

A IMPORTÂNCIA DA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA ARQUITETURA: UM ESTUDO A PARTIR DA OBRA DE ZAHA HADID

Klaus Robert Gast¹

Patrícia Dalmina de Oliveira²

Ana Bell Henn³

Resumo

O artigo pretende discorrer acerca da evolução dos softwares, do aprimoramento das técnicas de representação gráfica e das demais tecnologias ligadas ao desenvolvimento da construção e seus impactos na produção arquitetônica, especialmente acerca da qualidade dos projetos e redução do tempo de trabalho. No que se refere aos projetos desenvolvidos a partir da tecnologia, aborda-se o nascimento do chamado estilo paramétrico, que se utiliza de recursos tecnológicos, como o BIM (Building Information Model), que permitem o desenvolvimento projetual por modelos paramétricos, resultando em obras com design diferenciado. Ao final, realiza-se um estudo de caso de algumas obras da arquiteta Zaha Hadid, que é reconhecida pela produção de projetos paramétricos com o uso dos recursos tecnológicos.

Palavras chave: Arquitetura paramétrica, BIM, Projeto, Zaha Hadid.

Abstract

The article aims to discuss the evolution of software, improve the techniques of graphic representation and other technologies applied to the development of construction and their impacts on architectural production, especially on the quality of projects and reduce working time. It does not refer to designs developed from technology, addresses or creates a so-called parametric style that utilizes technological features such as the BIM (Building Information Model), which uses or develops designs designed by parametric models, resulting in design works. differentiated. Finally, conduct a case study of some works by architect Zaha Hadid, who is responsible for producing parametric projects using technological resources.

Key-words: Parametric Architecture, BIM, Design, Zaha Hadid.

¹ Pós-graduado em Gestão e Projetos: Arquitetura e Design de Interiores., Arquiteto e Urbanista pela Universidade do Oeste de Santa Catarina, Campus de São Miguel do Oeste. E-mail: klausrobertgast@gmail.com

² Mestra em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade pela Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC. Especialista em Planejamento Urbano pela Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC. Mba em História da Arte pela Estácio de Sá. Arquiteta e Urbanista pela Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC e Graduanda em Marketing pela Unicesumar. Atualmente docente dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Mecânica da UCEFF Itapiranga.

³ Docente do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Centro Universitário FAI – UCEFF. Pós-graduada pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. E-mail: henn.anabell@gmail.com

Introdução

A arquitetura expressa a intervenção do homem sobre o ambiente, produto cultural que pode ser analisado por diversos prismas: históricos, antropológicos, conceituais, semióticos, tecnológicos, etc (CATTANI, 2006). Em relação ao desenvolvimento do projeto arquitetônico, os primeiros projetistas muniam-se de elementos encontrados na própria natureza, como pedras e madeiras, para o desenvolvimento dos projetos, com o passar do tempo cada povo desenvolveu seus métodos e padrões para suas edificações, exemplo disso é a aplicação da proporção áurea pelos gregos e a proporção idealizada pelo triângulo para os egípcios (FONTENELLE, 2017; BENEVOLO, 2015).

O aprimoramento das técnicas de representação gráfica bem como das tecnologias ligadas ao desenvolvimento projetual e da construção resultaram no melhoramento da produção arquitetônica, principalmente em obras de grande porte como edifícios corporativos, museus, universidades, entre outros. Conjugado a isso, destaca-se também o surgimento de tratados, diretrizes e normas técnicas que estabeleceram regras para coordenar os projetos (FONTENELLE, 2017; BROADBENT, 1984).

A evolução da forma de ver, desenvolver e representar a arquitetura resultou na maior complexidade das obras, conforme discorre Florio (2007), as construções atuais são muito mais complexas dos que as feitas no período moderno, essa complexidade vem exigindo a aplicação de tecnologias mais avançadas e a utilização de procedimentos de gerenciamento de informações. Devido a tal complexidade dos projetos contemporâneos, os projetistas têm buscado ferramentas que reduzem o tempo de trabalho, o número de pessoas e ajudam a prevenir possíveis erros de compatibilidade entre projetos, bem como possibilitam a produção de ideias ousadas e diferenciadas.

As ferramentas são basicamente recursos tecnológicos e requerem um constante aperfeiçoamento do profissional para o seu uso, o que demanda tempo e dedicação. Contudo, os resultados encontrados só são possíveis devido ao detalhamento, à representação gráfica e às possibilidades de criação, como se observa na evolução da obra de grandes e renomados arquitetos contemporâneos. Dentre os maiores nomes, pode-se destacar Frank Gehry, Jean Nouvel, Norman Foster, Santiago Calatrava e Zaha Hadid, pois suas mais ousadas edificações só foram possíveis com desenvolvimento de softwares específicos.

O presente artigo tem como objetivo geral entender a evolução das tecnologias ligadas à arquitetura e a sua utilização dentro de projetos como da arquiteta Zaha Hadid e o nascimento do chamado estilo paramétrico. Para tanto, objetiva-se de forma específica: a) desenvolver pesquisa bibliográfica acerca da importância da utilização dos softwares dentro da arquitetura; b) entender o que é a modelagem paramétrica e o uso de algoritmos na arquitetura; c) compreender a evolução história da produção de Zaha Hadid, associando-a ao desenvolvimento de softwares e ao estilo paramétrico; d) elaborar reflexões e considerações ao tema, a partir do embasamento teórico e estudo de caso desenvolvidos.

Assim, abordar-se-á como a evolução dos recursos tecnológicos de programação, especialmente softwares que permitem a utilização de modelos paramétricos, como o BIM (Building Information Model), culminaram em construções com maior nível de detalhamento e complexidade, tais como aquelas desenvolvidas pela arquiteta Zaha Hadid, a qual se utilizou do estilo paramétrico para o desenvolvimento de projetos grandiosos.

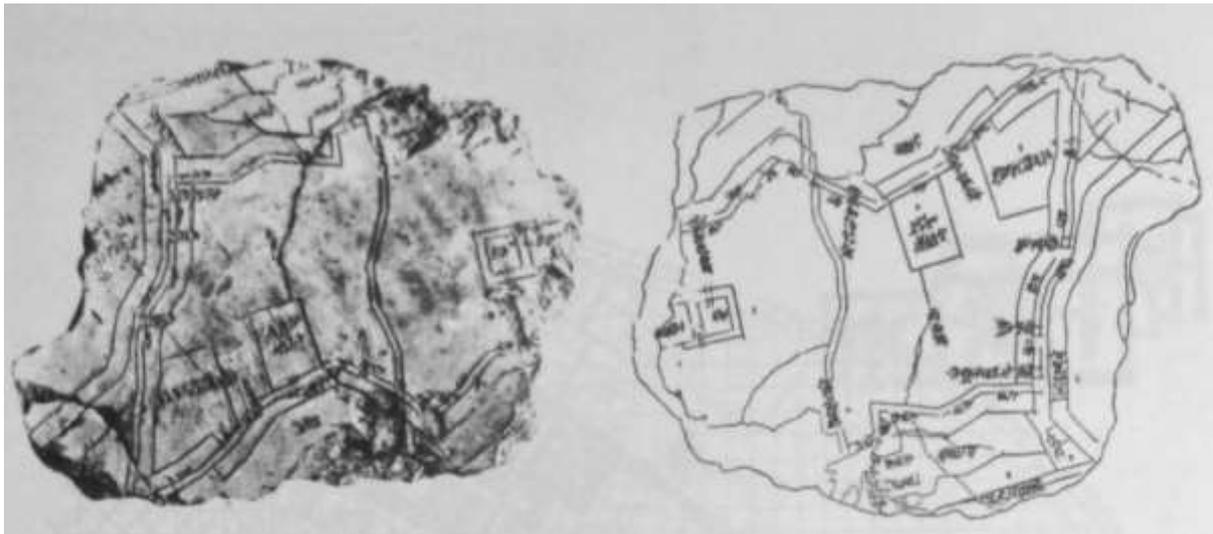
A evolução dos softwares e a arquitetura

As necessidades humanas ao longo dos anos foram se ampliando e, com isso, houve o aprimoramento também do processo de criação dos projetos arquitetônicos, os quais passaram a exigir planejamento prévio com a prefiguração do objeto real a ser construído. Tal planejamento dependia de meios de representação para visualização do ideal a ser executado pelo grupo (CATTANI, 2006).

