

Vinícius Juliani Pereira

ALTERIDADE DIGITAL

NO PROCESSO DE PROJETO

estudo sobre a interação entre
arquiteto e inteligência artificial

São Paulo
2020

Vinícius Juliani Pereira

Alteridade Digital no Processo de Projeto:
Estudo sobre a Interação entre
Arquiteto e Inteligência Artificial

Exemplar revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade do autor e anuência do orientador.

A versão original, em formato digital, ficará arquivada na Biblioteca da Faculdade.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Área de Concentração Tecnologia da Arquitetura, Linha de Pesquisa Processo de Produção da Arquitetura e do Urbanismo Representações, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como exigência para a obtenção de Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Prof. Dr. Gil Garcia de Barros

São Paulo
8 de julho de 2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço Técnico de Biblioteca
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Pereira, Vinícius Juliani

Alteridade digital no processo de projeto: estudo sobre a interação entre arquiteto e inteligência artificial / Vinícius Juliani Pereira; orientador Gil Garcia de Barros. - São Paulo, 2020.

167 p.

Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.

1. Processo de Projeto. 2. Inteligência Artificial. 3. Interação. 4. Cenários Futuros. I. Barros, Gil Garcia de, orient. II. Título.

PEREIRA, Vinícius J. *Alteridade digital no processo de projeto: estudo sobre a interação entre arquiteto e inteligência artificial*. 2020. 167p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Aprovado em: 26 de junho de 2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Gil Garcia de Barros (orientador)

Instituição: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. João Figueiredo Nobre Cortese

Instituição: Instituto de Biociências, USP / IBMEC

Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Caio Adorno Vassão

Instituição: Instituto Europeo di Design, SP / Universidade Positivo, PR

Julgamento: Aprovado

ao futuro

AGRADECIMENTOS

Ao Arq. Prof. Dr. Gil Barros pela maestria em orientar a mente selvagem de um jovem pesquisador.

Ao grupo de pesquisa CNPq Representações: Imaginário e Tecnologia e seus integrantes, por representar um ambiente de discussão e troca para o crescimento conjunto.

Aos professores Artur Simões Rozestraten, Julio Roberto Katinsky e Luiz Américo Souza Munari, por nos fazerem acordar do sono dogmático e mostrar a responsabilidade na produção do conhecimento.

Ao grupo de estudos DEPi - Devaneios Experimentais e Poéticas Imaginativas, formado pelas colegas Aline Silva Santos, Maria Alice Carvalho e Ruth Cuiá Troncarelli, por ser um lugar seguro para se pensar novas formas de se fazer ciência e amigos.

Aos colegas de arte Juliana Harrison Henno, Mayara Nunes Polizer, Nori Figueiredo, Rodrigo Lobo e Tiago Pessoa Pontes.

Aos colegas Alexandre B. A. Villares, Alice Voltolini Guidone, Ana Paula Oliveira, Ana Sofia Lopez Guerrero, Andressa Gildin Acherboim, Ariela Giuli, Bernardo Nunes Golçalves, Carolina Caracciolo Gonçalves, Carolina Simon, Charles de Castro Vincent, Daniel Locatelli, Eduardo Luisi Paixão Campolongo, Eduardo Sampaio Nardelli, Jaqueline Silva dos Santos, João F. Nobre Cortese, Juliana Hiroki, Lais Guerle Tonso, Letícia Becker Savastano, Lúcia Meneghetti, Luciana Santos Barbosa, Luiz Alberto Fresl Backheuser, Magdiel Silva, Marcel Barboza, Pedro Bravo, Rodolfo Rodrigo do Nascimento Biller, Rodrigo Luiz Minot Gutierrez, Rogério Maués, Sandra Kaffka, Steven Pfeifer, e todas as pessoas que puderam conversar sobre máquinas inteligentes.

Aos meus pais, Luiz Aquilino Pereira e Marli Passos Juliani Pereira, por todo o suporte para que este trabalho pudesse ser concluído. Às minhas irmãs, Ingrid Juliani Pereira e Bárbara Juliani Pereira, por acreditarem em minhas ideias selvagens.

*“O cérebro eletrônico faz tudo
Quase tudo
Quase tudo
Mas ele é mudo*

*O cérebro eletrônico comanda
Manda e desmanda
Ele é quem manda
Mas ele não anda*

*Só eu posso pensar
Se deus existe, só eu
Só eu posso chorar quando estou triste
Só eu
Eu cá com meus botões de carne e osso
Eu falo e ouço
Eu penso e posso*

*Eu posso decidir se vivo ou morro por que
Porque sou vivo
Vivo pra cachorro e sei
Que cérebro eletrônico nenhum me dá socorro
Em meu caminho inevitável para a morte*

*Porque sou vivo, ah
Sou muito vivo e sei
Que a morte é nosso impulso primitivo, sem mais
Que cérebro eletrônico nenhum me dá socorro
Com seus botões de ferro e seus olhos de vidro
...”*

*Cérebro Eletrônico
Gilberto Gil, 1969*

RESUMO

PEREIRA, Vinícius J. *Alteridade digital no processo de projeto: estudo sobre a interação entre arquiteto e inteligência artificial*. 2020. 167p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Na última década pôde-se observar um aumento sem precedentes na produção de dados digitais. Esse acúmulo de informações em bancos de dados fez com que pesquisas sobre modelos computacionais de Inteligência Artificial (IA) pudessem ser retomadas e aplicadas em situações reais no mercado de consumo de tecnologia. Vivemos o que aparenta ser um período limítrofe, no qual as interfaces eletrônicas poderão deixar de apresentar um comportamento inanimado e passar a interagir com humanos como um outro ser, digital e inteligente. O presente trabalho tem como objetivo estabelecer um entendimento dos possíveis desdobramentos da aplicação de tais modelos de Inteligência Artificial (IA) em processos de projeto de Arquitetura. Estabelecendo um panorama histórico entre a atividade de projeto e do desenvolvimento da computação, o presente trabalho apresenta um experimento de pensamento que conta com três hipóteses para cenários futuros de interação entre arquiteto e IA. Como resultado, objetiva-se discutir um conjunto de implicações sócio-políticas, técnicas e filosóficas, além de indicar possíveis caminhos futuros para o desenvolvimento ético da automação na atividade de projeto.

Palavras-chave:

Arquitetura; processo de projeto; alteridade digital; inteligência artificial; interação; cenários futuros.

ABSTRACT

PEREIRA, Vinícius J. *Digital otherness in the design process: study on the interaction between architect and Artificial Intelligence*. 2020. 167p. Master thesis (M.Arch. at Architecture Technology) – School of Architecture and Urbanism, University of Sao Paulo, Sao Paulo, 2020.

In the last decade, an unprecedented increase in the production of digital data has been observed. This accumulation of information in databases meant that research on computational models of Artificial Intelligence (AI) could be resumed and applied in real situations in the technology consumer market. We live in what appears to be a borderline period, in which electronic interfaces may stop showing inanimate behavior and start to interact with humans as another being, digital and intelligent. The present work aims to establish an understanding of the possible consequences of the application of such models of Artificial Intelligence in the architectural design processes. Establishing a historical panorama between the architectural design activity and the development of computing, the work present a thought experiment based on three hypotheses for future scenarios of interaction between architects and AI. As a result, we aim to discuss a set of socio-political, technical and philosophical implications, in addition to indicate possible future paths for the ethical development of automation in the design process.

Keywords:

Architecture; design process; digital otherness; artificial intelligence; interaction; future scenarios

SUMÁRIO

1. DA CRIAÇÃO AO PROCESSO DE PROJETO	23
1.1 Criação	23
1.1.1 A Mitologia na Antiguidade	24
1.1.2 O Dogma da Idade Média	31
1.1.3 O Humanismo Renascentista	32
1.2 Processo De Projeto	33
1.2.1 A Composição da École	33
1.2.2 As Vanguardas Europeias	34
1.2.3 A “Cientificação” do Projeto	37
1.2.4 <i>Wicked Problems</i> e a Prática Reflexiva	40
1.3 Suportes Cognitivos de Projeto	43
2. DE FERRAMENTA A INTERLOCUTOR	47
2.1 As Máquinas de Cálculo	52
2.2 Mainframes Eletrônicos	57
2.2.1 Abordagem Conexionista de IA	59
2.2.2 Cibernética e o Jogo da Imitação	60
2.2.3 Abordagem Simbólica de IA	64
2.2.4 Algoritmos	65
2.3 Primeira Geração de “Arquitetos Digitais”	68
2.3.1 As Experiências do Architecture Machine Group	76
2.4 Computação Pessoal e o Paradigma Digital na Arquitetura	84
2.4.1 Informatização	87
2.5 Arquiteturas Algorítmicas	92
2.5.1 Aprendizado de Máquina	96
2.5.2 Alteridade Digital	99

3. HIPÓTESES PARA A ALTERIDADE DIGITAL	103
3.1 Metodologia	103
3.2 Resultados	105
3.2.1 Cenário A	106
3.2.2 Cenário B	109
3.2.3 Cenário C	114
3.3 A Definição dos Cenários	122
3.4 Desdobramentos Teóricos e Práticos	127
3.4.1 Responsabilidade Dentro da Realidade Sociotécnica	128
3.4.2 O Problema do Viés na Arquitetura	131
3.4.3 Opacidade do Processo de Projeto	133
3.4.4 A Coexistência de Tempos Técnicos	135
3.4.5 Mudanças na Interface Arquiteto-Computador	136
3.4.6 Processo Participativo Digital	139
3.4.7 Situações Não Conhecidas e a Verdadeira IA	140
3.4.8 O Lugar do Devaneio	142
3.4.9 Prática Reflexiva Aumentada Pela IA	143
3.4.10 Bioética em IA	144

introdução

Registros materiais do viver cotidiano são apresentados e mantidos desde os primeiros assentamentos humanos, passando pelos relatos míticos orais até as primeiras representações bidimensionais gráficas e tridimensionais escultóricas da pré-história e fixadas historicamente pelo resgate das tradições clássicas da Antiguidade; seguindo através da distribuição da imagem impressa; pelo aumento exponencial de trocas na velocidade da máquina à vapor; atingindo a produção da eletricidade e a virtualização da imagem. Todos esses registros aparentam ter como objetivo descrever uma situação ou objeto, transmitir uma narrativa, promover um estilo artístico de vanguarda, ou simplesmente fixar uma imagem em estruturas subconscientes do cérebro humano. Para este arcabouço imagético transcendente podemos dar o nome de imaginário.

A constituição do imaginário humano está relacionada à experiência sensível imediata do sujeito em relação ao objeto (MERLEAU-PONTY, 1999), e também ao ensaio puramente mental proporcionado pela fantasia (MONTAIGNE, 1996). Por conta disso, pode-se afirmar que o imaginário se valha de ligações estabelecidas entre as experiências imediatas e as construções fantásticas humanas como os mitos e lendas. A concepção do que temos por realidade pode ser encarada como uma ordenação desses elementos, materiais e/ou imateriais, apreendidos anteriormente através da percepção. Elementos estes, que teriam sido absorvidos pelo imaginário e metamorfoseado a partir de um processo de interpretação pautado por existências e pressões socioculturais (SABOYA, 2001).

O imaginário atua sobre a produção do **real**¹ através do entendimento de que essa produção se dá pela “ação poética” empregada na passagem do “não-ser” ao “ser” (PLATÃO, 2017; BERGSON, 2006). Tal ato pode ser designado como o trabalho do artífice, que na manipulação de um material, emprega suas crenças e vontades, articulando-as ao registro da experiência do próprio fazer em seu artefato (PAREYSON, 1997). Durante essa “[...] transformação do mundo humano por ele mesmo.” (LÉVY, 2010, pág. 7), o imaginário pode guiar o estabelecimento de preferências na ação poética do artífice.

A atividade base da Arquitetura versa sobre o lançamento de projeções possíveis para a materialização futura de um ambiente construído. Encarada como uma ação poética, esta projeção pode contar com a influência constante da intencionalidade humana guiada pelo imaginário, que por sua vez sobrevive e se atualiza frente a novos instrumentos e técnicas.

Desde as primeiras evidências do emprego de ferramentas para o trabalho do artífice na Arquitetura é possível afirmar que este se valia de soluções técnicas baseadas na Matemática, e mais especificamente na Geometria (KOSTOF, 1977; DAVIS, 2013) – o estudo do espaço e dos corpos que poderiam ocupá-lo. Mesmo os instrumentos mecânicos de cálculo do século XX não sendo populares entre os projetistas de Arquitetura do período, eles marcaram o início da trajetória para o desenvolvimento de máquinas eletrônicas que seriam conhecidas como computadores (FONSECA FILHO, 2007).

Tais dispositivos seriam incorporados à profissão da Arquitetura a partir da criação de *softwares* de desenho e modelagem no início dos anos 1990 (NATIVIDADE 2010). A computação pessoal e a Internet foram capazes de popularizar a utilização de computadores e outros dispositivos digitais em diversas esferas sociais, a ponto de efetivarem teorias sobre o campo da

1 O real aqui como a realidade material construída através da experiência sensível do sujeito em contato com o mundo tangível e com o mundo mental.

cibernética e da **simbiose** na interação humano-computador (CERUZZI, 2012; STEENSON, 2018).

A busca por facilitar e automatizar tarefas humanas fez com que as discussões dentro do campo da Computação se aproximassem da possibilidade de desenvolvimento de máquinas dotadas de capacidade de raciocínio, genericamente indicadas como **inteligentes** (KAPLAN, 2016). A definição de “inteligência” se aproxima das faculdades do conhecer, compreender e aprender, seguindo para conceitos relacionados a capacidade de adaptação em situações novas e desconhecidas. Originada da noção filosófica do **intelecto**, algo dotado de inteligência seria capaz de “[...] apreender o significado de um símbolo, a força de um argumento, o valor de uma ação [...]” (ABBAGNANO, 2007, pág. 573).

A capacidade de um objeto apresentar traços de inteligência é denominada Inteligência Artificial (IA). Não como um termo pejorativo que coloque esse tipo de **inteligência do artefato** como menor do que seria a inteligência natural humana, mas por se tratar especificamente da constituição de um artefato através do emprego de ferramentas e técnicas – mesmo que estes instrumentos estejam manipulando dados digitais abstratos. As pesquisas em Inteligência Artificial ganharam destaque ainda nos anos 1950, em um cenário técnico impulsionado pelas grandes guerras mundiais (CERUZZI, 2012).

Tratada dentro do escopo da produção de soluções técnicas da Ciência da Computação, a IA pode ser apreendida como um tipo de ferramenta possibilitada pelo advento da computação digital. Sendo implantada em sistemas operacionais de computadores, smartphones e outros dispositivos eletrônicos que podemos carregar no corpo, a interação ininterrupta com objetos responsivos aparenta promover o encontro do usuário com um “outro” de natureza diferente da humana – como quando invocamos um diálogo com um **assistente pessoal** chamando-o pelo seu nome, ou como depois que “ele” realiza uma tarefa nós agradecemos de maneira educada.

O grande volume de dados digitais disponíveis após o fenômeno de crescimento das redes sociais e trocas comerciais online, possibilitou um novo estímulo para o desenvolvimento de modelos computacionais de Inteligência Artificial – já que agora os bancos de dados possuem material suficiente para o treinamento de algoritmos de aprendizado de máquina.

A informatização incorporada na prática de projeto de Arquitetura nos anos 1980 por pranchetas virtuais, passa a dividir espaço com ferramentas de modelagem algorítmicas impulsionadas pela contracultura do software aberto. A utilização de modelos computacionais para automatizar a geração de soluções de projeto estabelece um contato propício para as pesquisas de IA.

No momento em que a ferramenta passará a contar com uma programação senciente, a interface humano-computador em programas de apoio para a Arquitetura deve ser alterada. A computação inteligente não necessariamente deve ser encarada como uma simulação de etapas analógicas da criação, mas como uma entidade paralela ao projetista, um interlocutor no processo de criação, um complemento autônomo embasado pela racionalidade analítica da computação.

Considerando que “Vivemos um destes raros momentos em que, a partir de uma nova configuração técnica, quer dizer, de uma nova relação com o cosmos, um novo estilo de humanidade é inventado.” (LÉVY, 2010, pág. 17), o presente trabalho pretende se aproximar de um entendimento dos possíveis desdobramentos da aplicação de modelos computacionais de Inteligência Artificial em disciplinas de Arquitetura e Urbanismo, a partir da análise de como se daria a interface de projeto em um cenário de interação entre projetistas e dispositivos computacionais inteligentes.

Organização de Capítulos

Referenciada por mitologias que tratam da alegoria da criação, o primeiro capítulo visa lançar a discussão em torno da aparente tendência da humanidade em estabelecer alteridades não-humanas e a elas recorrer durante o processo de produção das experiências materiais, bem como a importância de tais entidades para a formação de um imaginário acerca da

atividade de criação. Este capítulo pretende formar uma trajetória sobre o desenvolvimento do entendimento do processo de projeto, tendo em vista a ruptura do paradigma racional dominante a partir da identificação dos problemas de projeto como *wicked problems*. A partir disso, pretende-se fomentar a discussão sobre os suportes cognitivos que apoiam a prática reflexiva de projeto de arquitetura.

A partir da discussão sobre ferramentas cognitivas de projeto na primeira parte deste trabalho, o Capítulo 2 pretende guiar o foco para as ferramentas digitais, sendo iniciado através de um breve panorama histórico sobre a presença desses dispositivos no processo de produção da Arquitetura. O desenvolvimento contemporâneo de práticas de programação no processo de projeto abre caminho para experimentações livres em sistemas com alto grau de autonomia e interação, se aproximando da discussão sobre Inteligência Artificial. Aqui, pretende-se iniciar o leitor a conceitos básicos sobre ciência da computação voltada para a programação de sistemas inteligentes.

Aproximando o campo de estudos sobre o processo de projeto e a Inteligência Artificial, no Capítulo 3 apresenta-se um experimento de pensamento sobre a possibilidade de aplicação de um sistema de IA em um processo de projeto. Como seria a interação entre o projetista e a máquina inteligente, e quais seriam os papéis que cada uma das partes poderia assumir? A partir disso, será necessário avaliar as possíveis implicações técnicas, sociais e políticas da presença de entidades computacionais autônomas na frente de produção da realidade e percepção material.

“Consequentemente, o próximo passo para compreender que encantos ou perigos a narrativa digital trará consigo é olhar mais de perto seus prazeres característicos, julgar em que aspectos eles dão continuidade às tradições narrativas anteriores e de que maneiras eles oferecem acesso a uma nova beleza e a novas verdades sobre nós mesmos e sobre o mundo em que vivemos.” (MURRAY, 2003, p. 97)

parte I

1. DA CRIAÇÃO AO PROCESSO DE PROJETO

1.1 Criação

A **criação**, em latim *creatio*, é definida como uma ação executada sobre o vazio ou sobre um material bruto, com o objetivo de transformar este estado inicial em algo ou alguma coisa; como uma ação que visa dar existência ou organização ao caos ou nada inicial. No texto *O Banquete* de Platão, durante o relato do diálogo com Diotima sobre as definições de amor, a interlocutora define a ação intencional empregada na transformação do “não-ser” ao “ser” como *poiesis*. Portanto, a criação como uma ação poética existente nas atividades que promovem a apresentação de algo não colocado.

Dentre essas atividades podemos identificar a Arquitetura: começa a ser estruturada como disciplina entre o século XVIII e XIX, mas possui raízes milenares de conhecimento sobre a representação e construção de espaços a partir de materiais que antes estavam desagregados. Principalmente em nessa disciplina, a partir das correntes científicas do século XX (BANHAM, 2013), o termo “criação” passa a ser encarado de maneira genérica para designar um **processo de projeto** e/ou o **artefato final** que está sendo projetado. Etimologicamente, a palavra criação remete diretamente a mitologias fantásticas sobre a criação de uma determinada cosmologia e todos os seres e artefatos que nela habitam.

Já a palavra **projeto**, por sua vez, está relacionada com as etapas anteriores a manipulação direta de material na formação de um artefato; etimologicamente a palavra latina *projectus* indica a ação de lançar para a frente. Na terminologia filosófica e científica contemporânea pode ser “[...] a antecipação de possibilidades: qualquer previsão, predição, predisposição, plano, ordenação [...]” (ABBAGNANO, 2007, pág. 800).

Nos estudos recentes de áreas do conhecimento que lidam diretamente com o que seria o **processo de projeto** de artefatos, tem-se colocadas não apenas a influência de questões subjetivas advindas de cosmologias culturais do sujeito, mas também interferências propriamente contemporâneas, como questões econômicas, sociais e ambientais. Pela presença de um número considerável de influências, tanto internas ao sujeito como externas (LAWSON, 2005) pode-se entender que o processo de projeto está suscetível a mudanças inesperadas (BERGSON, 2006).

Para compreender a conformação das definições contemporâneas dessa atividade em Arquitetura devemos realizar um breve resgate de possíveis definições anteriores, entendendo as flexões históricas que se faziam presentes em épocas específicas em que os paradigmas de projeto acabaram sendo modificados.

1.1.1 A Mitologia na Antiguidade

A tarefa de se aproximar de registros sobre como eram entendidos os possíveis processos poéticos em Arquitetura que datam da Pré-História e Antiguidade se apresenta bastante difícil, tendo em vista o contexto temporal outro e a fragmentação de informações relativas a eles. É impreciso dizer se ao menos tais registros tinham um objetivo semelhante ao que pretendemos atualmente com a definição de **criação ou projeto**.

Tais processos poéticos humanos não se apresentam isolados. Do sucesso de uma colheita, ao sacrifício de um animal e à construção de um templo em pedra, pode-se identificar a presença de relatos míticos no cotidiano do fazer como a “[...] busca da verdade, de sentido, e de significação, através dos tempos.” (CAMPBELL, 1990, pág. 16, tradução nossa). Os mitos possuíam influência explícita nas decisões cotidianas, sendo a produção poética em si muitas vezes creditada diretamente a estas figuras elevadas e fantásticas (KOSTOF, 1977; CAMPBELL, 1990).

Os relatos míticos transmitidos de maneira oral e por vezes moldados às circunstâncias de seu narrador (VERNANT, 2001) resultaram em versões

diferentes de um mesmo mito. Esse caráter mutável da narrativa mitológica foi alterado com a fixação dos relatos em textos. Jean-Pierre Vernant indica que o contato moderno com a cultura clássica grega, por exemplo, dependeu da unificação de lendas míticas diversas advindas de tradições múltiplas em obras literárias como *Iliada* e *Odisséia*, de Homero no século VIII a.C. (VERNANT, 2001, p. 11) ou o livro maia do século XVI, *Popol Vuh* (BAPTISTA, 2019).

Do latim *mythos* (em grego *μυθος*), o significado comumente associado à palavra **mito** é o de narrativa ou relato fabuloso. Em uma visão moderna, pode-se conceber o mito como uma apresentação alegórica de fatos genéricos que decorrem do viver humano (ABBAGNANO, 2007), entendendo que tais relatos resgatam acontecimentos com a função valorativa da transmissão de tradições.

Como aponta Joseph Campbell (1990), as temáticas abordadas nos mitos se apresentam como alegorias atemporais, transmutando de posição e características a partir de uma flexão cultural realizada por determinado povo em um contexto temporal específico. Para serem compreendidas, tais narrativas dependem da associação entre os elementos alegóricos nelas presentes e o relato cotidiano e cosmologia específica da situação cultural de seus ouvintes (VERNANT, 2001).

Como uma das alegorias atemporais, os **mitos de origem** ou **criacionistas** perpassam o surgimento de mundos e da natureza; versam sobre o aparecimento da figura humana em civilizações da Antiguidade, e atingem a discussão sobre a capacidade de tais animais racionais animarem suas próprias criações, e assim como os deuses, darem vida aos artefatos (WILKINSON, 2018). Esta alegoria trata da ação transformadora sobre “algo” ou “nada”, que visa a transformação daquilo em “existência”, ou seja, trata de criação.

A cosmologia maia desenvolvida por povos da América Central apresenta um mito de origem bastante específico. Por conta da violenta dominação

espanhola, registros escritos das práticas religiosas dos povos originais são bastante escassos (FUNARI, 2009). O Popol Vuh é um desses livros e apresenta a narrativa da criação do universo a partir da vontade de um panteão de deuses maias. Em um primeiro momento, após comandarem o aparecimento do universo a partir de instruções orais, as deidades teriam sentido a necessidade de criar o ser humano como um animal dotado de capacidade intelectual para adorar seus deuses. Duas tentativas fracassadas de constituir o homem a partir do barro e madeira [Figura 1] precederam a lenda final da criação dos primeiros humanos a partir da semente de milho (GOETZ, 1950). O Deus do Milho teria sido enganado por espíritos das trevas, sendo decapitado e aprisionado ao submundo. Seus filhos, os príncipes heróis Hunahpu e Xbalanque, vão ao submundo em busca de seu pai. “De volta, eles plantam a cabeça do deus no solo e dela nasce uma espiga de milho, cujos grãos teriam sido usados pelos gêmeos heróis para formar os primeiros humanos.” (PEREIRA, BARROS, 2019, pág. 878)

Para o povo kamaiurá da bacia do Rio Xingu no Norte do Brasil, o mito de origem dos primeiros seres humanos está relacionado ao deus herói Mavutsinin. Segundo esta mitologia, o deus modelou cinco postes de madeira *kwarup*, pintou-as e adornou-as com penas [Figura 2] (AGOSTINHO, 2009). À noite, Mavutsinin cantou para os postes enquanto fabricava aparatos para seus futuros filhos. Ao acordar e retornar para a floresta, o deus pôde ver que os postes de madeira haviam ganhado vida. Uns diferentes dos outros em sua cor e adereços, eram os primeiros homens dos povos do Xingu.



Figura 1 – Deuses maias moldando a figura humana a partir do barro. Fonte: <https://sociable.co/technology/artificial-intelligence-popol-vuh/>



Figura 2 – Um poste de madeira *kwarup* na celebração homônima em nome dos antepassados em um assentamento do povo kamaiurá. Fonte: <https://catracalivre.com.br/as-festas/centro-oeste/kuarup-a-vida-e-a-morte-celebradas-nas-aldeias-do-alto-xingu/>

Nas mitologias kamaiurá e maia, os deuses se encarregaram de modelar os seres mortais com suas próprias mãos, aplicando uma ação transformadora sobre um material bruto. Em outras mitologias como a egípcia, os relatos mostram deuses que não se envolvem com a manipulação direta da matéria mas delegavam essa atividade para seus representantes diretos na terra.

A origem do todo natural e cósmico no Egito é associada ao vazio de um oceano (Nun) que guardava as potencialidades de toda criação na forma consciente do deus Áton (WILKINSON, 2018). Das partes de seu corpo surgiram outras deidades como por exemplo a deusa Hathor, o olho direito, o sol. Após sair do corpo de Áton, a deusa se entristece por se ver substituída por um novo olho na face do deus supremo, “Hathor chorou lágrimas amargas, que se tornaram os primeiros seres humanos.” (WILKINSON, 2018, pág. 268). Os primogênitos de Áton se multiplicam na formação da Enéade [Figura 3], o panteão egípcio dos nove deuses: Shu, Tefnut, Nut, Geb, Osíris, Hórus, Set, Ísis e Néftis.

Os reis e rainhas do Egito eram tidos como descendentes diretos dos deuses, como representantes divinos que comandariam os mortais. Na construção de seus reinos, os deuses precisariam de representantes natos do infinito cósmico. Dois desses representantes, Imhotep e Senmut figuravam posições de prestígio na estrutura social egípcia. Tendo uma formação vinculada aos sacerdotes, suas tarefas como organizadores e supervisores da construção eram consideradas chamados divinos, e os indivíduos que possuísem tal



Figura 3 – Representação da Enéade de Deuses egípcios em papiro. O deus da atmosfera, Xu, separa o deus Geb (a Terra) da deusa Nut (o Céu). Fonte: <https://cristianaserra.wordpress.com/2014/08/22/a-eneade-pesedjet-de-heliopolis/>

dom seriam responsáveis por interpretar as vontades dos deuses a serviço de um rei ou rainha, para a construção de templos de adoração ou outros edifícios imperiais (KOSTOF, 1977).

Na mitologia grega, a criação dos primeiros humanos também é mostrada como uma vontade divina. Os irmãos Prometeu e Epimeteu – filhos de Jápeto e netos de Urano, portanto de uma linhagem titã –, foram incumbidos por Zeus, rei dos deuses, a criar e dar características aos animais da terra que brotavam do chão (VERNANT, 2001). Os titãs, então, teriam cumprido a tarefa, e os primeiros humanos teriam sido moldados a partir do barro “[...] molhado com lágrimas [...]” (BULLEN, 2010, p. 166), soprando a vida dentro de suas narinas [Figura 4]. Após criarem animais com todas as características para que eles pudessem se alimentar e se proteger, os irmãos teriam percebido que não haviam restado características para os humanos sobreviverem neste mundo primitivo (PLATÃO, 2017). Para resolver o problema, Prometeu rouba o fogo e a sabedoria das artes manuais de Hefesto, e os dá aos mortais para que eles possam manipular a terra.

Mais tarde, Zeus teria exigido que os homens lhe apresentassem possíveis



Figura 4 - Relevo que ilustra a narrativa mitológica da criação dos homens por Prometeu. Fonte: <http://classictales.educ.cam.ac.uk/stories/metamorphoses/prometheus/weblinks/>

oferendas como forma de adoração ao vaidoso rei dos deuses. Ele então escolheria a que mais lhe agradasse (WILKINSON, 2018). Prometeu é chamado novamente para resolver esta questão. Na tentativa de ajudar os mortais – sua criação –, o titã forja duas oferendas a partir do sacrifício de um boi: a primeira um conjunto de ossos descarnados envoltos em uma camada atraente e brilhante de gordura; a segunda, um pacote feito do estômago e pele do animal, cheio de carnes nobres mas de aparência repulsiva (BULLEN, 2010). Zeus sente-se atraído pela oferenda falsa, sobrando aos mortais protegidos por Prometeu se alimentarem das carnes nobres.

Quando descobriu, o furioso soberano do Olimpo resolve privar os mortais de seu fogo, o que os impedia de cozer os alimentos crus. Mais uma vez, Prometeu interfere a favor de sua criação, roubando “[...] uma semente de fogo de Zeus [...]” (VERNANT, 2001, p. 66), entregando-a aos mortais. Para castigar Prometeu, Zeus ordena seu acorrentamento ao monte Cáucaso para que permanecesse em sofrimento eterno ao ser atacado por uma águia² (BULLEN, 2010). Já em relação aos mortais, Zeus encomenda uma nova criação aos deuses Hefesto, Atena e Afrodite: Pandora, a primeira mulher; também moldada a partir da argila [Figura 5], “[...] à imagem das deusas imortais.” (VERNANT, 2001, p. 69). Pandora seria responsável por descer à terra dos mortais portando uma arca que guardaria os males do mundo. A curiosidade depositada nela pelos deuses teria libertado a miséria e o sofrimento no mundo mortal.



Figura 5 - Gravura que mostra o momento em que Atena e Hefesto criam Pandora. Fonte: Duruy, Victor. *Histoire des grecs: formation du peuple grec*. Bibliothèque nationale de France: 1887-1889. Disponível em <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k59375>>

Tais narrativas mitológicas estavam presentes na execução de atividades cotidianas da civilização grega, e, principalmente, no desenvolvimento do que entendemos hoje como cultura clássica. Neste contexto, atividade do arquiteto se aproximou das artes livres, onde os arquitetos não eram considerados escolhidos por deuses e sim artesãos habilidosos formados em ateliês de mestres, que seriam chamados para a execução de uma obra

² Como aponta Mayor, algumas descrições mitológicas indicam que a águia de Zeus “[...] foi feita pelas mãos de Hefesto.” (2018, pág. 127, tradução nossa), descrevendo o pássaro como algo não-natural e com movimentos mecânicos.

mediante um contrato escrito (KOSTOF, 1977), “A responsabilidade do arquiteto ia além do projeto de edifícios públicos e privados [...]” (KOSTOF, 1977, pág. 20, tradução nossa).

