O PROCESSO DE PROJETO DE EDIFÍCIOS ALTOS UTILIZANDO CRITÉRIOS AMBIENTAIS, GEOMETRIA COMPLEXA E FERRAMENTAS PARAMÉTRICAS DE GERAÇÃO DE FORMA

Felipe Caselato (1); Erica Umakoshi (2); Amane Xavier (3)
(1) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, caselatof@gmail.com, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 70910-900, (61) 3107-3300
(2) Doutora, Professora, eumakoshi@unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 70910-900, (61) 3107-3300
(3) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, amane.lopes@aluno.unb.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 70910-900, (61) 3107-3300

RESUMO
As novas ferramentas digitais modificaram o modo de representar a arquitetura, e ainda, criaram novas bases de pensamento voltadas para as formas digitais, redefinindo o processo conceptivo. A abordagem da complexidade da forma gerada digitalmente em projetos de arquitetura pode surgir por exemplo, a partir da manipulação de parâmetros utilitários. Porém, esses novos meios de representação dependem de estratégias elaboradas pelo arquiteto para sua viabilização e eficiência. A presente pesquisa teve como objetivo analisar o processo de projeto do edifício alto baseado em parâmetros digitais de geração de forma, investigando como a temática tem sido abordada e identificando os atributos potenciais para se obter resultados de desempenho ambiental. O trabalho foi realizado a partir de uma pesquisa de iniciação científica, durante a pesquisa buscou-se averiguar a prática dessa abordagem nas escolas de arquitetura, compreender como os edifícios altos nos últimos 15 anos respondem a questões de expressão arquitetônica, impacto urbano e desempenho ambiental por meio de um levantamento de edifícios altos. Em seguida, foi elaborado um modelo digital de acordo com as concepções abordadas durante a pesquisa. Com isso, contribui-se para divulgação da abordagem digital, através de um entendimento geral dos assuntos e demonstrando a potencialidade das ferramentas computacionais para o projeto de arquitetura. Assim, conclui-se que a arquitetura paramétrica e generativa está sendo cada vez mais utilizada e, por outro lado, as faculdades de arquitetura ainda têm dificuldade para incorporar esses conceitos digitais de projeto na grade curricular.

Palavras-chave: metodologia de projeto, programas digitais, simulação ambiental, edificação em altura.

ABSTRACT
The new digital tools have transformed the way architecture is represented and, moreover, have created new foundations of thought focused on digital forms, redefining the conceptual process. The approach to the complexity of digitally generated form in architectural projects can arise, for example, from the manipulation of utility parameters. However, these new means of representation depend on strategies devised by the architect for their feasibility and efficiency. The aim of this research was to analyze the design process of high-rise buildings based on digital parameters for form generation, investigating how this theme has been approached and identifying potential attributes to achieve environmental performance results. The work was carried out through a scientific initiation research, during which the practice of this approach in architecture schools was examined, seeking to understand how high-rise buildings in the last 15 years address issues of architectural expression, urban impact, and environmental performance through a survey of high-rise buildings. Subsequently, a digital model was developed in accordance with the concepts addressed during the research. In doing so, this research contributes to the dissemination of the digital approach, providing a general understanding of the subjects and demonstrating the potential of computational tools for architectural design. It is concluded that parametric and generative architecture is being increasingly utilized, while architecture faculties still face difficulties in incorporating these digital design concepts into their resume.

Keywords: design methodology, digital programs, environmental simulation, tall building.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia presente na arquitetura da atualidade busca atribuir formas que sejam geradas através da manipulação de parâmetros utilitários, como por exemplo dados contextuais de conforto ambiental (UMAKOSHI, 2014). Dessa forma, ferramentas digitais, como Rhinoceros/Grasshopper, modificaram o modo de representar a arquitetura, e ainda, criaram novas bases de pensamento voltadas para as formas digitais, redefinindo o processo projetual (NATIVIDADE, 2010). Isso pode ser observado em edifícios altos construídos na última década, como Shanghai Tower e Leeza SOHO, que com o emprego do computador e da manipulação de parâmetros, se distanciaram de uma metodologia convencional de projetar e trouxeram opções mais dinâmicas de abordar a forma. Vale ressaltar, que para essa pesquisa o termo edifício alto se refere a uma edificação com ‘’alto nível tecnológico’’ aplicado para existir, incluindo propriedades como sistemas prediais, circulações verticais e estruturas complexas (UMAKOSHI, 2014).