Nesse sentido, de acordo com Marx (apud CATTANI, 2006, p. 111) “[...] *o que distingue o pior arquiteto da melhor abelha é que ele figura na mente sua construção antes de transformá-la em realidade*”.

Os primeiros registros gráficos quanto à arquitetura situam-se na Mesopotâmia, por volta de 2450 a. C., quando também foram constatados os primeiros registros acerca da forma de escrita cuneiforme e também do desenvolvimento dos primeiros projetos, como se pode constatar na Imagem 01, que representa a cidade de Nipur. Conforme Benevolo (2015), os mesopotâmicos já organizaram e planejaram suas cidades, como o caso de Nipur, onde se pode verificar os muros, os canais e os templos em traços simples e rudimentares, mas que já representavam de forma singela a realidade.

Imagem 01 - Uma tabuinha suméria, com o plano da cidade de Nipur (cerca de 1500 a. C.).



Fonte: Benevolo (2015, p. 27)

Mesmo com as contribuições de várias civilizações, os registros gráficos eram representados por meio de projeções bidimensionais, o que hoje se conhece por plantas baixas, cortes, fachadas e perspectivas. As projeções bidimensionais, atualmente restritas às impressões para acompanhamento da obra, podem ser consideradas demasiadamente simplórias e precárias, porém, no início da representação gráfica, constituíram grande marco evolutivo.

A partir dos séculos XV e XVI, a apresentação arquitetônica passou a ter uma forma mais sistematizada com um considerável desenvolvimento, podendo ser justificado com o progresso advindo do final do sistema feudal e o aumento no número de obras, bem como as novidades da arquitetura gótica. (CATTANI, 2006). Destaca-se, aqui, a contribuição de Brunelleschi ao definir um novo método de trabalho dividido em três princípios centrais (BENEVOLO, 2015; CATTANI, 2006).

O primeiro, refere-se ao desenho arquitetônico, ou seja, o arquiteto deve definir de antemão com desenhos, modelos, etc, e a forma da edificação a ser construída. Devido à dificuldade da representação de uma edificação em tamanho real, procurou-se formas de desenho com uma redução natural do objeto representado. A alteração do modelo a ser desenhado é chamada de escala gráfica e possibilita o aumento ou redução do objeto a ser representado, mantendo a proporção do objeto real (BENEVOLO, 2015).

O desenho técnico trouxe a possibilidade de serem especificadas todas as diretrizes do projeto, viabilizou o planejamento integral do projeto, o que permitiu a solução

antecipada dos problemas, evitando improvisos e decisões do construtor, o que também significou a afirmação do arquiteto como profissional (CATTANI, 2006).

O segundo princípio refere-se à relação com materiais e tecnologia da construção, ou seja, quando o profissional for elaborar o projeto, esse deve analisar as características que contribuem para o formato da edificação, sendo estas características físicas como escala, medidas, resistência, cores e a solidez (BENEVOLO, 2015).

Por fim, o terceiro princípio, de acordo com Benevolo (2015), embasa-se na arte neoclássica e prevê a utilização de elementos como portas, janelas, colunas e entablamentos, correspondendo aos elementos utilizados pela Antiguidade Clássica. Observa-se que os primeiros dois princípios, que prescrevem associação de desenhos e seus materiais à forma exata de execução, ainda guiam a arquitetura atualmente.

O Renascimento foi um importante marco neste processo, devido a uma ruptura do conhecimento científico, trouxe uma nova concepção do mundo. Com o Renascimento a arquitetura deixou de lado os moldes de produção feudal, baseados no artesanato, e passou para novas formas de produção (manufatura, fabril e industrial), até chegar nas novas formas de organização e produção contemporâneas, inserindo-se em um novo contexto em que “[...] as máquinas substituíram a força e a destreza do homem e as redes de informação, inseridas ao longo do processo, introduziram conhecimentos não relativos à pessoa isoladamente, mas a uma sociedade tecnologicamente dependente do saber científico e coletivo” (LIMA, et al, 2019, p. 123).

Por esse cenário, foi possível acrescentar gradativamente à abordagem intuitiva, a adoção de complexos modelos lógico-matemáticos como meio que permeia o raciocínio de produção (concepção, desenvolvimento e fabricação) em arquitetura e urbanismo. Pautado pela intelectualidade do conhecimento científico avançado, matemático e físico, tem-se efetivas transformações no processo de projeto das edificações, tanto para as fases de concepção, quanto para as demais. Entendendo-se que tais princípios são constructos mentais da atividade criadora, da geração da forma e de seu processo de modelagem, bem como, se observado o contexto objetivo da obra arquitetônica, que são reflexos de uma realidade perceptiva de um universo sensível material (LIMA, et al, 2019, p. 123).

Com o aprimoramento dos materiais como aço e concreto durante o século XX, o conhecimento geométrico dos arquitetos foi fundamental como ferramenta gráfica de descrição plana de formas mais complexas. (LIMA, et al, 2019, p. 123)

Contudo, apesar dos avanços em termos estruturais, o desenvolvimento projetual ainda encontrava limitações em termos de representação, haja vista que essa se dava unicamente de forma manual e bidimensional.

Com o advento da representação gráfica por meio digital, ampliaram-se as possibilidades do profissional de arquitetura. Isso porque, por meio dos programas de computador, foi possível a maior agilidade e precisão na produção projetual, assim como na impressão e transmissão de arquivos de desenho técnico pela internet (FERNANDES; PEREIRA; ISHIDA, 2015).

Fernandes; Pereira; Ishida (2015) identificam uma divisão em três momentos fundamentais sobre o uso da tecnologia na arquitetura:

1º) o uso da computação gráfica funciona meramente em substituição à prancheta, mediante representação em projeção ortográfica e perspectiva, sendo marcado pela utilização do CAD;

2º) caracteriza-se pelo uso da computação gráfica em maquetes experimentais, com possibilidade de parâmetros tridimensionais digitais, com o uso de programas como o CATIA;

