de novas metodologias de trabalho com o objetivo de aumentar da qualidade de seus projetos, reduzir retrabalhos e automatizar processos.

TECNOLOGIA

Desde 2017, a empresa utiliza o Archicad para o desenvolvimento de todos os seus projetos. O software Rhinoceros era somente utilizado durante o processo de modelagem dos edifícios do entorno do projeto, para a produção de imagens renderizadas.

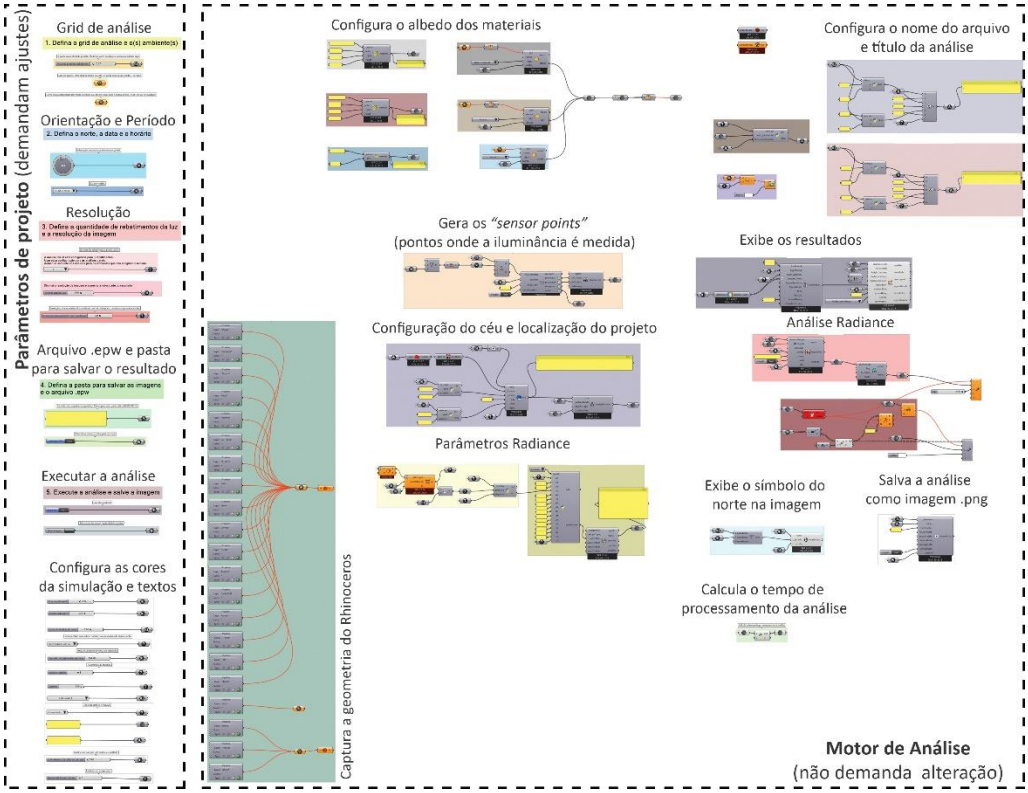
É possível afirmar que parte dos colaboradores da empresa já está acostumada com alguns comandos básicos e com a *interface* do Rhinoceros. Porém a modelagem paramétrica auxiliada pelo Grasshopper ainda não era utilizada.

Como esclarecido por [12], o aprendizado de ferramentas paramétricas é, geralmente, bastante desafiador para grande parte dos usuários, devida a abstração necessária para se modelar com parâmetros.

Para contornar essa barreira, a equipe de tecnoestrutura desenvolveu um algoritmo para a simulação (Figura 4), onde todas as conexões entre parâmetros foram previamente estabelecidas. Desta forma, caberia às equipes de design a inserção dos

parâmetros relativos ao projeto, como: coordenadas, orientação, ambientes de análise, resolução e período de análise.

Figura 4: Algoritmo desenvolvido



Fonte: os autores.