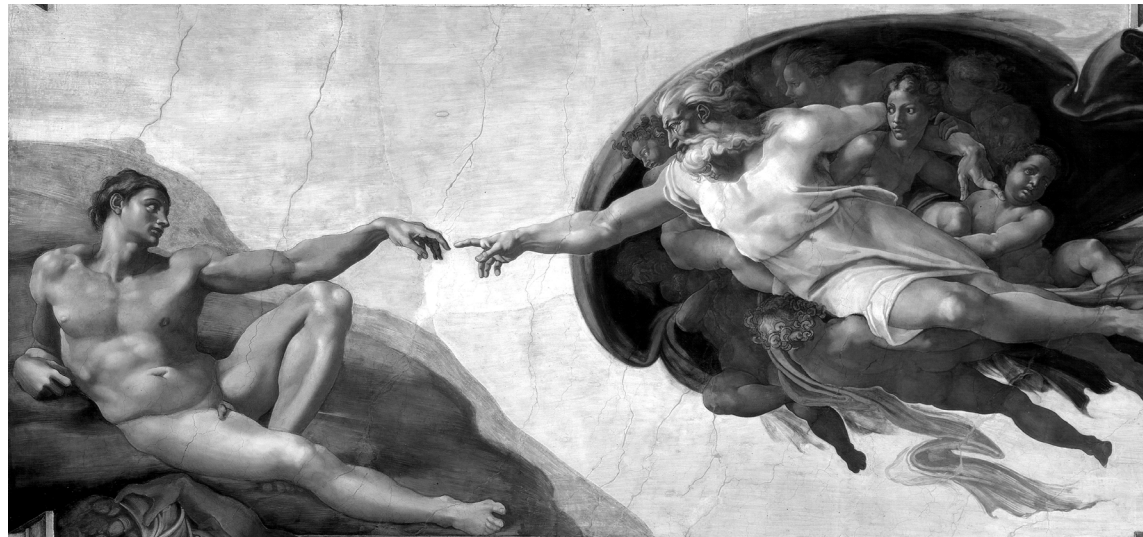
Assim como as discussões sociais e políticas aconteciam através da retórica socrática, existem teorias que indicam a utilização da palavra escrita talvez como a principal ferramenta para a descrição de um projeto, indicando um nível erudito de treinamento acessível apenas para camadas mais altas da sociedade. Também a partir da noção filosófica sobre a busca retórica e dialética pela verdade dos fenômenos do mundo na natureza, podemos notar um afastamento das figuras de deidades dentro do processo de tomada de decisão entre arquiteto e seus contratantes em relação ao que teria existido no Egito. Mesmo que a maioria dos edifícios projetados por arquitetos tivessem funções ecumênicas e musas e deuses apadrinhassem as tarefas cotidianas dos mortais, as tratativas de projeto eram tarefas terrenas da sociedade democrática grega (KOSTOF, 1977).

O afastamento entre as atividades do arquiteto e os ordenamentos divinos parece ter seguido no desenvolvimento do Império Romano. Com muitos apagamentos em relação à autoria de edifícios em assentamentos romanos, muito do que se tem sobre a atividade do arquiteto naquele período advém dos escritos de Vitruvius – suposto arquiteto italiano do século I a.C., autor de um tratado em dez volumes sobre Arquitetura e suas práticas. Tanto o tratado de Vitruvius como registros escritos ou afrescos e mosaicos, retratam a atividade do arquiteto exercendo bastante influência na sociedade, se valendo de “[...] plantas e elevações cotadas, desenhos de perspectiva, ilustrações coloridas e sombreadas para clientes, e provavelmente, modelos tridimensionais [...]” (KOSTOF, 1977, pág. 40, tradução nossa); era esperado dessa figura um treinamento não só na construção de edifícios, mas também em “[...] engenharia hidráulica, topografia e planejamento de cidades.” (KOSTOF, 1977, pág. 28, tradução nossa).

1.1.2 O Dogma da Idade Média

Com a queda do Império Romano do Oriente inicia-se a chamada Idade Média, em que a profissão do arquiteto se afasta da educação intelectual liberal para se aproximar de um treinamento empírico como aprendiz de um ateliê – onde eles se aproximaram da expressão **mestres de obras** (KOSTOF, 1977). Neste período, a ligação com divindades é retomada, não pelo viés egípcio do chamado divino, mas pela doutrina cristã imposta pelo maior contratante da época: a Igreja. Muitos bispos e abades receberam o crédito por ordenarem a construção de uma igreja, “[...] e a fama, pelo menos em edifícios religiosos, recaía sobre o Deus cristão, o arquiteto supremo.” (KOSTOF, 1977, pág. 60, tradução nossa).

Figura 6 - Trecho do fresco A Criação de Adão, pintado por Michelangelo na Capela Sistina do Vaticano. Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/The_Creation_of_Adam#/media/File:Michelangelo_-_Creation_of_Adam_\(cropped\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/The_Creation_of_Adam#/media/File:Michelangelo_-_Creation_of_Adam_(cropped).jpg)



A Gênesis é o mito de origem do Antigo Testamento cristão. Nele é descrita a forma espontânea com que a deidade suprema identificada como Deus dá existência à todas as coisas do mundo tangível natural durante sete dias. Sua última criação, à sua “[...] imagem e semelhança [...]” (Gênesis, 1:26), seria o homem [Figura 6], feito com “[...] limo da terra, e [Deus] assoprou sobre o seu rosto um assopro de vida; e recebeu o homem, alma e vida.” (Gênesis 2:7) – algo parecido com o que Prometeu e Epimeteu teriam realizado.

O período Gótico dentro da Idade Média é marcado por um grande número de construções monumentais que desafiavam as noções de proporção dos dogmas cristãos. Estudos de geometria e modelos de plantas eram mantidos por guildas de mestres que deveriam passar os ensinamentos apenas para seus aprendizes. A exploração imaginativa apoiada por instrumentos mecânicos para desenho e esculturas ganham espaço dentro do processo construtivo.

Os desenhos no caderno do mestre de obras Villard de Honnecourt do século XIII (KOSTOF, 1977; LUCE, 2009) sugerem a utilização dos rascunhos como um registro de apoio do processo de busca por soluções de projetos. Registros de modelos em escala real riscados em pedra ou gesso indicam a presença direta do mestre na construção da obra, outros inúmeros registros gráficos de projeções ortogonais (LUCE, 2009) mostram que a complexidade escultórica das fachadas nas construções góticas não poderia ter sido executada sem o apoio de representações do projeto (KOSTOF, 1977).

1.1.3 O Humanismo Renascentista

Durante o século XV, uma das preocupações vindas com o resgate da racionalidade clássica e os novos ideais humanistas visava organizar e registrar os conhecimentos desenvolvidos desde a Antiguidade. Antes transmitidos de maneira oral, a práxis e a técnica passam a ser fixadas em compêndios e tratados – é nesse período que os escritos de Vitruvius sobre a arquitetura romana são recuperados.

O Renascimento acompanhou a valorização do potencial racional humano, e nesse contexto, a profissão da Arquitetura e mais especificamente o ato de desenhar o que viria a ser o edifício, a partir da geometria e da matemática, passa a ter um caráter de composição intelectual frente às artes manuais, afastando a figura do mestre de obras do momento da construção (KOSTOF, 1977). Essa nova relação com a atividade do arquiteto fica clara no tratado *De re aedificatoria* de Leon Battista Alberti – mais do que indicar o trabalho do mestre de obras como intelectual, Alberti entendeu que este reposicionamento poderia beneficiar a profissão em uma nova dinâmica de

financiamento de obras que priorizava as Artes Liberais³ (KOSTOF, 1977).

Neste período, é possível observar o surgimento de representações que visavam ensaiar soluções antes de lançá-las em obras (LUCE, 2009), e não apenas como um enfoque documental – representações como um suporte para o que podemos nomear de **processo de projeto**, que seriam transmitidas como instruções para os responsáveis em construir a edificação (KOSTOF, 1977).

1.2 Processo De Projeto

1.2.1 A Composição da École

Ao passo que os italianos depositavam esforços na recolocação de suas atividades agora como “arquitetos livres”, a França do século XIV mantinha as definições Góticas de mestres de obras. Com o programa de expansão de Carlos V naquele século, seria criada *L'Administration des Bâtiments Royaux* (Administração Real de Edifícios) (KOSTOF, 1977). Dois séculos mais tarde, durante o reinado de Luis XIV, o rei Sol, é criada a Academia Real de Arquitetura – na ocasião era organizado por Jean-Baptiste Colbert (Inspetor Geral da Administração Real de Edifícios), um concurso para a ala Oeste do Palácio do Louvre, ganho por arquitetos italianos.

“Colbert e o rei estavam provavelmente descontentes com o treinamento dos arquitetos franceses em teoria e estética da arquitetura. Uma escola onde arquitetos franceses pudessem ser treinados especificamente para a Administração Real de Edifícios se fazia necessária.” (KOSTOF, 1977, pág. 177, tradução nossa)

³ As Artes Liberais referem-se a uma metodologia de ensino, ofícios, profissões (artes) desempenhada pelos homens livres. O termo nascera na Idade Média como uma herança da Antiguidade Clássica. Em contrapartida, as artes mecânicas tratam das habilidades ordenadas necessárias para a vida cotidiana, eram consideradas como atividades vulgares.

Estruturado durante o século XVIII, o ensino francês de arquitetura ganha destaque com o estabelecimento da *École des Beaux-Arts de Paris*. A *École* entendia a atividade do arquiteto como a composição a partir de princípios universais (DREXLER, 1977; KOSTOF, 1977) – portanto, a organização de um objeto arquitetônico a partir de um sistema fixo pré-estabelecido, seja ele cósmico, natural ou inspirado em modelos antigos de arquitetura. Neste contexto, eram praticadas as representações de obras que tendiam a se afastar da realidade construtiva. O processo de composição era baseado na autonomia e abstração que as representações gráficas poderiam adquirir (CORONA-MARTÍNEZ, 2000), buscando extrair o poder criativo dos estudantes que competiam em concursos, e com isso “[...] encorajando iniciativas individuais.” (KOSTOF, 1977, pág. 212, tradução nossa) que reafirmavam “[...] crenças no ‘gênio criador’ e na ‘inspiração’[...]” (MIRANDA, 2018, pág. 7) – que, como vimos, datam desde os arquitetos egípcios que teriam sido enviados pelos deuses.

1.2.2 As Vanguardas Europeias

Após o sucesso da exportação do programa da *École* para outros países, a presença de influências estrangeiras na França e o desenvolvimento industrial no século XIX, ocasionaram o desgaste das linguagens arquitetônicas historicistas (COHEN, 2013) e o início da ruptura de processos praticados pela *Beaux-Arts* (DREXLER, 1977). O contexto técnico que se firmava no fim do século XIX e início do XX fomentou um conjunto de experimentações no ensino das artes e ofícios. O modelo francês já não era suficiente para o entendimento das diversas técnicas e processos de produção disponíveis, culminando no encerramento das atividades da *École* em 1968 (KOSTOF, 1977).

No fim da Primeira Guerra Mundial, instituições pré-modernas inauguram um modelo de ensino focado no processo de criação vinculado às novas dinâmicas sociais (MIRANDA, 2018), alinhando a produção de arquitetura e design à nova disponibilidade tecnológica do período. Em setembro de 1918, um ano após a Revolução Russa, são criados os SVOMA (*Svobódnie Masterskíe*) – junção entre a Escola de Pintura, Escultura e Arquitetura

de Moscou e a Escola de Artes Industriais de Strôgonov –, ateliês livres que tinham como objetivo substituir as academias de arte imperiais na Rússia (MIRANDA, 2018). Eles “[...] objetivavam democratizar o ensino, combater frontalmente o analfabetismo, promover a emancipação feminina, eliminando as discriminações de gênero nas escolas, conforme as propostas bolcheviques para a construção do socialismo [...]” (LIMA e JALLAGEAS, 2018, pág. 10). A proposta era constituída do ensino de técnicas de manufatura em materiais como madeira, metal, cerâmica, tecido e pedra, além de abordagens de composição e forma a partir de teorias da psicologia e estética (COHEN, 2013). O ensino visava uma aproximação dos profissionais criativos (arquitetos e designers) aos meios construtivos possibilitados pela industrialização, rompendo com as composições abstratas mantidas pelo modelo da *École*.

Naquele mesmo ano em outubro, o SVOMA de Moscou recebe a visita do arquiteto alemão Walter Gropius (MIRANDA, 2018) – na ocasião, a partir de pressões nacionalistas, Gropius recebera a tarefa de unificar a *Kunstgewerbechule* (Escola de Artes e Ofícios) e a *Hochschule für Bildende Kunst* (Escola de Belas-Artes), ambas em Weimar, na Alemanha (COHEN, 2013). Importando os projetos de ensino disruptivos dos SVOMAs russos, ele inaugura como diretor em 1919 a instituição universitária *Staatliches Bauhaus* (Casa Estatal da Construção).

Segundo o manifesto de fundação da Bauhaus – escrito por Gropius e inspirado no programa dos SVOMAs –, a escola pretendia aproximar a atividade de composição abstrata de edifícios e objetos à materialidade construtiva da indústria, através de oficinas práticas de técnicas de manipulação material (GROPIUS, 1965).

Em 1920, os SVOMAs russos ganham o nível de universidade e passam a se configurar como VKHUTEMAS (*Vyschie Khudójestvenno - Tekhnítcheskie Masterskíe*) em Moscou (MIRANDA, 2018). Os Ateliês Superiores de Arte e

Técnicos de Moscou passam a articular os planos de ensino criados no período dos SVOMAs, sob a organização do reitor, pintor e escultor Efim Ravdel, junto a mestres da Arquitetura, Artes Visuais e Gráficas, Colorimetria e Indústria, como: Nikolai Ladóvski, Vladímir Tátlin, Vassíli Kandínski, Gustav Klútsis, Lázar Lissítzki, Kazimír Maliévitch, Liubóv Popóva, Aleksandr Ródtchenko, Liudmíla Maiakóvskaia e Varvára Stepánova. Indo além de suas funções como professores universitários, eram responsáveis por uma revolução na forma de ensinar, e conseqüentemente, na forma de encarar a produção tecno-artística como um ato social e político.

No entre guerras, aumentavam as pressões políticas acarretadas pelos movimentos que ansiavam por uma continuidade nas revoluções. Em 1922 Kandínski aceita um convite de Gropius para deixar a VKHUTEMAS e lecionar na Bauhaus (MIRANDA, 2018) – juntando-se a mestres como Johannes Itten, Paul Klee, László Moholy-Nagy, Josef Albers e Marcel Breuer. A inspiração de Gropius na proposta de ensino russo não levava em consideração que o que estava sendo exportado era o programa para uma revolução social – o que acabava, não intencionalmente, fomentando a autonomia dos estudantes, criando embates políticos entre alunos e professores, e entre a Bauhaus e a cidade de Weimar.

Com a organização da URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) e Stálin assumindo o poder após a morte de Lênin em 1924, as pressões sobre a escola de vanguarda VKHUTEMAS aumentam. Na Alemanha, a Bauhaus é expulsa de Weimar pelo nacional-socialismo de Munique, e a escola é realocada em 1926 na cidade industrial de Dessau (COHEN, 2013). O projeto russo se enfraquece com a morte e retirada de alguns professores, e em 1927 com Pavel Novitsky como reitor, ela é renomeada para VKHUTEIN (*Vyschi Khudójestvenno-Tekhnítcheski Institut*), passando a ser um instituto técnico (MIRANDA, 2018). No ano seguinte, o arquiteto suíço Hannes Meyer é nomeado diretor da Bauhaus no lugar de Gropius, reforçando o caráter funcionalista e autoral da escola.

Enquanto o regime totalitário de Stálin fechava a escola VKHUTEIN em 1930 e proibia a exibição de arte de vanguarda na URSS (MIRANDA, 2018)

– apagando as propostas construtivistas da VKHUTEMAS de qualquer registro oficial –, na Bauhaus o arquiteto alemão Mies van der Rohe se torna diretor em meio à ascensão nazista. Em 1933, a Bauhaus é extinta pelo Terceiro Reich de Adolf Hitler e alguns professores saem do país (COHEN, 2013), levando com eles a influência da vanguarda russa e as experiências de Weimar para os países do Ocidente.

As propostas de ensino da VKHUTEMAS e da Bauhaus se apresentam como hipóteses de abordagem do fazer técnico e artístico em um período de grandes mudanças nas bases sociais e políticas, quando a preocupação com a sociedade das máquinas chega ao projeto de Arquitetura e Design. A Primeira Era da Máquina abriu caminhos para o desenvolvimento da arquitetura moderna e abrigou “[...] uma série de gestos revolucionários, por volta de 1910, ligados em grande parte aos movimentos cubista e futurista [...]”. (BANHAM, 2013, pág. 11).

À medida em que novos paradigmas de ensino eram incorporados aos programas das escolas de Arquitetura, a profissão em si passava por reformulações, que por sua vez atingiam a forma como a sociedade entendia a atividade do arquiteto. O resgate histórico sobre como o processo de projeto de Arquitetura foi encarado em diferentes períodos pode nos aproximar de um entendimento sobre as definições contemporâneas do mesmo.

1.2.3 A “Cientificação” do Projeto

O período que compreende a Segunda Guerra Mundial marca a fixação dos ideais modernos funcionalistas nos países europeus e alguns territórios coloniais. A produção científica acelerada em meio ao embate bélico havia criado novas formas de se comunicar e habitar que passam a ser distribuídas no pós-Guerra a partir de 1945 (BANHAM, 2013). O otimismo em relação à ciência pôde ser sentido na fundação de uma nova escola de Design em uma Alemanha polarizada – a escola teria como princípio se distanciar do passado recente nazista e elevar a atividade técnica e artística ao patamar das tão aclamadas disciplinas científicas.

Em 1953, a partir de um fundo milionário de investimento americano concedido ao centro cultural Geshwister Scholl Stiftung (KRIPPENDORFF, 2008), é inaugurada a Hochschule für Gestaltung na cidade alemã de Ulm. O primeiro diretor da escola, o arquiteto e designer Max Bill, havia estudado na extinta Bauhaus de Dessau enquanto Hannes Meyer era diretor. Bill foi responsável por organizar o corpo docente e liderar a criação de um plano de ensino que “[...] continuasse a desenvolver a resistência contra qualquer tendência antidemocrática e fascista.” (NEVES et al, 2014, pág. 4, tradução nossa).

Conhecida como uma possível sucessora da Bauhaus, “O objetivo da Escola de Design de Ulm era melhorar a relação entre educação, ciência, indústria e design, em meio a uma nova prática.” (NEVES et al, 2014, pág. 4, tradução nossa). Ao final de 1956, a partir de uma determinação administrativa, Bill é demitido de Ulm e o argentino Tomás Maldonado assume a direção da escola, estabelecendo um plano de ensino que propunha um afastamento das vanguardas europeias na busca por um verdadeiro método científico no design.

Participando de um cenário geopolítico inédito, a Escola de Design de Ulm aglutinava estudantes de diversos países que chegavam ao lado Ocidental da Alemanha interessados em projetar os edifícios e objetos que formariam a nova sociedade do pós-guerra (KRIPPENDORFF, 2008). Além de aulas práticas nos ateliês de metal, madeira, cerâmica, pintura, etc., os alunos de Ulm tinham aulas teóricas de sociologia, história da cultura e da arte, metodologia científica e filosofia – esta última sendo lecionada por Max Bense.

O filósofo alemão seria um dos responsáveis por apresentar conceitos de teoria da informação e cibernética à Escola de Ulm, “[...] desenvolvendo uma pedagogia para a implementação de análises quantitativas e objetivas em metodologias de design.” (NEVES et al, 2014, pág. 18, tradução nossa). Um ano após a demissão de Bill, Max Bense deixa a escola e em seu lugar o matemático Horst Rittel passa a lecionar Teoria da Informação “[...]”

iniciando com uma interpretação empírica sobre metodologia e discursando sobre técnicas investigativas, evidências estatísticas e tomadas de decisão.” (KRIPPENDORFF, 2008, pág. 64, tradução nossa).

O ambiente positivista da década de 1950 almejava transferir conhecimentos da ciência e da engenharia desenvolvidos durante a guerra – como análise combinatória, teorias da decisão, planejamento e cibernética – “[...] para deixar o projeto mais científico em áreas como desenho industrial, arquitetura e planejamento de cidades.” (LANGRISH, 2016, pág. 3, tradução nossa). Horst Rittel “[...] desenvolvia diferentes métodos para a ‘cientifização’ do processo de projeto ou para a criação de um ‘método do projeto’.” (NEVES et al, 2014, pág. 18, tradução nossa), ele pretendia “[...] descrever o processo de projeto como uma sucessão linear de fases que poderiam se assemelhar a ordenação de vagões de trem.” (LANGRISH, 2016, pág. 4, tradução nossa). Na década de 1960, Bruce Archer começa a aplicar métodos de desenvolvimento de projeto de produto baseados na escolha e combinação de critérios em suas aulas em Ulm. A definição de que existiria uma metodologia a seguir para projetar mostra uma aproximação entre as discussões científicas do período e as próprias disciplinas de design (BUCHANAN, 1992).

A confiança na técnica e na racionalidade industrial resultou em diversas tentativas de se estabelecer um entendimento sobre as faculdades da atividade projetual. Em 1962, John Christopher Jones – um professor de desenho industrial do Instituto de Ciências e Tecnologia da Universidade de Manchester na Inglaterra –, organiza uma conferência para a discussão de abordagens científicas aos métodos de projeto. A Conference on Design Methods marcava a organização do Design Methods Movement (DMM), colocando as pesquisas de Rittel e Archer de Ulm em contato com a tese em desenvolvimento nos EUA de Christopher Alexander sobre a definição de métodos de projeto baseados no emprego da lógica matemática. Como aponta Langrish “O DMM em si foi o resultado da combinação do otimismo do pós-guerra e a crença em que tornar o processo de projeto mais científico poderia ajudar a produzir um mundo melhor”. (2016, pág. 1, tradução nossa). Em 1963 Rittel é convidado a integrar as pesquisas em metodologia de planejamento urbano na Universidade de Berkeley, na Califórnia.

1.2.4 *Wicked Problems* e a Prática Reflexiva

No livro *The Sciences of The Artificial* (1969), de Herbert A. Simon, além de destacar a necessidade de estudar os artefatos projetados pela humanidade, o autor propõe que a atividade de projeto seja encarada como a **ciência do artificial**, contando com técnicas e metodologias bem definidas para sua construção. Tal aproximação **racionalista** da atividade de projeto, apresenta-se alinhada às questões positivistas de ordenação dos conhecimentos humanos vigente no pós-guerra.

O fim da década de 1960 é marcado pela desconfiança nos novos sistemas de governo e relatórios sobre as consequências ambientais do desenvolvimento industrial, influenciando os mesmos pesquisadores que haviam conduzido as propostas do DMM a relativizar suas aproximações racionais aos problemas de projeto. Em 1967, em um editorial escrito por Charles West Churchman, pesquisador da Universidade de Berkeley, no periódico *Management Science*, o autor apontava um tipo específico de problema descrito por Rittel em uma palestra, que não poderia ser trabalhado a partir das lógicas positivistas e lineares. Os chamados *wicked problems*, ou problemas selvagens (VASSÃO, 2016), são problemas abertos e mal formulados, que sofrem a interferência de diferentes tomadores de decisão (CHURCHMAN, 1967).

Outro movimento que apontava o fim do otimismo em relação às práticas racionais foi feito por Christopher Alexander ao escrever o prefácio de uma nova edição de sua tese, *Notes on the Synthesis of Form* em 1971. No texto, Alexander repreende a abstração contida na abordagem puramente teórica do DMM, afirmando que a pesquisa em projeto não deve estar afastada da prática real de projeto (LANGRISH, 2016; STEENSON, 2017).

Em uma nova publicação de 1972, Horst Rittel aponta que a maioria dos problemas de projeto em Arquitetura e Urbanismo seriam propriamente os problemas de segunda ordem (RITTEL, 1972) ou *wicked problems*. Enquanto os *tame problems*, ou problemas domesticáveis, poderiam ser resolvidos de maneira linear com as primeiras gerações de abordagens descritas por ele na década anterior (LANGRISH, 2016).

Os *wicked problems* só podem ser compreendidos na medida em que você lida com eles na busca por uma solução (LANGRISH, 2016), pois a formulação da solução de um *wicked problem* contém a formulação do entendimento do que é o próprio problema (RITTEL e WEBBER, 1973); cada *wicked problem* possui questões únicas e suas resoluções não possuem fins bem definidos. Já o paradigma racional de projeto apresenta uma estrutura linear dividida em fases bem definidas: análise, síntese e avaliação (BUCHANAN, 1992).

Seguindo esta separação entre dois tipos de problema apresentada na teoria de Rittel, o paradigma racional apresenta-se como uma metodologia adequada para questões já conhecidas, onde é possível estabelecer uma estratégia clara de resolução de problemas (DORST, 1997). Mas a abordagem para a resolução dos *wicked problems* deveria emergir de um conjunto de práticas diferentes das colocadas pela ciência, mas não alheias aos ateliês de Arquitetura e Design.

Ao mesmo tempo que a teoria sobre os *wicked problems* era consolidada por Rittel, uma reedição de 1972 da obra *Il Territorio dell'Architettura* de Vittorio Gregotti – publicada pela primeira vez em 1966 em italiano e traduzida ao português em 2010 –, descreve o projeto na Arquitetura como uma prática continuamente aberta a reflexões e interferências externas:

“[...] ao elaborar um projeto de arquitetura, continuamente se experimenta e se corrige, amontoam-se numerosos problemas à espera de solução, anotam-se à margem da folha soluções possíveis ao lado de números de telefone a serem lembrados. Em seguida, mesmo que os apaguemos, os vestígios permanecem sobre o papel a nos lembrar o que foi examinado e recusado; tentativas e erros dão sentido pleno à solução final.”
(GREGOTTI, 2010, pág. 9)

Na metade dos anos 1980, é criado um entendimento de que a dificuldade em estabelecer um discurso científico e metodológico sobre a atividade de projeto em Arquitetura e Urbanismo estava relacionada ao fato de que estas disciplinas lidam essencialmente com *wicked problems*. O americano Donald Schön estabelece em 1983 a ideia de que a prática de projeto se assemelha a uma conversa reflexiva com a situação a que se busca uma solução: “Ao responder à reação do problema, o designer reflete-em-ação na construção do problema, na definição de estratégias de ação, ou na modelagem de um fenômeno [...]” (SCHÖN, 1983). Usar as incertezas da mente para lidar com as incertezas dos problemas de projeto.

Diversas publicações do início dos anos 1990 se propuseram a conformar um conjunto de práticas de desenvolvimento projetual que fossem comuns aos arquitetos. Em tais práticas, o projetista adentra a um processo de “[...] ‘conversa reflexiva com a situação’ é onde os problemas são ativamente estabelecidos ou ‘enquadrados’ [...] pelos projetistas, que fazem ‘jogadas’ [...] e avaliam o processo, para desenvolver uma solução.” (BARROS, 2016, p. 50).

O paradigma reflexivo de projeto, ao contrário do processo racional, não conta com uma estrutura de desenvolvimento linear. Próxima a conceitos construtivistas (BARROS, 2016), o processo reflexivo lida com as indefinições de um problema e das constantes interferências externas, no desenvolvimento de soluções especulativas que auxiliam o projetista a se aproximar do entendimento da própria questão de projeto e conseqüentemente de uma solução adequada – por esse motivo, as práticas reflexivas de projeto seriam adequadas para lidar com os *wicked problems* (BARROS, 2016).

O processo racional aparenta ser mais aceito dentro da lógica da construção civil tradicional, por “[...] sugerir uma precisão e previsibilidade que trariam muitos benefícios [...]” (BARROS, 2016, p. 61), enquanto o processo reflexivo seria considerado uma prática ruim por conta de sua não linearidade, podendo “[...] parecer um erro ou imperícia [...]” (BARROS, 2016, p. 61) para clientes ou até outros profissionais de projeto. Em uma

publicação de 2016, Barros aponta a possível complementariedade dos dois paradigmas na compreensão de que a sua coexistência pode significar uma boa experiência de projeto. Ambas as atividades poderiam contribuir em momentos diferentes dentro de um processo de projeto, e ao excluir uma delas “[...] podemos estar excluindo a própria natureza da atividade de projeto.” (BARROS, 2016, p. 60)

1.3 Suportes Cognitivos de Projeto

Como é possível observar, o desenvolvimento do entendimento do projeto de Arquitetura como criação em um processo metodológico acompanha o entendimento das próprias faculdades do fazer técnico. A aproximação das definições de projeto e as características históricas que se colocam frente a essas definições, são capazes de revelar o caráter não solitário da atividade projetiva do arquiteto. Sendo apoiado por entidades divinas ou soluções técnicas – desde a palavra falada até a modelagem tridimensional de um edifício –, a atividade projetiva se vale de um conjunto de suportes cognitivos.

A representação gráfica bidimensional talvez possa ser descrita como a protagonista dentre as soluções técnicas que apoiam o processo cognitivo desenvolvido durante as etapas de projeto. O registro gráfico pode ser entendido como uma tentativa de sintetizar o pensamento em formas planas (GOLDSCHIMIDT e PORTER 2004), como uma maneira de estabelecer um diálogo quando do encontro físico com um pensamento abstrato. O caráter de suporte cognitivo também pode ser observado na modelagem tridimensional, que, assim como no desenho plano, constitui uma maneira de externar as questões impostas pela prática de projeto (DIX e GONGORA, 2011).

A Teoria da Formatividade⁴ presente na obra de Luigi Pareyson (1997) nos aproxima deste entendimento de externalização de um processo mental a partir da aplicação da ação transformadora sobre um material: enquanto o artífice forma a obra – seja ela uma escultura, um desenho, ou gravura –, a obra, em si, é capaz de devolver a transformação ao artífice, fazendo este último passar por um processo reflexivo de novas descobertas e tomadas de decisão.

Desenvolvido principalmente durante as pesquisas do *Design Methods Movement*, o entendimento moderno do projeto como um **processo** que conta com um conjunto de metodologias bem definidas aparenta ter exercido uma influência sobre os instrumentos utilizados para esta atividade. O interesse na filosofia da ciência, na teoria de sistema e na lógica matemática de trabalhos como os de Rittel e Alexander, revelavam um interesse não mais na composição estética arbitrária das formas, “[...] mas a crença em uma estrutura intrínseca que a matemática tenta capturar, uma crença iniciada na Escola de Ulm em que o interesse em uma estética intrínseca a um processo metodológico poderia unir as culturas da arte e da ciência.” (NEVES et al, 2014, pág. 21, tradução nossa).

O conjunto de práticas de projeto, sejam elas próximas da racionalidade linear ou da reflexão-em-ação construtivista, necessitam desse conjunto técnico para acontecer. “As relações entre os homens, o trabalho, e a própria inteligência, dependem na verdade, da metamorfose incessante de dispositivos informacionais de todos os tipos.” (LÉVY, 2010, pág. 7). Os instrumentos mecânicos de desenho, escrita e modelagem espacial, passam a dividir espaço com as máquinas eletrônicas e suas teorias de operação desenvolvidas no período da Segunda Guerra Mundial.

4 O filósofo italiano Luigi Pareyson apresenta em obras como *Os Problemas da Estética* (1997) e *Teoria da Formatividade* (1993), o entendimento de que no momento em que o artista emprega uma ação transformadora de determinado material, ele irá depositar sua experiência técnica aliada às suas vontades estéticas e valores sociais. O material que está sendo moldado, em resposta, devolve novas descobertas e acaba por participar da formação de seu artífice.

“[...] a sucessão da oralidade, da escrita e da informática como modos fundamentais de gestão social do conhecimento não se dá por simples substituição, mas antes por complexificação e deslocamento de centros de gravidade. O saber oral e os gêneros do conhecimento fundados sobre a escrita ainda existem, é claro, e sem dúvida irão continuar existindo sempre.” (LÉVY, 2010, pág. 10)

Cientes da coexistência de tempos técnicos distintos (ROZESTRATEN, 2016), dentre os suportes disponíveis às dinâmicas de projeto atualmente, podemos indicar a computação como uma das soluções técnicas mais próximas da virtualidade social vigente (FLUSSER, 2013). No capítulo seguinte poderemos nos aproximar de um entendimento de como a informatização de questões sociais chega à arquitetura a partir dos anos 1980, através da popularização da computação pessoal e o desenvolvimento de *softwares* de desenho e modelagem tridimensional.