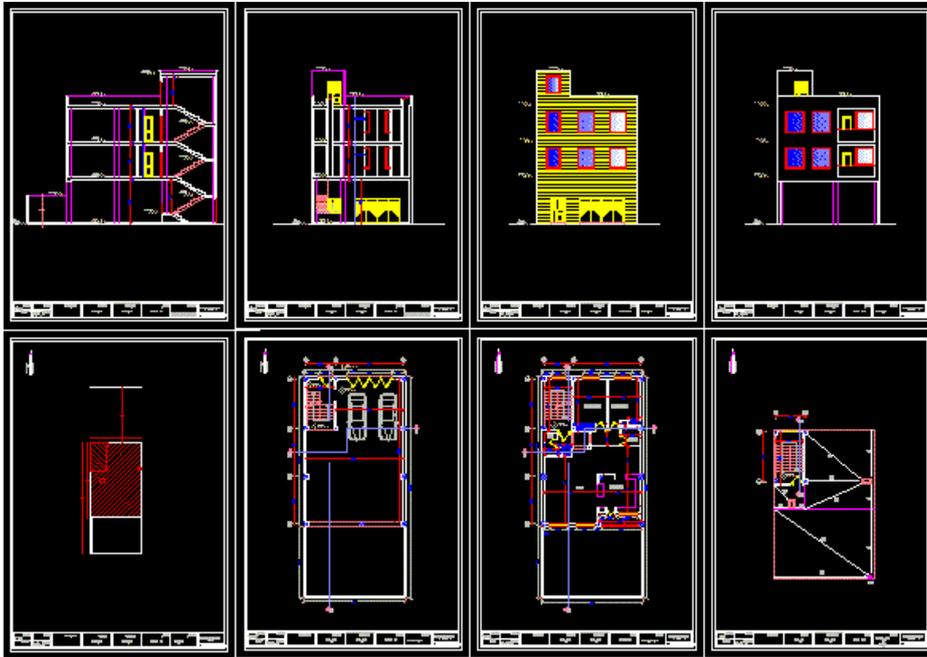
3º) define-se pelo processo de projeto a partir das novas possibilidades da computação gráfica, é marcado por resultados de geometria computacional, engenharia estrutural avançada, uso de novos materiais, arquitetura dinâmica, utilizando-se, para tanto, da animação gráfica e de softwares como o MAYA.

Nesse contexto, pode-se salientar que os programas de desenho digitais propiciam amplas vantagens em relação ao processo manual, salienta-se também que dentro do processo de desenho digital temos o CAD (Computer-aided design) ou desenho assistido por computador, e o BIM (Building Information Model) ou Modelagem da Informação da Construção ou Modelo da Informação da Construção.

Ao longo do século XX houve um avanço tecnológico voltado para a utilização da computação no processo de projeto, sendo o ano de 1950 considerado um marco com o surgimento do conceito de CAD (Computer-aided design). Com o avanço digital, faltava uma forma de passar os projetos para o papel, sendo assim o exército Norte-americano desenvolveu as primeiras plotters (traçadores gráficos) que são utilizados até hoje para a impressão de desenhos técnicos (LIMA, et al, 2019, p. 125).

O CAD tem como características a construção de modelos abstratos, feitos com linhas, polígonos e arco, que mesmo sendo significativos, possuem poucas informações. Os desenhos tradicionais CAD são constituídos por representações abstratas, entidades isoladas tais como linhas, arcos, círculos e polígonos (FLORIO, 2007).

Imagem 02 - Desenhos desenvolvidos em plataforma CAD

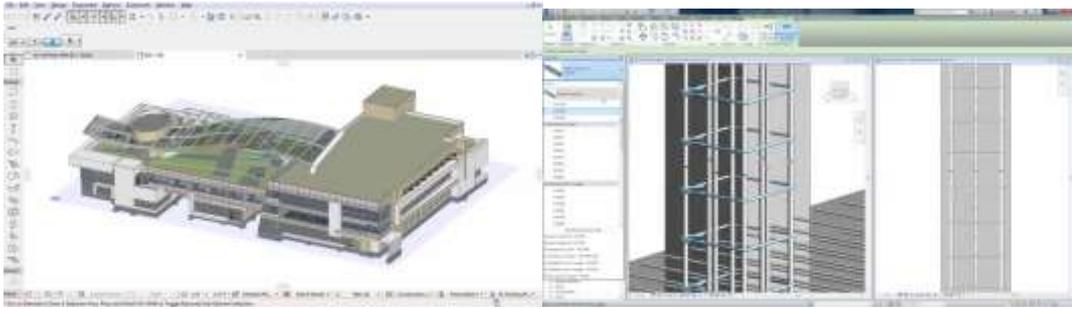


Fonte: Bibliocad³

O BIM, por sua vez, representa um avanço em relação aos modelos CAD convencionais, porquanto possibilita a transmissão de uma gama muito mais ampla de informações. Ampliando a produtividade, o BIM possibilita a união de diferentes projetos dentro de um mesmo ambiente, viabiliza o trabalho concomitante de projetos hidráulicos, elétricos e estruturais, o que diminui conflitos de elementos construtivos, facilita a compreensão dos elementos e possibilita revisões (FLORIO, 2007).

Imagem 03 - Desenhos desenvolvidos em plataforma BIM

³ Disponível em: <https://www.bibliocad.com/pt/biblioteca/planos-de-arquitetura-de-habitacao_38039/>. Acesso em: Outubro, 2019.



Fonte: Archidaily 2019⁴

Para o historiador Mario Carpo, o sistema de projeto em rede, nos moldes possibilitados pelo BIM, será a direção a ser perseguida pela arquitetura digital do Século XXI, abandonando-se a arquitetura digital tradicional (SMITH, 2014, p. 525).

Neste mesmo contexto, relevante foi o surgimento de uma arquitetura baseada em formas, denominada de arquitetura paramétrica, a qual demanda softwares avançados para criação e desenvolvimento.

Arquitetura paramétrica e modelagem algorítmica

A arquitetura paramétrica é uma técnica que utiliza softwares para a criação de obras com um design diferenciado, sendo assim, o projeto paramétrico é um produto de um modelo com especificações variáveis, estes parâmetros podem ser dimensionais, quantitativos ou geométricos. Isso significa que dando diferentes parâmetros ao projeto pode-se ter projetos diferentes (WAHBEH, 2017).

Para Wahbeh (2017), o conceito de modelagem paramétrica existe em quase todos os softwares 3D de modelagem, porém destaca-se nas plataformas BIM, pois nestas se utiliza a modelagem paramétrica baseada em objetos como paredes e colunas. São nestes objetos, no BIM, que se inserem os parâmetros, restrições e relacionamentos.

Destaca-se, porém, que, devido ao fato das ferramentas de modelagem possuírem diversas possibilidades, é importante falar do método para utilizar a parametrização no BIM. Os métodos de projeto para o BIM são três: Modelagem baseada em plataformas BIM; Abordagem baseada em projetos conceituais e Programação visual.

⁴ Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/915747/archicad-ou-revit-qual-escolher>>. Acesso em: Outubro, 2019.

1) **Modelagem baseada em objeto em plataformas BIM:** é considerado o método mais simples dos chamados projetos paramétricos, pois utiliza uma abordagem limitada da parametrização e, por este motivo, pode não ser considerado por muitos autores como um método de projeto paramétrico. Este método cria os objetos que seguem parâmetros definidos como as colunas, paredes, montantes e, em seguida, forma relacionamentos paramétricos entre eles, produzindo assim, o projeto paramétrico. Destaca-se, ainda, que por criar os objetos de forma direta apresenta restrições entre objetos e não há controle do fluxo de trabalho, logo, em grandes modelos o usuário perde o controle do fluxo de trabalho do projeto e o modelo fica sobrecarregado por restrições. Assim, dificilmente pode ser utilizado para modelos com geometrias complexas e para modelos com variações esperadas no fluxo de trabalho de criação (WAHBEH, 2017).