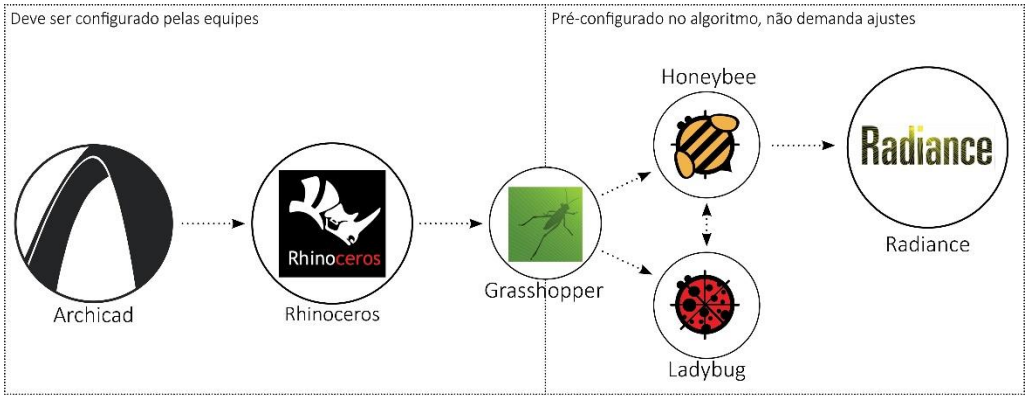
O algoritmo desenvolvido utiliza duas ferramentas do LadybugTools: o Ladybug, que importa arquivos de dados climáticos, define a localização e a orientação do projeto, e o Honeybee, que define os vetores de iluminação solar, o albedo dos materiais, a configuração do céu e a resolução.

O Honeybee oferece a integração com o Radiance, software que executa a análise. Essa associação possibilita a visualização dos resultados, dentro da *interface* do Rhinoceros, favorecendo o entendimento dos resultados e a interoperabilidade entre os programas utilizados.

A Figura 5 demonstra a troca de informação entre os softwares utilizados no processo. A interoperabilidade entre arquivos foi um fator decisivo para o sucesso dessa implementação, pois possibilitou a transferência da geometria, sem a necessidade de remodelar o projeto.

O algoritmo apresentado facilitou, na opinião dos colaboradores da empresa, a implementação da simulação visando o desempenho lumínico no processo de projeto. Pois os ajustes que requerem maiores conhecimentos em programação e modelagem paramétrica foram previamente configurados, e os parâmetros que demandam adequação estão concentrados nas etapas iniciais do processo, em softwares já conhecidos pelas equipes.