“Hoje, arquitetos utilizam o computador em todos os aspectos de seu trabalho, da base ferramental apoiada em softwares de projeto assistido por computação (CAD) como o AutoCAD; passando pelas explorações formais possibilitadas pela computação em processos de projeto algorítmico e paramétrico; até a visualização de dados complexos. Sem mencionar que os arquitetos utilizam os computadores como um meio de comunicação, publicação e divulgação do seu próprio trabalho.” (STEENSON, 2017, pág. 10, tradução nossa)

2. DE FERRAMENTA A INTERLOCUTOR

Para além dos mitos de origem da humanidade encontrados nas cosmologias descritas anteriormente, é possível identificar relatos sobre a alegoria da concepção divina de artefatos animados, ou seja, a fabricação de um “engenho vivente”, de natureza outra que a dos mortais. Mesmo a criação descrita em tais mitos não apresentando amarras ou restrições, já que as deidades e heróis supostamente envolvidos viveriam dentro do registro do que é mágico e fantástico, tais criações estariam baseadas na utilização de instrumentos e técnica, e ajudariam os próprios deuses e os mortais na execução de tarefas laboriosas e repetitivas.

Por esse motivo, estes artefatos animados são identificados pela autora Adrienne Mayor como **fabricados, e não nascidos** (2018), tendo em vista o emprego de ferramentas ordinárias para a montagem desses engenhos. Mayor trabalha a hipótese de que os relatos fantásticos de autômatos⁵ podem ter influenciado o desenvolvimento de pesquisas sobre máquinas inteligentes a partir da criação de um imaginário primitivo sobre estes seres artificiais.

Um dos relatos mais antigos da fabricação de um autômato estaria no final do poema épico Argonáutica de Apolônio de Rhodes. O deus grego da metalurgia, da técnica e da invenção, Hefesto, teria recebido uma encomenda de Zeus para fabricar três artefatos para seu filho Minos, rei de Creta: uma aljava repleta de flechas de ouro que nunca errariam o alvo;

5 Autômatos seriam máquinas ou engenhos compostos de partes mecânicas ou eletrônicas que lhe permitiriam realizar determinados movimentos, podendo ainda ter aparência humana ou de qualquer outro ser animado.

um cão de caça feito de ouro que nunca perderia sua presa; e por último, um autômato gigante feito de bronze que defenderia a ilha de Creta contra piratas (MAYOR, 2018). O texto de Apolônio narra a batalha do herói grego Jasão e sua amada Medéia, contra o gigante de bronze de nome Talos, que defendia Creta [Figura 7]. Medéia seria uma feiticeira que adquirira alguns dos conhecimentos dos deuses, e, confundindo a mente de Talos, ela teria derrotado o gigante fazendo ele atacar seu próprio calcanhar com uma pedra, expondo sua única parte vulnerável: uma veia que guardava o líquido de sua imortalidade (MAYOR, 2018).



Figura 7- Cerâmica com pintura narrando a morte do gigante autômato Talos. Fonte: <https://pbs.twimg.com/media/Dxmv2L4W0AASwPH.jpg>

Em outra narrativa mitológica podemos ver o ambiente de trabalho do deus da metalurgia repleto de autômatos. No canto 18 da *Ilíada* do poeta grego Homero, após receber a notícia da morte de seu filho Pátroclo, Tétis se dirige à oficina de Hefesto com o objetivo de encomendar uma nova armadura para seu outro filho, Aquiles [Figura 8]. Tétis encontra o deus ferreiro fabricando vinte autômatos mecânicos.

“[...] É que ele fabricava trípodes, vinte ao todo, para ficarem de pé em volta do muro da sua casa bem construída; e rodas de ouro colocara sob a base de cada uma, para que entrassem, automáticas, na reunião divina e de novo voltassem a casa, maravilha de se ver! [...]” (HOMERO, 1950, 370.4,5 / 375.1-3)

No mesmo canto, Tétis alega a presença do que aparentam ser duas estátuas de mulheres que teriam sido forjadas por Hefesto em ouro para servi-lo. Elas aparentavam estar vivas e possuíam o dom da inteligência e fala – talvez figuras parecidas com Pandora, também feita pelo deus da metalurgia.

“Para dar apoio ao soberano correram duas servas douradas, semelhantes a moças vivas. Nelas há entendimento no espírito; são dotadas de voz e de força e conhecem os trabalhos dos deuses imortais.” (HOMERO, 1950, 415.3-5 / 420.1)



Figura 8 - Tétis recebendo a armadura de Aquíles pelas mãos de Hefesto, pintura de Peter Paul Rubens, 1630-1635. Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/44/Thetis_receiving_armour_for_Achilles_from_Hephaestus_-_modello.jpg

Como observado anteriormente no mito de origem dos primeiros homens e mulheres feitos com barro moldado pelos titãs Prometeu e Epimeteu, os mortais seriam capazes de dar existência a uma natureza artificial – com ferramentas e objetos –, a partir do conhecimento que os titãs teriam lhes concedido, tratando da noção da **concessão** da sabedoria das artes e das ciências.

“[...] por amor aos homens, deu-lhes o fogo e ensinou-lhes todas as artes. Com Prometeu, os homens aprenderam a construir casas, a regular suas vidas pelo ritmo dos céus; com ele, passaram a conhecer a matemática, o alfabeto, a arte de domar os cavalos e navegar sobre os oceanos; dele derivam a medicina, a arte do vaticínio e a capacidade de extrair os preciosos metais ocultos na terra.” (ROSSI, 1989, pág. 143)

É possível inferir de tais mitologias que a partir do conhecimento concedido ou roubado por determinada deidade, a humanidade teria sido capaz não só de desenvolver suas civilizações, mas, assim como seus deuses deram vida ao homem e a mulher, a humanidade seria capaz de animar seus objetos técnicos.

Podemos nos valer de mais um relato da antiguidade grega, no limiar entre o relato fantástico e o histórico, que retrata o domínio máximo dos conhecimentos técnicos advindos dos deuses por um mortal. Sendo tratado como um descendente de Hefesto, os relatos dos trabalhos do artesão Dédalo teriam começado ainda em Atenas (MAYOR, 2018). “Usando ferramentas conhecidas, métodos, técnicas e materiais, Dédalo empregava a experiência criativa e a tecnologia para atingir resultados brilhantes.” (MAYOR, 2018, pág. 70, tradução nossa).

Durante o século V a.C., Dédalo teria aceitado treinar o filho de sua irmã como seu aprendiz (MAYOR, 2018). Seu sobrinho, Perdix⁶ (WILKINSON, 2018), aparentava ser tão brilhante quanto seu mestre – sendo, por exemplo, a invenção da serra de madeira creditada a ele. Com inveja de seu aprendiz, Dédalo teria jogado Perdix do topo da Acrópole de Atenas (WILKINSON, 2018). Julgado culpado pela cidade, o artesão decide fugir e se refugiar na Ilha de Creta, onde atenderia à encomenda do rei Minos para a construção de um labirinto⁷ (MAYOR, 2018). Após trair a confiança do rei de Creta, Dédalo e seu filho Ícaro são aprisionados no Labirinto. Planejando a fuga através da invenção de um novo engenho, Dédalo modela dois pares de asas para que pai e filho pudessem voar para fora de sua prisão. A partir de penas de pássaros e cera de abelha, a máquina de voar de Dédalo funciona,

6 Em alguns relatos o sobrinho de Dédalo se chama Talos de Atenas. Optou-se pelo nome Perdix para não ser confundido com o gigante de bronze da ilha de Creta.

7 Este relato mitológico pertence a uma narrativa mais extensa envolvendo o ser mitológico Minotauro, que teria sido aprisionado em um labirinto construído por Dédalo na ilha de Creta.

mas seu filho acaba impressionado com o voo e se aproxima demais do Sol, fazendo a cera de suas asas derreterem e ele cair para sua morte no Oceano (WILKINSON, 2018).

Mais do que assumir a figura de um herói mitológico, Dédalo é retratado pelo imaginário grego como um mortal excepcional, um “[...] mestre artesão bastante habilidoso, escultor de autômatos quase reais, inventor de ferramentas eficientes e o projetista de aparelhos que aumentariam as capacidades humanas.” (MAYOR, 2018, pág. 103, tradução nossa) – teria chegado à Dédalo o conjunto de conhecimentos para a criação das artes e da ciência concedidos por Prometeu aos mortais.

A cultura clássica mitológica tradicional chega em tempos atuais mantendo a pertinência de suas metáforas, mas ganhando imagens atualizadas através dos livros e filmes fantásticos e de ficção-científica. Quando observamos essas manifestações poéticas atuais de maneira rápida, pode-se acreditar em um aparente afastamento das mitologias antigas em detrimento de uma cultura de massas. Entretanto, como afirmado por Campbell (1990), as alegorias mitológicas não apenas estão presentes hoje, como guiaram o desenvolvimento de narrativas modernas, como a trilogia *Fundação* de Isaac Asimov, o roteiro original de *2001: Uma Odisséia no Espaço* de Arthur C. Clarke e Stanley Kubrik, e o romance cibernético *Androides Sonham com Ovelhas Elétricas?* de Philip K. Dick; em que os autores tratam das possíveis implicações da criação de máquinas inteligentes.

Desde as primeiras experiências registradas, o cinema oferece estímulos visuais que atingem o imaginário (BUCK-MORSS, 2009) se estabelecendo como uma linguagem animada capaz de dar forma ao que existiria no campo mental (PEREIRA, BARROS, 2019). Nesta linguagem, as alegorias criacionistas ganharam as representações de uma era de transições tecnológicas e confiança nas capacidades da ciência. Filmes como *Metropolis* (1927) ou *Der Herr Der Welt* (Mestre do Mundo, 1934), reestruturaram a alegoria mítica da vida concedida a um material inerte, mas agora adaptando a narrativa à era das máquinas e instrumentos inteligentes capazes de liberar a humanidade de suas tarefas.

Mesmo entendendo que “Especulações sobre a influência original [do desenvolvimento técnico] são impossíveis de se provar.” (MAYOR, 2018, pág. 212, tradução nossa), o historiador e futurista George Zarkadakis propõe que a influência das alegorias atemporais mitológicas sobre o desenvolvimento técnico aconteceria em um sistema de auto regulação (2015) em que a produção técnica busca a materialização de um imaginário descrito pela mitologia, e ao passo em que lança tais recursos técnicos, as imagens relativas às habilidades fantásticas são atualizadas. “A imaginação humana e a curiosidade impulsionam a criatividade e a inovação.” (MAYOR, 2018, pág. 211, tradução nossa).

2.1 As Máquinas de Cálculo

Nos últimos anos, a Ciência da Computação tem auxiliado o mercado de eletrônica de consumo a criar pequenos dispositivos digitais com um poder de processamento superior ao dos primeiros computadores eletrônicos. Pode-se afirmar que a história desta disciplina se confunde com a busca mitológica pelo desenvolvimento de dispositivos capazes de executar tarefas de maneira autônoma, comercializando a noção de que o ser humano seria exonerado de esforços repetitivos ou trabalhos de risco (MAYOR, 2018). Para tanto, tais máquinas deveriam apresentar capacidades racionais.

Como ciência, a computação propõe métodos de construção de máquinas digitais capazes de processar e simular fenômenos, a fim de ampliar a capacidade intelectual humana (FONSECA FILHO, 2007), proporcionando ferramentas de entendimento do mundo material e de liberação “[...] das tarefas repetitivas e de simples execução [...]” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 86). Historicamente, a criação de soluções técnicas que pudessem simplificar cálculos matemáticos – como o ábaco ou o mecanismo de *Antikythera*⁸ – representam a origem das calculadoras mecânicas, que

8 Em 1901, mergulhadores que exploravam o naufrágio de um navio datado de 60 a.c., perto da ilha grega de Antikythera (SULTAN, 2018), encontraram um tipo de dispositivo “[...] construído por engrenagens de metal e ponteiros.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 85).

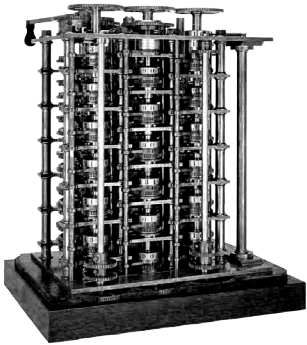


Figura 9 – Parte da Máquina Diferencial completada por Babbage em 1832.
Fonte: Museu de Ciências de Londres - Encyclopædia Britannica: <<https://www.britannica.com/technology/Difference-Engine>>.

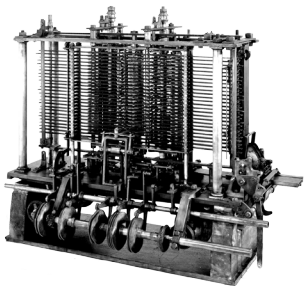
por sua vez fomentaram o desenvolvimento de máquinas que pudessem executar cálculos aritméticos de forma automática: “Como qualquer meio de comunicação humana, o veículo digital foi desenvolvido para executar tarefas que seriam muito difíceis de serem realizadas sem ele.” (MURRAY, 2003, p. 93)

A teoria da universalidade de usos aos quais estas últimas máquinas poderiam ser empregadas foi explorada em alguns projetos de dispositivos mecânicos e elétricos ainda no século XIX e é seguro apontar a *Difference Engine*, ou Máquina Diferencial [Figura 9], do matemático e astrônomo inglês Charles Babbage como um expoente desse período.

Em 1822, Babbage apresenta o projeto de um dispositivo movido a vapor capaz de executar um conjunto de cálculos através do uso de aparatos mecânicos como engrenagens e cavilhas (CERUZZI, 2012). Mesmo com apoio para o desenvolvimento do projeto, o desafio da construção de um aparato mecânico tão complexo era superior à disponibilidade técnica e energética de manufatura da época, fazendo Babbage parar de desenvolver seu projeto em 1833 (FONSECA FILHO, 2007).

Figura 10 – Parte da Máquina Analítica completa em 1910.
Fonte: Museu de Ciências de Londres - Encyclopædia Britannica: <<https://www.britannica.com/technology/Analytical-Engine#ref1069898>>.

Mesmo não completando a Máquina Diferencial original, Babbage desenhou diversas alternativas a fim de viabilizar o projeto. Uma das alternativas ficou conhecida como *Analytical Engine* ou Máquina Analítica [Figura 10] (CERUZZI, 2012) – ela seria capaz de realizar não apenas um conjunto pré-estabelecido de cálculos, mas realizar outras operações matemáticas a partir da reorganização interna de seus mecanismos (FONSECA FILHO, 2007).



Alguns estudos mais tarde, incluindo tentativas de reconstrução, indicaram que o objeto seria uma solução técnica para realizar cálculos a fim de entender fenômenos astronômicos (BANDEIRA, 2018). Pela relação existente entre o desenvolvimento do computador digital e as máquinas de cálculo da antiguidade, alguns pesquisadores denominam o mecanismo da ilha de Antikythera como o computador grego (SULTAN, 2018).

A produção de Arquitetura naquele período no Ocidente permanecia baseada na *École* francesa, valendo-se de um conjunto de instrumentos mecânicos de desenho desenvolvidos a partir de resoluções matemáticas do campo da geometria. Em sua tese *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture* (2013), Daniel Davis resgata um relatório do geólogo americano James Dwight Dana de 1837 sobre o desenho técnico para lapidação de cristais. O relatório contém instruções matemáticas para realização de projeções ortogonais de um grande número de pedras “[...] usando uma linguagem atrelada a parâmetros, variáveis e razões.” (DAVIS, 2013, pág. 19, tradução nossa). Mesmo a geometria da época estando bastante avançada, em um contexto onde as calculadoras mecânicas começavam a ser idealizadas, este seria um dos primeiros registros da utilização direta de funções matemáticas para guiar a modelagem tridimensional de um objeto (DANA, 1837).

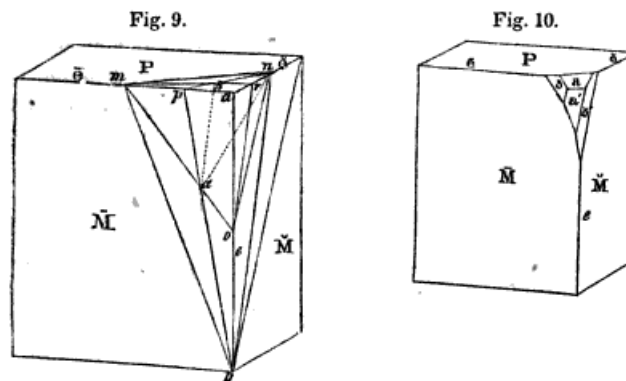


Figura 11– Diagramas de James Dana mostrando diferentes chanfros em arestas de minerais. Fonte: DANA, James D. On the drawing of figures of crystal. American Journal of Science and Arts. Vol. 33-p. 30, 1838;

Ainda sobre a Máquina Analítica de Babbage, a reorganização interna para realização de cálculos diversos seria viabilizada através do uso de cartões perfurados, como os utilizados pelo francês Joseph-Marie Jacquard na construção de um tear mecânico [Figura 12]. A diferença aqui é que Jacquard utilizava os cartões para **guardar** padrões de tricô, enquanto Babbage os utilizaria para **executar** funções matemáticas (CERUZZI, 2012).

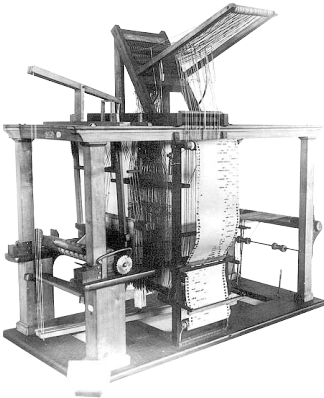


Figura 12– Tear mecânico de Joseph-Marie Jacquard que utilizava tiras perfuradas para guardar o padrão de trama dos fios. Fonte: <<https://www.yourdictionary.com/jacquard-loom>>

Em uma visita à Itália neorrenascentista, Babbage realiza uma série de palestras, tendo sido uma delas registrada e comentada pelo político e matemático Luigi F. Menabrea. Tais registros seriam publicados pela Biblioteca da Universidade de Genebra no ano de 1842, contando com uma tradução para o inglês feita por Ada Augusta Byron [Figura 13], condessa de Lovelace e filha do poeta britânico Lord George Gordon Byron (FONSECA FILHO, 2007).

Como já conhecia o projeto da Máquina Diferencial por ter sido apresentada a Babbage nas primeiras palestras do matemático em Londres, Lady Lovelace não apenas traduziu a publicação, como também acrescentou observações próprias que indicavam um entendimento amplo do tema (ESSINGER, 2014). Uma das indicações de Ada era em relação a um novo tipo de linguagem que deveria ser utilizada a fim de criar ordens de ações para as referidas máquinas – o que acabou reverberando em períodos modernos como a descrição de um tipo primitivo de linguagem de programação:

“Mesmo não estando a máquina construída, Ada procurou escrever sequências de instruções tendo descoberto conceitos que seriam largamente utilizados na programação de computadores como subrotinas, loops e saltos.”(FONSECA FILHO, 2007, pág. 91)



Figura 13 – Ada A. Lovelace. Fonte: Clay Mathematics Institute: <<https://www.welivesecurity.com/br/2017/10/10/ada-lovelace-day-mulheres-tecnologia/>>

No final daquele século, em 1890, Herman Hollerith, então funcionário do Escritório de Censo dos Estados Unidos, ganha uma concorrência para o desenvolvimento de dispositivos que auxiliassem o processamento de dados do censo norte-americano. Ele funda a *Hollerith Tabulating Machines*, que em 1914 se torna a CTR (*Calculating - Tabulating - Recording*), e dez anos depois seria renomeada para *International Business Machine* ou IBM (FONSECA FILHO, 2007).

Como apresentado anteriormente, o fim do século XIX para a Arquitetura marcava o início das rupturas em relação à busca por uma composição de soluções conhecidas e testadas pela *Beaux-Arts*. Alguns arquitetos do período buscavam um alinhamento às novas disposições industriais através da definição de espaços a partir das características ambientais dos materiais que empregavam. O arquiteto catalão Antoni Gaudí, por exemplo, buscava um melhor desempenho estrutural quando montou maquetes invertidas suspensas por correntes e sacos de areia em seu ateliê (TEDESCHI, 2014).

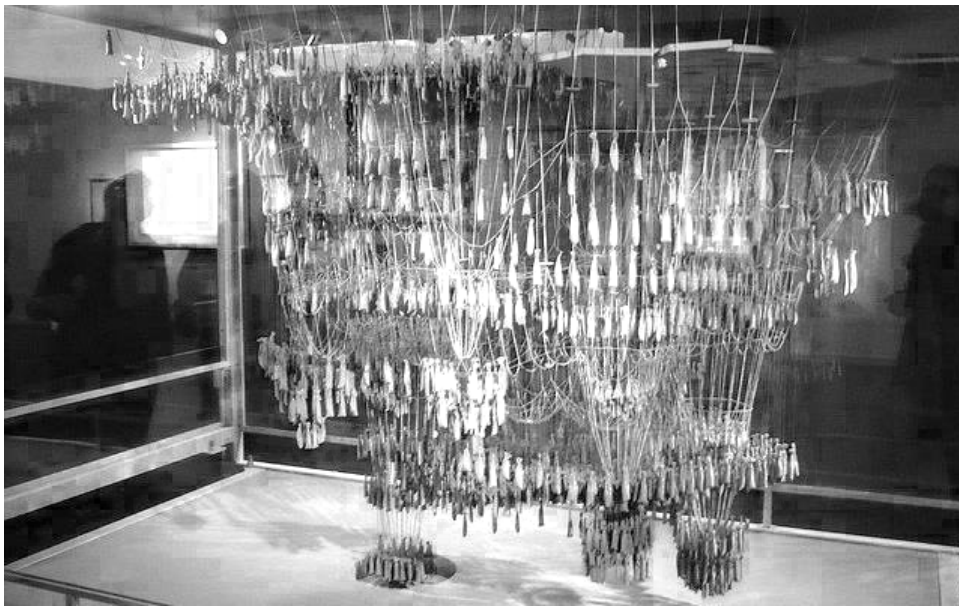


Figura 14 - Modelo da Sagrada Família feito com a técnica de pesos utilizada por Gaudí. Fonte: Fernandes, Jorge & Kirkegaard, Poul & Branco, J. (2016). *Tectonic Design of Elastic Timber Grid shells*.

Experiências como as de Gaudí sobre as representações físicas de forças naturais se aproximam das experimentações matemáticas com a simulação de equações abstratas nas calculadoras mecânicas: de maneira física, um computador analógico seria capaz de realizar o processamento de um volume grande de dados. Todavia, no mundo corporativo na entrada do século XX, as pesquisas e empresas “[...] passaram a exigir uma grande quantidade de cálculos, quase impossíveis de se resolver na prática.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 94). O início da Primeira Guerra Mundial em 1914 aumentava o número de demandas balísticas específicas para os calculistas nos países

envolvidos no conflito, influenciando o desenvolvimento de pesquisas para os primeiros computadores eletromecânicos.

Em meio às ascensões totalitárias de governos nacionalistas nas novas nações modernas em 1938, o até então estudante do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT - EUA), Claude Elwood Shannon, indica uma hipótese na Teoria da Informação que ecoaria até os dispositivos computacionais contemporâneos. O engenheiro resgata a lógica algébrica de George Boole⁹, com um sistema de cálculo baseado em uma tabela-verdade de apenas dois valores: 0 – para valores **falsos** – e 1 – para **verdadeiros** (FONSECA FILHO, 2007). Shannon entende que a álgebra booleana “[...] poderia descrever o comportamento de circuitos elétricos chaveados.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 99), auxiliando na organização de máquinas capazes de realizar diversos cálculos a partir de alterações elétricas no fluxo de informação.

2.2 Mainframes Eletrônicos

Após duas tentativas de projetar máquinas de cálculo automáticas em uma Alemanha do Terceiro Reich, o engenheiro da *Henschel Aircraft*, Konrad Zuse e sua equipe, desenvolvem em 1941 o dispositivo Z3 – que juntamente com os primeiros modelos funcionais da americana *Bell Telephone Laboratories*, seriam os primeiros computadores a utilizar a teoria de Claude Shannon sobre códigos binários (FONSECA FILHO, 2007). Como resgata Ceruzzi (2012), em meio ao regime nazista em 1937, Zuse descreve em suas anotações a possibilidade de máquinas autônomas desenvolverem raciocínio:

“Aproximadamente há um ano, eu venho considerando o conceito de um cérebro mecânico...Descobri que existem operações elementares com aspectos aritméticos e

⁹ George Boole (1815-1864) foi um matemático e filósofo britânico criador de um tipo de álgebra abstrata que propunha a captação de elementos essenciais de uma operação lógica.

mentais que podem ser resolvidas...Para a resolução de cada problema, deve existir um tipo específico de cérebro capaz de resolver o mais rápido possível.” (ZUSE apud CERUZZI, 2012, pág. 22, tradução nossa)

Próximo da definição matemática de funções que podem ser descritas através da relação entre entidades numéricas distintas na resolução de um problema abstrato, alguns escritos do arquiteto italiano Luigi Moretti, de 1939, mostram uma arquitetura baseada em parâmetros como um estudo que visava a “definição de relações de dependência entre dimensões e seus vários parâmetros” (BUCCI e MULAZZANI, 2000 apud DAVIS, 2013, pág. 18, tradução nossa). Moretti trabalhou com o matemático Bruno De Finetti fundando o Instituto para Pesquisas Matemáticas em Arquitetura (TEDESCHI, 2014), e pôde exemplificar suas análises sobre o que seria uma arquitetura baseada em parâmetros matemáticos com o exemplo de um projeto de estádio, que contaria com até 19 parâmetros diferentes para influenciar a modelagem do projeto [Figura 15], como ângulos de visão e custo (DAVIS, 2013). “[...] Moretti imediatamente entendeu o potencial da aplicação de computadores em projeto.” (TEDESCHI, 2014, pág. 21, tradução nossa).

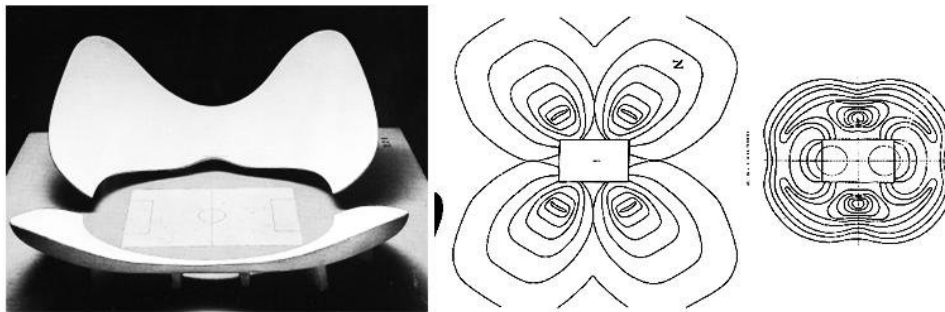


Figura 15 – Versão do projeto paramétrico de estádio apresentado por Luigi Moretti em 1960 durante a Trienal de Milão. Fonte: Palestini C., Basso A. (2019) Parametric Architecture and Representation, the Experiments of Luigi Moretti. In: Marcos C. (eds) Graphic Imprints. EGA 2018. Springer, Cham

Enquanto a Segunda Guerra Mundial eclodia com novas demandas bélicas, pesquisadores dos Laboratórios de Computação da Universidade de Harvard (EUA) iniciaram uma pesquisa conjunta com a IBM que resultou

no computador eletromecânico MARK I de 1943. No mesmo ano, a equipe organizada pela *Moore School of Electrical Engineering* da Universidade da Pensilvânia (EUA) colocou o computador ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) em operação (CERUZZI, 2012): uma máquina baseada no uso de válvulas e programada manualmente através de fios e interruptores (FONSECA FILHO, 2007). O ENIAC e seus sucessores encaminhavam a construção de computadores de grande porte [Figura 16], que necessitavam de salas inteiras para serem abrigados. Estes computadores são identificados hoje como *mainframe*.

2.2.1 Abordagem Conexionista de IA

Durante algumas pesquisas sobre a possibilidade de se criar máquinas autônomas como as descritas por Zuse, uma dupla de pesquisadores norte-americanos voltou-se para a estrutura e funcionamento do sistema nervoso humano e sua relação com impulsos elétricos. Em 1943, Warren McCulloch e Walter Pitts observaram que seria possível reconstruir o funcionamento da rede de neurônios a partir de expressões lógicas binárias (KAPLAN, 2016). Assim como descrito por Shannon e Boole, a lógica binária poderia, em parte, simular a cadeia de estímulos dos neurônios humanos.

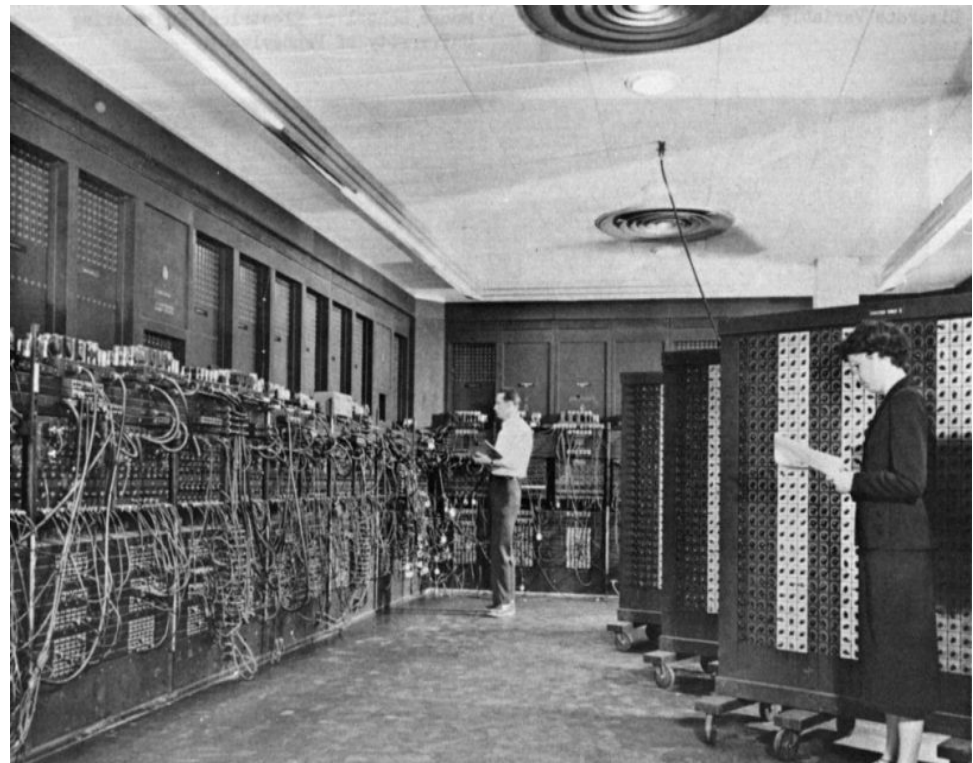


Figura 16 – O computador mainframe ENIAC. Fonte: Bruining, Nico & Barendse, Rogier & Cummins, Paul. (2017). The future of computers in cardiology: 'The connected patient'?. *European Heart Journal*. 38. 1781-1794. 10.1093/eurheartj/ehx264.

Trabalhos como este pretendiam estabelecer relações estruturais entre o funcionamento do cérebro humano e o possível desenvolvimento de um sistema artificial autônomo de inferência de padrões. Dentro das pesquisas do campo de Inteligência Artificial – um campo da computação que naquele ano ainda não havia sido formalizado –, esta abordagem foi conhecida como **conexionista** (FONSECA FILHO, 2007; LEVESQUE, 2017), servindo como base para definições de **redes neurais artificiais** e **aprendizado de máquina**.

2.2.2 Cibernética e o Jogo da Imitação

Em um período de guerra, os avanços técnicos que se prestam a resolver questões bélicas ganham maior destaque e suporte financeiro devido a sua devolutiva direta às forças armadas de um país. O matemático do MIT Norbert Wiener, possuía pesquisas sobre o rastreamento de um alvo a partir de redes de telecomunicação, tendo inclusive proposto a construção de uma máquina para esse fim (CERUZZI, 2012). Mesmo seu trabalho não tendo sido efetivado naquele período, ele auxiliou – juntamente com publicações de Gordon Pask e W. Ross Ashby¹⁰ –, na criação de uma corrente teórica importante sobre o controle autônomo e a auto regulação (WIENER, 1948).

Em sua publicação *Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1948), Wiener estabelece a necessidade de se estudar a **cibernética**, e descreve a possibilidade de desenvolvimento de uma máquina autônoma capaz de apresentar comportamento inteligente.

Na Inglaterra, a base militar secreta de *Bletchley Park*, em Buckinghamshire, reunia cientistas e matemáticos para tentar quebrar a criptografia de um dispositivo nazista chamado ENIGMA [Figura 17], o que resultou na construção de computadores eletrônicos de processamento de texto como a Bombe (CERUZZI, 2012) e o mainframe COLOSSUS (FONSECA FILHO, 2007), operacional em 1944 [Figura 18]. Um dos cientistas envolvidos no projeto era o matemático britânico Alan Mathison Turing.