2) **Abordagem paramétrica no ambiente do projeto conceitual:** é baseada na geometria gráfica que cria modelos paramétricos a partir de variáveis e restrições diretamente dentro da geometria, possibilitando assim criar superfícies e formas livres. Os volumes podem ser sólidos ou vazios, podendo ter a subtração ou adição de novos volumes, superfícies ou elementos arquitetônicos como as paredes. A integração entre as formas e os elementos arquitetônicos produzem assim geometrias complexas sem uso de ferramentas de projeto algorítmico. Destaca-se que este método tem como característica um conceito clássico mais próximo do desenvolvimento de CAD para 2D e objetos 3D, porém suporta a adição de restrições, variáveis e fórmulas que conectam as variáveis (WAHBEH, 2017).

Um método particular deste tipo de abordagem conceitual é a geometria adaptativa, na qual uma série de relações do modelo acaba dependendo da posição de pontos específicos chamados de "*Adaptive Points*", a posição é variável e quando modelo final é inserido em um projeto específico o ponto adaptativo faz com que todos os pontos assumam sua posição baseado no sistema de coordenadas, assim todo o modelo será automaticamente editado e adaptado. Estes modelos são muito usados em "peles" baseadas em padrões que revestem as edificações. Destaca-se, porém, que o este método apesar de permitir restrições predefinidas também não inclui o fluxo de trabalho e os parâmetros são praticamente limitados a dimensões (WAHBEH, 2017).

3) **Programação visual:** Este método tem como característica ser livre de quaisquer restrições e é aberto para as mais diversas configurações, já que é baseado na

ferramenta de modelagem algorítmica, que normalmente é complementar ao software de modelagem 3D. A programação visual consegue definir todos os três parâmetros de um modelo: variáveis, restrições e relacionamentos (WAHBEH, 2017).

Os projetos de forma geral sempre envolvem as relações visuais, sistêmicas ou geométricas no desenvolvimento projetual, muitas vezes estes trabalhos são envolvidos por fluxos de trabalho que vão do conceito até o projeto em via de regra, ou seja, para ser executado. Neste tipo de projeto, os projetistas trabalham algoritmicamente definindo um conjunto sistemático de ações que vão da lógica básica de entrada, ao processamento e à saída, porém o que o diferencia é o fato de poder continuar trabalhando ao longo do desenvolvimento do projeto ao longo de todo o processo, porém formalizando em algoritmos. O algoritmo para a arquitetura pode ser definido como “[...] is a set of steps to accomplish a task, visual programming for design called Algorithmic Design too⁵”, ou seja, é um conjunto de passos para completar uma tarefa e, na programação visual, é chamado de Design Algorítmico. É um modelo novo no qual o projetista define os relacionamentos e variáveis para um projeto imaginado, mas não define especificamente o modelo final (WAHBEH, 2017, p. 1106).

Na modelagem algorítmico-paramétrica é necessário entender as regras que permitem a construção de uma entidade geométrica, ou seja, define-se os parâmetros para uma especificação completa ou relevante do objeto geométrico, já que este será regulado pela declaração das características. O projeto paramétrico, então, é entendido como o processo em que é descrito um problema e são criadas as variáveis (LIMA, *et al*, 2019).

Neste tipo de modelagem cada elemento descrito é acompanhado de uma sequência de parâmetros, operações e procedimentos que são necessários para a sua geração, assim, caracteriza-se por gerar várias soluções alternativas por alteração das variáveis, podendo chegar, portanto, à solução final a partir dos critérios selecionados. Conforme Pires, Pereira e Gonçalves (2017), entre estes parâmetros podem ser relacionados fatores como desempenho, facilidade de construção, necessidades do usuário, estética, orçamento e também as mais variadas combinações.

⁵ (Tradução nossa) [...] é um conjunto de etapas para realizar uma tarefa, também a programação visual para o design chamada Design Algorítmico.

Lima, *et al* (2019) destacam que se por um lado a lógica baseada na geometria e nos parâmetros possibilita uma ampliação nos recursos dos arquitetos, também por outro lado, demanda uma construção de repertório sólido em conhecimentos matemáticos, por mais que os programas executem virtualmente as operações.

Destaca-se que, atualmente, os pacotes de software BIM estão tentando conectar seus produtos para ferramentas de projeto algorítmico de forma direta ou indireta, devido às suas inúmeras vantagens, Wahbeh (2017) destaca as principais: Manter o controle do processo total ou parcial; possibilidade de copiar e aplicar um processo complexo algorítmico a diferentes objetos; feedback em tempo real usando o processo de documentação e o script, ou seja, o conjunto de instruções para que a função seja desempenhada.

Entre as ferramentas de modelagem algorítmica mais disseminadas destaca-se o Grasshopper 3D (plugin para Rhino que pode ser conectado ao ArchiCAD); DynamoBIM (plugin para Revit ou Vasari & Stand-alone); Marionette (disponível para Vectorworks) e o Generative Components (plugin para o Bentley) (WAHBEH, 2017).

Dentre estes programas, destaca-se o Grasshopper e o Rhino que são uma combinação muito popular entre arquitetos como Zaha Hadid, HOK Sport e Norman Foster. Conforme Smith (2014) um dos maiores proponentes do design paramétrico é Patrik Schumacher, codiretor da Zaha Hadid Architects, em que o ele afirma que o design paramétrico vai além de técnica, tornando-se um estilo arquitetônico, natural sucessor do modernismo.

Metodologia

A presente pesquisa tem cunho qualitativo, no qual o método de investigação se foca no caráter subjetivo do objeto analisado, sendo que o pesquisador que utiliza este método busca explicar o porquê das coisas, mas não quantifica os valores e as trocas simbólicas, nem busca aprovação de fatos, pois os dados são não-métricos e podem ser vistos por diferentes abordagens. Segundo Strieder (2009, 45), “[...] caracteriza-se por considerar o ambiente natural como fonte de dados, tendo o pesquisador como instrumento principal”. Desta forma, a pesquisa ao ser qualitativa não requererá estatísticas, dependendo da interpretação do pesquisador sobre os materiais explorados (GIL, 2007).

São abordados nesta pesquisa aspectos da realidade que não podem ser quantificados, mas assim como aborda Silveira e Córdova (2009), a pesquisa qualitativa trabalha com o universo de significados, signos, aspirações, valores, em um espaço mais profundo de relações, dos processos e dos fenômenos, não sendo possível delimitar em variáveis. Assim a pesquisa foi desenvolvida por meio de levantamento bibliográfico, no qual os autores buscaram entender o estado da arte da temática da pesquisa. E quanto ao método de leitura, esse se deu de forma analítico-interpretativo, fundando-se na análise e interpretação do pesquisador (GIL, 2007).

Assim, em um primeiro momento, desenvolveu-se o referencial teórico sobre a temática abordada, ou seja, a da evolução dos softwares relacionada à evolução da arquitetura. Para isso, baseou-se no surgimento dos principais softwares conhecidos e popularmente utilizados no Brasil, associando com alguns marcos históricos do desenvolvimento da arquitetura, a fim de entender a associação das duas temáticas.

Após a compreensão dos principais softwares utilizados e do estado da arte, chegou-se a uma nova forma com que a arquitetura vem sendo conduzida, aliando o desenvolvimento do processo criativo e os softwares, conhecida como arquitetura paramétrica. Assim, passou-se ao segundo tema de investigação objeto do trabalho, qual seja, o entendimento do que seria a arquitetura paramétrica e uma das suas vertentes, a modelagem algorítmica.

Para entender a relação dessa evolução tecnológica, optou-se pela metodologia de estudo de caso, na qual se utiliza um indivíduo, um pequeno grupo ou uma instituição como objeto de estudo. Logo, devido à grande importância que a arquiteta Zaha Hadid representa para a arquitetura paramétrica, optou-se por estudar um pouco sobre sua trajetória, carreira e obras, a fim de buscar entender o desenvolvimento da sua arquitetura, associado ao nascimento da arquitetura paramétrica e o processo criativo.