Figura 5: Softwares utilizados durante o processo

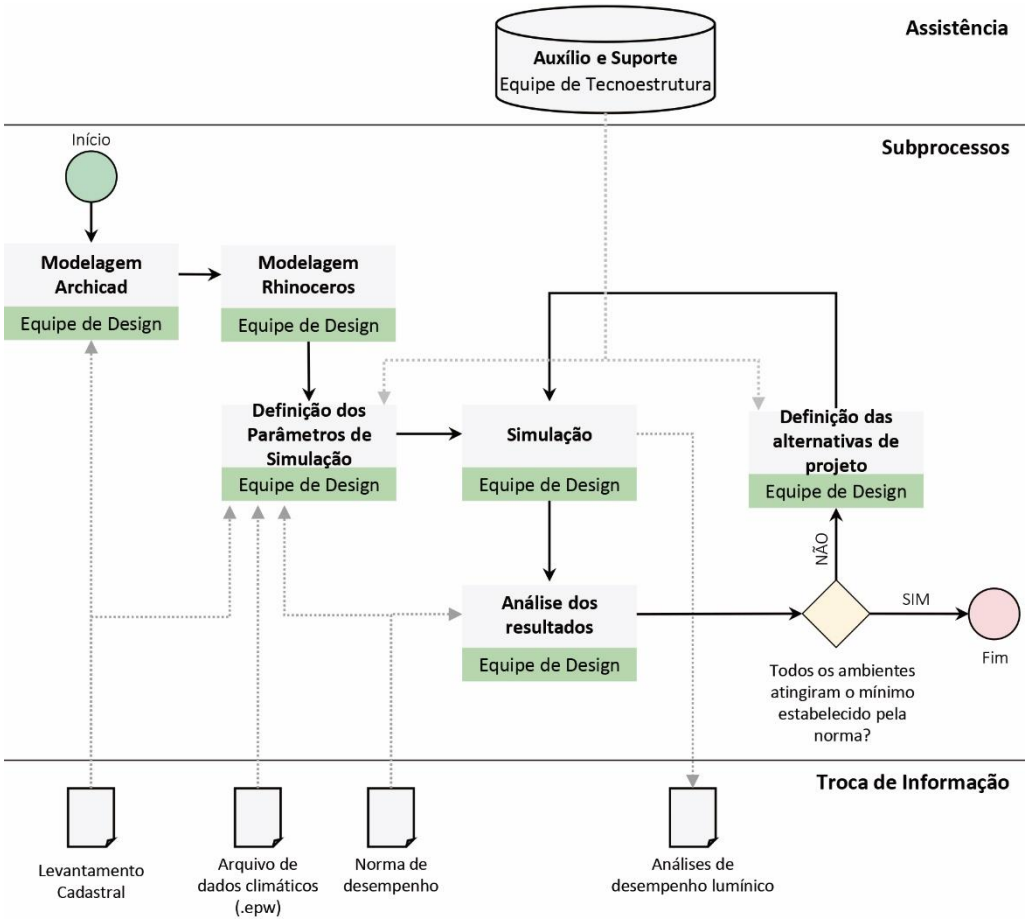


Fonte: os autores.

PROCESSO

O processo de implementação da análise de desempenho é dividido em seis subprocessos: Modelagem no Archicad; Modelagem no Rhinoceros; Definição de parâmetros; Simulação; Análise dos resultados e Definição das alternativas de projeto (Figura 6).

Figura 6: Processo de Implementação



Fonte: os autores.

O fluxo define os arquivos e documentos que deverão ser utilizados para executar cada subprocesso, como: O arquivo de dados climáticos (.epw), que possui as características

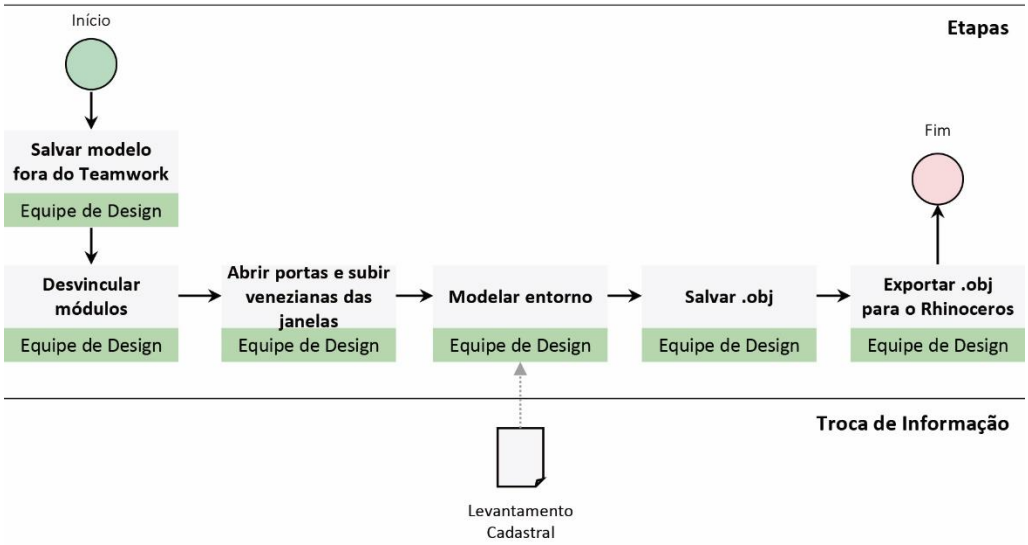
meteorológicas do local de implementação do projeto; O levantamento cadastral, utilizado para verificar a orientação do projeto em relação ao norte verdadeiro e a Norma de Desempenho [1], que define os parâmetros de simulação e o desempenho a ser atingido.

O fluxo apresenta uma etapa de decisão, onde os resultados das análises são avaliados. A retroalimentação do processo acontece caso algum ambiente não tenha alcançado o desempenho mínimo exigido pela norma.

Cada subprocesso é definido por um conjunto de etapas, que devem ser executadas pela equipe de design, com apoio da tecnoestrutura nos subprocessos de definição dos parâmetros de simulação e definição das alternativas de projeto.

O primeiro subprocesso é apresentado pela Figura 7 e tem como objetivo a preparação do modelo geométrico no Archicad e a subsequente transferência do arquivo para o Rhinoceros.

Figura 7: Subprocesso: Modelagem Archicad



Fonte: os autores.

Esse subprocesso presume a desvinculação dos módulos associados do projeto, pois observou-se que o Rhinoceros não interpreta corretamente geometrias contidas dentro de módulos associados do Archicad.