Figura 17 – Dispositivo de criptografia desenvolvido na Alemanha nazista chamado ENIGMA. Fonte: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/wwii-enigma-machine-found-flea-market-sells-51000-180964053/>

¹⁰ William Ross Ashby (1903-1972) foi médico neurologista inglês responsável por teorias sobre auto regulação de sistemas a partir do conceito de homeostase. Andrew Gordon Speedie Pask (1928-1996), foi um matemático e inventor que descreveu conceitos sobre a cibernética e a psicologia.

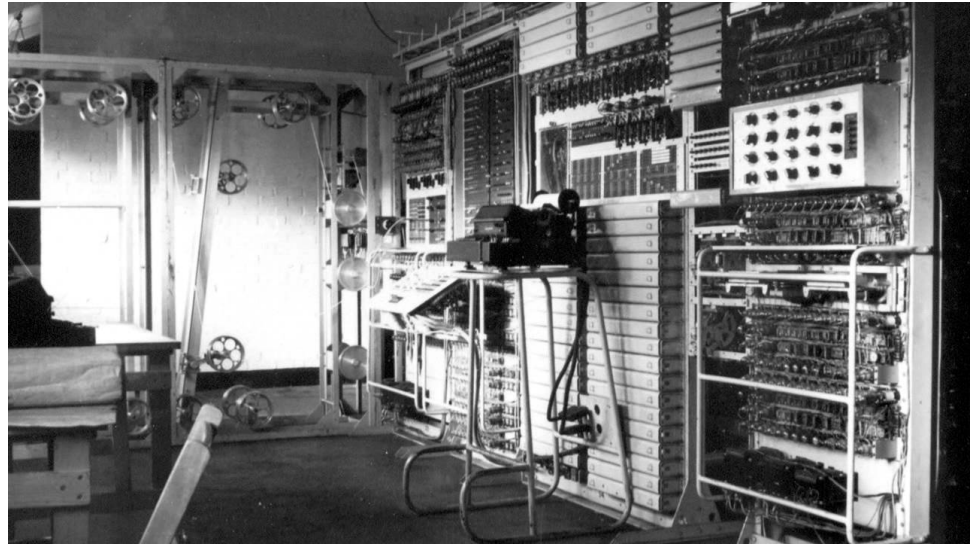


Figura 18 – Computador COLOSSUS. Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/knXWMjIA59c/maxresdefault.jpg>

Em 1950, após o fim da Segunda Guerra, Alan Turing publica um artigo no periódico *Mind*, de título *Computing Machinery and Intelligence* (1950). Turing trabalha sobre o questionamento “podem as máquinas pensar?”, apresentando uma forma de teste que validaria a presença de inteligência em um dispositivo computacional. Na descrição do *Imitation Game* ou Jogo da Imitação (TURING, 1950), uma pessoa e um computador seriam colocados em salas separadas, e em uma terceira sala um avaliador distribuiria questões para ambos os avaliados [Figura 19]. O computador

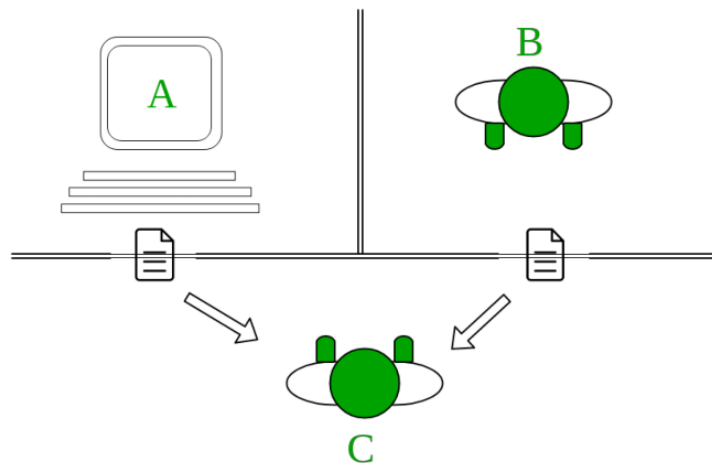


Figura 19 – Diagrama que descreve o Jogo da Imitação de Alan Turing. Fonte: Adam, Eric. (2019). Improve the User Experience of Chatbots with Tone Analysis. 10.13140/RG.2.2.20569.57444.

teria que usar a suposta inteligência em seu processamento para enganar o avaliador fazendo-o acreditar que o outro avaliado era a máquina.

Valendo-se de um experimento de pensamento, Turing afasta sua discussão das restrições técnicas de seu tempo para trabalhar sobre as implicações lógicas e filosóficas do desenvolvimento futuro de computadores que possuiriam uma universalidade de usos e funções capazes de obterem resultados satisfatórios no Jogo da Imitação (TURING, 1950).

As teorias de Turing sobre a possibilidade de uma máquina universal, os avanços no campo da cibernética de Wiener, e a abordagem conexionista de IA, mostravam – ainda que de maneira teórica –, que o rigor da ciência moderna poderia atualizar os limites entre o fantástico mitológico e as soluções técnicas exequíveis. Em 1951, no Departamento de Matemática da Universidade de Princeton (EUA), Marvin Minsky e Deam Edmonds constroem o primeiro computador baseado em **redes neurais artificiais** – como descrito por McCulloch e Pitts anos antes. O SNARC (*Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator*), “Era um computador analógico capaz de simular uma rede de 40 neurônios.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 135)

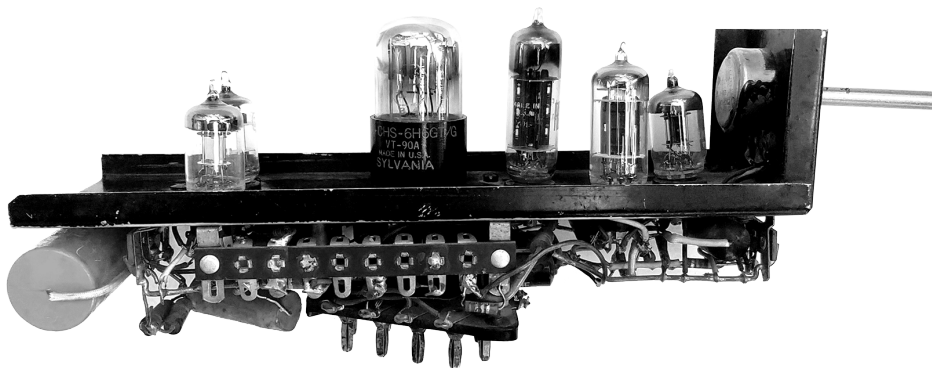


Figura 20 – SNARC, uma rede neural artificial desenvolvida para simular as sinapses de um conjunto de 40 neurônios. Fonte: <https://www.the-scientist.com/foundations/machine-learning--1951-65792>

A década de 1950 também foi responsável por avanços na organização das estruturas que compunham os sistemas de computadores. O matemático húngaro radicado nos EUA John von Neumann, ingressa para o grupo

do ENIAC na Universidade da Pensilvânia no ano de 1952, auxiliando no desenvolvimento de um novo modelo, o EDIVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*) (FONSECA FILHO, 2007). As hipóteses de von Neumann sobre a organização das estruturas internas de um computador formaram uma teoria que só seria publicada um ano após a sua morte em 1957. O livro *The Computer and The Brain*, abordava as semelhanças conexionistas entre a mente humana e o computador, estabelecendo um novo paradigma para o projeto de computadores que ficou conhecido como “arquitetura¹¹ de von Neumann” – em que os programas são armazenados na mesma memória que os dados (NEUMANN, 1958).

Com os avanços técnicos na construção de computadores, dois pesquisadores americanos que trabalharam na criação do ENIAC, J. Presper Eckert e John Mauchly identificam um nicho comercial para computadores de uso genérico, adequados para qualquer operação de cálculo e processamento



Figura 21 – Computador comercial UNIVAC.
Fonte: <http://vid.geekazine.com/dith/uploads/2013/06/Univac1.jpg>

11 Aqui a palavra arquitetura não se refere a um ambiente construído ou alguma representação ligada a construção de espaços. O termo é empregado aqui para indicar a organização física-estrutural de um sistema eletrônico.



Figura 22 – IBM 701.
Fonte: https://2.bp.blogspot.com/-RQNtrNTvzUM/Ujkhq2dwGQI/AAAAAAAAABp8/eMM_dnSS4mI/s1600/IBM_701.jpg

de dados. No início da década 1950, eles deixam o projeto da Universidade da Pensilvânia e apresentam o UNIVAC (*Universal Automatic Machine*). Em seguida a empresa concorrente IBM também lança seu primeiro computador comercial, o IBM 701.

2.2.3 Abordagem Simbólica de IA

Enquanto a computação comercial ganhava o imaginário civil junto da confiança na ciência como uma forma de conhecimento objetivo, uma conferência em Dartmouth¹² (Hanover, New Hampshire - EUA) em 1956 apontava a necessidade de serem desenvolvidos estudos na então recém nomeada área da Inteligência Artificial (IA). Contando com a presença de pesquisadores como John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon e W. Ross Ashby, a conferência pretendia desenvolver uma definição comum de IA como “[...] o projeto de um sistema computacional que entende linguagem natural, reconhece padrões, e realiza inferências lógicas a partir de um conjunto de dados.” (CERUZZI, 2012, pág. 114, tradução nossa).

12 Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence.

A agenda de pesquisa elaborada pelos relatórios subsequentes à conferência de Dartmouth propunha o desenvolvimento de modelos computacionais de Inteligência Artificial a partir de uma abordagem **simbólica** (FONSECA FILHO, 2007; KAPLAN, 2016; LEVESQUE, 2017). “A representação e simulação da inteligência não estaria na construção de um determinado tipo de *hardware*, mas no desenvolvimento de um *software* que opera sobre dados.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 135).

“McCarthy e muitos de seus colegas eram interessados na lógica simbólica, um ramo da matemática que lida com a representação de conceitos e afirmações como símbolos, em seguida define-se um conjunto de transformações para manipulação desses símbolos a fim de obter um raciocínio dedutivo da hipótese para a conclusão (ou indutivo da conclusão para a hipótese).”
(KAPLAN, 2016, pág. 14, tradução nossa)

Como Kaplan aponta, seguindo as características metodológicas modernas de pesquisa científica da época, os experimentos em IA desse período se concentrariam nos *toy problems*, problemas menores e bem delimitados como os *tame problems* de Horst Rittel, “[...] limitando sua aplicabilidade a situações de mundo simplificadas ou controladas, como jogos e questões abstratas de lógica.” (2016, pág. 18, tradução nossa). Pelo longo protagonismo desse tipo de abordagem, sistemas especialistas e programas de planejamento baseados em inferências simbólicas compõem o que hoje denomina-se GOFAI - *Good Old-Fashioned Artificial Intelligence* (KAPLAN, 2016; LEVESQUE, 2017).

2.2.4 Algoritmos

Ao passo que os computadores eram comercializados e ganhavam uma maior complexidade de funcionamento, os pesquisadores entendiam que o estabelecimento de sequências de operações não poderia mais ser feito

através da troca de fios ou acionamento de chaves em um mainframe. Por se tratar de uma linguagem altamente abstrata, o uso de código binário – a linguagem utilizada para a identificação dos impulsos elétricos que descrevem o estado de acionamento da máquina – também apontava para a necessidade do estabelecimento de uma nova “[...] notação simbólica para tornar os programas mais fáceis de escrever.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 112). Podemos lembrar aqui das análises de Ada Lovelace em relação ao uso de linguagem simbólica para programar a Máquina Diferencial de Babbage.

“A busca de linguagens que pudessem permitir que os algoritmos fossem expressos em termos análogos à ideia elaborada na mente do programador fez com que aparecessem os primeiros compiladores e começassem a surgir as chamadas linguagens de alto nível.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 112)

A próxima etapa no desenvolvimento de uma linguagem foi colocada em prática com a operação dos primeiros compiladores e interpretadores.

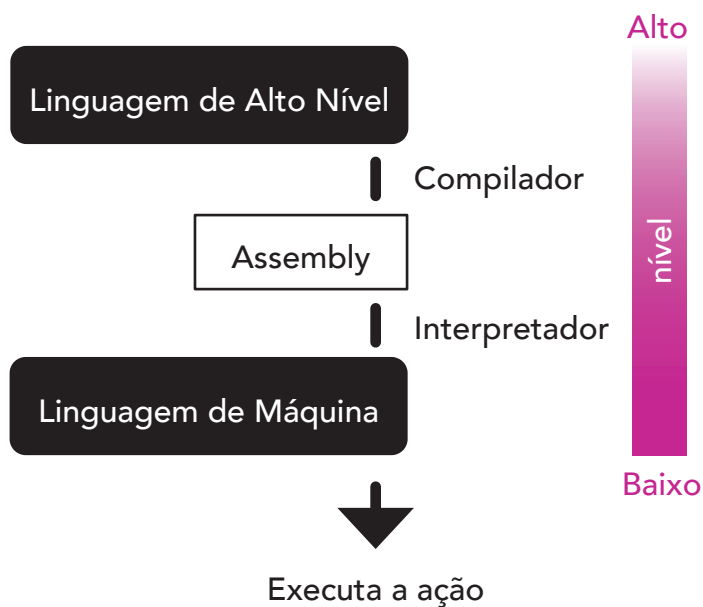


Figura 23 – Diagrama sobre os diferentes níveis de linguagem de programação. Fonte: do autor.

Indicados na época de sua descrição teórica como uma “programação automática” de três níveis (FONSECA FILHO, 2007, pág. 116), os **compiladores** poderiam traduzir declarações em linguagem de alto nível para uma série de instruções (*assembly*) que seriam **interpretadas** para gerar o correspondente código em linguagem binária de máquina. Com isso, foi possível utilizar uma notação simbólica mais próxima da língua natural inglesa, e o conjunto compilador-interpretador seria responsável por realizar a tradução automática dos comandos para uma linguagem de baixo nível, ou linguagem de máquina.

Algoritmos seriam então, expressões linguísticas simbólicas de um problema. “Uma descrição sintática com especificidades gramaticais que devem ser seguidas a fim de formular expressões funcionais.” (PEREIRA, BACKHEUSER, 2017, pág. 2). A articulação linguística de um algoritmo não serve apenas para descrever as etapas de sua solução, mas para comunicar essas etapas a um outro agente responsável pelo processamento dos dados que compõe a expressão: o computador (TERZIDIS, 2006).

Toda linguagem, seja ela natural ou artificial, possui dois componentes de organização (COATES, 2010): um conjunto léxico de símbolos – um alfabeto ou sistema de sinais –; e uma forma de combinar esses símbolos, a sintaxe (PEREIRA, HENNO, 2017). O computador é baseado em um tipo de linguagem artificial, assim como qualquer outro sistema técnico desenvolvido – sendo esta linguagem passível de ser entendida por pessoas após passarem por treinamento apropriado (COATES, 2010).

Em 1957, uma equipe da IBM desenvolveu a linguagem de alto nível *IBM Mathematical FORMula TRANslation System* - FORTRAN no computador IBM 704: “Com o FORTRAN apareceram as expressões simbólicas, subprogramas com parâmetros, mas principalmente ocorreu a primeira tentativa de se definir rigorosamente a sintaxe de uma linguagem de programação.” (FONSECA FILHO, 2007, pág. 124), abrindo espaço para a criação posterior de um grande número de linguagens como LISP (criada por John McCarthy), Pascal, Java e C++.

2.3 Primeira Geração de “Arquitetos Digitais”

Ao passo em que soluções técnicas possibilitavam um aumento na capacidade de processamento dos computadores, as experiências que buscavam reconstruir a mente humana em objetos técnicos também ganhavam força. Alguns pesquisadores egressos da conferência de Dartmouth começavam a apresentar exemplos do que a abordagem simbólica de IA poderia oferecer: Arthur Samuel demonstra um programa de computador capaz de aprender a jogar damas (contra uma pessoa ou contra si mesmo); Allen Newell e Herbert Simon constroem o programa *General Propose Solver* para mimetizar comportamentos humanos na resolução de problemas lógicos (KAPLAN, 2016).

Enquanto isso, apoiado por fundos da marinha estadunidense na Universidade de Cornell em 1957, Frank Rosenblatt apresenta o Perceptron. Sendo nomeado como um neurônio artificial, o Perceptron resgatava as ideias conexionistas de IA colocadas por McCulloch e Pitts na década anterior: a construção de uma **rede neural artificial**.

“Neurônios em uma rede neural artificial são organizados em uma série de camadas. Os neurônios de cada camada estão conectados apenas com os neurônios de camadas acima ou abaixo daquela, onde as interconexões são modeladas em valores, sendo (por convenção) 0 ‘não conectado’, e 1 ‘conectado’.” (KAPLAN, 2016, pág. 29, tradução nossa)

Outro avanço relacionado aos componentes eletrônicos aumentaria a velocidade de processamento de um computador, fomentando pesquisas sobre a interação rápida e intuitiva com a máquina. Mesmo sendo apresentado pela *Bell Telephones Laboratories* no Natal de 1947, os **transistores** (que substituiriam os tubos de vácuo nos computadores *mainframe*), só impactariam o desenho de novos computadores no início da

década de 1960 (CERUZZI, 2012), quando foi desenvolvida uma solução para integrar os transistores de um computador em uma mesma placa de circuito impressa utilizando silício – o **circuito integrado**.

Em 1960, o psicólogo e cientista da computação Joseph Carl Robnett Licklider, publica um relatório sobre a possível relação simbiótica que poderia ser desenvolvida entre o computador e o ser humano. Atuando como pesquisador da *BBN Technologies (Bolt Beranek and Newman Inc.)*, Licklider teria tido contato com computadores comerciais de última geração e trabalhado com pesquisadores interessados em tornar as máquinas tradicionais de cálculo em ferramentas universais e inteligentes. O relatório *Man-Computer Symbiosis*, estabelecia que o desenvolvimento dos *softwares* e dos *hardwares* de um computador possibilitaria uma relação intuitiva de cooperação entre homem e computador, onde um poderia se beneficiar das potencialidades do outro (LICKLIDER, 1960).

O autor aponta que esta relação simbiótica se afastaria do entendimento de que as soluções técnicas elaboradas para auxiliar as tarefas diárias da sociedade serviriam como **extensões mecânicas** do corpo, já que o desenvolvimento dessas extensões mecânicas significariam a automação plena da tarefa para a qual aquela tecnologia foi criada, onde “[...] os homens que sobram estão lá mais para ajudar do que para serem ajudados.” (LICKLIDER, 1960, pág. 2, tradução nossa).

A hipótese de simbiose de Licklider afirmava que “[...] em um futuro não muito distante, cérebros humanos e dispositivos computacionais estarão associados de uma maneira bastante próxima, e a parceria resultante elaborará pensamento como nenhum cérebro humano foi capaz de pensar e processará dados de uma forma inacessível para as máquinas que processam informações que conhecemos hoje.” (LICKLIDER, 1960, pág. 2, tradução nossa).

Em 1963, em meio às tensões políticas entre EUA e URSS na Guerra-Fria, Licklider foi nomeado chefe do programa de Ciências Comportamentais e

Comando da *Advanced Research Project Agency* (ARPA) do Departamento de Defesa norte-americano, visitando centros de pesquisa e tomando conhecimento de projetos em andamento por todo o país. Licklider fica especialmente interessado em pesquisas de redes de telecomunicação, e fomenta a criação da ARPANET dentro do Departamento de Defesa: uma rede interna de comunicação onde foram criadas muitas soluções técnicas que seriam utilizadas para a formação da Internet dos anos 1990.



Figura 24 – Protótipos de periféricos para interação humano-computador de Douglas Engelbart.
Fonte: https://99percentinvisible.org/app/uploads/2014/12/1450065_10154835434955223_6006051154741721_69_n1.jpg

Uma das observações feitas por Licklider em relação ao estado de cooperação que poderia acontecer entre homem-computador dizia respeito a alterações necessárias nos objetos de interação que permitiriam uma comunicação fluida e rápida entre as duas partes. Algumas pesquisas dessa época começam a difundir novas maneiras de se acessar um computador; é de 1963 a primeira patente de mouse por Douglas Engelbart – um objeto que naquela década não possuía muita utilidade, já que a maioria dos terminais computacionais só aceitava a inserção de texto por linguagens

de programação; o mouse ganharia destaque na década de 1980 com o lançamento dos computadores pessoais.

As soluções técnicas computacionais criadas entre a Primeira e a Segunda Guerra começam a ser distribuídas comercialmente, e a atingir centros de pesquisa interessados na aplicação de tais tecnologias de maneira prática em seus campos do conhecimento. Relatórios como o de Licklider (1960) ou as pesquisas sobre o aumento do intelecto humano pela computação de Engelbart (1962) se valiam de atividades diretamente relacionais ao cotidiano civil para ilustrar o alcance dos dispositivos computacionais. Na publicação *Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework* de Douglas Engelbart (1962), o pesquisador utiliza como exemplo uma detalhada descrição textual da rotina de trabalho de um “arquiteto-aumentado” pelo uso de um computador:

“Vamos considerar um arquiteto ‘aumentado’ em seu trabalho. Ele senta em sua estação de trabalho que conta com uma tela de três pés [aprox. 90cm] em um dos lados; essa é sua superfície de trabalho, e é controlada por um computador (seu ‘funcionário’) com quem ele pode se comunicar através de um pequeno teclado e vários outros dispositivos.

Ele está projetando um edifício. Ele já imaginou um número razoável de layouts e formas estruturais, e está testando-as sobre sua tela. Ele já entrou com os dados do levantamento para os layouts que ele está trabalhando, e acaba de indicar ao ‘funcionário’ que lhe mostre uma visão de perspectiva do terreno de projeto em uma encosta íngreme abaixo de uma rodovia, [...]” (ENGELBART, 1962, pág. 4, tradução nossa)



Figura 25– Ivan Sutherland interagindo com o Sketchpad. Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/fddOvhjyy8o/maxresdefault.jpg>

A minuciosa descrição continua através de diversas etapas de um processo de projeto que agora seria melhorado com a interação entre o arquiteto e um “funcionário-máquina”. O desenvolvimento de pesquisas sobre a Interação Humano-Computador (IHC) valeu-se em muitos momentos do ambiente de trabalho de projeto, já que esta tarefa envolveria a resolução de problemas complexos com o auxílio de suportes manuseados diretamente pelos projetistas, estabelecendo uma relação cognitiva com suas ferramentas.

Relacionada com o desenvolvimento da IHC na prática de Arquitetura, o trabalho de doutorado de um engenheiro elétrico do MIT configura uma primeira exploração prática de ambientes de projeto como o descrito por Engelbart. Em 1963, sob supervisão de Claude Shannon, Marvin Minsky e Steven Coons¹³, o estudante Ivan Edward Sutherland desenvolvia uma

13 Steven Anson Coons (1912-1979) engenheiro da computação que teorizou

pesquisa sobre a organização do que pode ser um dos primeiros *softwares* de desenho digital, o chamado Sketchpad (SUTHERLAND, 2003). O programa era capaz de realizar desenhos a partir da interação direta de uma caneta de luz em um monitor; sendo possível ainda criar e salvar rotinas de desenho utilizando as diversas chaves e acionadores (STEENSON, 2017). As versões iniciais¹⁴ do programa Sketchpad foram executadas em um computador mainframe chamado Lincoln TX-2 do MIT, e podem ser identificadas como os primeiros *softwares* CAD (*Computer-Aided-Design*). Por essa razão, o Sketchpad exerceu não só grande influência no desenvolvimento dessa categoria de *softwares*, mas também na forma como um operador humano interagiria com um computador no momento do projeto.

As explorações digitais através de *softwares* CAD só chegariam aos escritórios de arquitetura algumas décadas mais tarde. Enquanto isso, disciplinas que dialogavam com a prática de projeto tinham o uso de dispositivos computacionais como sua rotina (KOTSIORIS, 2015). Grandes empresas de engenharia eram capazes de aplicar recursos financeiros para custear a automação de cálculos de risco e previsões de lucro – como a norte-americana *Skidmore, Owings and Merrill* (SOM) na Capela da Academia de Cadetes da Força Aérea dos Estados Unidos (NATIVIDADE, 2010) –, ou até para resolver questões estruturais complexas através de abstrações matemáticas – como os ingleses da Arup fizeram no projeto da cobertura da *Sydney Opera House* (STEENSON, 2017).

Como vimos anteriormente, ao passo que as teorias computacionais eram publicadas, pesquisadores de áreas adjacentes, como a Arquitetura e o Design, aplicavam o rigor técnico e racional da ciência na tentativa de estabelecer

a possibilidade de aplicação de métodos de computação gráfica para auxiliar na produção de desenhos para a engenharia.

14 As duas primeiras versões do Sketchpad foram desenvolvidas por Ivan Sutherland e contavam com recursos de desenho bidimensional. A terceira versão foi desenvolvida por Timothy Johnson e era capaz de criar visualizações tridimensionais.

um método estruturado para prática de projeto. Depois de se graduar em Matemática e Arquitetura pela Universidade de Cambridge, o alemão Christopher Alexander muda-se para os EUA e continua seus estudos em um programa de doutorado de Arquitetura da Universidade de Harvard (STEENSON, 2017).

Com a presença metodológica de uma abordagem científica almejada pelo *Design Methods Movement*, a tese *Notes on the synthesis of form* (1964) de Alexander, buscava um método para a identificação e a separação do problema de projeto em entidades menores. Assim a complexidade da questão poderia ser melhor avaliada no momento de tomada de decisão dentro do projeto. Ele pretendia diminuir a intuição e arbitrariedade em favor da racionalidade na tomada de decisão (NATIVIDADE, 2010; STEENSON, 2017). Durante este período, Alexander pôde experimentar suas teorias em um computador IBM 7090, que já contava com os novos transistores da época. Até o meio da mesma década, “[...] Alexander já trabalhara com um computador por alguns anos para calcular e marcar graficamente as relações entre os requisitos de um projeto.” (STEENSON, 2017, pág. 25, tradução nossa)

No mesmo ano da publicação de Alexander e em meio às propostas científicas do DMM, é organizada em Boston a conferência *Architecture and the Computer*, que contou com a presença de muitos pesquisadores do campo da computação e da arquitetura – entre os nomes que apresentaram suas pesquisas no evento podemos destacar o próprio Christopher Alexander, Marvin Minsky, Steven Coons e Ivan Sutherland. O alcance do evento pôde ser sentido pela autoria da cautelosa fala de abertura, escrita pelo fundador da escola de design alemã Bauhaus, Walter Gropius (STEENSON, 2017).

“Não sendo familiar ao vasto novo campo de sistemas de computador, eu quero ser cauteloso. Ainda acredito, se olharmos para as máquinas como ferramentas potenciais

para encurtar os nossos processos de trabalho, que elas poderiam nos ajudar a libertar o nosso poder criativo [...]. O que não posso prever ainda é um método viável para o arquiteto ou designer de usar essas ferramentas no momento em que elas são necessárias. A ênfase será, certamente, na formulação inteligente das perguntas a serem respondidas pelo computador. Será que vai ser necessário formar uma nova profissão dos assistentes de arquitetura para a finalidade de articular os problemas a serem resolvidos na linguagem adequada do computador?” (GROPIUS apud ROCHA, 2004, pág. 91, tradução nossa)

A conferência parecia dividir opiniões entre o grupo de arquitetos ávidos pela aplicação imediata de computadores como uma ferramenta de projeto, e outro grupo de intelectuais que propunham a elaboração de uma abordagem crítica sobre a computação junto à profissão, “Para os membros desse último grupo, como Minsky, a computação aplicada a práticas criativas atingiria limites desconhecidos e novos somente através da Inteligência Artificial (IA).” (KOTSIORIS, 2015).

Ao passo que o jovem mercado de *software* abastecia a indústria automobilística e aeronáutica, os avanços em computação gráfica na década de 1960¹⁵ começavam a chegar aos estúdios de animação e empresas de jogos digitais com novas soluções em renderização de modelos tridimensionais para a criação de imagens digitais foto-realistas. A prática de Arquitetura começava aos poucos a se apropriar dessas tecnologias que tanto mexiam

15 Em 1960, William Fetter e Verne Hudson, engenheiros da Boeing, cunham o termo computação gráfica a partir de pesquisas de simuladores de voo para treinamento (STEENSON, 2017).

com o imaginário artístico na produção de imagens. O interesse pela produção digital de imagens de projetos ainda não construídos vinha acompanhada das revisões em teorias do *Design Methods Movement*, e uma desconfiança na racionalidade científica da computação como um **método** adequado para lidar com os *wicked problems* de projeto em Arquitetura.

2.3.1 As Experiências do Architecture Machine Group

Em meio a uma transformação pedagógica que buscava o entendimento de como se daria a transição entre o ensino clássico e as novas soluções técnicas possibilitadas pela computação (STEENSON, 2017), o arquiteto Nicholas Negroponte e o engenheiro Leon Groisser, fundam no ano de 1967 no MIT o *Architecture Machine Group* (AMG): “O Architecture Machine Group formava novos paradigmas no ensino e pesquisa técnico e computacional para arquitetos.” (STEENSON, 2017, pág. 166, tradução nossa).

Em duas publicações que tratavam das intersecções entre Arquitetura, Computação e Inteligência Artificial (NEGROPONTE, 1970; 1975), *The Architecture Machine* e *Soft Architecture Machine*, Negroponte teorizou o que seria um “[...] ambiente inteligente que eventualmente estaria ao nosso redor e todos habitariam.” (STEENSON, 2017, pág. 170, tradução nossa), uma interface espacial que não apenas conectaria as pessoas aos processos digitais, mas aplicando modelos de Inteligência Artificial, seria capaz de formular e responder questões.

A proposta de integração entre um(a) arquiteto(a) e seu ambiente de produção inteligente apresenta-se fundamentada em pesquisas anteriores sobre a **simbiose** humano-computador como o relatório de Licklider. Negroponte sugere “[...] uma dialética em que espécies, processos e sistemas inteligentes diferentes estariam juntos como associados – isso é, aliados ou parceiros.” (STEENSON, 2017, pág. 171, tradução nossa).

A abordagem simbiótica que seria explorada pelo AMG diferia de pensamentos apresentados anteriormente sobre o papel do computador em um ambiente de produção de Arquitetura. Segundo Steenson, a apresentação de Steve

Coons na conferência *Architecture and the Computer* apresentava “[...] os humanos como mestres, e o computador, como escravos.” (2017, pág. 171, tradução nossa). Algo mais próximo do que Engelbart escreveu na descrição das atividades do “arquiteto-aumentado” por seu “funcionário-máquina”.

Negroponte identificava que os computadores poderiam evoluir para entidades inteligentes e sensíveis (1975), que estariam presentes em diversos objetos colocados no mundo físico, permeando as relações entre o sujeito e o ciberespaço¹⁶ – algo próximo do que temos hoje por computação ubíqua (VASSÃO, 2015). Considerando a pesquisa de seus colegas matemáticos na abordagem simbólica de pesquisas em IA, o desenvolvimento de experimentos no AMG valia-se dos problemas fechados – *toy problems* ou *closed worlds* (STEENSON, 2017) – para demonstrar a aplicabilidade de

16 O ciberespaço é o “espaço”, não físico, onde se encontram as informações compartilhadas em rede, uma espécie de realidade paralela digital, tão complexa e repleta de camadas como o mundo real propriamente dito.