Para o desenvolvimento da pesquisa sobre a Arquiteta Zaha Hadid foram utilizados artigos, entrevistas, dissertações da arquiteta, assim como o site oficial do escritório Zaha Hadid Architects - ZHA. Considerando que os projetos de Hadid foram desenvolvidos em coparticipação com os colaboradores de seu escritório, optou-se também pela utilização das entrevistas de Patrik Schumacher - principal colaborador de Hadid - como base para a análise dos dados.

A análise bibliográfica se deu por associação da interpretação dos autores, de forma qualitativa, acerca das obras e do desenvolvimento tecnológico da arquiteta e seu escritório. Para isso, buscou-se a obra final da graduação de Zaha Hadid, a obra inicial de sua carreira, bem como, um projeto urbano e duas obras arquitetônicas de grande importância em sua carreira. A amostra analisada, apesar de relativamente pequena, devido a sua espacialidade temporal tem aptidão de demonstrar a evolução tecnológica existente.

Ao fim, concluiu-se o trabalho com a apresentação das considerações finais sobre os objetos estudados, tratando sobre a associação do desenvolvimento projetual atual e a evolução dos softwares da arquitetura, cuja fusão é refletida nos novos estilos e métodos de produzir e ensinar arquitetura e urbanismo.

Zaha Hadid e a evolução tecnológica

Entre a mão e a mente, Zaha Hadid é um dos nomes mais conhecidos da arquitetura contemporânea, chamada de *Queen of the Curve*⁶, a arquiteta produziu obras incríveis ao redor do mundo, sendo vencedora do prêmio Pritzker em 2004 e ganhadora do *Royal Institute of British Architects' Gold Medal* em 2016, em uma profissão marcada pela velha guarda firmemente dominada por homens, Hadid foi uma lenda do seu tempo (LINK, 2018).

A arquiteta nasceu no Iraque em 31 de outubro de 1950, foi educada em Beirute e faleceu em 31 de março de 2016, em Miami, vítima de ataque cardíaco. Formada em Matemática pela Universidade Americana de Beirute (1971) e depois Arquitetura pela AA - *Architectural Association* em Londres (1972-1977) (LINK, 2018).

Nos anos finais da Graduação Hadid trabalhou e estudou com Elia Zenghelis e Rem Koolhaas, que comandavam o OMA - *Office of Metropolitan Architecture*, escritório no qual permaneceu por dois anos como estudante e seis meses como parceira. Foi Zenghelis quem apresentou Hadid aos conceitos da Vanguarda Russa, em uma abordagem geral, pois esse não era nenhum especialista (RODRIGUES, AMARAL, 2017).

Em seu projeto final de graduação, Zaha Hadid desenvolve o Malevich's Tektonik (1976-1977), um projeto para um hotel de quatorze andares na Hungerford Bridge sobre o Rio Thames em Londres, ligando os edifícios antigos de Londres ao *Brutalist South Bank Complex*. O projeto foi inspirado pelo movimento suprematista russo e utilizando o

⁶ (Tradução nossa) Rainha das curvas.

Tektonik⁷ para criar novas possibilidades para o espaço interior. (ZAHA HADID, 20--). O projeto foi representado com uma pintura, Imagem 04, demonstrando a conexão com os dois lados do rio e a obra por meio do estilo Suprematista, movimento liderado por Malevich. O suprematismo caracteriza-se por uma arte não-objetiva, contraposto à arte figurativa que pode ser entendida no primeiro olhar. Para Malevich a arte deveria provocar sensações. Sobre o Zaha Hadid (20--) descreve:

Completed as an AA thesis, this early project, articulated through a series of drawings and acrylics, explores the 'mutation' factor - utilizing the apparently random composition of Suprematist tektonik forms to meet the unique demands of construction and its urban context.

Each of the envisaged hotel's fourteen levels systematically adhere to the tektonik, transforming its constraints into new spatial possibilities.(ZAHA HADID, 2015)⁸

Imagem 04 - a Malevich's Tektonik - AA Graduation Thesis 1976-1977



Fonte: Zaha Hadid Architects⁹, 2019

Após sua saída do OMA em 1980, Zaha Hadid montou seu próprio negócio Zaha Hadid Architects (ZHA), participando de vários concursos até sua primeira obra. Dentre os concursos, destaca-se a premiada obra Peak Leisure Club (imagem 05), apresentada em

⁷Kasimir Malevich artista polonês-russo produziu vários modelos tridimensionais, conjuntos de formas abstratas que parecem similares a modelos de arranha-céus, que eram chamados de *arkhitektons*, formas que inspiraram Zaha para seu projeto (RODRIGUES, 2018).

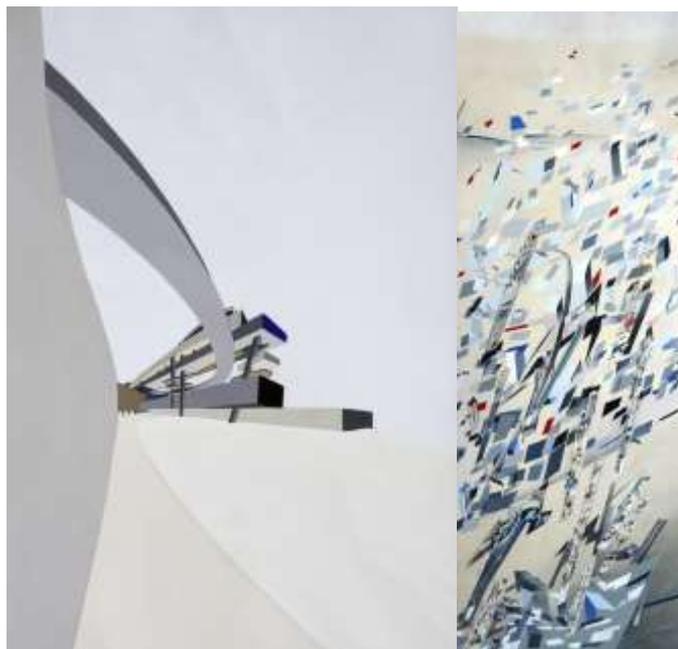
⁸ (Nossa tradução) Concluído como uma tese de AA, este projeto inicial, articulado por meio de uma série de desenhos e acrílicos, explora o fator de 'mutação' - utilizando a composição aparentemente Aleatória das formas tektonik suprematistas para atender às demandas únicas da construção e seu contexto urbano. Cada um dos catorze níveis do hotel previsto adere sistematicamente ao tektonik, transformando suas restrições em novas possibilidades espaciais.

⁹ Disponível em: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/malevichs-tektonik/?utm_source=blog&utm_campaign=rc_blogpost>. Acesso em outubro. 2019.

Hong Kong em 1983, a qual evidenciou as suas primeiras abordagens de desconstrutivismo (SMITH, 2014b).

Com as pinturas, observa-se como Zaha buscava distorcer a perspectiva isométrica, rompendo com axonometria e fragmentando o objeto, o projeto demonstra dinamismo, fluidez de traço. A apresentação de forma abstrata acaba por anular as tipologias recriando limites de planos e volumes (RODRIGUES, AMARAL, 2017). Observa-se que estes princípios são conseguidos atualmente por meio da arquitetura paramétrica, mas já eram desenvolvidos por Zaha mediante de pinturas e esboços.