As simulações de desempenho ambiental são um importante aspecto potencializado com o uso de ferramentas computacionais como o Ladybug Tools, plugin do programa digital Rhinoceros. Suas implementações nas várias fases do projeto, tem tido um papel crucial de acentuar as vantagens de soluções verdadeiramente integradas entre arquitetura, engenharia e sistemas prediais (GONÇALVES, 2015). Contudo, são necessários métodos paramétricos para otimização dos parâmetros durante as simulações, para integrá-los no processo projetual (CAMPOS, 2017). O exercício de simulações durante as várias etapas projetuais proporcionam, por meio de vários testes, um resultado otimizado de desempenho ambiental para o edifício.

Ainda assim, é abordado por Natividade (2010) que certas obras arquitetônicas carregam doses de ‘ostentação tecnológica’ que acabam ofuscando os critérios fundamentais para a arquitetura e urbanismo. Onde as prioridades são alcançar alturas exorbitantes e ousar estruturalmente em nome da estética. Para não se resumir a isso, é visto a necessidade do arquiteto de escolher o modo de utilizar as ferramentas digitais para obter resultados de qualidade e apropriados para o bem-estar dos usuários. Ao mesmo tempo, é necessário um domínio do projetista sobre as ferramentas adotadas durante o processo, almejando simulações com resultados mais eficazes (AISH, 2005).

Porém, essa abordagem de projeto precisa ser introduzida e sempre aprimorada nas escolas de arquitetura brasileiras. A geração de formas digitais só será explorada a fundo quando conceitos como ‘’superfícies topológicas, curvas, vetores, malhas, fractais, dentre outros’’, forem trabalhados nas disciplinas (UMAKOSHI, 2014). Permitindo, desse modo, uma aproximação dos futuros profissionais nacionais com o mercado da construção civil internacional que vem produzindo edifícios dentro dessa temática e possibilitando que esses alunos possam ir além das formas geométricas já consolidadas no mercado atualmente. Dessa forma, se mostra necessário compreender o cenário do processo projetual de edificações em altura e suas estratégias de conforto ambiental a partir dos programas digitais. O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa de iniciação científica no ano de 2021.

2. OBJETIVO

A presente pesquisa de Iniciação Científica tem como objetivo analisar o processo de projeto do edifício alto baseado em parâmetros digitais de geração de forma, investigando como a temática tem sido abordada e identificando os atributos potenciais para se obter resultados de desempenho ambiental.

3. MÉTODO

O método para o desenvolvimento desse trabalho se estrutura em 4 etapas:

1. Listagem de edifícios altos relevantes para temática nos últimos 15 anos.
2. Estudos de caso mais aprofundados de 2 edifícios altos.
3. Questionário para investigar o conhecimento geral de estudantes universitários a respeito da temática.
4. Treinamento para familiarização com as ferramentas digitais e modelagem de um edifício com atributos que melhoram o desempenho ambiental do projeto.

3.1. Levantamento dos Edifícios Altos

Com o intuito de desenvolver uma familiarização com a geometria complexa e a forma do edifício alto foi feito uma listagem de 8 projetos realizados nos últimos 15 anos em países como China, Estados Unidos e Inglaterra. Foi considerado edifício alto nesta pesquisa, as edificações que apresentam um alto nível de tecnologia em seu funcionamento, que se diferem quando comparadas com atributos de forma, circulação vertical e sistemas de edifícios menores (GONÇALVES; UMAKOSHI, 2010). Os edifícios foram selecionados a partir do nível de informações encontradas e grau de relevância para essa temática.

A partir do levantamento foi obtido um panorama de projetos e quem são os projetistas da atualidade, além da função da edificação e outras informações gerais dos edifícios. Essas informações foram encontradas a partir de pesquisas no site do Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), além de sites de arquitetura e dos escritórios de cada projeto apresentado.

3.2. Estudos de Caso

Com um repertório de edifícios altos da atualidade estabelecido, foram comparados os atributos de complexidade tecnológica do edifício e suas soluções de conforto ambiental e foram selecionados 2 projetos que se destacaram por esses atributos.