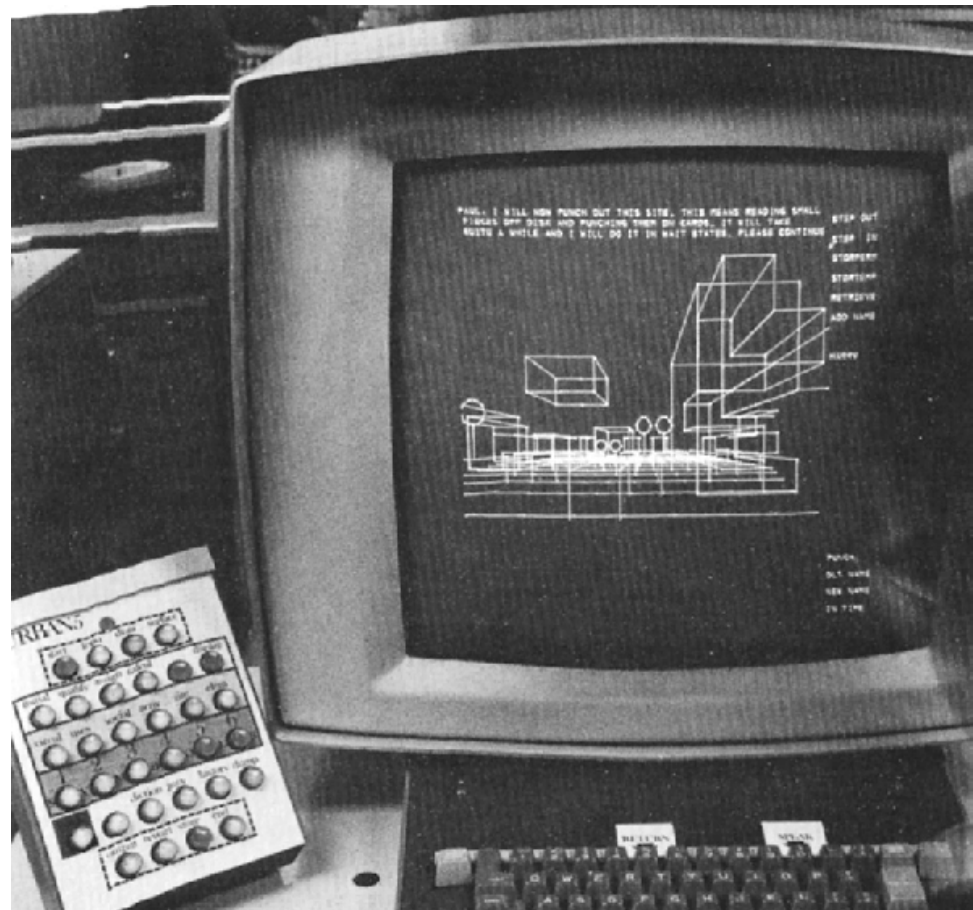


Figura 26– O software URBAN 5 desenvolvido pelo AMG. Fonte: https://www.researchgate.net/profile/Alberto_Sdegno/publication/310004778/figure/fig4/AS:427657578979330@1478972920309/Architecture-Machine-Group-Sistema-di-controllo-e-gestione-URBAN5-da-Negroponte.png

máquinas inteligentes na produção de espaços.

Durante os anos de operação do *Architecture Machine Group* – antes dele se tornar o MIT *Media Lab* –, alguns projetos se apresentavam como hipóteses para a interface humano-computador. Para alinhar-se aos interesses das agências que financiaram as pesquisas no fim daquela década, o AMG teve como prática direcionar a aplicação de seus projetos para problemáticas bélicas.

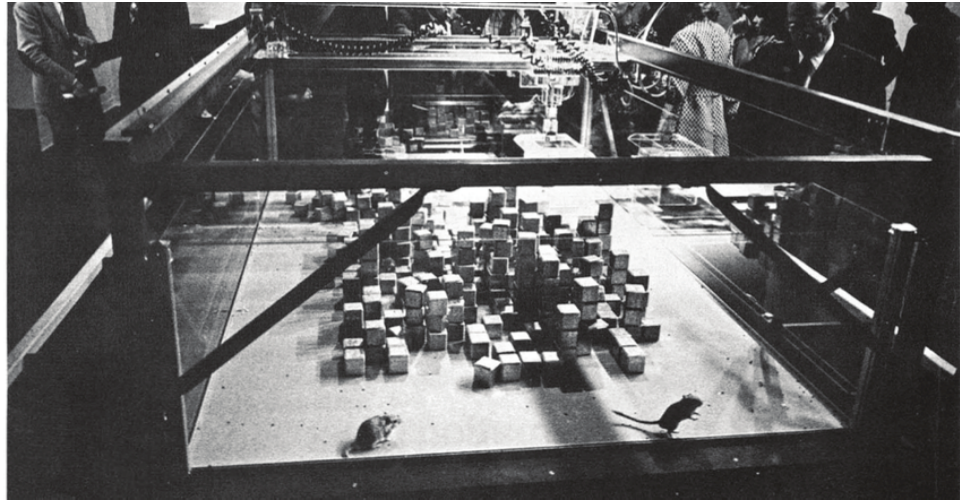
Os primeiros projetos do AMG foram o URBAN 2 e URBAN 5, *softwares* CAD desenvolvidos no computador IBM System/360 com o objetivo de auxiliar o processo de projeto em escala urbana. A interface do programa permitia o desenho de estruturas em grelha com células quadradas, a partir do comando por voz e interação direta com uma caneta e botões (STEENSON, 2017).

A estrutura de diálogo do URBAN 5 se assemelhava à da psicoterapeuta rogeriana virtual ELIZA¹⁷ de Joseph Weizenbaum, e à de um outro *software* de manipulação de blocos em retícula desenvolvido ao mesmo tempo que o URBAN 5 no MIT *AI Laboratory*. A tese de doutorado de Terry Winograd descreve um programa de computador chamado SHRDLU. O operador deveria inserir um comando de ação em formato de texto, e o programa seria capaz de responder em linguagem natural (inglês) e movimentar blocos virtuais mostrados por uma tela (KAPLAN, 2016).

Um outro projeto do AMG trabalhava com a ideia de desenho urbano valendo-se de cubos feitos de metal. O projeto SEEK imaginava um sistema computacional que aprendesse com a forma do usuário se locomover e

17 Em 1966 Joseph Weizenbaum desenvolve um programa de computador capaz de responder de maneira impressa, questões digitadas em seu terminal. Como aponta Murray, o *software* apelidado de ELIZA “[...] parecia-se com um terapeuta rogeriano, o tipo clínico que devolve as inquietações dos pacientes como um eco, sem interpretá-las.” (2003, pág. 76). Em muitos relatos, Weizenbaum indica que ELIZA teria se saído tão bem em testes de conversação, que algumas pessoas desavisadas realmente acreditaram se tratar de uma pessoa respondendo, e não um computador.

Figura 27–
Demonstração
do sistema SEEK
desenvolvido pelo
AMG. Fonte: https://www.researchgate.net/profile/Henriette_Bier/publication/335652199/figure/fig3/AS:800080504295425@1567765465269/Seek-installation-by-Nicholas-Negro-ponte-and-The-Architecture-Machine-Group-1970.ppm



habitar um espaço urbano, à partir disso, o SEEK seria capaz de reconfigurar a cidade e os espaços prevendo o comportamento dos usuários. O projeto dividiu opiniões em sua demonstração feita com a simulação da cidade em cubos espelhados, onde os usuários foram interpretados por ratos de laboratório, e os cubos eram realocados por um tipo de braço robótico (STEENSON, 2017).

Apoiado no trabalho de Gordon Pask sobre a cibernética e a Arquitetura, que considerava o observador do sistema na auto regulação do mesmo, o estudante do AMG, James Taggart apresenta seu projeto HUNCH: um *software* de rasterização de croquis capaz de alterar suas configurações internas para adaptar-se aos padrões de desenho do usuário. Por problemas na identificação de alguns tipos de traço (como curvas), o HUNCH também não foi bem recebido em suas demonstrações. No período que se seguiu no fim da década de 1960 e início da década de 1970, os financiamentos de projetos por parte das agências de fomento norte-americanas (como o Departamento de Defesa) eram preferencialmente alocados no acompanhamento de pesquisas que indicassem uma devolutiva prática bastante explícita (STEENSON, 2017) – e de preferência, relacionada com comando e defesa, já que os conflitos na Guerra do Vietnam cresciam.

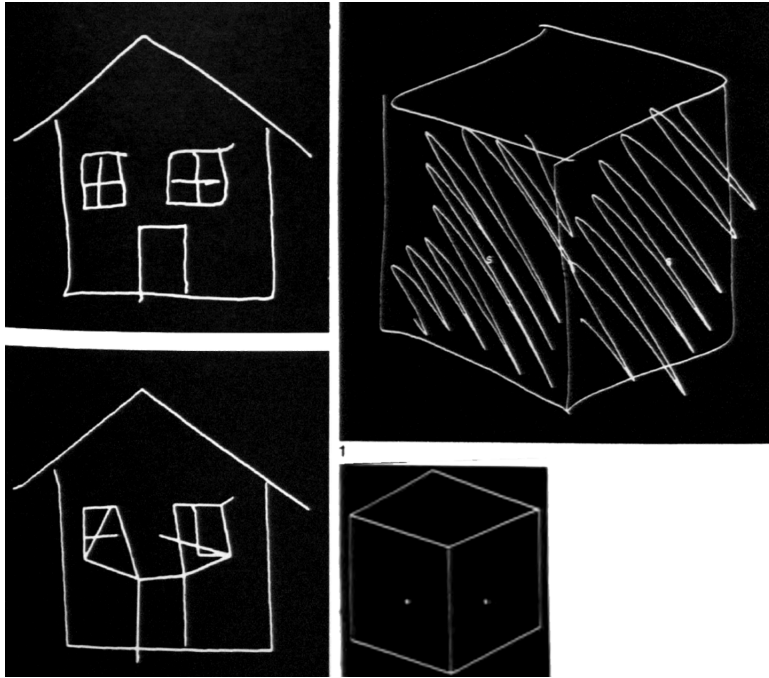


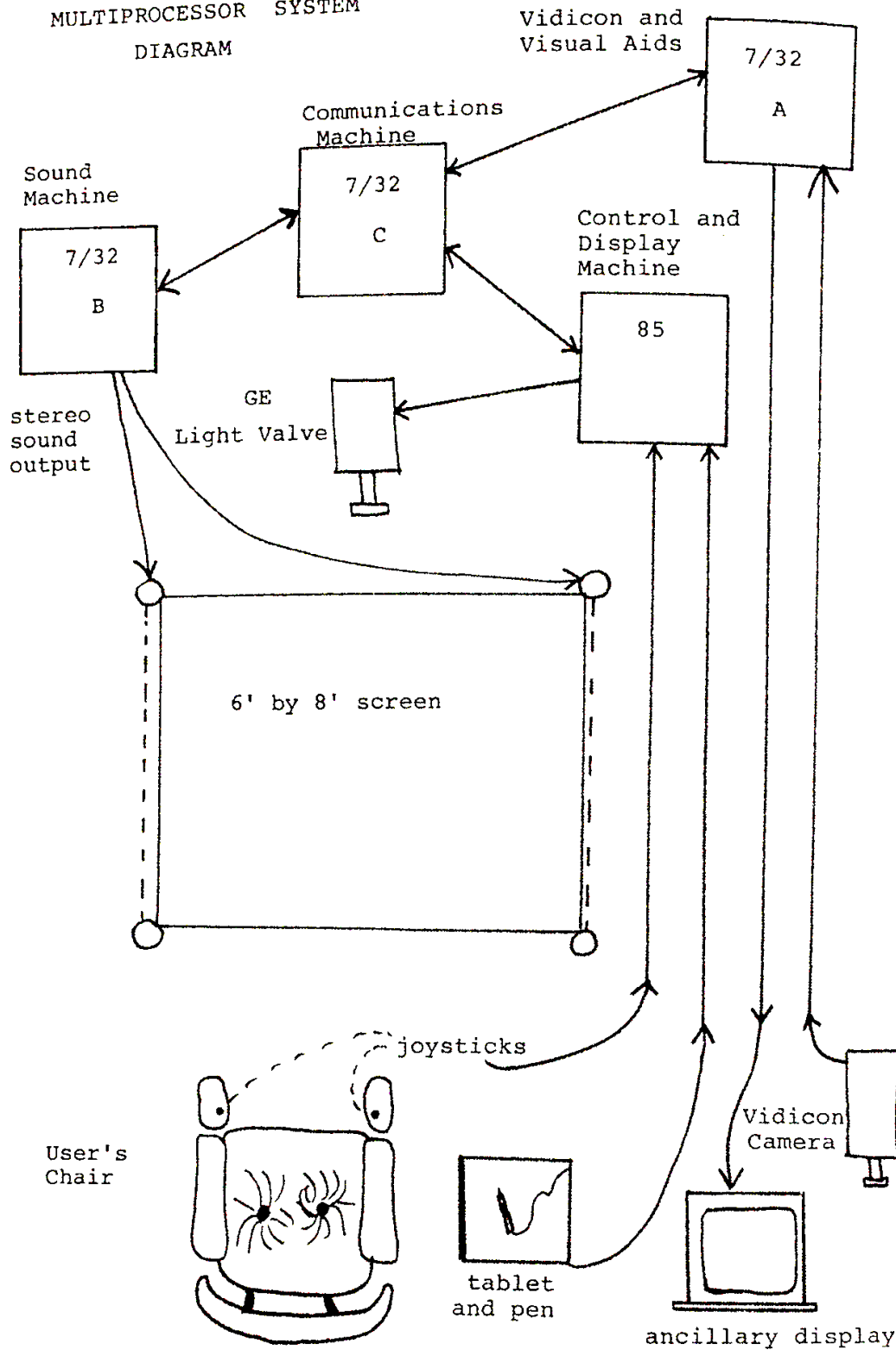
Figura 28 – Digitalização e reconhecimento de desenhos com o software HUNCH. Fonte: NEGROPONTE, N. *Soft Architecture Machine*. The MIT Press, 1975.

Mesmo com algumas experiências e protótipos sendo apresentados, existia uma diminuição no interesse em pesquisas sobre IA (STEENSON, 2017). Como aponta Fonseca Filho, o desenvolvimento de modelos computacionais de IA durante “Os anos de 1966 a 1974 foram marcados por um certo ceticismo diante das dificuldades que começaram a ser encontradas [...]” (2007, pág. 136), sendo este tema retirado do foco de fomentos à pesquisa por parte de governos e empresas privadas – período que ficou marcado como o Inverno da IA, ou *AI Winter* (KAPLAN, 2016), e durou até a década seguinte com o surgimento da computação pessoal e o consequente aumento na produção de dados.

Com o objetivo de financiar a existência do laboratório MIT *Architecture Machine Group*, os pesquisadores do grupo começam a modelar suas pesquisas para se encaixarem nos interesses das agências de financiamento de pesquisas (STEENSON, 2017). Esse período ficou marcado pelo

Figura 29 – Descrição do projeto da Media Room pelo grupo AMG. Fonte: STEENSON, M. *Architectural Intelligence*. The MIT Press, 2018.

MULTIPROCESSOR SYSTEM
DIAGRAM



desenvolvimento não propriamente de projetos funcionais, mas pela demonstração de protótipos que simulavam o funcionamento dos objetos técnicos descritos. O projeto de uma sala chamada *Media Room* [Figura 29] iria abrigar outros objetos e simulações que viriam acontecer em seguida no AMG.

“Era um espaço com isolamento acústico, medindo 18x11x11.5 pés, com uma tela de seis por oito pés sobre a parede em frente ao usuário, as outras paredes acarpetadas em um tecido escuro e um sistema de oito alto falantes. No centro da sala estava a icônica cadeira Eames Lounge, portando joypads (joysticks sensíveis ao toque), com duas telas sensíveis ao toque menores ao alcance do usuário, e um tablet de 10 polegadas que o usuário poderia segurar no colo e operar com uma caneta.”(STEENSON, 2017, pág. 199, tradução nossa)



Figura 30 – A simulação do Aspen Movie Map. Fonte: https://images.adsttc.com/media/images/5807/9645/e58e/ce68/aa00/007f/large_jpg/MediaLab_MovieMapSoftware_000.jpg?1476892225



Figura 31 – Protótipo do tablet Mapping By Yourself. Fonte: <http://www.grahamfoundation.org/grantees/5610-architectural-intelligence-how-designers-and-architects-created-the-digital-landscape>

Com a *Media Room*, Negroponte colocava em prática as teorias de seu livro *Soft Architecture Machine* (1975), sobre a possibilidade de **habitar** espaços computacionais e não acessar o computador **de fora** dele (STEENSON, 2017). Este posicionamento em relação às interfaces de contato do sujeito com as informações contidas em dispositivos computacionais já adiantava a forma com que as pessoas iriam compor ambientes utilizando a automação e sensores. Outros projetos seguiram a sala do AMG, como o *Aspen Movie Map* [Figura 30] – uma espécie de protótipo para *Google Street View*; o *Spatial Data Management System* – uma exploração sobre a interação por telas; o *Put That There* – um protótipo de interface de comandos de voz para a movimentação de objetos, no caso da demonstração para a movimentações de navios de guerra em um mapa do Caribe; o *Mapping by Yourself* [Figura 31] – um tablet para navegação em mapas que já imaginava recursos de Realidade Aumentada; e por fim o *Data Space* – próximo da união das soluções técnicas de projetos anteriores, este ambiente apresentava a teoria do AMG de **usabilidade suprema** que “[...] sugeriu um novo nível de interação humano-computador [...]” (STEENSON, 2017, pág. 198, tradução nossa), criando uma integração física sutil, apropriando-se de características de interação humana no controle de máquinas.

Sendo a primeira experiência de um laboratório de pesquisa de arquitetura integralmente dedicado ao desenvolvimento de projetos de interação entre humanos e modelos computacionais de IA, o AMG representa avanços não só para as atividades de projeto computacional em Arquitetura e Design, mas também para a própria Ciência da Computação. Além de enfraquecer as barreiras entre tais disciplinas, o AMG, e principalmente Nicholas Negroponte, entendiam que:

“[...] os cursos tradicionais de computação eram inapropriados para ensinar arquitetos a programar pois, como sujeitos que trabalham tanto com a materialidade tangível quanto com representação, estudantes de arquitetura necessitam de outra metodologia de ensino que a abstrata simbólica aplicada na ciência da computação.” (STEENSON, 2017, pág. 169, tradução nossa)

2.4 Computação Pessoal e o Paradigma Digital na Arquitetura

A tecnologia de circuito integrado acelerou o desenvolvimento de computadores cada vez menores (CERUZZI, 2012), mas o anúncio do microprocessador Intel 4004 em 1971, e em seguida o lançamento de kits de construção de computadores-hobby como o Altair, abriu caminho para o desenvolvimento de uma nova categoria de máquinas na década seguinte: os computadores pessoais.

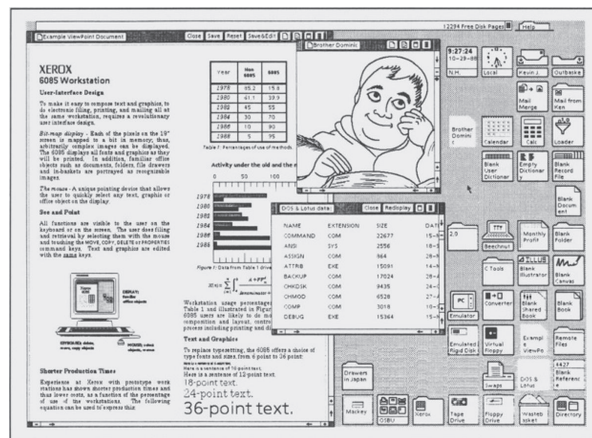


Figura 32 – Kit de montagem do Apple I. Fonte: https://abrilveja.files.wordpress.com/2016/05/alx_vida-digital-apple-steve-jobs-primeiro-computador-20141103-001_original.jpeg

Comumente associada a manobras escusas dentro de sistemas computacionais, a atividade de um hacker remonta à palavra alemã *hacken*, com significado aproximado de dividir abruptamente um todo em pedaços menores, cortar em partes, picar. Como substantivo, a palavra assume o conceito de estratégia para tornar mais eficiente alguma atividade. Este tipo de resolução rápida e eficiente de um problema a partir de métodos não convencionais que rompem padrões científicos rigorosos estava presente na criação de muitas soluções técnicas deste período. Computadores como o Apple I (1976) [Figura 32] e o Commodore PET (1977), eram desenvolvidos por clubes independentes de eletrônica como o *Homebrew Computer Club*, em uma região próxima à cidade de São Francisco, o Vale do Silício, fora do alcance das grandes empresas de computadores mainframe da costa Leste dos EUA (CERUZZI, 2003).

Clubes como o *Homebrew Computer* reuniam-se periodicamente para compartilhar novas soluções e técnicas desenvolvidas a partir de *kits-hobby* ou “hackeando” outros componentes eletrônicos em TVs e rádios. Defendendo a abertura de tecnologias proprietárias e a autonomia dos usuários em um cenário técnico informatizado, os participantes de espaços independentes como esses colocavam-se na contracultura da computação comercial de grandes empresas como a IBM.

Figura 33– GUI do sistema Star desenvolvido no Xerox PARC para o computador Alto. Fonte: Esteves, Jéssica & Mulling, Tobias. (2016). *Do Skeuomorphism Ao Flat Design: A Formação De Tendências Estéticas Sob A Ótica Do Design De Interfaces*. 4997-5009. 10.5151/desproped2016-0428.



Neste período, é aberto na Califórnia o *Xerox Palo Alto Research Center* (Xerox PARC), que seria responsável por diversos avanços na interface humano-computador – como a interface baseada em janelas, impressoras laser, interface de ícones, entre outros (CERUZZI, 2012). Seria desenvolvido também no PARC um projeto de computador chamado Alto, que agregava

Figura 34 – Computador pessoal IBM PC. Fonte: https://www.ibm.com/ibm/history/ibm100/images/icp/S783702J66841T71/us_en_us_ibm100_ibm_pc_personal_computer_620x350.jpg





Figura 35 – Computador Macintosh da Apple com a interface chamada Lisa.
Fonte: <https://www.tecmundo.com.br/produto/138138-apple-macintosh-completa-35-anos-lancamento.htm>

pesquisas de interação com uma nova interface gráfica de usuário (*Graphical User Interface* - GUI), chamada Star (MOGGRIDGE, 2006) [Figura 33]. Sendo mais caro que as máquinas caseiras dos clubes de eletrônica, a Xerox não obteve êxito com o Alto como um computador pessoal, e, para se aproximar desse nicho de mercado, decide realizar investimentos financeiros na Apple com o objetivo de aprender sobre métodos mais baratos de fabricação, e, eventualmente, comprar a empresa (MOGGRIDGE, 2006, p. 80).

Enquanto isso, a IBM desenvolvia sua primeira imersão no mercado de computadores de uso pessoal, o IBM PC em 1981 [Figura 34]. O sistema operacional que acompanhava este computador era chamado de Microsoft MS-DOS, e deveria ser acessado por linhas de comando ao invés de uma GUI, ficando restrito a usuários que possuíam algum domínio em lógica de programação. As pesquisas de interação do Xerox PARC seriam aplicadas no mercado a partir de seu contato com a Apple. O acesso às pesquisas do PARC possibilitaria o lançamento do Apple Lisa e Macintosh [Figura 35], este último em 1984, que contariam com interação por mouse e GUI (MOGGRIDGE, 2006).

Refutando as argumentações desenvolvidas até então sobre a possibilidade

de um computador possuir inteligência, o filósofo John Searle indica que o desenvolvimento de uma verdadeira IA com *General Intelligence* – ou, como chama o autor, *Strong AI*¹⁸ –, não estaria ligado ao processamento simbólico de dados nem a aproximações entre a estrutura física do cérebro humano. Ele descreve um experimento de pensamento chamado **Quarto Chinês**, em que o indivíduo se encontra em uma sala que contém símbolos gráficos de mandarim. Este sujeito não saberia se comunicar em mandarim, mas lhe é dado um livro em inglês sobre as regras sintáticas de união dos símbolos. Algumas perguntas escritas em mandarim são entregues ao indivíduo na sala. Supomos em seguida que ele seria capaz de organizar um tipo de resposta sintaticamente coerente a ponto de manter um diálogo (SEARLE, 1984). Searle conclui que assim como em outras ações humanas, a comunicação é transmitida a partir de um conjunto técnico de representações, mas a formação dessa ação de se comunicar não dependeria apenas de um alfabeto e uma sintaxe, pois a intencionalidade e semântica não estariam presentes.

A partir do argumento do Quarto Chinês, ele defende que as ações executadas por computadores de maneira autônoma não poderiam ser verdadeiramente inteligentes, já que o computador não seria capaz de entender a intencionalidade intrínseca de uma atividade. O autor “[...] acredita que a IA não estaria ciente sobre o que ela estaria falando e fazendo, mas simplesmente agindo conforme seu código de programação.” (MAY, 2018, pág. 44, tradução nossa)

2.4.1 Informatização

Muitas vezes fora do alcance econômico de pequenos escritórios, os primeiros *softwares* CAD a serem comercializados não contavam com os recursos de programação e manipulação de rotinas de desenho como as do Sketchpad; eles se apresentavam como um conjunto de ferramentas pré-definidas para a efetiva

18 O termo *Strong AI* designaria um sistema de IA com uma inteligência genérica igual ou superior à humana, a *General Intelligence*. Enquanto o oposto, a *Weak AI*, seria um sistema de IA com uma inteligência restrita e específica, a *Narrow Intelligence*, estando mais próximas das abordagens simbólicas de IA ou GOFAI.

virtualização do desenho técnico normatizado e da modelagem tridimensional euclidiana¹⁹. Como aponta Terzidis (2006), a **informatização** de processos anteriormente realizados de maneira analógica e mecânica foi o emprego mais comum de computadores em escritórios de Arquitetura – e é possível entender que este ainda seria o uso mais frequente dos computadores na produção arquitetônica atualmente.

A apresentação de *softwares* comerciais de desenho para a indústria começa com o lançamento do Rhinoceros 3D pela *Robert McNeel & Associates* em 1980; seguido pelo CATIA V1 para aeronáutica pela *Avions Marcel Dassault* em 1981; e em 1982 é lançado o AutoCAD v1.0 para o sistema operacional MS-DOS, com a fundação da desenvolvedora de *software* para construção civil Autodesk. Segundo Tedeschi, o “AutoCAD encontrou a necessidade dos arquitetos em acelerar tarefas repetitivas e administrar múltiplas camadas de desenho, e como consequência, digitalizando a prancheta de desenho.” (2014, pág. 21, tradução nossa).



Figura 36– Um usuário utilizando um antigo programa CAD. <https://twitter.com/ANCACNCMachines/status/918599974203592704/photo/1>

19 Na matemática a geometria euclidiana é definida por conceitos de formas bidimensionais e tridimensionais puras e simples, definidas pelo matemático Euclides ainda na Antiguidade.

Pela semelhança com o processo analógico, muitas vezes colocada como prancheta virtual (TEDESCHI, 2014), e pela rapidez na produção e alteração de desenhos, quando comparada ao processo de desenho à mão, as ferramentas CAD [Figura 36] conquistaram um enorme espaço dentro do fluxo de projeto em escritórios de Arquitetura e Design. A popularização dos sistemas CAD naquele período – PSeudoStantion e MicroStation pela Bentley Systems em 1985 e 1986; ArchiCAD pela Graphisoft e o AutoShade (3D Studio) pela Autodesk em 1987 –, fez com que se tornasse quase como obrigatório o domínio dessa ferramenta a quem interessasse ingressar em profissões que haviam virtualizado seus ambientes de projeto no objetivo de acompanhar os avanços da automação industrial.

Ainda em 1987, o *software* Pro/ENGINEER é desenvolvido por Samuel Geisberg para o desenho de sistemas mecânicos. O *software* resgatava noções de modelagem associativa vindas do Sketchpad, onde era possível relacionar características de modelos tridimensionais às informações de entrada que definiam restrições formais (TEDESCHI, 2014). Este tipo de manipulação associativa possibilitava a aplicação de parâmetros matemáticos na modelagem de estruturas em ambiente computacional, assim como Moretti descreveu ainda na primeira metade daquele século. Este tipo de modelagem embasaria processos de projeto assistidos por computação duas décadas mais tarde, no século XXI.

A entrada nos anos de 1990 é marcada pela transformação das telecomunicações com o surgimento de uma rede mundial de Internet conectada pela gratuidade da *World Wide Web* em 1993 (CERUZZI, 2012). Uma nova geração de arquitetos estava interessada na exploração da ferramenta digital associada ao pensamento projetual (NATIVIDADE, 2010).

O interesse pelos sistemas computacionais se daria também pela melhoria de interface nos computadores comerciais. Influenciado por pesquisas de IHC como as de Licklider, Engelbart e Negroponte, o pesquisador Terry Winograd organiza a *Bringing Design to Software* em 1992. Com o mercado de *softwares* em um crescimento alavancado pela computação pessoal,

programadores e designers despertam para a necessidade de se organizar o desenho da interface desses novos **lugares**. Aquele ano marcaria o início da difusão de *software* de desenho assistido por computador (NATIVIDADE, 2010). As melhorias no design das interfaces gráficas de usuário podem ser sentidas desde o lançamento do sistema operacional Lisa no já mencionado Apple Macintosh. Em 1995, após algumas versões pouco populares do sistema operacional chamado Windows (MOGGRIDGE, 2006), a Microsoft lança o Windows 95 – que visivelmente incorporava a interface gráfica desenvolvida pela Apple em computadores PC.

Operações baseadas em geometrias associativas e o aprimoramento apresentado por *softwares* de modelagem 3D na geração de imagens começam a desafiar a capacidade imaginativa dos arquitetos. Os pesquisadores deste período pretendiam fazer uso da máquina não como mera informatização do desenho, mas como um novo meio criativo integrado ao processo de concepção da arquitetura, não necessariamente levando a um objeto construído, mas a uma liberação imagética do funcionalismo técnico da indústria (LYNN, 2013). “O digital ao qual nos referimos é definido por ideias e projetos experimentais, [...] ativamente engajados na criação e uso de ferramentas digitais para alcançar resultados inacessíveis anteriormente” (ZARDINI in LYNN, 2013, pág. 6, tradução nossa).

O alto nível de abstração apresentado pelas novas ferramentas digitais estabelece certa liberdade em relação aos processos tradicionais. A facilidade e constância das experimentações não mais necessitam estar atreladas a uma situação real de projeto. A mudança da ferramenta analógica para a digital faz também com que paradigmas ligados ao espaço físico comecem a ser desafiados (NATIVIDADE, 2010). A nova dimensão digital da arquitetura era vivenciada pela simulação virtual, livre do plano bidimensional e das Leis da Física (NATIVIDADE, 2010).

A aplicação da computação como um suporte para a construção efetiva de edifícios volta a ser discutida no ano de 1997, com a conclusão do Museu Guggenheim em Bilbao, Espanha, pelo escritório do arquiteto canadense

Frank Gehry associado à empresa aeronáutica *Avions Marcel Dassault*. A construção do museu foi viabilizada pela digitalização de modelos físicos em escala reduzida compilada pelo *software* CATIA. A fabricação digital (*Computer-Aided-Manufacturing* - CAM)²⁰ e identificação numérica dos painéis de titânio que compõem as fachadas auxiliaram a montagem final do edifício.

Com atrasos e orçamentos elevados, a obra de Bilbao atestava a viabilidade do emprego de ferramentas digitais na construção de edifícios, mas advogava contra esta prática em meio a perda de otimismo na tecnologia por parte dos arquitetos no final da década de 1990, onde “[...] muitos na profissão do design começam a ridicularizar a bolha digital como o notável símbolo de uma era de excessos, desperdícios, e desilusão tecnológica.” (CARPO, 2017, pág. 5, tradução nossa).

Ainda em 1997, um programa de computador supostamente inteligente desenvolvido pela IBM (KAPLAN, 2016) vence um torneio de xadrez contra o campeão mundial Garry Kasparov (SHANAHAN, 2015). Reativando o imaginário sobre IA próximo à virada do milênio, o IBM DeepBlue era capaz de aprender com suas jogadas em um cenário técnico mundial que contava com a criação de empresas que dominariam o mercado da tecnologia no século XXI, como a ferramenta de busca Google Search, a empresa de varejo online Amazon, e o retorno de Steve Jobs para a Apple com o lançamento do iMac.

Após perder a partida de xadrez para o computador especialista da IBM, Kasparov começa a perceber que a influência dos sistemas de IA na sociedade poderia ser maior do que a de conseguir bons resultados em jogos fechados. A utilização de programas especialistas em xadrez para o treinamento de

20 A fabricação digital ou *Computer-aided-manufacturing* (CAM) é definida pela utilização de máquinas de fabricação controladas numericamente por computadores a partir de códigos de posicionamento espacial. Dentre as máquinas mais comuns de fabricação digital podemos listar as impressoras 3D, as fresadoras de usinagem CNC, e as máquinas de corte a laser.

novos jogadores despertava Kasparov para o paradoxo de Hans Moravec: “[...] ele identifica que as atividades em que as máquinas se saem melhor são as tarefas que o ser humano possui mais deficiências em resolver, e vice-versa.” (KASPAROV, 2017, pág. 455, tradução nossa). O mestre de xadrez propõe experimentar a cooperação entre homem e máquina em um torneio de 1998 na Espanha, com o intuito de atingir novos níveis estratégicos nos jogos.