Imagem 05 - Pinturas do projeto The Peak 1982-1983



Fonte: (Zaha Hadid Architects)¹⁰

O projeto de Peak não foi executado e o escritório seguiu desenvolvendo projetos para concursos e contribuições menores, como móveis e design de interiores. O primeiro projeto executado de Hadid foi o *Vitra Fire Station*, no qual a arquiteta começou a desenvolver suas ideias radicais, o projeto então conseguiu captar a essência de seu trabalho inicial. Encomendado pelo presidente da empresa Vitra, Rolf Fehlbaum, depois que um incêndio atingiu quase metade do complexo fabril, a nova estrutura para um novo corpo de bombeiros da cidade compreendia uma massa angular de paredes de concreto armado e

¹⁰ Disponível em: < <http://www.zaha-hadid.com/architecture/the-peak-leisure-club/>>. Acesso em: Novembro. 2019.

um teto pontiagudo. Conforme relatos de Karhwa Ho¹¹, o projeto só foi desenvolvido pela persistência e confiança de Zaha Hadid, sendo que uma das características marcantes da arquiteta era o fato de estar constantemente pressionando seus colaboradores a experimentar modelos e desenhos, empurrando aos limites de um projeto (SMITH, 2014b; LINK, 2018).

Observa-se na imagem 06 a composição abstrata e desfragmentada da obra de Zaha Hadid, o processo criativo utilizou-se de diversos desenhos, pinturas, maquetes e também ferramentas de software disponíveis no mercado.

Imagem 06: A esquerda Fotografia e a direita Pintura do Vitra Fire Station - Germany (1990-1993)



Fonte: Zaha Hadid Architects¹²

O ZHA foi desde o começo um atelier, em que conforme Link (2018) “Designs evolved through tireless iterations-isometric projections, distortions, cutouts, and worm’s-eye views-which, Ho says, often led to unexpected discoveries and fortuitous mistakes.¹³” Entre estas descobertas e o processo projetual de Hadid, destaca-se a pintura e o desenho, assim como ela própria declarou em entrevista:

Pintar e desenhar marcaram o começo de minha carreira O desenho nos permitiu a experimentação intensa da forma e do movimento, conduzindo à nossa

¹¹ Karhwa Ho, chefe de arquitetura de interiores de Zaha Hadid Architects (ZHA), trabalhou em conjunto com Zaha por mais de 30 anos, foi primeiro aluno no AA em Londres, depois como arquiteto no ZHA, onde estava na equipe do primeiro projeto concluído de Zaha, o Vitra (LINK, 2018).

¹² Disponível em: <<https://www.zaha-hadid.com/architecture/vitra-fire-station-2/>>. Acesso em: Novembro. 2019.

¹³ (Tradução nossa) Os projetos evoluíram através de iterações incansáveis - projeções isométricas, distorções, recortes e vistas de olho de verme - que, segundo Ho, muitas vezes levaram a descobertas inesperadas e erros fortuitos.

abordagem radical de desenvolver uma nova linguagem para a arquitetura. As pinturas e croquis sempre serviram como ferramenta de análise e de pensamento: tenha seu tempo e desenhe (FIGUEROLA, 2012 *apud* RODRIGUES, AMARAL, 2017, p. 4).

O erro também era visto como um desenvolvimento processual, uma forma de refinar o pensamento, assim como Ho, descreveu em entrevista: *"It's quite interesting, the idea of the mistake, the palimpsest," Ho says. "If it didn't go right, a mistake would reveal another layer, another suggestion, another proposal, and illustrate how we would have to refine the thought process"* (LINK, 2018).¹⁴

Conforme Rodrigues (2018), em todas as obras da arquiteta visualiza-se camadas, sobreposições de elementos. Assim como no processo de criação por meio dos seus desenhos, em que a ela utilizava a sobreposição de papel manteiga, sobrepondo um sobre o outro e traçando inúmeras ideias. Outro fator, são as pinturas, nas quais mesmo com as formas e cores pouco se nota sobre as texturas ou materiais, que eram acrescentados após, ou seja, uma nova camada iria se sobrepor.

Em 1998, Hadid venceu o concurso para construir o Museu MAXXI em Roma, um dos últimos projetos que desenvolveu antes de incorporar o projeto digital generativo em seus trabalhos, com softwares específicos. Neste edifício Zaha demonstrou a capacidade da técnica paramétrica e, na visão de Schumacher, o trabalho culminou em um edifício manifesto.

Os novos recursos tecnológicos provenientes da evolução dos computadores e da superveniência de programas de desenho 2D e 3D, que emergiram a partir do ano 2000, logo passaram a ser utilizados no escritório de Hadid. Contudo, conforme Schumacher, as pinturas e croquis ainda continuavam a ser o início do desenvolvimento projetual, o qual agora se firmava no desenvolvimento de técnicas paramétricas (SMITH, 2014).

As ferramentas de alguns softwares como Autodesk Maya e o 3D Max consistiram em importantes meios para a articulação das nuances e estruturas dos projetos paramétricos de Zaha Hadid, conforme Bernstein, sem os quais muitos de seus trabalhos não teriam sido possíveis

¹⁴(Tradução nossa) É muito interessante, a idéia do erro, o palimpsesto ", diz Ho. "Se não desse certo, um erro revelaria outra camada, outra sugestão, outra proposta e ilustraria como teríamos que refinar o processo de pensamento (LINK, 2018)

Tanto que, ao ser indagado sobre evolução da arquitetura do escritório de Zaha, Schumacher afirma que esta está ligada à tecnologia de software muito mais do que ao desenvolvimento das tecnologias da construção, visto que ainda se utiliza dos mesmos materiais da época de Niemeyer, apesar de haver novos experimentos. Conforme Schumacher:

[...] a maior parte do repertório do novo design não está relacionada com a tecnologia e sim com programas de modelagem. Sem essas ferramentas de modelagem, os designs mais sofisticados não poderiam ser produzidos com o mesmo nível de competência e precisão. Isso teve um impacto enorme nas morfologias dos recentes projetos arquitetônicos experimentais, porém, esse impacto não foi tão grande em termos de obras construídas, pois é muito difícil traduzir a sofisticação dos repertórios em obras construídas. No entanto, isso está acontecendo pelo menos no campo da construção de superfícies complexas e na utilização de sistemas de controle numérico para fabricação de painéis com modulações variáveis (LIMA, SCHRAMM, 2003).

Em 2003, Schumacher (apud LIMA, SCHRAMM, 2003) já falava sobre a evolução do escritório de Zaha em relação ao processo de produção associada à tecnologia, como por exemplo, o uso de animações e visualizações internas e externas. Relata os benefícios de utilizar os softwares, como por exemplo a antecipação do resultado final do que será construído assim como a agilidade e a precisão. Contudo, na época da entrevista - 2003 - o processo criativo ainda era baseado na elaboração com materiais mais livres, como desenhos e pintura, porém não sendo realizado de forma inteiramente manual.

Os trabalhos iniciais de Zaha, com suas pinturas, eram em grande parte analógicos e ainda era necessário projetar com maquetes ou plantas. As pinturas de Zaha permitiram ações mais liberais como, por exemplo, a distorção. Tratava-se inicialmente de uma distorção em perspectiva isométrica, e depois, da distorção e deformação reais de objetos, introduzindo um outro registro formal ou processo compositivo. Hoje, é possível distorcer uma determinada figura, ou colidir duas figuras e depois alongá-las; algo que era desconhecido antigamente. Esta foi uma das audácias produtivas de Zaha. [...] Não faz sentido perpetuar a pintura, pois a pintura já cumpriu seu papel; hoje, é muito imprecisa, muito lenta e por isso tentamos trabalhar com o computador (LIMA, SCHRAMM, 2003).