Para organização dessas informações foi adotada uma tabela inicial informando dados como número de pavimentos, uso do empreendimento, tipo de estrutura, área construída, e outros. Após a tabela com informações gerais foi adicionado um resumo do edifício, características em destaque e outras informações pertinentes coletadas nos sites dos projetistas, notícias e artigos sobre os projetos.

3.3. Questionário

Foi elaborado um questionário com perguntas abertas e objetivas para estudantes universitários. O questionário tinha como objetivo verificar os métodos e abordagens de projeto com ferramentas paramétricas e simulação de conforto ambiental nas escolas de arquitetura e investigar o grau de conhecimento dos estudantes a respeito dessa temática.

Foi perguntado aos alunos sobre programas digitais, as disciplinas que abordam a temática e o nível de confiança para atuar profissionalmente após a conclusão dessas disciplinas. Os questionários foram elaborados na plataforma Google Forms e divulgados em mídias de turmas de graduação de arquitetura no Brasil.

3.4. Treinamento e Modelagem

Para a modelagem da forma complexa do edifício em altura, foi adotado o programa Rhinoceros e seu plugin Grasshopper, programas amplamente utilizados na arquitetura e engenharia para modelagens tridimensionais. O treinamento foi ministrado por um membro da equipe de pesquisa que já estava familiarizado com as ferramentas digitais. Ocorreu no dia 26 de janeiro de 2021, com 4 horas de duração.

Foi incluído no treinamento o desenvolvimento de um modelo tridimensional (Figura 1) através de algoritmos e parâmetros do Grasshopper, a partir deles a geometria foi gerada no Rhinoceros. Os parâmetros foram inseridos com o intuito de modelar um edifício alto que apresentasse uma forma complexa diferenciada das formas geométricas dos edifícios já consolidadas no mercado atualmente. Como resultado, foram modeladas lajes definidas por curvas de tamanhos variados, rotação entre as lajes de cada pavimento, uma fachada com envoltórias de vidro e uma trama estrutural com formato de losangos para a sustentação da fachada do projeto.

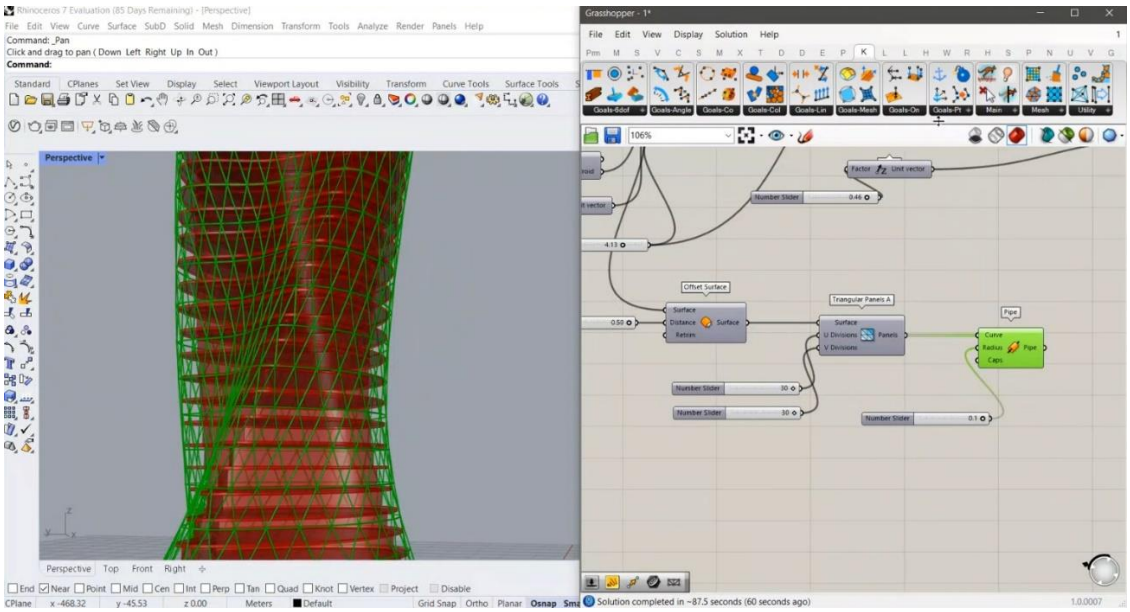

Figura 1 – Geometria complexa a partir de parâmetros de geração de forma. Elaborado pelos autores.