Os torneios que permitiam a consulta de um programa especialista por parte do jogador humano durante a partida ficaram conhecidos como *Advanced Chess*, e seus jogadores “aumentados” pelo computador foram comparados à figura fantástica do centauro – com dorso, braços e cabeça de homem e corpo e patas de cavalo, os centauros representariam a união da força da tração animal e da racionalidade humana.

2.5 Arquiteturas Algorítmicas

A primeira geração de pessoas nascidas em um cenário técnico digital foram os nativos digitais da década de 1990. A popularização e o barateamento dos computadores, junto da criação de uma rede de comunicação mundial gratuita e a venda dos primeiros celulares, suprimiam dúvidas sobre a possibilidade da inserção de computadores no cotidiano civil. Para as classes média e alta da sociedade, a computação deixava de ser uma promessa e passava a ser um *a priori*, uma condição para o contato com o conhecimento e o mundo tangível.

Em 2000 um novo *software* comercial resgatava um conceito de informatização da construção civil elaborado ainda nos anos de 1980 e que havia sido explorado pela Bentley Systems e a Graphsoft. O lançamento do *software* Revit 1.0 de modelagem informacional da construção (BIM - *Building Information Modeling*)²¹, impulsionava o estabelecimento de

21 *Building Information Modeling* (BIM) é um método de projeto baseado na organização e conexão de informações relativas à construção de um edifício. Normalmente baseados

padrões de arquivos em bancos de dados e bibliotecas de materiais para construção. Dois anos mais tarde, a Autodesk, empresa desenvolvedora que dominava a categoria de *softwares* proprietários para construção civil com o AutoCAD, adquire a *Revit Technology Corp.*

As correntes de desenvolvedores independentes que integravam os clubes de eletrônica no fim da década anterior posicionavam-se contra o fechamento dos códigos de desenvolvimento de uma indústria de *softwares* que acabara de se firmar. A eletrônica de consumo não seria a única maneira de se acessar o poder de processamento dos computadores, e esse entendimento da autonomia do usuário em relação à tecnologia digital seria impulsionado com a publicação das primeiras ferramentas-fóruns online e blogs que apresentavam novas formas de compartilhamento de informações e arquivos em rede.

A contracultura do código aberto acaba ganhando mais força com o desenvolvimento de sistemas operacionais como Ubuntu, e com as pesquisas em espaços semelhantes aos clubes de eletrônica, mas que agora contavam com máquinas capazes de materializar objetos em uma produção de escala local com a precisão industrial.

Em 2001, o *Center For Bits and Atoms* (CBA) do MIT, inaugurava um espaço dedicado à pesquisa de interação entre Ciência da Computação e Física, contando com equipamentos que poderiam lidar com objetos do tamanho de átomos ou do tamanho de grandes edifícios (GERSHENFELD, 2012). Apoiando-se em pesquisas da metade do século XX sobre a interação entre computadores digitais e máquinas de fabricação digital do tipo CNC

em modelagens tridimensionais paramétricas, os *softwares* BIM são capazes de gerar planilhas e tabelas de custo, bem como relacionar modelos ou detalhes da construção com qualquer arquivo externo ao *software* (como imagens e mensagens de e-mail). O modelo informacional deve conter todas as informações e propriedades físico-químicas dos materiais que compõe os elementos construtivos. Uma das características dos *softwares* é a organização de "famílias" de tipos de materiais, uma espécie de estruturação de dados dos elementos da construção civil.

(Comando Numérico Computadorizado), a experiência no CBA respaldava a popularização de espaços compartilhados de fabricação que seriam popularizados a partir da rede de *FabLabs - Fabrication Laboratories*²². A partir da autonomia em relação as soluções técnicas digitais “O design e a fabricação digital, [...], não deveriam tentar emular a manufatura mecânica em massa, mas fazer algo além – algo que as linhas de produção industrial não faziam.” (CARPO, 2017, pág. 3, tradução nossa).

Agregando hipóteses aos experimentos de pensamento que tinham como objetivo comprovar a presença de inteligência em computadores, Eliezer Yudkowsky do *Machine Intelligence Research Institute* publica em 2002 um relatório baseado nas pesquisas do instituto sobre a suposta iminência da singularidade digital (SHANAHAN, 2015) – um tipo de desenvolvimento técnico que superaria as capacidades humanas culminando em um possível fim da sociedade moderna. Certo de que o desenvolvimento e liberação de uma IA mesmo que bastante simples poderia levar ao colapso social, Yudkowsky propõe uma espécie de jaula ou contenção de acesso de dados, a **AI-Box**, em que um observador poderia analisar se aquela Inteligência Artificial estaria inclinada a realizar algum mal para a sociedade (2002). O pesquisador supõe através de duas simulações que uma verdadeira IA convenceria o observador a soltá-la.

O emprego dos conceitos de parametrização matemática abordados por James Dana em 1837 e Luigi Moretti em 1939 tornavam-se uma característica padrão para os novos *softwares* do século XXI. O *plugin* de programação visual Grasshopper lançado em 2007 para o *software* CAD Rhinoceros 3D, permitia a manipulação de estruturas geométricas bidimensionais e tridimensionais a partir da organização de um código de programação em uma interface visual de manipulação diagramática de fluxo de dados. A linguagem de

22 Os laboratórios *FabLab* são um conceito de espaço compartilhado de fabricação que foi elaborado no CBA do MIT. Este espaço mostra a conexão entre as experiências norte-americanas da cultura do faça-você-mesmo com a informatização dos meios de fabricação domésticos. Esses espaços contam com máquinas de fabricação digital e mecânica, e são conhecidos pelo jargão de que em um deles você poderia fabricar *quase qualquer coisa*.



Figura 37 – O experimento AI-Box serviu de base para a narrativa de Ex-Machina. Fonte: <http://media.aintitcool.com/media/uploads/2015/nordling/exmachina1.jpg>

programação visual (*Visual Programming Language*) do Grasshopper extrapolava a mera utilização de *softwares* proprietários e popularizava entre arquitetos e designers práticas amigáveis de programação em linguagens de alto nível (BURRY, 2011). Terzidis identifica que essa prática diferia da mera **informatização** de processos analógicos já que os arquitetos fariam uso efetivo do poder de processamento da **computação** (2006).

As chamadas por diversos autores como “arquiteturas algorítmicas” (TERZIDIS, 2006; PEREIRA, BACKHEUSER, 2017), seriam projetos e edificações concebidas (CAD), fabricados (CAM) e construídas com o suporte da computação e outras tecnologias digitais. Este processo de desenvolvimento da arquitetura se apoia em uma base conceitual diferente da seguida anteriormente, “[...] orientada por novas abordagens sobre fluidez, dinâmica, conectividade e dobras nos espaços [...]” (NATIVIDADE, 2010, pág. 36). Neste processo, a organização de um código de programação que gera soluções de design é capaz de produzir novos tipos de representação do processo de projeto e da imagem final do projeto (OXMAN, 2017).

Os processos de modelagem algorítmica associados à fabricação digital poderiam viabilizar a proposta de se desenvolver um paradigma industrial diferente da lógica da produção em massa. A facilidade de alteração em parâmetros da modelagem associativa em uma plataforma como o

Grasshopper sustentava a geração imediata de objetos com um nível mínimo de variação formal entre si. As tecnologias de fabricação digital comandadas diretamente por códigos de posicionamento espacial elaborados a partir dos arquivos digitais do projeto, seriam capazes de materializar a customização em massa da modelagem paramétrica “[...] a produção em massa de variações seria o novo padrão do fluxo de projeto do design e fabricação digital. A customização em massa digital é uma das ideias mais importantes já inventadas nas profissões de projeto [...]” (CARPO, 2017, pág. 4, tradução nossa).

2.5.1 Aprendizado de Máquina

O compartilhamento de informações e arquivos a partir de redes sociais online na década de 2010, como MySpace, Facebook, e Twitter, começam a produzir um volume inédito de dados. Empresas como a IBM reposicionavam suas divisões de computadores mainframe para a criação de centros de processamento de dados e computação em nuvem²³ (CERUZZI, 2012). Neste momento, as pesquisas em Inteligência Artificial com uma abordagem **conexionista** aparentam ganhar destaque novamente, mas agora sendo desenvolvidas em uma abordagem chamada de **aprendizado de máquina**, do inglês *machine learning*. Como Kaplan aponta:

“[...]melhorias na velocidade e armazenamento dos computadores, a transição da memória física para a eletrônica, facilidade de acesso (principalmente por conta da Internet), e o barateamento de sensores digitais de alta precisão – foram os principais agentes que guiaram os esforços do raciocínio simbólico para o aprendizado de máquina.” (KAPLAN, 2016, pág. 39, tradução nossa).

23 A computação em nuvem trata da terceirização do poder de processamento através da Internet. Grandes centros de processamento de dados poderiam disponibilizar serviços de armazenamento e gestão de dados em larga escala para usuários remotos.

A dinâmica computacional de aprendizado de máquina consiste em “[...] fazer com que o sistema de um computador aprenda algum comportamento inteligente a partir de um treinamento em um volume massivo de dados.” (LEVESQUE, 2017, pág. 2, tradução nossa). Utilizando redes neurais artificiais, um algoritmo de aprendizado de máquina seria capaz de reconhecer padrões em um conjunto de dados sem a necessidade de que os programadores indiquem por quais padrões ele deveria buscar. Em outras palavras, ao invés de supervisionar o treinamento “mostrando” ao algoritmo uma série de imagens com o mesmo tipo de objeto (*supervised learning*), os programadores concederiam acesso a um banco de dados em que após processar as mídias, o algoritmo de aprendizado de máquina seria capaz de “[...] detectar relações sofisticadas e complexas entre imagens [...]” (KAPLAN, 2016, pág. 30, tradução nossa), identificando o objeto em uma imagem mesmo fora de seu banco de dados (*unsupervised learning*).

“O algoritmo ‘aprende’ a medida em que define regras para a classificação de dados de entrada futuros. O modelo de classificação pode ser ensinado ao algoritmo pela entrada manual de dados (aprendizagem supervisionada); em outros casos o algoritmo por si só define um modelo que satisfaça sua operação de entendimento e classificação de um conjunto de dados de entrada (aprendizagem não-supervisionada).”
(MITTELSTADT et al., 2016, pág. 11, tradução nossa)

Respaldadas nas diversas pesquisas sobre a aplicação de IA em sistemas fechados e bem definidos, o mercado de eletrônica de consumo começa a lançar seus primeiros assistentes virtuais supostamente inteligentes com a Siri da Apple em 2010 – uma rotina algorítmica que rodava em uma das primeiras versões do smartphone iPhone, que a partir do acionamento por voz e o processamento de linguagem natural, seria capaz de executar

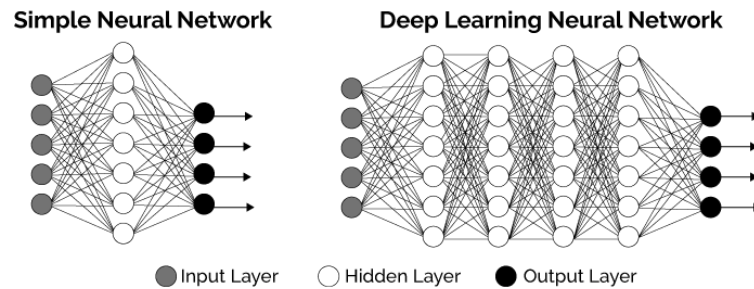
tarefas simples dentro do sistema do próprio smartphone, como agendar compromissos, realizar ligações e mostrar resultados de pesquisa na Internet. No mesmo período em que tarefas começavam a ser automatizadas por modelos computacionais de IA comerciais, algumas tarefas ainda se mostravam difíceis de serem executadas por algoritmos. Em 2005 a empresa Amazon lança no mercado uma plataforma de serviços baseada em *crowdsourcing*²⁴. Sendo nomeada em alusão ao falso autômato jogador de xadrez do século XVIII, a *Amazon Mechanical Turk* ou MTurk concentraria solicitações de tarefas ainda não-automatizáveis e distribuiria a execução desses serviços entre um conjunto de trabalhadores remotos, utilizando a mente humana para realizar tarefas computacionais (SZIVOS, 2018). O serviço recebeu diversas críticas pelas práticas de alienação e pagamentos abaixo do esperado para o salário mínimo norte-americano, e pode indicar que a vontade comercial de mostrar o alcance da automação pode gerar um falseamento de operações e implementações cenográficas de IA (STARK, 2018).

Dando seguimento ao feito do programa DeepBlue contra Kasparov, a IBM coloca um modelo computacional de IA para competir em um jogo de perguntas e respostas de cultura geral chamado Jeopardy, contra dois outros competidores – Ken Jennings e Brad Rutter. O programa denominado Watson vence seus adversários em janeiro de 2011 utilizando um banco de dados de 4 *terabytes* (KAPLAN, 2016). Três anos mais tarde, a empresa anunciou que iniciaria o desenvolvimento de um projeto de comercialização dos modelos computacionais que formavam o Watson.

O mercado de assistentes virtuais começa a ganhar expressividade quando em 2014, a Amazon lança um alto falante capaz de interagir e aprender a partir da utilização de modelos computacionais de IA sob a interface de uma assistente virtual chamada Alexa. No mesmo ano a Microsoft inclui em seu sistema operacional de computadores a assistente Cortana, e em

24 O *crowdsourcing* é o termo em inglês para indicar uma colaboração coletiva de um grupo de pessoas que, de maneira remota, adicionariam contribuições a algum serviço ou questão de maneira voluntária ou mediante pagamento.

Figura 38 – Diagrama de comparação entre redes neurais em um aprendizado de máquina tradicional e em aprendizado profundo. Fonte: <https://becominghuman.ai/deep-learning-made-easy-with-deep-cognition-403fbe445351>



seguida a Google anuncia o Google Assistant, um assistente capaz de cruzar a interação e aprendizado com a poderosa ferramenta de busca.

A corrida que se estabelecia pelo monopólio das assistentes virtuais inteligentes não se apoiava apenas em uma abordagem de desenvolvimento de modelos computacionais de IA. É possível identificar um cruzamento das abordagens conexionistas e simbólica (CERUZZI, 2012). Nesse período, a abordagem de aprendizado de máquina ganhava novas camadas de “neurônios” com a o **aprendizado profundo**, do inglês *deep learning* (KAPLAN, 2016) – uma abordagem de desenvolvimento de redes neurais artificiais baseada em aprendizado de máquina que contaria com um número maior de camadas internas de aprendizagem escondidas, identificadas como *hidden layers* [Figura 38]. Em 2016, o programa AlphaGo desenvolvido pela DeepMind, uma subsidiária da Google, vence o campeão mundial Lee Sedol em uma série de partidas de Go – o jogo que conta com o maior número de combinações possíveis de jogadas já inventado.

2.5.2 Alteridade Digital

A área de Inteligência Artificial visa o desenvolvimento de “[...] uma atividade dedicada a tornar inteligentes as máquinas, e a inteligência é a qualidade que permite que uma entidade funcione adequadamente e com capacidade de previsão em seu ambiente.” (NILS apud GABRIELLI, SILVA, MARQUESONE, 2016, p. 81). As diversas abordagens de pesquisa de IA e o desenvolvimento de modelos computacionais que visavam a reprodução de alguns aspectos da inteligência humana acabaram gerando uma série de melhorias em rotinas de processamento de dados que nem ao menos se relacionam diretamente com

algum usuário, mas que impactam na velocidade de operação de aplicações e na personalização de resultados. Muitos desses modelos de otimização encontram espaço nas práticas algorítmicas de projeto assumindo termos como “processos generativos” ou “design evolutivo”, posicionando a discussão sobre a inserção de IA pelo viés da **ferramenta**.

Em sua publicação *Algorithmic Architecture* (2006), Kostas Terzidis resgata os conceitos de simbiose na IHC desenvolvidos nos anos 1960-1970, alegando que na abordagem computacional de projeto o arquiteto encontraria um outro agente, de natureza diferente da dele, ao passo em que desenvolve uma solução de design. Sem mencionar a existência de uma Inteligência Artificial neste **outro**, Terzidis o identifica como *digital otherness*, ou em tradução direta, uma alteridade digital (TERZIDIS, 2006), marcando o que seria o encontro entre agentes de espécies diferentes, cada um agregando suas melhores características ao processo de projeto: a sensibilidade humana e a capacidade de processamento digital.

A palavra alteridade significa natureza ou condição do que é outro, do que é distinto; “Ser outro, colocar-se ou constituir-se como outro.” (ABBAGNANO, 2007, pág. 34). Apoiado em concepções filosóficas sobre o encontro com o outro de Emmanuel Lévinas, o autor Franklin Leopoldo e Silva descreve o cruzamento de subjetividades como o encontro que delimita o que seria o eu e o que seria o outro fora do eu (2012). Em uma visão contemporânea, a formação do “eu” dependeria do constante cruzamento com subjetividades alheias a este indivíduo, momentos em que esta última poderia sofrer mutações e adições, conformando um eu em constante alteração.

“[...] assim como se concebe contemporaneamente que o sujeito não é entidade pronta e acabada, porque a subjetividade não é um dom metafísico, mas algo a ser realizado, assim também a intersubjetividade torna-se real quando a construímos no processo existencial, social e histórico, em meio a toda sorte de obstáculos e decepções.” (SILVA, 2012, pág. 41)

Podemos entender que o encontro e a troca com uma outra entidade de natureza igual ou diferente valida a existência de ambas as participantes do encontro. À medida que um modelo computacional baseado em IA é colocado em funcionamento, e a interação decorrente de seu acionamento permite encontros com “outros” que a transformam, sua existência enquanto alteridade é validada?

Esse encontro cotidiano com objetos supostamente inteligentes está pronto para atingir o ambiente de projeto em Arquitetura pelo viés de uma “ferramenta inteligente”, provavelmente advinda de um desenvolvimento dos processos algorítmicos encarados como instrumentos contemporâneos dentro do projeto. Entretanto, assim como os algoritmos não são ferramentas, a IA não será um CAD inteligente – os primeiros são formas de representação abstrata da solução de um problema, enquanto o segundo é uma entidade paralela de natureza artificial podendo ou não estar integrada a *softwares* de representação, mas que significaria o encontro com um “outro” diferente do projetista. Se faz necessária uma atualização dos papéis das ferramentas digitais no processo de projeto ao passo que a integração de sistemas possibilita novas interfaces de comunicação com as máquinas inteligentes.

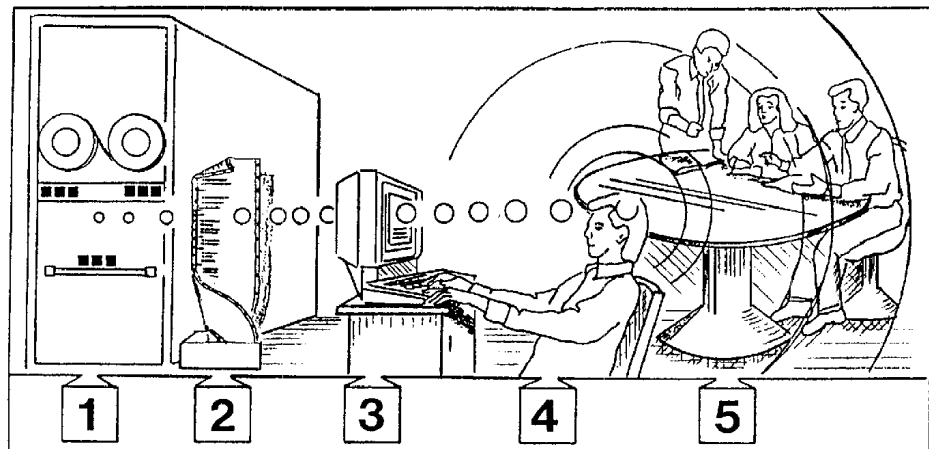


Figura 39– Evolução da Interação Humano-Computador. Fonte: <https://www.semantic-scholar.org/paper/The-computer-reaches-out%3A-the-historical-continuity-Grudin/e6c9ae702e0e4bc4b1748a95cb929317ac94a08d>

parte II

3. HIPÓTESES PARA A ALTERIDADE DIGITAL

Com a intenção de aproximar o debate acerca das possibilidades e implicações da utilização de modelos computacionais de IA no processo de produção da Arquitetura, serão apresentados a seguir *storyboards*²⁵ que retratam situações que sugerem três inserções distintas de tais soluções técnicas em ambientes de projeto.

3.1 Metodologia

A escolha por representar de maneira gráfica a interação entre a suposta IA e arquitetos(as) está apoiada em metodologias de design de experiência (BUXTON, 2007) e do design-ficção (MINVIELLE, WATHELET, 2017). Enquanto o design de experiência apresenta uma série de recursos para modelagem e prototipagem de interações, o design-ficção busca provocar reflexões e fomentar o desenvolvimento de um olhar crítico em relação a outras realidades possíveis.

Por ser utilizado principalmente nas etapas de produção no cinema, os *storyboards* tem a capacidade de mostrar transições temporais que criam dinâmica e movimento na descrição de uma interação (BUXTON, 2007, pág. 293). Outra característica desse tipo de representação são as semelhanças com as ilustrações de quadrinhos.

25 “Uma narrativa visual capaz de gerar empatia e comunicar um contexto para uma solução de design proposta. [...] Storyboards dão forma a situações sociais, ambientais e fatos temporais em uma narrativa envolvente, que auxilia equipes de design a entenderem como produtos e serviços poderiam melhorar vidas.” (MARTIN, HARRINGTON, 2018, pág. 189-190, tradução nossa)

Como Buxton destaca (2007, pág. 295), uma característica importante dos quadrinhos que deve ser incorporada em um *storyboard* é o conceito descrito pelo escritor e quadrinista Scott McCloud como “amplificação pela simplificação. Segundo o quadrinista (1994, pág. 30, tradução nossa), a abstração e redução de detalhes realistas em uma imagem faz com que se reduza a imagem ao seu “[...] significado essencial [...] ampliando-o de uma maneira que a arte realista não é capaz.” A simplificação do desenho também pode “[...] descrever um maior número de pessoas [...]” (MCLOUD, 1994, pág. 31, tradução nossa), criando mais identificação com quem os observa.

Como o termo sugere, o design-ficção vale-se da intersecção entre as ferramentas do design, de fatos científicos, e do arcabouço imagético do gênero da ficção-científica para “[...] criar protótipos de outros mundos, outras experiências e outros contextos [...]” (BLEECKER, 2009, pág. 7, tradução nossa).

Assim como Alan Turing em seu artigo (1950) classifica seu experimento como um jogo de imitação, a exploração ficcional de possibilidades de futuros também pode ser descrita como **experimento do pensamento** (DUNNE, RABY, 2013). Mais do que tentar preencher um cenário futuro, “Eles nos permitem sair da realidade por um momento [...] para testar ideias, refutar teorias, desafiar limites, e explorar implicações possíveis” (DUNNE, RABY, 2013, pág. 80, tradução nossa). Algo não incomum em profissões que lidam com projeto, como a Arquitetura, já que, como vimos anteriormente, a atividade de projeto tem por definição o lançamento de hipóteses para um futuro material (BARROS, 2019).

Mesmo o ato de lidar com uma representação do que não faz parte da realidade construída do mundo sendo uma característica típica da Arquitetura, entender isso como “especulação” ou “ficção do mundo” aparenta não ter uma conotação positiva em um setor de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) assimilado pelas expectativas econômicas da lógica industrial.

Encontra-se aqui a possibilidade de utilizar técnicas de modelagem bastante

próximas do cotidiano da produção de Arquitetura e Design não para representar espaços e edifícios, mas para projetar a experiência de interação com “algo que faz projetos” - ou seja, o processo de projeto compartilhado com entidades computacionais sencientes.

Portanto, os cenários exploratórios apresentados a seguir visam potencializar o debate da inserção de IAs em ambientes de projeto a partir do estabelecimento da seguinte questão: Se em um futuro próximo as Inteligências Artificiais estarão nos escritórios de Arquitetura, qual ou quais serão as possibilidades de interação entre os(as) arquitetos(as) e tais máquinas inteligentes?

3.2 Resultados

Os cenários abordam um mesmo caso de uso bastante recorrente no início de um processo de projeto de Arquitetura que é a busca por projetos de referências que possuam um programa de necessidades semelhante ao que se pretende desenvolver. Optou-se por simular a participação em um concurso de Arquitetura que ocorreu em fevereiro de 2019, para a construção de uma Unidade Básica de Saúde (UBS) do município de Conde no assentamento de Gurugi, região quilombola do interior do estado da Paraíba.

O edital do concurso indica que para a etapa do concurso deve ser entregue um Projeto de Arquitetura em nível de Estudo Preliminar (PREFEITURA MUNICIPAL DE CONDE, 2019). Por tratar-se de uma região classificada como Zona de Povos e Comunidades Tradicionais, a preservação de costumes e tradições é garantida por lei e deve ser contemplada em um projeto de equipamento público de saúde para o município.

Iremos considerar a seguinte situação: um(a) arquiteto(a) acaba de decidir com sua equipe de projeto que irão participar deste concurso. Ele(a) está em sua mesa e precisa organizar os materiais referentes ao concurso para começar seus estudos. O escritório está equipado com uma assistente de Inteligência Artificial especializada em projetos de Arquitetura chamada Augmented Reasoning Query (ARQ). Depois de analisar algumas

informações, o(a) arquiteto(a) resolve buscar projetos de referências. Esta é a primeira construção para área da saúde que a equipe do escritório irá projetar. Para auxiliá-lo(a), o(a) arquiteto(a) decide utilizar a ARQ.

3.2.1 Cenário A

O arquiteto Tiago senta em sua mesa. Invoca a assistente ARQ e solicita a execução de uma tarefa. Mostrando que conseguiu processar o pedido de maneira correta, ARQ realiza uma pergunta.

Tiago

(de maneira assertiva)

ARQ! Busque referências de projetos de unidades básicas de saúde com aproximadamente 200 m² e que tenham um programa de necessidades semelhante ao que estou inserindo em sua busca.

ARQ

(com voz humana)

Okay! De quantas referências você vai precisar?

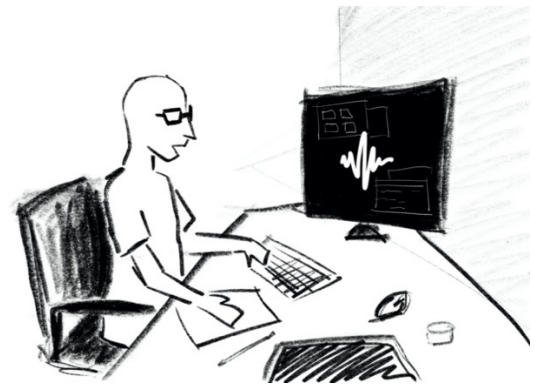


Figura 40 – Fonte: do autor.

Tiago termina de inserir o texto sobre o projeto no computador. Ele agora está interagindo com a IA apenas com sua fala.

Tiago

(em dúvida)

Imagino que 30 referências sejam o suficiente...

ARQ

(demonstrando animação)

Okay! Vou preparar as 30 referências. Isso irá levar 17 minutos.

Tiago sentado em sua mesa decide verificar e responder seus últimos e-mails através de seu tablet, enquanto a IA realiza o processamento das informações. Ele levanta. Vai até a cafeteira. Continua com o tablet na mão olhando seus e-mails. Volta para sua mesa com uma caneca em uma mão e o tablet na outra. 17 minutos depois.

ARQ

(voz animada)

Tiago, aqui estão as 30 referências de projetos de unidades básicas de saúde que você me pediu.

...

Existem 10 projetos com 100% de compatibilidade com sua



Figura 41 – Fonte: do autor.



Figura 42 – Fonte: do autor.

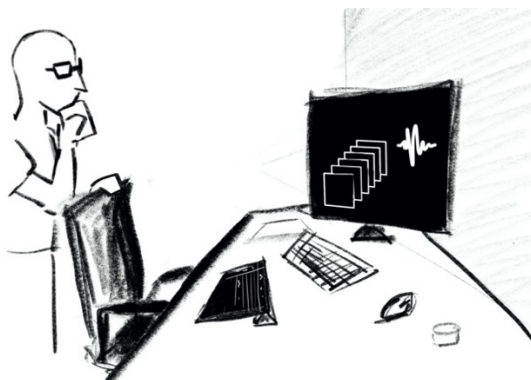


Figura 43 – Fonte: do autor.

pesquisa; 15 projetos com 80% de compatibilidade; e 5 projetos com menos de 50% de compatibilidade ou que não fui capaz de calcular a compatibilidade.

Com um ar de quem estava prestando atenção em outros assuntos, Tiago volta a interagir com a IA.

Tiago

(recém desperto e interessado no que vê)

Obrigado, ARQ! Ótimo trabalho!

...

Envie um alerta para toda a equipe avisando que as buscas de referências já foram concluídas e estão disponíveis.

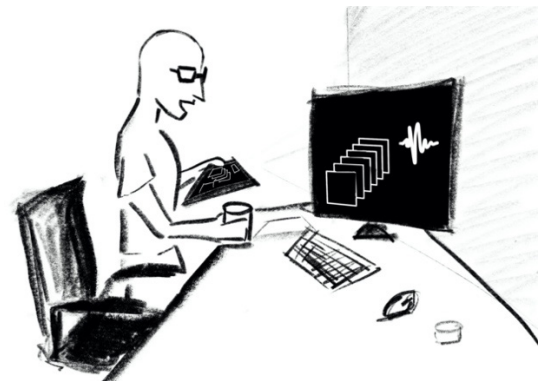


Figura 44 – Fonte: do autor.

Ao mesmo tempo, Tiago examina rapidamente as fichas dos projetos encontrados através de seu tablet.

ARQ

(serena)

Alerta enviado, Tiago.

Tiago

(novamente assertivo)

Reserve a sala de reunião nº 3



Figura 45 – Fonte: do autor.

para hoje às 16h. Espero que todos possam participar...

ARQ

(serena)

Sala de reunião nº 3 reservada para às 16h, Tiago.

Fim do Cenário A.

3.2.2 Cenário B

Cena 1. a arquiteta Jaque está sentada em sua mesa. Invoca o sistema digital inteligente ARQ. Ela pede para que o sistema execute uma tarefa.

Jaque

(de maneira assertiva)

ARQ! Busque referências de projetos de unidades básicas de saúde que tenham até 200 m² de área construída e um programa de necessidades básicas semelhante ao que foi pedido neste concurso.

Jaque abre em seu computador um material disponibilizado pelos organizadores do concurso. Uma janela mostra o edital em texto. Outra janela mostra fotos do terreno de projeto. Outra janela mostra tabela de áreas necessárias.

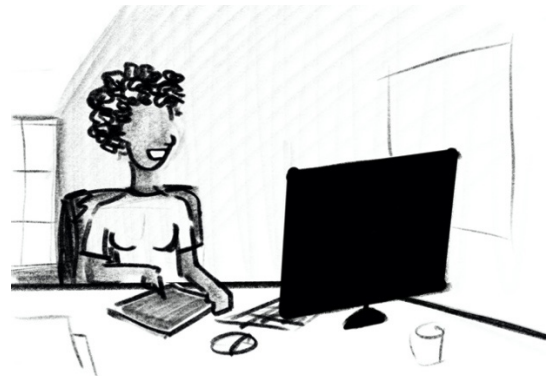


Figura 46 – Fonte: do autor.

ARQ

Nosso escritório nunca projetou uma UBS. Gostaria que eu ampliasse a busca padrão de 10 para 30 projetos de referência?

Jaque

Ótima sugestão. Ampliar!... Quando acabar, envie um alerta para que a equipe me encontre na sala de reunião nº 2.

ARQ

Okay! Isso deve levar 15 minutos.

Jaque então decide verificar e responder seus últimos e-mails através de seu tablet, enquanto ARQ realiza a coleta e processamento das informações. Jaque se levanta, vai até a chaleira e prepara um chá. Continua com o tablet na mão olhando seus e-mails. Volta para sua mesa com uma caneca em uma mão e o tablet na outra. 15 minutos depois.



Figura 47 – Fonte: do autor.

ARQ

Esses são os projetos que encontrei: foram classificados por ordem de compatibilidade em relação à sua busca.

...

O alerta de disponibilidade desse material foi enviado para a equipe, Jaque.

Jaqueline sai de sua mesa com o tablet em uma mão e sua caneca na outra. Continua falando com a IA enquanto anda.

Jaqueline

Ótimo, ARQ! Continuamos a conversa na sala de reunião com o resto da equipe.



Figura 48 – Fonte: do autor.