Deste modo é importante que a equipe crie uma cópia do modelo fora do Teamwork, uma ferramenta do Archicad que possibilita o trabalho em equipe, de modo a não atrapalhar o trabalho dos demais colaboradores.

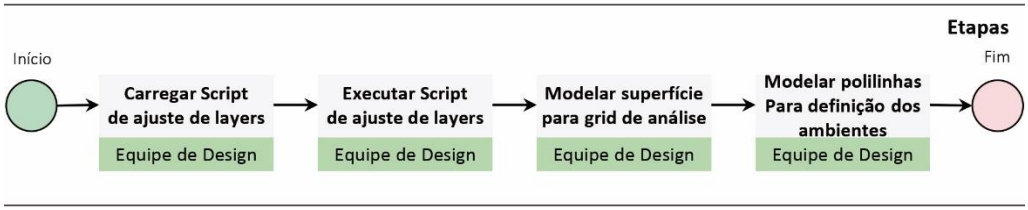
Na documentação de projeto produzida pela empresa, as portas das unidades aparecem fechadas e as venezianas das janelas semifechadas. Por se tratar de um modelo BIM, a documentação 2D reflete as características geométricas das famílias de objetos inseridas no modelo.

Como afirmado por [1], as simulações devem ser feitas com as portas internas abertas e sem obstruções nas janelas. Portanto, o fluxo propõe a abertura das portas internas da unidade e a remoção das obstruções das janelas que podem comprometer o

resultado da simulação. Essa etapa é executada apenas nos pavimentos que serão analisados.

Por fim, o entorno é modelado, o projeto é salvo como arquivo .obj e posteriormente, exportado para o Rhinoceros. Foi observado que após a exportação do arquivo, o Rhinoceros cria grupos e subgrupos com os *layers* do Archicad, dificultando a interpretação da geometria pelo Grasshopper. Deste modo a tecnoestrutura desenvolveu um script para ajustar os *layers* do projeto. Esse código foi disponibilizado para as equipes, para que essas possam utiliza-lo no processo (Figura 8).

Figura 8: Subprocesso: Modelagem Rhinoceros

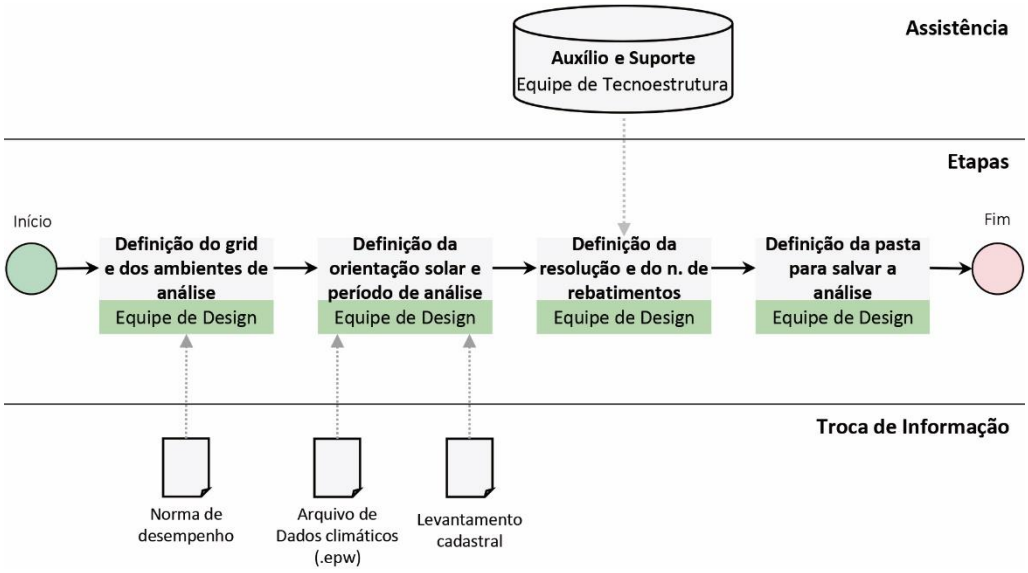


Fonte: os autores.

Posteriormente, as equipes devem modelar uma superfície abrangendo todo o pavimento do edifício, que servirá como base para o grid de análise, e definir o perímetro dos ambientes com polilinhas, para que o algoritmo capture o ponto central de cada ambiente e mostre o resultado da análise.

Terminada a modelagem no Rhinoceros, as equipes executam o subprocesso exibido pela Figura 9 no Grasshopper. O objetivo desta etapa é a inserção dos parâmetros de projeto no algoritmo, por meio de *inputs* pré-definidos.