Após o treinamento e com o domínio das ferramentas básicas dos programas, foi elaborado um modelo digital com geometria complexa pensando especificamente em estratégias de desempenho ambiental a partir da sua forma e de elementos de sombreamento. Esse modelo teve como objetivo demonstrar a potencialidade da criação projetual de edifícios altos com os conceitos abordados durante a pesquisa.

4. RESULTADOS

Apresentam-se nesta seção os resultados das etapas anteriormente descritas. Após a coleta de dados, as informações levantadas foram organizadas em tabelas e a modelagem foi apresentada com uma perspectiva do volume e parte dos algoritmos utilizados para sua geração.

4.1. Levantamento dos Edifícios Altos

A partir do levantamento de dados foram escolhidos 8 edifícios altos, caracterizados a seguir na Tabela 1, de acordo com os projetistas, localidade, status, altura máxima e função.

Tabela 1 – Levantamento de edifícios altos com geometria complexa nos últimos 15 anos

Nome do Projeto	Equipe de Arquitetura	Cidade, País	Status	Altura (m)	Função
Shanghai Tower	Gensler	Xangai, China	Construído 2015	632	Escritório e Hotel
Sliced Porosity Block	Steven Holl Architect	Chengdu, China	Construído 2012	115,2	Escritório, Residencial e Comércio
VIA 57 WEST	Bjarke Ingels Group	Nova Iorque, Estados Unidos	Construído 2016	142,3	Residencial
Mira	Studio Gang	São Francisco, Estados Unidos	Construído 2020	158	Residencial
Leeza SOHO	Zaha Hadid Architects	Pequim, China	Construído 2019	207	Escritório
Chaoyang Park Plaza	MAD Architects	Pequim, China	Construído 2017	423	Escritório
Tour Plane	Morphosis Architects	Puteaux, França	Projeto 2010	296	Escritório
Lakhta Center	Gorproject	São Petersburgo, Rússia	Construído 2019	462	Escritório e Comércio

Fonte: Elaborado pelos autores com base em CTBUH, 2019.

Os edifícios listados possuem diversos tipos de estratégias de desempenho ambiental, como por exemplo o Sliced Porosity Block, que de acordo com a Steven Holl Architects (2012) possui estratégias de troca de calor geotérmicas para resfriamento e aquecimento, além de vidros de alto desempenho em sua fachada. Essas características potencializam a eficiência energética dos sistemas do edifício, no caso dos vidros de alto desempenho, tendo maior controle da transmissão de luz natural e aquecimento térmico dos pavimentos. Outro fator que chama a atenção são suas formas atípicas, como o edifício Mira, que de acordo com a Studio Gang (2020), reinventou novos modelos reinterpretando as tradições arquitetônicas da cidade, onde a clássica janela de sacada é adaptada para o contexto de arranha-céus. Essas abordagens de criação da forma demonstram como a arquitetura se reinventou nos últimos 15 anos, a partir do impacto dos programas digitais em seu processo projetual. Vale ressaltar que não foi selecionado nenhum edifício no Brasil por não se enquadrar nos requisitos apresentados anteriormente.

4.2. Estudos de Caso

Foram selecionados os projetos Leeza SOHO do escritório de arquitetura Zaha Hadid Architects e Lakhta Center do escritório de arquitetura Gorproject. Ambos os edifícios se destacam pelas seguintes características: expressão arquitetônica, impacto urbano e desempenho ambiental do edifício.

O projeto Leeza SOHO (Tabela 2) é um edifício alto localizado na China com 46 pavimentos. Segundo as informações disponibilizadas no site do escritório Zaha Hadid Architects (2019), o edifício responde a uma demanda de pequenos e médios escritórios comerciais em Beijing. O projeto é notável pelo seu átrio de 190 metros de altura, localizado entre duas seções torcidas contendo 127,8 metros quadrados de espaços de escritório e outros usos.