Assim, ao longo dos anos os desenhos e pinturas foram transpostos pelos computadores. Isso se deu devido à precisão e ao avanço tecnológico dos softwares, possibilitando que os projetos também se tornassem mais sinuosos e maleáveis (RODRIGUES, AMARAL, 2017).

Zaha Hadid Architects (2006) aplicou o projeto paramétrico em diversas escalas, tanto arquitetônico como urbano. No urbano, pode-se destacar o Kartal Masterplan, em

Istambul, datado de 2006, que consistiu em um projeto de planejamento urbano - plano diretor -, vencedor de uma competição proposta para uma nova área que deveria comportar atividades de áreas cívica, residencial, comercial e também um terminal de transporte. O modelo possuía aproximadamente 25 km e ficava ao sul da cidade e, conforme Yenerim e Yan (2012), foi desenvolvido em Autodesk Maya e o produto final inclui a geometria exterior das edificações.

Imagem 07 - Kartal Masterplan em Planta e Perspectiva



Fonte: Zaha Hadid Architects (2006)¹⁵

O projeto é articulado por um roteiro urbano adaptável, este roteiro é capaz de gerar diferentes tipologias dos edifícios de acordo com as demandas necessárias em cada distrito, o que acaba criando uma rede porosa e interconectada de espaços de toda a cidade (ZAHA HADID ARCHITECTS, 2006). Este projeto demonstra a aplicação do projeto paramétrico em projetos de larga escala e o quanto estes projetos podem ser otimizados e detalhados, possibilitando uma variedade de escalas em diferentes edificações.

Em 2008, na Bienal de Veneza, Schumacher publicou um manifesto defendendo o nascimento de um novo estilo arquitetônico, o *parametricism*. Neste estilo, o desenvolvimento de projetos seria associado aos softwares de desenvolvimento paramétrico como *Melscript* e *Rhino-script*, bem como, evitaria o uso de formas geométricas comuns, como o quadrado, esferas, cilindros etc, e repetições hierarquicamente alinhadas. O *parametricism* se caracterizaria pelo uso de formas maleáveis, com diferenças graduais, e conexão com o solo. Conforme Rodrigues e Amaral (2007) um dos projetos que exemplifica este estilo é o *Heydar Aliyev Cultural Center* (Imagem 08), localizado na capital Azerbaijão, Baku, o projeto conta com usos como museu, biblioteca e auditório

¹⁵Disponível em: <<https://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/>>. Acesso em: Novembro. 2019

Imagem 08 - *Heydar Aliyev Cultural Center* 2007-2012



Fonte: Zaha hadid Architects ¹⁶

Com projeto de 2007 e inauguração em 2012, o design estabelece uma relação contínua e fluida entre a praça e o interior do edifício, para isso seu design foi elaborado com ondulações, bifurcações, dobras e inflexões, modificando a superfície da praça em uma nova paisagem arquitetônica. Para isso o Centro Heydar Aliyev possui uma “pele” que reveste o edifício (Imagem 09), que forma uma superfície contínua e que parece ser homogênea. Para a composição da pele houve a necessidade de diferentes lógicas e sistemas técnicos de construção, os quais só foram possíveis com o domínio da computação gráfica avançada que também permitiu o controle contínuo e comunicação entre os participantes do projeto (CENTRO..., 2013)

Imagem 09 - Detalhe da Pele que reveste a edificação -*Heydar Aliyev Cultural Center*

¹⁶ Disponível em: <<https://www.zaha-hadid.com/architecture/heydar-aliyev-centre/>>. Acesso em: Novembro. 2019.



Fonte: Zaha Hadid Architects¹⁷

Exemplo disso são os sistemas que compõe a obra, há dois sistemas principais, um de estrutura de concreto combinada com um sistema de treliças espaciais. Observa-se a necessidade de desenvolvimento tecnológico quando o escritório exemplificou sobre a estrutura:

A fim de alcançar grandes espaços livres de colunas que permitem que o visitante experimente a fluidez interior, os elementos estruturais verticais são absorvidos pelo sistema de envelope e pela cortina de concreto. A geometria da superfície particular promove soluções estruturais não convencionais, tais como a introdução de colunas curvas para alcançar a casca inversa da superfície do solo para o oeste do edifício (CENTRO..., 2013).

Para o desenvolvimento do projeto foram elaborados diversos estudos sobre a geometria da superfície para racionalizar os painéis que formavam a pele a fim de manter a continuidade do edifício e a paisagem. Assim, como os últimos trabalhos de ZHA do período, o projeto se articula com a topografia local e com a paisagem, medidas que só foram possíveis pelos novos softwares de animações e que proporcionam uma arquitetura mais realista. Destaca-se, ainda, que o projeto apresentou soluções práticas para a construção como fabricação, manuseio, transporte e montagem, e responde a preocupações técnicas como ventos, mudança de temperaturas, atividade sísmica, entre outros (CENTRO..., 2013).

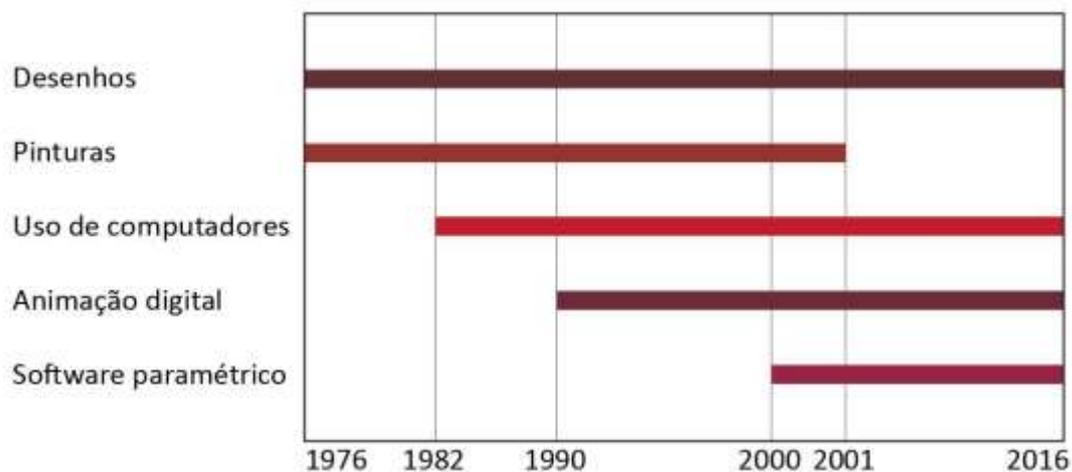
Na época deste projeto, Hadid, em entrevista, declarou a importância do desenho e da pintura no desenvolvimento de suas obras, apesar do seu aprimoramento tecnológico, porém salientou que muitos dos projetos são inteiramente criados no computador.

¹⁷ Disponível em: <<https://www.zaha-hadid.com/architecture/heydar-aliyev-centre/>>. Acesso em: Novembro. 2019.

Conforme levantamento de Rodrigues e Amaral (2017), apesar da arquiteta em entrevistas afirmar que ainda utiliza ocasionalmente o desenho à mão, em verificação das imagens divulgadas em livros e no site oficial, o desenho à mão deixou de aparecer nos anos 2001, junto com a pintura.