Figura 9: Subprocesso: Definição dos Parâmetros de Simulação

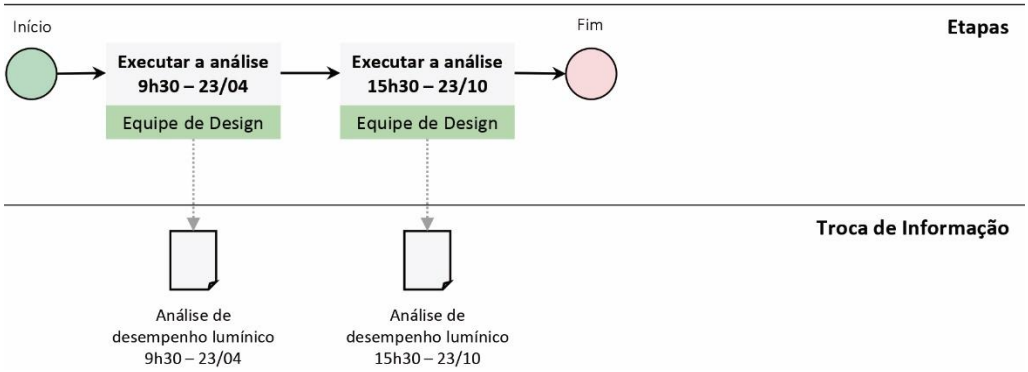


Fonte: os autores.

Nesse fluxo, as equipes devem inserir nos *inputs* a superfície e as polilinhas modeladas previamente, de modo que essas possam ser interpretadas pelo algoritmo como grid e ambientes de análise. Posteriormente devem definir a orientação solar, o período de análise, a resolução da imagem e a pasta para o salvamento dos arquivos.

Durante a etapa de definição da resolução da imagem e do número de rebatimentos para cada feixe de luz, a equipe de design é assessorada pela equipe de tecnoestrutura, de modo a garantir o rigor da simulação.

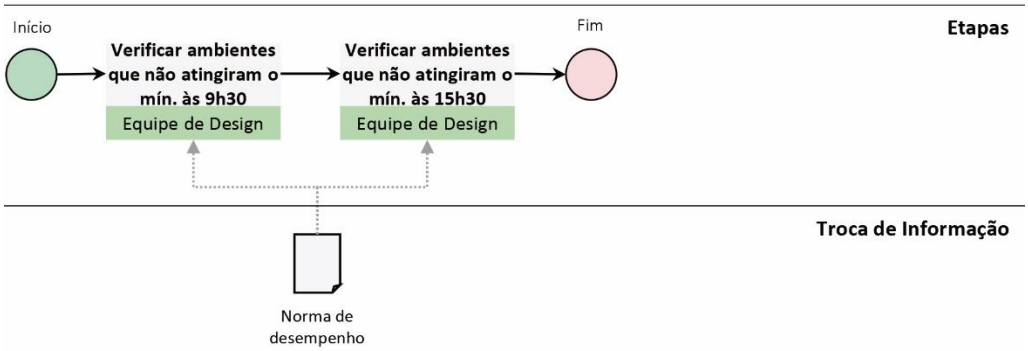
Figura 10: Subprocesso: Simulação



Fonte: os autores.

Após a definição destes parâmetros, a simulação poderá ser executada para os dois períodos exigidos pela [1] (Figura 10). O tempo de duração da análise depende do tamanho do projeto e do entorno e da resolução da imagem final.

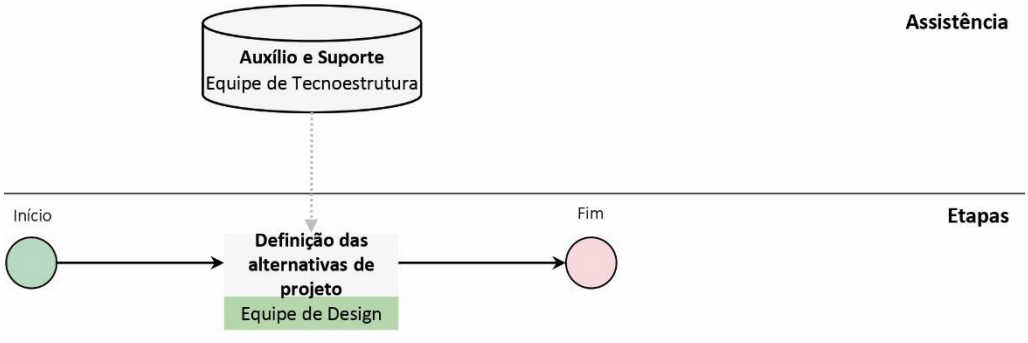
Figura 11: Subprocesso: Análise dos resultados



Fonte: os autores.