Tabela 2 – Informações do Edifício Leeza SOHO

Nome do Projeto	Leeza SOHO/ Le Zi SOHO
Localização	Beijing, China, latitude 39º N
Data de Construção	2015 - 2019
Cliente/Desenvolvedor	SOHO, China Ltd.
Equipe	Arquitetos: Zaha Hadid Architects Engenharia Estrutural: Bollinger + Grohmann
Uso do Empreedimento	Escritório
Tipo de Estrutura	Núcleo de concreto reforçado. Lajes e colunas de aço
Tipo de Fachada	Fachada cortina envidraçada com sistema de ventilação
Número de Pavimentos	46 pavimentos
Altura	207 metros
Área Construída	172,8 m²
Vagas de Estacionamento	480 vagas

Fonte: Elaborados pelos autores com base em CTBUH, 2019.

Segundo o CTBUH (2019a), o expressivo átrio interior do edifício Leeza SOHO é uma afirmação do impacto dos programas de design paramétrico causado nos últimos anos. A geometria do átrio enfatiza a conectividade visual entre as áreas de trabalho, tornando-se uma tendência nas edificações em altura com caráter de escritórios corporativos. É visto também que suas estratégias de desempenho ambiental são evidenciadas principalmente pelo átrio, que possibilita luz natural no interior do edifício e atua como uma chaminé térmica somado a sistemas de ventilação.

O segundo projeto adotado para o estudo de caso é o edifício Lakhta Center (Tabela 3), localizado na Rússia com 87 pavimentos e de acordo com CTBUH (2019b) o edifício mais alto da Europa atualmente. Sua forma arquitetônica é caracterizada pelo formato em espiral e ponta fina no topo, sem possuir um único piso repetido, que só foi possível graças ao uso das mais recentes tecnologias Building Information Model (BIM) e design paramétrico. O projeto é composto por um edifício alto com escritórios e um edifício anexo com complexos científicos e educacionais, esporte, lazer e um anfiteatro externo. No caso do Lakhta Center, suas estratégias de desempenho ambiental se destacam por uma série de tecnologias que proporcionam eficiência energética, sua fachada de vidro duplo aumenta o nível de isolamento térmico, reaproveitamento do calor excedente de equipamentos técnicos do edifício, além de um sistema de controle da formação de gelo implementado para proteger a fachada.

Tabela 3 – Informações do Edifício Lakhta Center

Nome do Projeto	Lakhta Center / Gazprom Tower
Localização	São Petersburgo, Rússia, latitude 59º N
Data de Construção	2012 - 2019
Cliente/Desenvolvedor	Joint Stock Company Gazpromneft Eastern European Projects
Equipe	Arquitetos: Concept: RMJM Design: Gorproject; Samsung C&T Corporation Engenharia Estrutural: Gorproject; Inforceproject
Uso do Empreedimento	Escritório / Comércio
Tipo de Estrutura	Núcleo de concreto reforçado. Lajes e colunas de aço
Tipo de Fachada	Fachada dupla envidraçada
Número de Pavimentos	87 pavimentos
Altura	462 metros
Área Construída	143,0 m²
Vagas de Estacionamento	1.935 vagas

Fonte: Elaborado pelos autores com base em CTBUH, 2019.

Foi notado que nos dois edifícios, as estratégias de desempenho ambiental descritas nos sites das equipes estão sempre ligadas a buscas por certificações ambientais para comprovação do valor do projeto. A certificação ambiental é uma ferramenta importante para motivar os projetistas a buscarem por estratégias mais sustentáveis, porém sem comprovação do seu real valor, podem ser apenas um simples instrumento do mercado (UMAKOSHI, 2014). É visto também que os critérios adotados pelas certificações tendem a não considerar o impacto do edifício no seu contexto urbano (LIMA, 2022).

Outra questão é a consequência pela busca incessante de inovação tecnológica durante o processo de criação desses edifícios, fator bem observado por Natividade (2010). Nesse caso, as prioridades são alcançar

alturas elevadas e ousar estruturalmente em nome da estética, deixando em segundo plano o conforto dos usuários e o impacto urbano dos edifícios nas cidades.

4.3. Questionários

Obtendo percepções de 8 alunos de 4 universidades diferentes, dos estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul e Distrito Federal, foi possível chegar nos resultados apresentados a seguir.

Os modelos BIM, como Revit da Autodesk e ArchiCAD da Graphisoft, são conhecidos e utilizados pela maioria dos alunos (Figura 2). A parametrização desses programas são artefatos que permitem uma representação completa de edifícios, podendo ser utilizados na prática comum como substitutos dos desenhos convencionais (NATIVIDADE, 2010). Nas universidades, a modelagem BIM é ensinada através de algumas matérias introduzidas no início do curso, porém é visto pelas respostas ao questionário que o conteúdo é muito amplo e essas matérias não garantem o domínio do programa pelo aluno.