Cena 2. A arquiteta Jaqueline reúne-se com os colegas Aline e Marcel na sala de reunião nº 2. Estão sentados em volta de uma mesa não muito grande. O tampo da mesa é uma grande tela sensível ao toque, e todos interagem com a tela da mesa com as mãos e canetas específicas. Selecionando algumas das fichas criadas por ARQ com a ponta dos dedos sobre a tela, Jaqueline invoca ARQ.

Jaqueline

ARQ, gostaríamos de analisar esses projetos. Gere um modelo virtual tridimensional para cada um dos três.

ARQ

Aqui estão os modelos dos projetos selecionados.



Figura 49 – Fonte: do autor.

Jaque

(Questionando)

Acredito que existam alguns ruídos no modelo B. ARQ, você encontrou os desenhos de corte do projeto B?

ARQ

Infelizmente não, Jaque. Utilizei medidas médias para este tipo de edificação.

Jaque começa a manipular os projetos apresentados por ARQ a partir de toques na tela da mesa. Solicita que as modelagens entrem em modo de edição. Utilizando movimentos com os dedos e sua caneta, ela é capaz de alterar a modelagem.

Jaque

(Empolgada)

Libere a modelagem para que possa ajustar manualmente.

...

Pronto! Atualize suas definições de altura para construções de UBS.

ARQ

Novas definições foram salvas.

Aline

ARQ, você poderia adicionar o terreno e o contexto urbano de cada projeto?



Figura 50 – Fonte: do autor.

ARQ

Sim, Aline! Aguarde um instante.

O terreno é adicionado e os arquitetos analisam as imagens.

Marcel

ARQ, rode a insolação de um dia completo no mês mais quente em cada região, simultaneamente em cada projeto.



Figura 51 – Fonte: do autor.

Após alguns instantes observando.

Jaque

Qual dos projetos está em uma região geográfica similar à do projeto do concurso?

ARQ

O projeto C, Jaque.

Jaque

Construa o contexto urbano do concurso e insira o projeto C neste contexto.

ARQ

Aguarde um instante ... pronto!

Aline

Interessante, Jaque. Mas essa cobertura não está me parecendo adequada ...

Aline inicia manipulações no modelo tridimensional. Ao mesmo tempo, ARQ envia um aviso silencioso para Jaque. O alerta aparece no tablet da arquiteta.

Jaque

Pessoal, vou ter que atender uma ligação urgente de um cliente e não vai ser muito rápido, volto daqui a pouco.

Aline

ARQ, salve as próximas modelagens em nossa ata para que a Jaque não perca o histórico da reunião.

Fim do Cenário B.

3.2.3 Cenário C

O arquiteto Artur chega em sua mesa de trabalho. Ele coloca alguns documentos sobre a mesa. Coloca seu tablet. Enquanto senta em sua mesa ele invoca o sistema digital inteligente do escritório.

Artur

(animado para contar alguma novidade)

ARQ!



Figura 52 – Fonte: do autor.

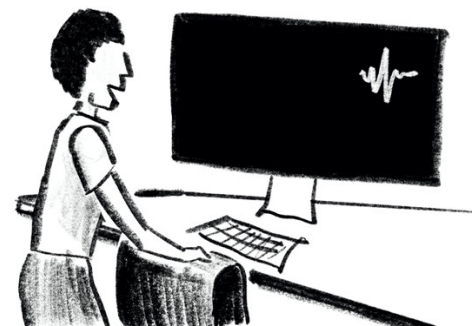


Figura 53 – Fonte: do autor.

ARQ

(demonstrando felicidade)

Olá, Artur!

Artur começa a digitar coisas no computador e a abrir documentos. Manipulando o computador e interagindo com o sistema através do teclado e da voz.



Figura 54 – Fonte: do autor.

Artur

(novidade)

Decidimos fazer aquele concurso da UBS.

Entendendo que uma das maneiras de se iniciar um projeto é através da busca por projetos de referência, ARQ pergunta:

ARQ

(Animada)

Legal! Você gostaria que eu preparasse algumas referências de projeto?

Por já ter executado buscas semelhantes, ARQ possui configurações próprias de entendimento sobre aquele pedido. Ela já aprendeu com outras buscas que fez. Ela não apresenta dúvidas, e sim sugestões.

Artur

Sim! Identifique os 4 primeiros mais parecidos e prepare os modelos de análise de cada um.

ARQ

Está certo! Enquanto isso, acredito que esses dois textos que encontrei possam ser úteis para você: o primeiro é um relatório sobre medicina indígena e técnicas de cura tabajara, organizado pelo Instituto Antropos. O segundo é um artigo sobre medicina africana do Prof. Dr. Jean-Philippe Poulain.

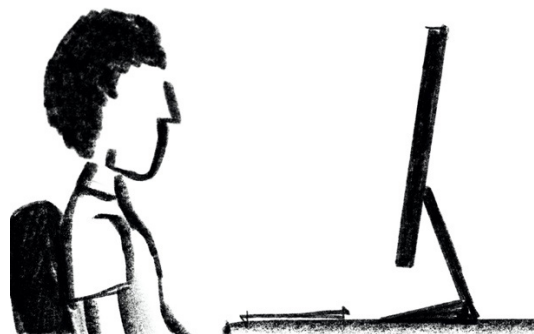


Figura 55 – Fonte: do autor.

Enquanto ARQ fala, ela apresenta os textos na tela do computador.

Artur

(duvidando das informações)

Interessante, mas por que você acredita que um artigo francês sobre medicina africana e um relatório sobre os povos Tabajara seriam úteis para nosso projeto?

Apresentando justificativas na tela do computador enquanto fala, ARQ justifica suas recomendações:

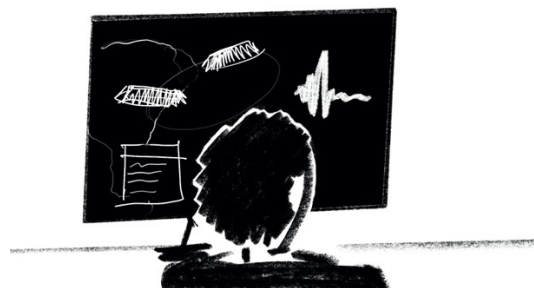


Figura 56 – Fonte: do autor.

ARQ

(calma)

De acordo com esta base de dados do concurso, a região da Paraíba que iremos trabalhar é uma Zona Especial de Povos e Comunidades Tradicionais, concedida ao aldeamento Tabajara em 1614.

...

A base de dados também menciona que esta região era compartilhada com os negros que fugiam do regime escravocrata nos engenhos de açúcar da Paraíba. Segundo meus cálculos e esses três artigos, a população negra escravizada nesse período era sequestrada das colônias francesas e inglesas da costa da Guiné, região Oeste do continente Africano. O artigo de Jean-Philippe Poulain fala sobre a ancestralidade da medicina popular do Senegal.

Artur

(surpreendido de maneira positiva)

Ah! Agora fez sentido!

Artur levanta de sua mesa para preparar um chá. Está entretido com a preparação quando, após alguns minutos, a IA lhe dirige:

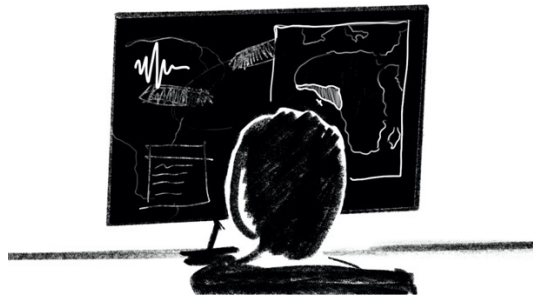


Figura 57 – Fonte: do autor.



Figura 58 – Fonte: do autor.

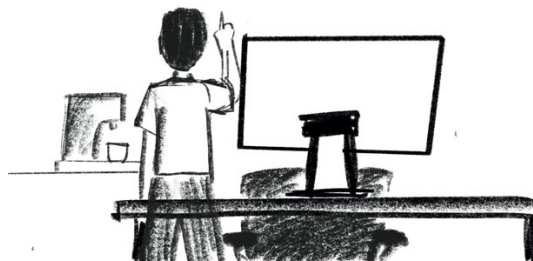


Figura 59 – Fonte: do autor.

ARQ

Artur, notei que este é o nosso primeiro projeto de UBS. Você gostaria de conversar com alguns colegas que já projetaram algo parecido? Encontrei dois escritórios parceiros que já trabalharam com projetos desse tipo: Studio Viga e Ateliê Tijolos.

Artur

(lembrando de situações desconfortáveis)
Ah não! A Maria Alice do Tijolos?! Não me dou com ela.

...

Mas talvez A Ruth do Viga possa me ajudar nisso. Além de ter um papo super bom ela é uma ótima projetista.

ARQ

(empolgada)

Irei contatar a assistente virtual ABA do Studio Viga e agendar um encontro. Devo reservar uma sala de reunião ou seu café favorito?

Artur

Acho melhor o café! Não queremos que a Ruth pense que se trata de uma consultoria profissional, ela não tem tempo para essas bobagens. Vamos manter na amizade.

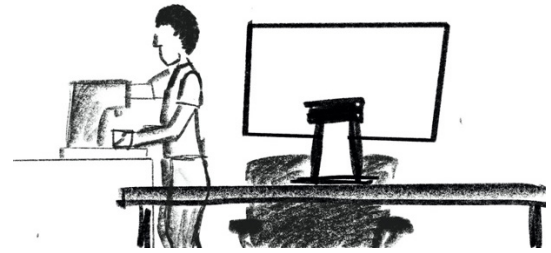


Figura 60 – Fonte: do autor.

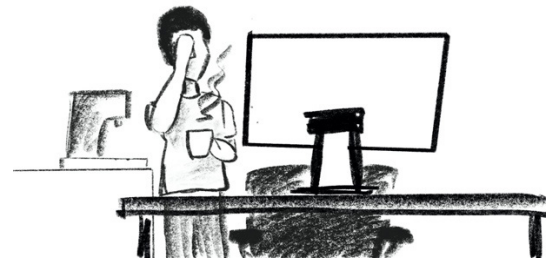


Figura 61 – Fonte: do autor.



Figura 62 – Fonte: do autor.

ARQ

Certo. Café Bento 43 reservado para quarta-feira às 16h30. ABA irá confirmar o convite até amanhã.

Artur

(mudando de assunto)

Perfeito. Como vai a busca pelos projetos de referência?

ARQ

(com um ar de dúvida)

Só faltam alguns minutos para concluir. Artur, estou tendo dificuldades para encontrar dados sobre o terreno de projeto do concurso. Parece ser uma zona rural não informatizada. Você gostaria de agendar uma visita ao local?

Artur

(desapontado)

Hum. Faz sentido ir. Mas será um investimento sem retorno garantido.

ARQ

(sarcasmo)

Acredito que todos os concursos de projetos de arquitetura sejam um tipo de investimento sem um retorno garantido, Artur.



Figura 63 – Fonte: do autor.



Figura 64 – Fonte: do autor.

Artur

Você tem razão. Me lembre de falar com a Carol sobre isso.

...

Mas sobre a viagem, não teremos escolha, ARQ.

ARQ mostrando promoções de passagens na porção de tela do computador que ainda está sem janelas abertas:

ARQ

Encontrei essas passagens com preços abaixo da média para este período. Devo reservar?

Artur

(tom de organização e responsabilidade)

Sim. Aproveite e transfira os textos sobre medicina dos povos senegaleses e tabajaras para meu tablet. Posso lê-los durante o voo.

ARQ

(empolgada com o fim da tarefa)

Certo, compra efetuada e arquivos prontos para leitura em seu tablet.

...

Artur, o material que você solicitou já está disponível. Sua reunião com a equipe de projeto será em 5 minutos. O arquiteto Vinícius pediu

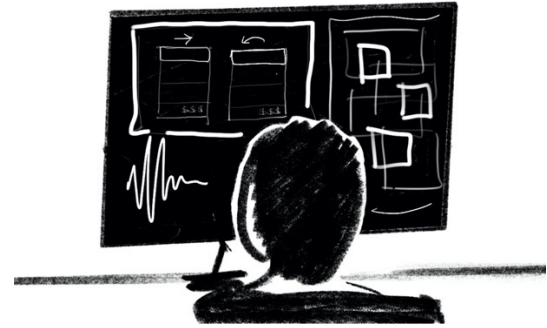


Figura 65 – Fonte: do autor.



Figura 66 – Fonte: do autor.



Figura 67 – Fonte: do autor.

para informar que não poderá comparecer.

Saindo para a reunião enquanto a IA fala sobre a ausência de um dos colegas.

Artur

(incrédulo)

Ah! O Vinícius vai faltar novamente?! O que houve com ele?

ARQ

Hum. Me parece que as linhas de transporte público entre a residência do Vinícius e nosso escritório estão operando com velocidade reduzida. Talvez isso tenha afetado o deslocamento dele.

Artur

(aceitando a situação diante das evidências)

Certo. Memorize nossa ata de hoje para que ele acompanhe o desenvolvimento do projeto.

Fim do Cenário C.

3.3 A Definição dos Cenários

O desenvolvimento dos cenários apresentados acima apresenta-se como o resultado de uma exploração sobre as diferentes configurações de um ambiente de projeto e as entidades que atuam sobre tal processo. Como observamos no início deste trabalho a partir da descrição histórica sobre a profissão de projeto, os primeiros ambientes de concepção puderam contar com interlocutores humanos e divindades.



Figura 68 – Oscar e Gilberto realizando alterações no projeto através de um modelo tridimensional.
Fonte: HIROKI, J. E.; ROZESTRATEN, A. S. Uma revisão metodológica do processo de projeto de Oscar Niemeyer: o papel da modelagem tridimensional a partir da interação do arquiteto com seu colaborador maquetista Gilberto Antunes. Análise de filmes. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.



Figura 69 – O software Mental Canvas é descrito como um programa de desenho tridimensional baseado na interação direta no Microsoft Surface Studio através da caneta stylus Surface Pen e do Surface Dial.
Fonte: <https://i.ytimg.com/vi/53KJerdHkdA/maxresdefault.jpg>

período moderno estabelece o afastamento científico das figuras religiosas e a aproximação com a subjetividade humana. Neste processo os projetistas se apoiam em ferramentas mecânicas e elétricas para o desenvolvimento de projeto. Mesmo que seus instrumentos possam ser estabelecidos como suportes cognitivos (FISH, 2004; DIX e GONGORA, 2011), a única subjetividade no processo de projeto é a humana, como podemos observar em uma reunião [Figura 68] entre o arquiteto Oscar Niemeyer e o maquetista Gilberto Antunes (HIROKI, ROZESTRATEN, 2018).

Como vimos, o desenvolvimento de soluções técnicas computacionais possibilitou a informatização de processos analógicos existentes anteriormente. A associação de *softwares* CAD a outros dispositivos digitais portáteis como tablets [Figura 69] e óculos de realidade virtual [Figura 70], podem criar formas de interação completamente virtuais. Projetistas interagem com seus projetos através de ambientes digitais e mesmo que tais instrumentos apresentem comportamento responsivo, a subjetividade humana ainda é a única presente no processo de projeto.

Figura 70 – O Fologram é descrito como uma plataforma para integração de design algorítmico com o ambiente construído. A medida em que o projetista desenvolve uma solução de projeto através de uma linguagem de programação visual, o Fologram apresentaria a simulação. Fonte: <https://www.curbed.com/2019/1/7/18171095/fologram-ar-app-brick-wall>



Em um cenário paralelo à realidade informatizada, a exploração da computação através da programação visual de algoritmos vai além das soluções estabelecidas por desenvolvedores de *software* e *hardware* voltados para projeto na construção civil. Mesmo existindo apenas a subjetividade

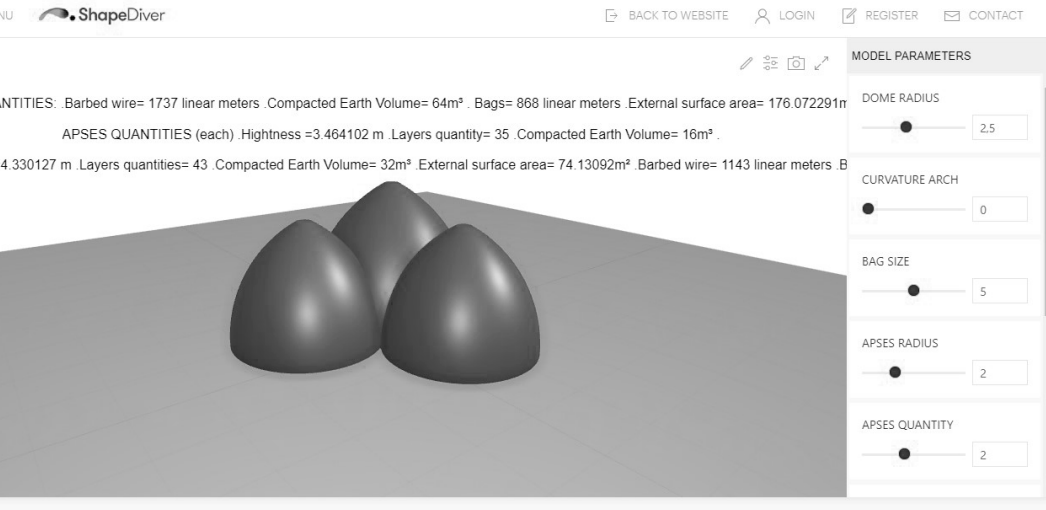


Figura 71 – Plataforma ShapeDiver é capaz de organizar uma interface gráfica de usuário a partir de um código de Grasshopper. Na figura podemos ver o aplicativo CICERO para construções em adobe desenvolvido pela Arq^a. Dr^a. Deborah Macedo. Fonte: <https://app.shapediver.com/m/cicero-1?embed=true>

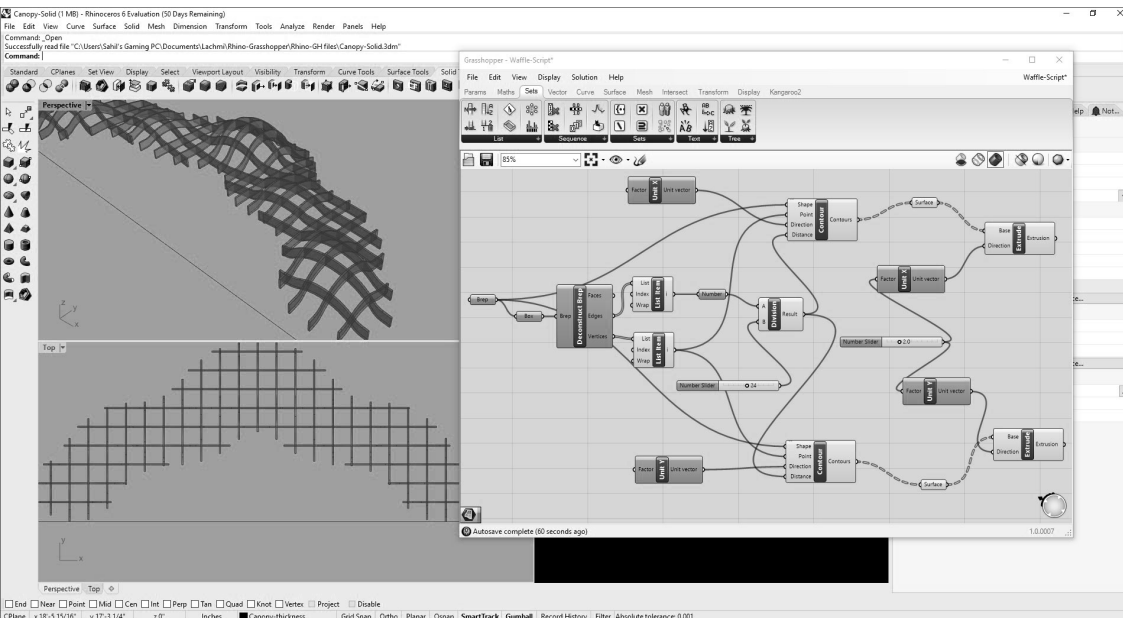
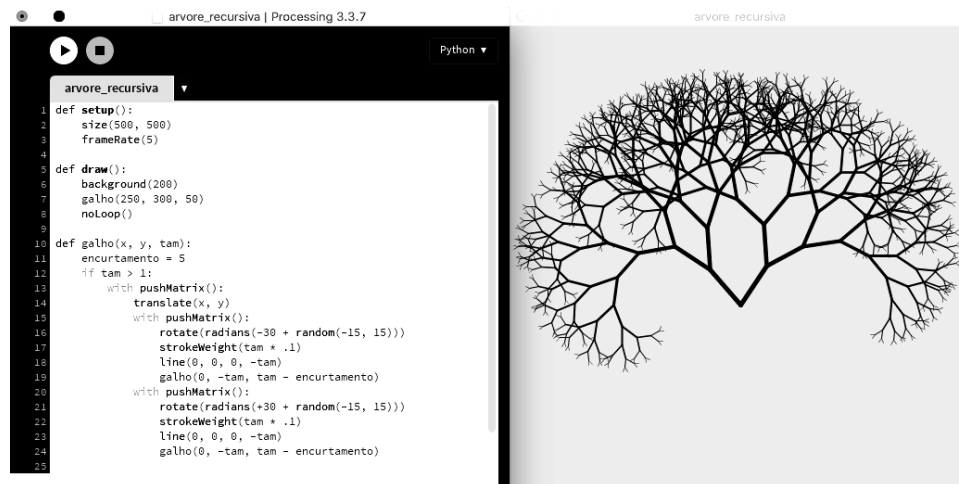


Figura 72 – Exemplo de código desenvolvido a partir da linguagem de programação visual do Grasshopper. Fonte: <http://www.aecbytes.com/tipsandtricks/2018/issue84-rhino.html>

Figura 73 – Exemplo do compilador Processing que trabalha com linguagens de programação textual de alto nível baseadas em Java e Python. Na figura, um código desenvolvido pelo Arq. Me. Alexandre Villares. Fonte: VILLARES, Alexandre Barrozo do Amaral. Taxonomia de temas para ensino de programação em contexto visual. 2019. 1 recurso online (132 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP.



humana, já é possível perceber a presença de dinâmicas algorítmicas com algum grau de liberdade combinatória para geração de grandes quantidades de variações de soluções de projeto, podendo simular de maneira eficiente traços de raciocínio dedutivo.

Neste contexto pode-se identificar no mínimo três variações de interação entre projetista e ferramenta digital: a primeira é caracterizada como uma **programação para usuários**, do inglês *end-user programming* (MYERS, KO, BURNETT, 2006), em que a solução algorítmica está preparada para a personalização através de uma interface visual gráfica amigável para pessoas não treinadas em lógica de programação [Figura 71]; a segunda seria a **programação por linguagem visual**, em que os profissionais de projeto entendem a lógica de funcionamento dos sistemas de computação, mas preferem utilizar ferramentas de programação mais próximas do vocabulários de representação imagético da Arquitetura [Figura 72]; e a terceira e última seria a **programação textual** [Figura 73] que possui semelhanças estruturais com a lógica de programação de baixo nível, ou seja, aquela que utiliza linguagens de programação mais próximas da linguagem de máquina.

Não é possível afirmar que os tempos técnicos associados aos ambientes de projeto descritos tenham desaparecido e sido substituídos progressivamente

por novas soluções técnicas. A sobrevivência e complementariedade das relações entre mitologias, subjetividade do sujeito e soluções científicas, mesmo que coloquem luz sobre as desigualdades da distribuição de tecnologias, podem ser capazes de fomentar um ambiente prolífico de pesquisa e projeto no contexto limítrofe que se prepara para a interlocução com um novo agente de projeto.

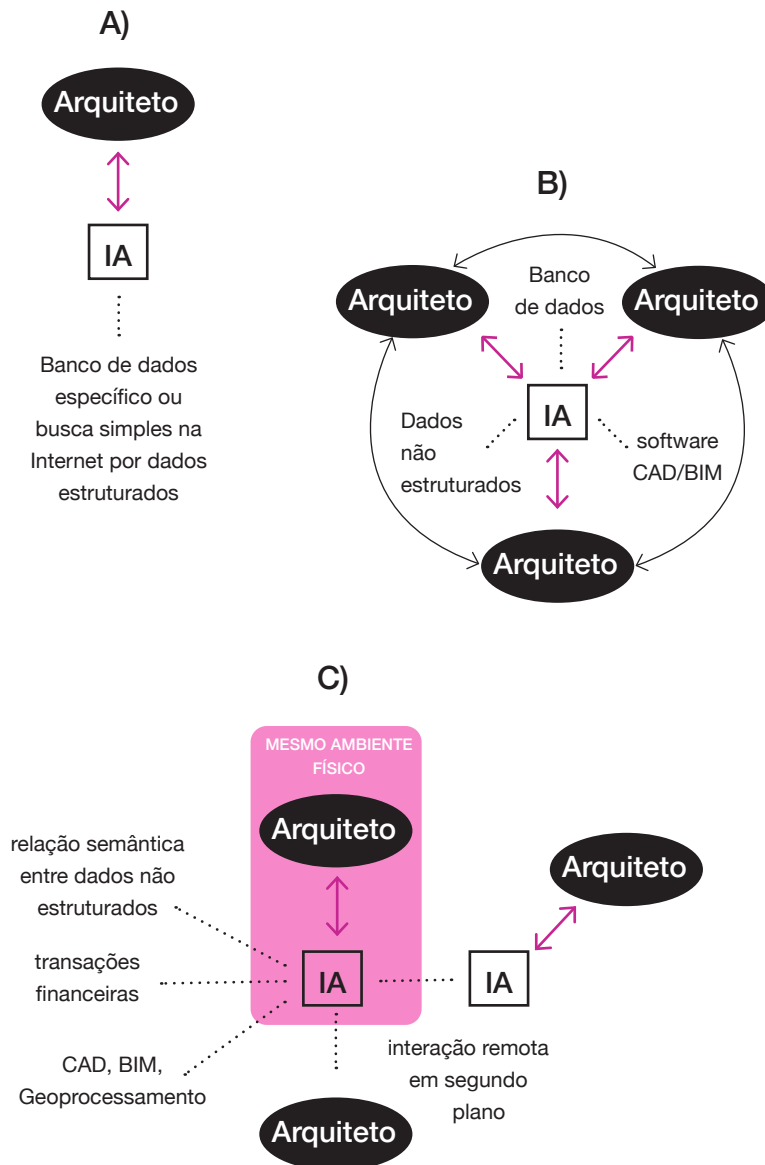


Figura 74 – Diagrama de comparação entre os cenários A, B e C. Fonte: do autor.

As tecnologias de Inteligência Artificial podem ser combinadas na busca por um agente realmente consciente de sua própria existência, ultrapassando o aparente raciocínio dedutivo de uma dinâmica algorítmica. Seria possível, então, reconhecer uma segunda subjetividade no processo de projeto? A partir deste questionamento sobre a presença de uma alteridade digital no processo de projeto, são lançadas as hipóteses de interação pelos cenários A, B e C da página anterior [Figura 74]: o primeiro [A] apresenta uma IA baseada nas soluções técnicas de sistemas especialistas próximos de *Narrow Intelligence*, seria capaz de buscar soluções para problemas bem definidos e lineares, interagindo com um ser humano e acessando bancos de dados estruturados; o segundo [B] mostra uma IA que poderia contar com uma maior autonomia na exploração em sistemas abertos de dados não estruturados, bem como a integração com *softwares* CAD ou BIM, mas ainda buscando atender apenas as questões colocadas pelo projetista, podendo interagir com mais de um ser humano e acessando softwares de modelagem para projeto; o último cenário [C] considera a possibilidade de se estabelecer um sistema verdadeiramente consciente de sua própria subjetividade, e que poderia questionar o projetista sobre as condições para a elaboração de um projeto a partir de uma *General Intelligence*, podendo se comunicar com outros sistemas inteligentes ou pessoas ao mesmo tempo em que executa demandas colocadas pelo arquiteto.

3.4 Desdobramentos Teóricos e Práticos

O volume de questões qualitativas que circundam o desenvolvimento de um projeto como o apresentado pelos cenários A, B e C – o início de um processo criativo para um projeto de edificação em uma área de proteção cultural –, configura um contexto base bastante interessante para se discutir a inserção de modelos computacionais de IA na produção de Arquitetura, já que a especialidade de um computador é o processamento de dados quantitativos e não a sensibilidade na interpretação de costumes humanos.

Não nos interessa aqui criar uma hipótese sobre uma sequência temporal para a implantação e desenvolvimento técnico de tais sistema inteligentes.

A partir da perspectiva sócio-política, de soluções técnicas e de conceitos da filosofia, iremos nos debruçar sobre o estabelecimento de relações entre os cenários e sobre a sugestão de questões que não devem ser negligenciadas no momento em que se discute a forma de implantação de sistemas autônomos em ambientes de projeto de Arquitetura.

3.4.1 Responsabilidade Dentro da Realidade Sociotécnica

É possível entender que de maneira consciente ou não, toda solução técnica incorpora um conjunto de valores sociais advindos da pessoa que a criou – seja esta solução uma obra de construção civil ou uma peça de vestuário a ser fabricada em massa. Tais valores sociais imbuídos na tecnologia ajudam a reforçar o poder e a autoridade de grupos sociais dominantes (WINNER, 1986).

“Fica claro que a tecnologia pode ser usada para reforçar o poder, a autoridade e o privilégio de uns sobre outros, por exemplo, o uso da televisão para vender um candidato. Estamos acostumados a ver as tecnologias como ferramentas neutras que poder ser muito ou pouco utilizadas, para o bem, para o mal, ou para algo entre os dois. Mas normalmente não paramos para questionar que o projeto e construção de determinado dispositivo pode gerar uma série de consequências lógicas e temporais antes mesmo da sua utilização efetiva.” (WINNER, 1986, pág. 3, tradução nossa)

Nos parece que muitos objetos técnicos já incorporados na sociedade eram colocados no momento de seu lançamento como algo que aumentaria a autonomia e tempo de quem os usasse: “A indústria automobilística, telefonia, rádio, televisão, o programa espacial, e claro, a energia nuclear, foram todos em algum momento descritos como ‘democratizadores’ e forças libertadoras.” (WINNER, 1986, pág. 1, tradução nossa). A libertação aqui é descrita em grande escala, colocando cenários de implantação que parecem

desconsiderar contextos que enfrentam problemas sociais como a extrema pobreza. Aqui mostra-se uma questão na realidade política dos artefatos técnicos, onde a alimentação de dados digitais e a construção de conteúdos online ainda é sobre e para os grupos que possuem acesso a tais objetos.

Pierre Lévy (2010, pág. 11) escreve que “[...] o objeto técnico e mais geralmente a imensa maquinaria do ‘fazer’ contemporâneo encontram-se impregnados de desejo e subjetividade.”, essa afirmação indica uma proximidade de pensamento com a já abordada Teoria da Formatividade de Pareyson, em que o fazer artístico pode ser descrito como uma aplicação física de desejos, crenças e vontades sobre uma matéria, que ao mesmo tempo que é moldada por tais subjetividades, ela pode retê-las e devolvê-las ao público ou ao próprio artista.

Se o pensamento de projeto também está presente na organização de códigos de programação e no desenvolvimento de dispositivos computacionais, pode-se entender que as relações sociais do sujeito responsável pela construção de tais objetos técnicos podem interferir nas suas decisões de projeto.

“Os dirigentes das multinacionais, os administradores precavidos e os engenheiros criativos sabem perfeitamente [...] que as estratégias vitoriosas passam pelos mínimos detalhes ‘técnicos’, dos quais nenhum poder ser desprezado, e que são todos inseparavelmente políticos e culturais, ao mesmo tempo que são técnicos [...]” (LÉVY, 2010, pág. 9)

Como aborda Winner, “A história de Arquitetura, planejamento urbano e projetos públicos contém muitos exemplos de espaços físicos com propostas políticas explícitas ou implícitas.” (WINNER, 1986, pág. 3, tradução nossa), como o plano urbano do Barão de Haussmann para Paris, encomendado por Louis Napoleon como um nível espacial de prevenção contra as aglomerações

e brigas que aconteciam no período revolucionário francês na metade do século XIX (WINNER, 1986).

Entendendo-se que as decisões tomadas na elaboração de uma solução técnica estão ligadas a questões subjetivas de quem a criou, no momento em que uma dinâmica algorítmica de IA supostamente autônoma apresentar falhas comportamentais, favorecendo grupos sociais em detrimento de outros, ou até desconsiderando parcelas inteiras da população, quem será responsabilizado? “Quando a tecnologia falha, os culpados devem ser responsabilizados.” (MITTELSTADT et al., 2016, pág. 36, tradução nossa).