A Figura 11 exibe o processo de análise no qual os resultados obtidos nas simulações são comparados com o desempenho mínimo exigido pela [10]. Caso algum ambiente não atinja o mínimo, a equipe de tecnoestrutura irá auxiliar a equipe de design no processo de definição das alternativas de projeto (Figura 12).

Figura 12: Subprocesso: Definição das alternativas de projeto



Fonte: os autores.

PESSOAS

Para que os colaboradores da empresa pudessem desenvolver o processo, a tecnoestrutura produziu dois documentos de apoio: o *"Manual para execução de análises de iluminação natural conforme a NBR 15575"* e o *"Guia de iluminação: Conceitos e estratégias projetuais".* No final de 2020, ambos documentos foram apresentados para todos os colaboradores da empresa; seus sumários são exibidos no Quadro 1.

O primeiro documento apresenta o fluxo de trabalho, os procedimentos adotados para a execução de análise de desempenho lumínico, os softwares utilizados durante o processo e o seu modo de instalação, as etapas do fluxo de análise, e o algoritmo de simulação.

O segundo documento apresenta diversas estratégias relacionadas à iluminação que podem ser incorporadas ao projeto, de modo a otimizar os índices de desempenho do projeto. São apresentados conceitos relacionados a radiação solar, são expostos exemplos de como o entorno afeta o desempenho lumínico, como a reflexão da luz atua em diferentes tipos de ambientes, e por fim, como interpretar o resultado das simulações de desempenho.

Quadro 1: Sumário dos documentos de apoio produzidos

Manual para execução de análises de iluminação natural conforme a NBR 15575	**Guia de iluminação: Conceitos e estratégias projetuais**
Objetivos e Procedimentos	Objetivos e Procedimentos
1. Softwares	1. Revisão NBR 15575-1, seção 13.2.2
a. Instalação Ladybug e Honeybee [Legacy Plugins]	2. Radiação Global
b. Instalação Honeybee [+]	a. Tipos de Radiação
c. Instalação do Radiance	b. Impacto do entorno do desempenho lumínico
2. Fluxo de análise	c. Impacto das obstruções visuais
a. Salvar o arquivo .pln	3. Reflexão da Luz
d. Desvincular módulos dos pavimentos analisados	a. Comparativo entre ambientes
e. Abrir portas internas e venezianas de enrolar	4. Como interpretar os resultados da análise
f. Entorno	a. Aplicação em projeto
g. Criação de novas superfícies no Archicad	5. Como proceder quando o ambiente não atende a norma
h. Salvar modelo como arquivo WaveFront (.obj)	6. Fluxo de decisão para análises
i. Abra o Rhino	a. Aplicação do fluxo de análise
j. Importar arquivo WaveFront (.obj)	
k. Algumas dicas de navegação no Rhino	
l. Ajuste de Layers	
m. Carregar Rhino Script	
n. Rodar Rhino Script	
o. Abrindo o Grasshopper	
3. Como foi montado o algoritmo	
a. Definição do grid de análise e ambientes	
b. Definição do norte, data e horário	
c. Definição dos rebatimentos e resolução	
d. Definição do arquivo .epw e pasta local	
e. Parâmetros de execução	
f. Parâmetros opcionais	

Fonte: os autores.

GESTÃO

A análise da implementação sob a ótica da gestão tem como objetivo verificar se o processo promoveu qualidade ao projeto e consequentemente produziu valor agregado para a empresa. Essa avaliação pode ser feita tanto sob a perspectiva da produção de projetos *(Design Management)*, quanto sob o olhar da gestão de empreendimentos *(Project Management)*.

Na empresa estudada, a qualidade do projeto é analisada pela tecnoestrutura, que confere se as análises produzidas estão de acordo com os parâmetros da Norma de Desempenho e pelos gerentes de projeto que verificam a qualidade espacial dos ambientes projetados e apuram a produtividade das equipes, por meio de ferramentas de controle de horas trabalhadas.