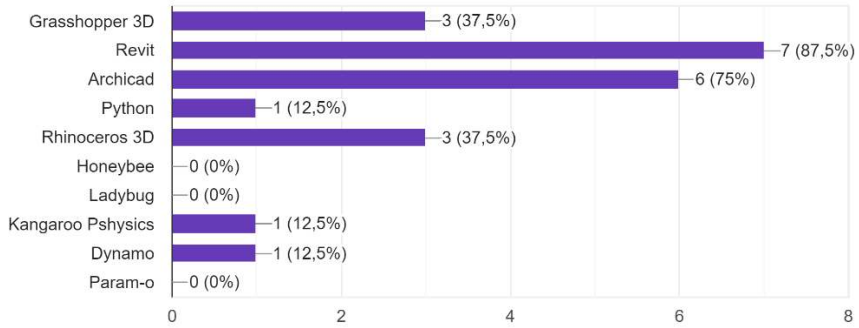

Figura 2 – Programas digitais paramétricos conhecidos/utilizados pelos alunos entrevistados. Elaborado pelos autores.

Programas digitais voltados para simulação de conforto ambiental se apresentaram como os menos conhecidos e utilizados pelos entrevistados em suas universidades. Delbin (2006), afirma que o maior desafio nesse caso é o tempo encurtado nos quais os alunos devam adquirir habilidades suficientes para que os resultados de análise do programa sejam realmente úteis no processo projetual. Mesmo que alguns programas possuam uma interface mais amigável, seu nível de complexidade é superior devido a aplicabilidade dos parâmetros teóricos de conforto ambiental.

A partir das respostas dos questionários, é observado que a abordagem digital ainda é pouco conhecida e praticada, possuindo poucas matérias a respeito nas universidades. Isso pode acarretar em preferências dos profissionais de arquitetura por programas digitais com menos complexidade, como o SketchUp, que muitas vezes supre a demanda projetual, mas não garante o desempenho da modelagem BIM do Revit e ArchiCAD e de programas digitais mais complexos como o Rhinoceros e sua gama de plugins.

4.4. Modelagem

Com o aparato referencial levantado e o treinamento dos programas digitais, foi possível elaborar um projeto arquitetônico de um edifício alto com atributos de geometria complexa e estratégias de desempenho ambiental. Cabe neste item demonstrar o potencial das ferramentas utilizadas.

O edifício representado na Figura 3 propõe, em uma linguagem paramétrica, a quebra da ortogonalidade e dos ângulos retos presentes nas cidades. Átrios, lajes, pilares, brises e fachadas foram fatores da arquitetura abordados durante o processo. Ao mesmo tempo, simulações bioclimáticas auxiliaram na idealização das estratégias passivas de conforto, propondo-se beirais e brises para diminuição da incidência solar dentro do edifício.

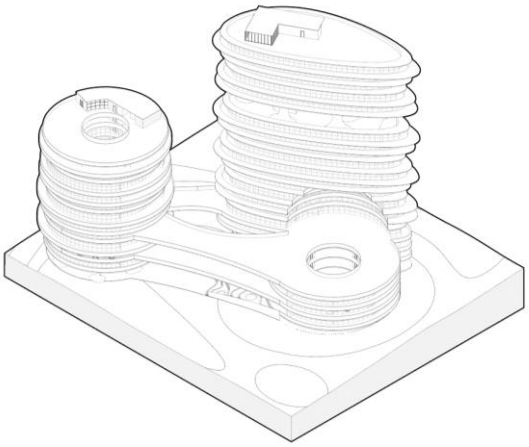

Figura 3 – Captura de tela da modelagem do edifício. Elaborado pelos autores.

O uso dos programas digitais permitiu a rápida experimentação de diferentes formas do edifício com base no script do plugin Grasshopper (Figura 4). O uso de algoritmos da ferramenta para modelagem possui uma linguagem visual de programação mais intuitiva que outras linguagens de programação, com instruções

visuais para uso de cada componente, porém foi necessário um conhecimento prévio para a manipulação dos parâmetros.