Rodrigues e Amaral (2017) desenvolveram o Gráfico 1 com as ferramentas utilizadas pelo escritório de Hadid até o ano de 2016, observa-se que o uso de computadores, animação digital e software paramétrico ganharam destaque nos últimos anos de carreira da arquiteta.

Gráfico 1 - Ferramentas para elaboração de projetos



Fonte: Rodrigues e Amaral (2017, p. 10)

Percebe-se que esta mudança no desenvolvimento projetual de ZHA só foi possível graças ao desenvolvimento tecnológico, oferecendo maior liberdade para gerar formas sinuosas aliando a um projeto passível de execução.

Como se vê, ferramentas de tecnologia como o BIM foram indispensáveis para o desenvolvimento dos projetos do ZHA, projetos esses que migraram para softwares paramétricos e, como resultado, tornaram-se ícones, servindo de inspiração para tantos outros profissionais da área.

Nesse viés, observa-se que a arquiteta Zaha Hadid utilizou plenamente as ferramentas que dispunha, modificou sua forma de projetar partindo dos croquis e pinturas

para a criação por meio de programas, softwares modernos que lhe possibilitaram a criação com liberdade para desenvolver formas sinuosas, criando projetos que a tornaram um ícone da arquitetura contemporânea.

Considerações Finais

A evolução das tecnologias ligadas aos materiais da construção civil tem tornado os projetos cada vez mais complexos, obras de grande porte requerem novos procedimentos de projeto e de gerenciamento. Essa necessidade fez com que os escritórios de arquitetura e engenharia mudassem o seu processo projetual passando do desenho manuscrito, para o CAD e atualmente para a ferramenta BIM.

A ferramenta BIM, pode-se dizer, é a evolução da ferramenta CAD 2D, visto que o BIM (Building Information Model)¹⁸ possui um banco de dados que, além da exibição geométrica tridimensional, tem como características o armazenamento de informações do projeto, transmitindo um número maior de informações do que modelos CAD tradicionais (FLORIO, 2007).

Nesse sentido, o progresso dos programas de confecção de projetos resulta em drásticas mudanças no cotidiano do profissional da área, ao passo que exige constante aperfeiçoamento e também implica modificações no resultado final do projeto, por permitir maior precisão, detalhamento e noção antecipada do resultado final.

Ao mesmo tempo, o profissional que se mantém atualizado quanto aos softwares projetuais, tem em sua mão um leque de possibilidades, que, se adequadamente utilizados, viabilizam projetos diferenciados e ousados.

É a partir dessa evolução de programas que a arquitetura paramétrica toma lugar, visto que sem a precisão projetual possibilitada pelos novos softwares dificilmente poderiam ser desenvolvidos projetos tão ousados com perfeição, especialmente aqueles de maiores dimensões.

A arquitetura paramétrica produz projetos diferenciados, utilizando-se a composição a partir das variáveis para proporcionar um efeito visual marcante e uma edificação funcional. Esse modelo de projetar é marca dos projetos realizados pela arquiteta

¹⁸ BIM (Modelo de Informação da Construção)

Zaha Hadid, que desenvolveu obras de grande porte baseadas em parametria, tais como o *Heydar Aliyev Cultural Center*.

Referências

BENEVOLO, L. **História da cidade**. São Paulo: Perspectiva, 2015

BROADBENT, G. Diseño arquitectónico: **Arquitectura y Ciencias Humanas**. 2. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1982.

CATTANI, A. **Arquitetura e representação gráfica**: considerações históricas e aspectos práticos. *Arqtexto*, Porto Alegre, n. 9, p.110-123, 2006. Semestral. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/22249>>. Acesso em: 3 dez. 2018.

CENTRO HEYDAR ALYEV / **ZAHA HADID ARCHITECTS** [Heydar Aliyev Center / Zaha Hadid Architects], (Trad. Baratto, Romullo) In: *ArchDaily Brasil*. 19 Nov 2013. ISSN 0719-8906 Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/154169/centro-heydar-aliyev-zaha-hadid-architects> Acesso em: 28 Mar. 2019

CHING, F. D. K. **Arquitetura: forma, espaço e ordem**. Tradução Alvimar Helena Lamparelli. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

FERNANDES, B. R.; PEREIRA, A. T. C.; ISHIDA, A.. **Os Três Momentos do Uso da Tecnologia Computacional Gráfica em Arquitetura MS**. *Oculum Ensaios* [online] 2006 [Consultado em : 17 dez 2018] Disponível em: '<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=351732197004>>. Acesso em: 13 Dezembro de 2018.

FONTENELLE, C. E. C. S.; MOREIRA, D. C.. A EVOLUÇÃO DA ESCALA GRÁFICA NO PROCESSO DE PROJETO. **Anais Graphica 2017 - Xii International Conference On Graphics Engineering For Arts And Design**, Araçatuba: UNIP, p.1-12, 15 jan. 2018. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/graphica2017/49685-a-evolucao-da-escala-grafica-no-processo-de-projeto/>>. Acesso em: 5 dez. 2018.

LIMA, F.T.A. et al. Conhecimento geométrico e modelagem algorítmico-paramétrica: um experimento prático-pedagógico sobre o processo projetual. **Oculum Ensaios**, v.16, n.1, p.121-137, 2019. <http://dx.doi.org/10.24220/2318-0919v16n1a4020>

LIMA, B. A.; SCHRAMM, M.. Patrik Schumacher. Entrevista, São Paulo, ano 04, n. 013.01, *Vitruvius*, jan. 2003 Disponível em:

<<https://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/04.013/3339>>. Acesso em: 09 de agosto de 2019.

LINK, J.. Respect: Architect Zaha Hadid, Queen of the Curve. In: **Redshift by Autodesk: Respect**, 2 Oct. 2018. Disponível em: https://www.autodesk.com/redshift/architect-zaha-hadid/?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com Acesso em: 26 de agosto de 2019.

PIRES, J. F.; PEREIRA, A. T. C.; GONÇALVES, A. Taxonomias de geometria da arquitetura contemporânea: uma abordagem didática ao ensino da modelagem paramétrica na arquitetura. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 12, n. 3, p. 27-46 2017. <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v12i3.133954>

RODRIGUES, G. G., AMARAL, C. S. A evolução da expressão gráfica de Zaha Hadid. In: **XII International Conference on Graphics Engineering for arts and design**, 2017, Araçatuba. Anais Graphica, 2017.

_____.; A metodologia de projeto de Zaha Hadid, p. 153 -166. In: **Design, Artefatos e Sistema Sustentável**. São Paulo: Blucher, 2018. ISBN: 9788580392982, DOI 10.5151/9788580392982-07

RODRIGUES, G. G., **Zaha Hadid**: pensamento criativo e montagem de imagens em diálogo com a Vanguarda Russa. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2018.

SILVEIRA, D. T; CÓRDOVA, F. P. Unidade 2 - A Pesquisa Científica. In: GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T [Org]. **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

WAHBEH, W. Buildings skins, parametric design tools and BIM platforms. In: **Conference Proceedings of the 12th conference of Advanced Buildings Skins**, p. 1104-1111, Bern, Switzerland, October 2017.

YENERIM, D.; YAN, W. **BIM-Based Parametric Modeling: A Case Study**, 2012. Disponível em:https://www.researchgate.net/publication/268381499_BIM-Based_Parametric_Modeling_A_Case_Study Acesso em: 26 de agosto de 2019.

ZAHA HADID ARCHITECT. **Kartal Masterplan**. 2006. Disponível em: <https://www.zaha-hadid.com/masterplans/kartal-pendik-masterplan/> Acesso em: 15 de julho de 2019.