A análise da qualidade do empreendimento é feita pelos gerentes de projeto e pela gerente técnica da empresa que verificam se a implementação aumentou a percepção de valor agregado pelos *stakeholders*, desenvolveu vantagem competitiva, mitigou riscos e diminuiu a dependência de consultores externos.

DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo propôs um método para a implementação da simulação de desempenho lumínico no processo de projeto de uma empresa de projetos de arquitetura. Foi demonstrada a grande capacidade de adaptação da modelagem paramétrica às necessidades dos projetistas, na medida em que permitiu a operação e calibragem do algoritmo desenvolvido, de acordo com as etapas do projeto, de modo que na fase de concepção, a simulação é executada de forma mais rápida, e na etapa de desenvolvimento, mais precisa.

O uso de algoritmos no processo de projeto concede aos arquitetos a capacidade de criar suas próprias ferramentas. Este artigo entende que esta habilidade será cada vez mais importante na era digital, pois permite a automação de processos, a criação de novas relações espaciais, o contorno das limitações dos softwares desenvolvidos pelas grandes fabricantes e a interpretação de uma grande quantidade de dados. Entende-se, portanto, que o uso da modelagem paramétrica em arquitetura pode e deve ser ampliado, como auxiliadora no processo de concepção e decisão de projeto.

O aprendizado de novas tecnologias demanda tempo e pode causar dificuldades e, se malconduzido, pode ocasionar o aumento do número de horas necessárias para concluir uma etapa do projeto.

Essas dificuldades estão sendo contornadas por meio do treinamento das equipes, pela inserção de *scripts* que irão automatizar parte do processo de produção do projeto e pela configuração de desktops virtuais, com maior índice de processamento computacional.

Devido à pandemia que atingiu o mundo em 2020, as pessoas estão procurando habitações com maior desempenho e conforto pela necessidade de se trabalhar em casa. A implementação da simulação lumínica no processo de projeto criou grande

vantagem competitiva, pois aprimorou a qualidade dos espaços projetados pela empresa e ofereceu os atributos necessários para satisfazer seus clientes.

Conclui-se que o método apresentado auxiliou a adequação da tecnologia aos objetivos da implementação, facilitou a execução das simulações pelas pessoas, mitigou problemas de interoperabilidade e latência no processo de projeto, aliviou a sobrecarga de trabalho do BIM Manager e aumentou a qualidade dos projetos da empresa.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à empresa de arquitetura.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2013.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3: Iluminação natural: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos.** Rio de Janeiro, 2007.

[3] GEHRY, F.; LLOYD, M.; SHELDEN, D. Empowering Design: Gehry Partners, Gehry Technologies and Architect-led Industry Change. **Design Studies**, v.90, n.2, p.14-23, 2020.

[4] SALGADO, M.S.; MAGALHÃES, C.R.; SANTOS, E.R.; CANUTO, C.L. A GESTÃO DE PROJETOS E AS TECNOLOGIAS DIGITAIS: estratégia BIM-BR e tendências pós-pandemia. *In:* ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2020, Porto Alegre. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

[5] TURAN, I.; CHEGUT, A.; FINK, D.; REINHART, C. The value of daylight in offices spaces. **Building and Environment**, v. 168, 13p. jan. 2020. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.106503

[6] BREMBILLA, E.; MARDALJEVIC, J. Climate Daylight Modelling for compliance verification: Benchmarking multiple state-of-the-art methods. **Building and Environment**, v.158, p. 151-164, jul. 2019.

[7] BHOOSHAN, S. Parametric design thinking: A case-study of practice-embedded architectural research. **Design Studies**, v.52, p. 115-143, set. 2017.

[8] PETERS, B.; PETERS, T. **Computing the Environment: Digital Design Tools for Simulation and Visualisation of Sustainable Architecture.** Chinchester: Wiley, 2018.

[9] OXMAN, R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking **Design Studies**, v.52, p. 4-39, set. 2017.

[10] MACKEY, C. ROUDSARI, M.S. The Tool(s) Versus the Toolkit. *In:* De Rycke, K. *et al*. **Humanizing Digital Reality.** Singapore: Springer, 2018.

[11] MINTZBERG, H. **Criando Organizações Eficazes: Estruturas em Cinco Configurações.** São Paulo: Editora Atlas, 2009.

[12] AISH, R.; HANNA, S. Comparative evaluation of parametric design systems for teaching design computation. **Design Studies**, v.52, p. 144-172, set. 2017.