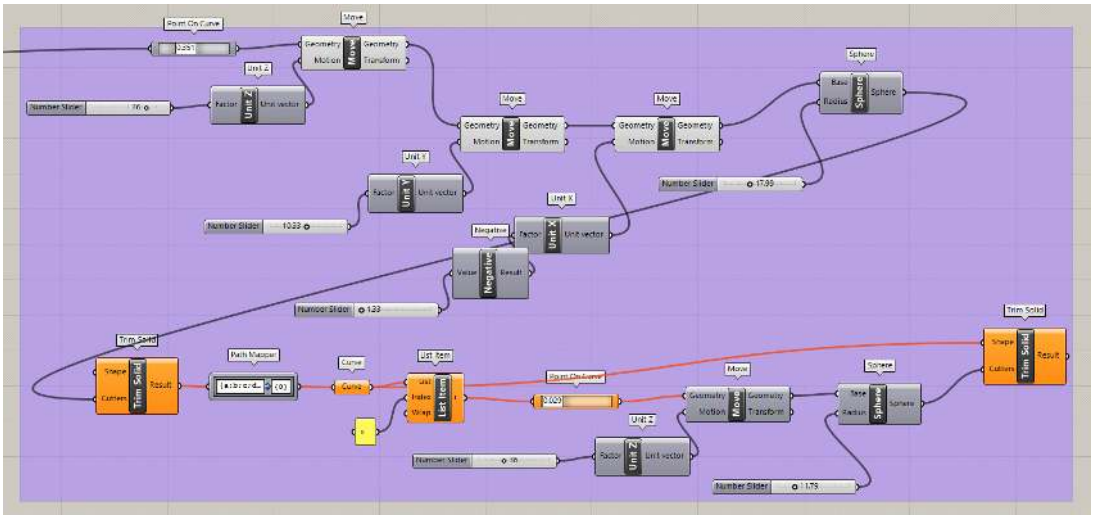

Figura 4 – Captura de tela dos parâmetros para geometria do volumétrica do edifício gerado pelo plugin Grasshopper. Elaborado pelos autores.

Além disso, foi possível utilizar a geometria para análises específicas como simulações de conforto visando sempre o melhor desempenho. Essa simulação não foi o principal foco da pesquisa, mas foi apresentada para demonstrar a potencialidade das simulações térmicas para análise da forma. As análises de simulação de conforto foram feitas utilizando outros plugins do Rhinoceros, como o Ladybug (Figura 5) e o Honeybee. No caso da Figura 4, foi observado os locais mais sensíveis e expostos a luz solar, podendo ser pensado para estes espaços soluções arquitetônicas como brises. Porém, é visto que utilizar esses programas não garante uma arquitetura otimizada, é preciso ter objetivos sólidos para evitar resultados gratuitos e superficiais (UMAKOSHI, 2014).

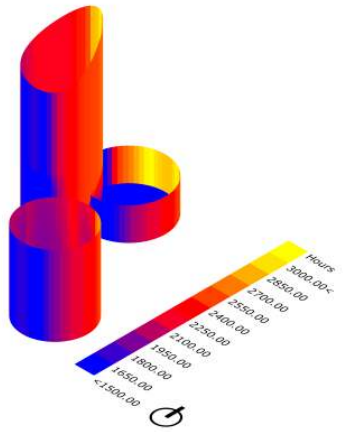

Figura 5 –Simulação lumínica da fachada do edifício gerado pelo plugin Ladybug. Elaborado pelos autores.

5. CONCLUSÕES

O levantamento dos edifícios foi uma forma de estudar a arquitetura contemporânea e entender como as novas tecnologias estão sendo aplicadas na construção de edifícios altos com um melhor desempenho ambiental e com uma expressão arquitetônica diferenciada. Esse levantamento tornou-se uma fonte de informação sintetizada para os alunos da disciplina de Projeto de Edificação em Altura (PA5), constituindo um repertório de diferentes estratégias para alcançar resultados de volumetria, operacionalidade e desempenho dos edifícios durante a fase de estudo preliminar realizado na disciplina.

Por sua vez, os estudos de caso permitiram uma percepção mais detalhada de elementos de projeto, como estudo da forma, os tipos de uso de espaço e o levantamento das estratégias de desempenho empregadas. Foi percebido que por mais que esses edifícios possuam certificações ambientais bem qualificadas, nem sempre essas certificações vão ser suficientes para demonstrar o verdadeiro valor do seu desempenho.

Em relação aos questionários, observou-se que a abordagem digital ainda é pouco conhecida e praticada, possuindo poucas disciplinas que ensinam a manipulação dos programas digitais nas universidades. Além disso, vale ressaltar que os programas digitais estão em constante evolução e as escolas brasileiras de arquitetura, de modo geral, não acompanham os novos conceitos, o que pode representar um desafio para a formação dos futuros profissionais da área.

Com isso, esta pesquisa de Iniciação Científica teve como intuito contribuir para divulgação dessa abordagem da nova forma de projetar a partir de arquiteturas geradas digitalmente, por meio de um entendimento geral dos assuntos e demonstrando a potencialidade dos programas digitais para o projeto

arquitetônico. Por fim, foi possível concluir que a arquitetura paramétrica que utiliza formas complexas é cada vez mais praticada em todo o mundo, no entanto, observou-se que no Brasil não existe ainda uma produção significativa de edifícios que incorporam essas arquiteturas complexas. Destaca-se, assim, o papel das disciplinas nos cursos de arquitetura para que exista uma maior compreensão dos conceitos e uma instrumentalização dos alunos para um melhor domínio da ferramenta evitando resultados gratuitos de forma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISH, R. From intuition to precision. Digital Design: The Quest for New Paradigms. 23nd **eCAADe Conference Proceedings**. Lisboa, 2005.

CAMPOS, F. M. **Estudo do uso de parametrização e simulações computacionais nas etapas iniciais do processo de projeto visando à otimização**. 1 recurso online (191 p.). Dissertação de Mestrado – SP. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2017.

CTBUH. **Leeza SOHO** - The Skyscraper Center, 2019a. Disponível em: <https://www.skyscrapercenter.com/building/leeza-soho/21984>. Acesso em: 23 out. 2021.

CTBUH. **Lakhta Center** - The Skyscraper Center, 2019b. Disponível em: <https://www.skyscrapercenter.com/building/lakhta-center/12575>. Acesso em: 23 out. 2021.

DELBIN, S. **Inserção de simulação computacional de conforto ambiental de edifícios em ensino de projeto arquitetônico: proposta de metodologia**. Dissertação de Mestrado – SP. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo; Universidade Estadual de Campinas, 2006.

GONÇALVES, J. C. S. **Edifício Ambiental**. [s. l.]: Editora Oficina de Textos, [s. d.]. ISBN 9788579751301. 2015

GONÇALVES, J. C. S.; UMAKOSHI, E. M. **The Environmental Performance of Tall Buildings**. London: Earthscan, 2010.

LIMA, L. M.; FREITAS, R. F. M.; AZERÊDO, J. As Certificações Ambientais Habitacionais Contribuem Na Sustentabilidade Ambiental Urbana? In: **Anais do XVI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído/ XII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído**. TO. Palmas, 2021. Disponível em: <https//www.even3.com.br/anais/encac2021/337351-AS-CERTIFICACOES-AMBIENTAIS-HABITACIONAIS-CONTRIBUEM-NA-SUSTENTABILIDADE-AMBIENTAL-URBANA>. Acesso em: 21/04/2023 16:07.

NATIVIDADE, V. G. **Fraturas metodológicas nas arquiteturas digitais.** Dissertação (Mestrado em Projeto de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. doi:10.11606/D.16.2010.tde-16062010-153027. Acesso em: 23 out. 2021.

STEVEN HOLL ARCHITECTS. **SLICED POROSITY BLOCK** – RAFFLES CITY CHENGDU. 2012. Disponível em: <https://www.stevenholl.com/project/raffles-city-chengdu/>. Acesso em: 24 abr. 2023.

STUDIO GANG. **MIRA**. Studiogang.com. 2010. Disponível em: <https://studiogang.com/project/mira>. Acesso em: 24 abr. 2023.

UMAKOSHI, E. M. **Avaliação de desempenho ambiental e arquitetura paramétrica generativa para o projeto do edifício alto**. Tese de Doutorado – SP. Universidade de São Paulo, 2014.

ZAHA HADID ARCHITECTS. **Leeza SOHO** – Zaha Hadid Architects, 2019. Disponível em: <https://www.zahahadid.com/architecture/leeza-soho/>. Acesso em: 23 out. 2021.