Projetos realizados por programas autônomos não possuem autoria bem definida. Além de discussões sobre a propriedade intelectual de soluções de design que são *per se* um algoritmo, no momento de erros, acidentes e colapsos, onde a responsabilidade técnica das partes envolvidas deve ser acionada, como julgar a participação de um sistema autônomo nas decisões de projeto?

“Algoritmos são inescapavelmente carregados de valores sociais [...]. Parâmetros operacionais são especificados por desenvolvedores e configurados por usuários para obterem resultados desejados que privilegiam alguns valores e interesses em detrimento de outros [...]”. (MITTELSTADT et al., 2016, pág. 3, tradução nossa)

O último cenário [C] mostra um sistema que extrapola as tarefas a ele dirigidas, respondendo com sugestões e previsões, chegando a esbarrar em questões éticas no final do diálogo – a previsão do paradeiro de uma das pessoas que deveriam estar na reunião indica um conhecimento sobre a localização da residência do indivíduo e o padrão de trajeto por ele realizado até o trabalho, encontrando assim a discussão sobre vigilância e segurança de dados em um mundo informatizado.

Uma outra característica do campo da computação pode aumentar o nível de desconfiança em ferramentas inteligentes. Atualmente, as ferramentas digitais são desenvolvidas por grandes conglomerados empresariais que dominam o mercado de *software* proprietário como a norte-americana Autodesk. A partir do momento em que tais empresas passarem a desenvolver sistemas aparentemente inteligentes integrados a seus *softwares* de desenho e modelagem, cria-se a necessidade de rever questões de privacidade e propriedade intelectual.

3.4.2 O Problema do Viés na Arquitetura

Pode-se dizer que o cenário A está baseado em tecnologias de **sistemas especialistas** aplicados por meio de um *software* de busca sofisticado, capaz de compilar dados de repositórios específicos ou, se necessário, organizar dados não estruturados. Após a organização desses dados, eles podem ser aplicados em uma dinâmica de aprendizado de máquina para a inferência de padrões.

O contexto base indica uma situação em que será necessário projetar um edifício para a área da saúde. Estas construções normalmente apresentam legislações sanitárias e de saúde bastante específicas ligadas principalmente aos protocolos de atendimento de um determinado sistema de saúde. O que aconteceria se o sistema de busca fosse alimentado por um banco de dados diferente do modelo do sistema de saúde brasileiro? Os costumes construtivos que respondem às dinâmicas culturais de uma região aplicados a um banco de dados podem representar mais uma camada de enviesamento na tomada de decisões de um projeto de Arquitetura – uma camada além da social-política inerente ao sujeito. A partir deste entendimento, cabe perguntar como os desenvolvedores de software proprietário entendem a inserção social da profissão da Arquitetura? Existiria neste contexto um viés estético em soluções comerciais de automação?

Contextos em que a aplicação de modelos computacionais de IA já são uma realidade, mostram a nocividade da utilização de dados enviesados. Em 2009, um vendedor de uma loja de eletrônicos nos Estados Unidos relatou

em um vídeo postado na rede social YouTube que um novo mecanismo de reconhecimento facial lançado pela fabricante de computador HP não era capaz de reconhecer seu rosto por ele ser negro (CHEN, 2019). No vídeo, o vendedor compara a identificação do rosto de sua colega de trabalho branca com o não reconhecimento de seu rosto, acusando a empresa HP de fabricar computadores racistas.

Em março de 2016, a empresa de tecnologia Microsoft lançou o que seria um experimento com uma chatbot chamada Tay em uma conta da rede social Twitter. Apenas 16h após o lançamento, a bot com características de uma jovem de 19 anos foi desligada por aprender e tecer comentários neonazistas, racistas e de teor sexual à usuários da rede social (METZ, 2016). Se os artefatos construídos pela humanidade carregam os valores sociais da mesma, como seremos confrontados quando tais tecnologias aplicarem os vieses sociais de seus criadores sobre eles mesmos?

O pesquisador Mark Latonero relatou em um artigo para a revista *Wired* sua experiência teste em um sistema da Intel chamado de *TrailGuard AI* – um sistema de vigilância florestal que promete acabar com a caça ilegal de animais – em uma conferência do MIT em 2019. Durante o teste, que se passava em um cenário de flora e fauna da savana, o rosto de Mark foi fotografado e registrado como “caçador”. Como descreveu, “Sistema de IA construídos a partir de dados de treinamento limitados criam modelos de previsão imprecisos que resultam em injustiças.” (LATONERO, 2019).

“Algoritmos inevitavelmente fazem decisões enviesadas. O desenho e funcionalidade de um algoritmo reflete os valores e intenções de uso de seu desenvolvedor na medida em que uma solução específica é escolhida como a melhor e mais eficiente. Desenvolvimento de algoritmos não é neutro [...]” (MITTELSTADT et al., 2016, pág. 25, tradução nossa)

Como indicado no terceiro cenário [C], a tarefa de realizar previsões deve levar em consideração um sistema de amostragem (banco de dados) bastante vasto e, portanto, menos enviesado, capacitando o sistema a gerar conclusões menos óbvias e conexões talvez não vislumbradas anteriormente pelo(a) arquiteto(a). Em um artigo do jornal *The New York Times* chamado *Biased Algorithms Are Easier to Fix Than Biased People* (2019), o autor Sendhil Mullainathan coloca luz sobre a inerência da valoração política na realidade sociotécnica mesmo sem a presença de banco de dados de treinamento de IA. Os dados podem ser diversificados e corrigidos com ações simples e diretas sobre o código. Já as mudanças sociais lidam com o enraizamento profundo e muitas vezes inconsciente (MITTELSTADT et al., 2016) de conceitos coloniais, escravocratas e patriarcais que podem aflorar no processo de tomada de decisão de um projeto.

3.4.3 Opacidade do Processo de Projeto

Da identificação da necessidade de agir, passando pela formulação de relações entre dados abstratos coletados a partir de sensores ou buscas generativas em bancos de dados, até a geração de respostas em linguagem natural, os processos executados por entidades artificiais autônomas podem ser opacos (MITTELSTADT, 2016). Considerando mais uma vez a valoração subjetiva presente em um processo de projeto, a opacidade de operação dos códigos autônomos pode ocultar vieses que só serão percebidos na apresentação de soluções excludentes.

“Um dos grandes desafios à possibilidade de uma ética para as TIC é o seu caráter descorporizado, etéreo, que, de certa forma, esconde a realidade que representa construindo simulacros [...] - reduzindo tudo a uma complexa base de dados de ‘recursos’ informacionais ou materiais.” (ALVES, 2011, pág. 17)

Dependendo da complexidade apresentada pelas conexões de processamento de dados, tais processos podem se tornar inacessíveis e desconhecidos. Para a Arquitetura, a opacidade de um processo como este pode significar a perda de entendimento sobre uma dinâmica reflexiva de que se faz parte como projetista. Em relação ao cliente ou usuário esta opacidade aparenta já existir.

Como identificam Kapp, Nogueira e Baltazar (2009), a inacessibilidade de um processo de projeto que se vale de representações abstratas e jargões técnicos e poéticos, pode afastar as partes envolvidas na requisição do serviço das etapas de concepção. A forma como o processo convencional de projeto é apresentada frente às necessidades de moradias por parte de populações de baixa e média renda, acaba por criar cisões e embates entre os profissionais e clientes sobre a construção do objeto final tangível (KAPP, NOGUEIRA, BALTAZAR, 2009).

No terceiro e último cenário [C], considera-se um acúmulo de habilidades relativas aos atuais temas de desenvolvimento computacional em Inteligência Artificial, sendo eles: sistemas especializados, aprendizado de máquina, visão computacional, processamento de linguagem natural, algoritmos genéticos, etc. A junção de tais modelos computacionais visa a simulação de um sistema que agiria “como” a mente humana, elevando o nível da interação entre os agentes envolvidos. Conhecendo padrões de utilização de determinada ação, o sistema seria capaz de realizar previsões a fim de sugerir algumas novas tarefas ao(a) arquiteto(a), enquanto ele finaliza e entrega o que lhe foi solicitado.

No caso desse cenário especificamente, as previsões se apresentariam menos opacas, já que o sistema seria capaz de articular um argumento mostrando a cadeia de relações estabelecidas para se chegar a determinada sugestão – como no caso da leitura dos artigos –, apresentando uma proto-capacidade de análise crítica. Para que um resultado seja transmitido com transparência, o processo de elaboração não pode apenas estar acessível, ele precisa ser compreensível pelos agentes envolvidos (MITTELSTADT et al., 2016, pág.

20). Isto significa, por exemplo, que no cenário C o arquiteto deve ser capaz de analisar as sugestões de leitura da assistente ARQ de forma crítica, mesmo quando as mesmas aparentam ser adequadas e sensatas.

3.4.4 A Coexistência de Tempos Técnicos

Os modelos computacionais utilizados atualmente trabalham com dados de entrada estruturados de maneira numérica. Este modelo de manipulação de dados quantitativos se mostra como um obstáculo para o desenvolvimento de sistemas autônomos em Arquitetura. A imensa quantidade de dados de representação gráfica, textos, fotos, vídeos e outros suportes utilizados nas práticas de projeto, torna a tarefa de virtualização e estruturação quase proibitiva.

Para o cenário A, seria imprescindível que a IA fosse treinada em identificar não apenas tipos diferentes de desenho técnico normatizado, mas como também ser capaz de manipular diferentes formatos e extensões de arquivos – tarefas que requerem o reconhecimento de padrões por visão computacional. Se as IAs trabalharem apenas com desenhos técnicos normatizados, perderíamos algumas centenas de milhares de desenhos à mão e croquis que não seriam considerados. Como incluir esses tipos de representação na busca por referências? A desconsideração desse tipo de material imagético indicaria um apagamento técnico inaceitável e um não entendimento da complexidade de suportes que podem perpassar a atividade de projeto, resultando em uma diminuição qualitativa das soluções arquitetônicas – seria o equivalente a entender que um projetista só trabalharia com representações normatizadas e tecnicamente corretas.

Existem pesquisas que pretendem formar um arcabouço teórico que auxilie na organização de um formato de arquivo que seja capaz de representar diversos tipos de dados imagéticos humanos (MAHANKALI et al., 2018), mas talvez os esforços pudessem ser aplicados não na busca por um tipo de mídia hegemônica, mas em formas de contato e integração, além dos limites da discretização numérica de informações qualitativas – como, por exemplo, o suporte a manipulação de diversos tipos de arquivo em um mesmo software.

Como o segundo cenário [B] aponta através da divergência de altura entre pavimentos, a geração autônoma de geometrias por parte do sistema de IA pode conter erros. Os diversos tipos de suportes utilizados em processos de projeto criam uma base documental não só para que um objeto ou edifício seja construído, mas como registro metodológico do próprio processo de produção. Considerando que parte das edificações presentes hoje em grandes cidades possuem uma documentação técnica desatualizada ou inexistente, e as que possuem não são documentos propriamente manipuláveis por recursos CAD, esse tipo de manipulação geométrica mostrada pelo cenário B ainda dependeria substancialmente da interferência humana.

O cenário C mostra a permanência de tempos técnicos distintos (ROZESTRATEN, 2016) quando o sistema apresenta dificuldades em encontrar informações sobre uma área ainda não informatizada. Mesmo com tecnologias avançadas de Inteligência Artificial sendo aplicadas na realidade cotidiana de muitas pessoas, ainda existem populações periféricas em que não só a IA é ficção, mas como o acesso a educação básica e à água potável também são fantasias. Neste tipo de contexto a IA se coloca como um complemento às habilidades humanas – como no cenário C em que a assistente ARQ auxilia o arquiteto até o momento da compra de passagens, cabendo ao arquiteto realizar o levantamento de uma região não informatizada.

3.4.5 Mudanças na Interface Arquiteto-Computador

Considerando a existência de um sistema artificial inteligente que se comunique “como” um ser humano, tal entidade deve se distanciar da categoria de ferramenta e ser cada vez mais encarado como um “outro” semelhante. Sendo assim, a maneira como um(a) projetista se dirigiria a esse sistema deve ser revista, resignificando o estabelecimento de hierarquias entre o(a) arquiteto(a) e um suposto “funcionário-máquina” (ENGELBART, 1962).

Hoje em dia o reconhecimento de linguagem verbal ou escrita se apresenta bastante avançado através dos modelos de processamento de linguagem

natural. Mesmo sendo capaz de reconhecer muitas expressões linguísticas, esse recurso ainda é baseado em um modo de linguagem objetiva. Os comandos são como indicações transmitidas de maneira clara e assertiva – algo que não é muito comum em escolas de Arquitetura. Durante o treinamento de um(a) estudante, são apresentadas expressões técnicas e filosóficas que ao passo que alimentam as intenções de um discurso de projeto, criam uma aura de subjetividade e abertura para interpretações (LAWSON, 2004, pág. 93).

Sabendo que a interação verbal objetiva não é uma das características mais desenvolvidas por planos de ensino nas escolas de Arquitetura, qual seria então uma interface adequada para a comunicação com um interlocutor artificial sem abrir mão da intencionalidade poética do projeto? O pesquisador Mario Carpo lança uma hipótese em relação à interação verbal.

Segundo Carpo, ferramentas de busca online como o Google, desenvolveram uma prática de **busca** por arquivos e dados que não existia antes delas. As pessoas estariam mais acostumadas a organizar objetos físicos a partir da catalogação semântica dos mesmos. Sejam eles um conjunto de correspondências ou fichas de pacientes, a separação por categorias seguiria convenções abstratas e pessoais, como ordem alfabética ou “trabalho” e “casa” (CARPO, 2017). Com ferramentas de busca, a categorização não seria necessária já que os “Computadores podem procurar mais rapidamente do que os humanos podem categorizar.” (CARPO, 2017, pág. 48, tradução nossa).

“Enquanto a antiga ciência de poucos dados utilizava fórmulas científicas para deduzir (mas na verdade resgatar), um pequeno e limitado conjunto de números, a nova ciência do Big Data pode buscar e resgatar precedentes quase que por inteiro.” (CARPO, 2017, pág. 39, tradução nossa)

A proposição do *search, don't sort* de Carpo estaria baseada em uma visão bastante científica do processo de projeto, em que a busca pela recombinação de elementos já apresentados e testados anteriormente seria

capaz de gerar soluções eficientes de projeto. Assim como ilustrado pelos cenários, o paradigma da busca se mostra como uma hipótese interessante para momentos bem estruturados do processo de projeto, em que comandos bem definidos podem ser direcionados à entidade artificial.

A multiplicidade de práticas comuns encontradas na etapa de concepção do processo de projeto de Arquitetura, abre espaço para a autonomia das representações, que, desde o movimento moderno, ganha importância fundamental para o entendimento do resultado final. A forma de representar este momento anterior à etapa da construção varia em diversos aspectos e contextos. Em dinâmicas procedurais de projeto normalmente são utilizadas as representações abstratas de códigos ou pseudocódigos de programação. Para que esse tipo de processo de projeto seja acessível a todas as partes envolvidas no desenvolvimento, se torna imprescindível o emprego de diagramas.

Diagramas não são representações gráficas fixas, eles possuem deslocamento e ação (VASSÃO, 2014), descrevendo o movimento do emprego de diretrizes projetuais que guiam a manipulação de volumes e materiais para a conformação de um resultado satisfatório. Por ser uma linguagem visual de rápida apreensão, os diagramas configuram um importante recurso de transmissão do projeto. Como mostra Oxman (2000), a linguagem visual do processo de projeto pode ser entendida como um suporte cognitivo na prática de design computacional.

No cenário B, utiliza-se as informações encontradas e catalogadas pelo sistema digital para a análise e entendimento dos projetos mais relevantes dentro do conjunto de referências. Aqui, a manipulação dos projetos de referência ultrapassa a análise de dados em uma ficha, atingindo a interação física dos(as) arquitetos(as) com os modelos tridimensionais dos edifícios. A manipulação de geometrias geradas pelo sistema deve integrar os assistentes inteligentes ao atual estado da arte da manipulação de volumes em *softwares* CAD. Como já relatava Licklider (1960), o avanço neste tipo de integração deve acompanhar também novas formas de interação homem-computador, significando mudanças no *hardware* (objetos físicos da computação), como o projeto CityMatrix [Figura 75] desenvolvido no MIT *Media Lab* pelo grupo

City Science. O projeto consiste do desenvolvimento de uma plataforma de suporte para decisões em planejamento urbano, contando com soluções de modelos computacionais de IA e com uma interface tangível que pode ser manipulada na geração de métricas urbanas de análise (ZHANG et al, 2018).

Figura 75 –
Demonstração de
interação do protótipo
do CityMatrix.
Fonte: ZHANG,
Yan; GRIGNARD,
Arnaud; AUBUCHON,
Alexander; LYONS,
Kevin; LARSON, Kent.
Machine learning
for real-time urban
metrics and design
recommendations.
ACADIA, 2018;



3.4.6 Processo Participativo Digital

A proximidade de assistentes inteligentes de ambientes coletivos de discussão de projeto como as reuniões apresentadas no cenário B, podem proporcionar novos tipos de interface dentro do processo participativo em que as alterações e manipulações de projeto estariam acessíveis às partes envolvidas no momento do desenvolvimento coletivo de uma reunião [Figura 76] – sejam essas partes disciplinas da construção civil, clientes ou organizações sociais (BEHYMER, FLACH, 2016).

A alteração de parâmetros e geração de análises poderiam ser realizadas em tempo real sobre um mesmo modelo informacional do projeto. A utilização de interfaces coletivas de manipulação de projeto poderia agregar valores sociais ao processo algorítmico de projeto, no momento em que o usuário teria a chance de interferir diretamente na personalização do projeto, estando os(as) arquitetos(as) posicionados como mediadores dos recursos técnicos digitais.

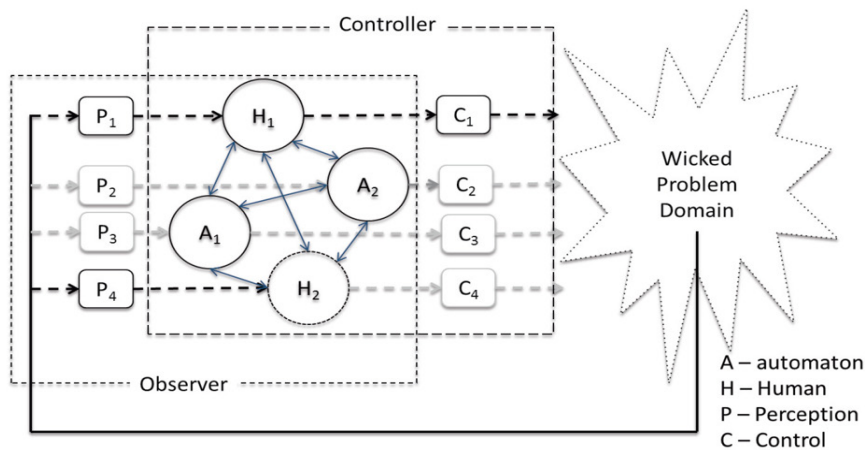


Figura 76 – Diagrama de interação entre uma equipe de projeto interagindo com IA. Fonte: BEHYMER, Kyle J.; FLACH, John M. From autonomous systems to sociotechnical systems: designing effective collaborations. Se Ji: Tongji University Press, 2016;

3.4.7 Situações Não Conhecidas e a Verdadeira IA

Existe no mundo construído um grande número de programas de uso para edificações. Tais usos podem ser somados, subtraídos, multiplicados e divididos em favor da organização de um programa de necessidades que norteará a elaboração de um sistema espacial que atenda determinado fim. Nem sempre os usos serão conhecidos e estudados, e muitas vezes eles nascem como uma demanda a partir de novos tipos de relações sociais – como um *data center* de baixa permanência humana ou um pet-shop onde alguns dos usuários seriam animais de estimação.

Mesmo lidando com situações desconhecidas, um(a) arquiteto(a) seria capaz de estabelecer relações e indicar alternativas cabíveis a partir de sua experiência prática na manipulação de espaços, dentro do que ele(a) teria como senso-comum da profissão. Como mencionado anteriormente, o **projetar** seria uma forma de lançar hipóteses, e o próprio ato de lançar tais sugestões resulta na aproximação do entendimento do problema discutido (BARROS, 2016).

Enquanto nos dois primeiros cenários [A e B] os sistemas estão baseados na busca de dados e sugestões de ação de acordo com padrões de uso anteriores, o sistema do cenário C indica uma generalidade de ações ao indicar leituras,

realizar compras e entrar em contato com outras IAs, confirmando a não especialização do sistema – o que significa que ele seria aplicável a situações de uso inéditas sem a necessidade de treinamento específico prévio. Esta característica viria aproximar ainda mais as IAs das atividades do processo de projeto.

As teorias colocadas por Searle sobre a impossibilidade de se chegar à uma IA de *General Intelligence*, ou seja, sistemas que pensam e atuam racionalmente sozinhas (VERNON, 2014), estaria no fato de sistemas algorítmicos não serem capaz de lidar de forma intencional com a semântica da linguagem. Enquanto a “verdadeira IA” que apresenta *General Intelligence* seria mais próxima ou até melhor do que inteligência humana, lidando inclusive com a imprevisibilidade de acontecimentos a partir do senso comum sobre o mundo – assim como fazem as pessoas (LEVESQUE, 2017); os sistemas que simulam um comportamento inteligente pensando e atuando “como” humanos, sobre problemas fechados e bem definidos – semelhantes aos explorados pela geração de pesquisadores de Dartmouth com a IA simbólica –, estariam próximos de um inteligência restrita e especializada, a *Narrow Intelligence* (MAY, 2018).

Como indica Carpo (2017), a possibilidade de simular a adaptação a situações inesperadas começa a ser incorporada em algumas dinâmicas algorítmicas, mas não como uma maneira da máquina lidar com a imprevisibilidade e mutabilidade de problemas abertos, mas como uma forma de se autorregular em situações de falha ou erro de operação. Este tipo de simulação de improviso estaria presente em máquinas de fabricação digital que lidam com materiais de natureza orgânica, que possuem propriedades químicas e físicas que não podem ser controladas: “[...] em alguns casos a forma mais fácil de cooperar com materiais pesados e peculiares é desenvolvendo alguma capacidade adaptativa de improvisação de última hora na fabricação robótica, atuando abaixo e acima das margens de tolerância de erro tradicionais.” (CARPO, 2017, pág. 54, tradução nossa).

O interessante retorno à liberdade de forças que atuam sobre a natureza do material orgânico pode nos remeter a processos como os do já comentado

arquiteto Antoni Gaudí, que propunha uma busca formal através da aplicação de forças reais sobre o material bruto. A simulação de um processo de imprevisibilidade a partir de sistemas supostamente autônomos reforçam os argumentos de Searle quanto à impossibilidade de se chegar a um computador que possa trabalhar a partir de problemas desconhecidos: a dinâmica algorítmica seria programada para apresentar um comportamento que humaniza sua ação, gerando empatia na identificação de inteligência humana em um artefato. A projeção de inteligência partiria do observador humano em relação a uma simulação restrita de adaptação a falhas, e, portanto, não poderia caracterizar uma **verdadeira IA**.

3.4.8 O Lugar do Devaneio

Como pudemos observar, as discussões contemporâneas sobre o processo de projeto e os tipos de problemas com quais ele se relaciona abrem espaço para a convivência de práticas racionais e reflexivas no sistema constante de lançamento e validação de propostas de solução. As ideias da ciência de linearidade e exatidão técnica que teriam criado os sistemas computacionais modernos acabam sendo incorporadas nas práticas de projeto de Arquitetura principalmente quando tratamos dos processos algorítmicos. Será necessário aqui resgatar novamente a coexistência de processos mais bem definidos da prática racional e os processos mais abertos da prática reflexiva.

Entendendo que a ciência estabelece seus objetos técnicos a partir de uma busca por precisão e máxima eficiência, como será o relacionamento entre os processos otimizados de uma IA e natureza evasiva propriamente humana explorada dentro de um processo poético-reflexivo do projeto de Arquitetura?

O devaneio poético descrito por Bachelard (2018) nos coloca uma prática reflexiva sem limites definidos, ligada a explorações materiais ou imagéticas não lineares. A manipulação de estruturas tridimensionais por parte de um grupo de arquitetos no cenário B nos mostra uma possível relação entre o exercício do devaneio poético e a assistente virtual ARQ. Vemos nesse cenário os projetistas lançando questões objetivas acessíveis à IA, mas que

configuram partes de um processo poético maior – a fluidez e concentração estabelecida entre o devaneio poético do projetista e o auxílio da IA poderia ser comparado à sinergia entre um cirurgião e seu colega instrumentador.

3.4.9 Prática Reflexiva Aumentada Pela IA

Parte do processo de projeto em Arquitetura trata exatamente do desenvolvimento concomitante de soluções de design distintas, que deve considerar as vontades frequentemente conflitantes dos muitos tomadores de decisão envolvidos, bem como entender momentos em que determinada solução deve ser abandonada em detrimento de outra. Como mostrado anteriormente, na prática reflexiva de projeto em Arquitetura, o projetista deve ser capaz de “[...] manter alternativas conflitantes em aberto durante um período até bastante longo do projeto [...]” (BARROS, 2016, pág. 59), criando linhas de raciocínio paralelas e mantendo uma alternância entre atividades distintas.

No cenário A, acessado por controle direto em dispositivos periféricos (teclado, mouse, telas sensíveis ao toque, etc.) ou por processamento de linguagem natural, o *software* seria capaz de auxiliar a equipe de projeto na busca de referências e elaboração de documentações úteis sobre as informações encontradas. Um grande impasse no desenvolvimento de IA verdadeiramente autônomas é o número de ações que tais sistemas conseguiriam executar a partir de um único acionamento. A capacidade computacional presente nesse cenário teria de processar apenas uma tarefa por vez – o que significa que o sistema não estaria rodando outras previsões e sugestões de ação em um segundo plano. Tratando-se de um processo de compartilhamento de tarefas, enquanto o sistema digital estaria executando uma requisição, o(a) arquiteto(a) poderia se ocupar com outras tarefas pertinentes (ou não) ao processo, enquanto aguarda a resposta do sistema.

O segundo cenário [B], aumenta a complexidade de exploração em sistemas abertos de dados não estruturados, mas ainda buscando atender questões colocadas pelo(a) projetista. Este cenário apresenta diálogos mais complexos entre a IA e os(as) projetistas. O sistema deve ser capaz de reconhecer vozes diferentes e identificar a ordem das ações que deve executar através de

aprendizado de máquina e processamento de linguagem natural.

A capacidade da IA em identificar diferentes pessoas dentro de um mesmo ambiente poderia capacitá-la a mediar reuniões, automatizando a distribuição de tarefas especializadas, buscando respostas em tempo real para questões levantadas e organizando atas de memória do encontro. Neste cenário B, o sistema já é capaz de oferecer sugestões de acordo com os padrões de uso em tarefas pontuais, mas tais sugestões não extrapolam a memória do conjunto de tarefas já realizadas por ele.

3.4.10 Bioética em IA

Em uma publicação da revista *Minds and Machines* de 2018, foi explorada a criação de uma agenda ética de desenvolvimento de Inteligência Artificial a partir de alguns princípios advindos da bioética – já que este campo seria o que mais se aproxima da discussão de um contato “[...] ecológico com novas formas de agentes, pacientes e ambientes.” (FLORIDI et al., 2018, pág. 9, tradução nossa).

Baseada em quatro diretrizes norteadores, a bioética garantiria o desenvolvimento de uma IA com **atitudes benéficas** garantindo o bem-estar e preservando a dignidade humana; de um sistema que **não fariam mal**, promovendo a privacidade de dados, segurança e precaução; ele deveria garantir não só a **autonomia humana** em si, mas possibilitar que as pessoas escolham quando elas querem executar uma tarefa e quando querem delegá-la a uma IA; a **justiça** poderia promover um desenvolvimento igualitário desse tipo de sistema, não reforçando vieses sociais e garantindo equidade dos pares. O relatório apresenta ainda uma quinta diretriz que poderia garantir o pleno funcionamento e a aplicação das anteriores: a “explicabilidade” na IA (no original *explicability*), “[...] possibilitando os outros princípios através da inteligibilidade e da responsabilidade [...]” (FLORIDI et al., 2018, pág. 13, tradução nossa), tornando acessíveis e legíveis o processamento de dados por Inteligência Artificial, o que poderia ajudar na identificação das parcelas de responsabilidade entre a opacidade dos sistemas autônomos e seus programadores.

“[...] para que a IA seja benéfica e não cause ações maléficas, precisamos ser capazes de entender o bem e o mal que ela está realmente fazendo para a sociedade e como ela causa isso; para que a IA promova e não restrinja a autonomia humana, a ‘decisão sobre quem deveria decidir’ deve seguir o entendimento de como a IA agiria em determinada situação; e para a IA ser justa, nós precisamos garantir que a tecnologia – ou mais precisamente, as pessoas e organizações que as desenvolvem e distribuem – sejam responsabilizados na eventualidade de um resultado negativo, o que iria querer algum grau de entendimento sobre o porque este resultado surgiu. De modo geral, nos precisamos negociar os termos de relacionamento entre nós e essa tecnologia transformadora em um diálogo facilmente compreensíveis por pessoas comuns ‘andando nas ruas’.” (FLORIDI et al., 2018, pág. 13, tradução nossa)

considerações finais

Atingimos hoje no mundo um volume de produção de informações não experimentado anteriormente. Automatizamos redes importantes de controle financeiro facilitando trocas comerciais e pagamentos; transferimos uma parcela da socialização pública para ambientes online; desenvolvemos uma padronização linguística através de pequenos ícones amarelos; e passamos metade de nossa rotina tentando lidar com os problemas de saúde despertados pelo uso extensivo de dispositivos digitais.

“O computador - e, por extensão, as tecnologias digitais - permitiu tal complexificação e aumento do volume de informação analisável que, no limite, as tarefas de controle e processamento necessárias para a manutenção do sistema ecotecnológico em que vivemos se tornaram inconcebíveis sem eles.” (ALVES, 2011, pág. 17)

Quando a implantação de uma solução técnica disruptiva como a Inteligência Artificial é posicionada como o **inevitável** próximo estágio de desenvolvimento, são apresentados exemplos de como tal solução afetaria partes da sociedade. Entretanto, o que parece não ganhar muito destaque são “[...] os sonhos que as precedem, os delicados mecanismos que as animam, as utopias que elas trazem atrás de si, [...]” (LÉVY, 2010, pág. 11).

Se mostra necessário criar-se um entendimento não apenas dos impactos que determinado objeto técnico **causará** na sociedade, mas dos impactos sociais que **causaram** o desenvolvimento daquele objeto técnico. “[...] as ciências humanas devem se preocupar também com a investigação das causas que explicam os fenômenos sociais observáveis, e não apenas com sua interpretação literária.” (RENDUELES, 2016, pág. 51). Quando um projeto de edificação é solicitado a uma equipe técnica, por exemplo, o contratante possui motivações econômicas, vontades estéticas, limites ideológicos, e outros muitos aspectos que podem se aproximar de uma justificativa para a construção de tal edifício.

À medida em que se estuda a inserção de uma solução técnica como a IA em um campo do conhecimento, é necessário fazer um caminho inverso, criar um entendimento sobre o que foi e o que é a profissão da Arquitetura, para em seguida sugerir hipóteses do que poderá vir a ser. Em um rápido resgate histórico, o profissional de Arquitetura esteve relacionado com uma figura de centralidade, um mestre de obras que deteria os conhecimentos específicos para a construção de edifícios. O afastamento iluminista do canteiro de obras posicionou a profissão perto de um *status* abstrato e mental, supostamente mais elevada do que outras atividades dentro da construção civil. As escolas de vanguarda ensaiam um equilíbrio entre a proximidade com a matéria e a elevação abstrata, que logo é deixado pela vontade do mestre moderno – mestres esses que chegaram ao ponto de serem categorizados pejorativamente como *starchitects* (arquitetos-estrela). A complexidade sociotécnica contemporânea é capaz de suscitar a convivência de diversos tipos de profissionais e agentes envolvidos na constituição do ambiente construído.

Salvo a rapidez com que resgatamos tais informações, a centralidade da figura do(a) arquiteto(a) parece nos indicar uma questão à qual se deve colocar atenção. A atividade da Arquitetura como sendo a produção de um objeto técnico, entende-se que as vontades e desejos sociais e políticos do(a) profissional devem nortear seu imaginário na tomada de decisão para a elaboração de tal solução técnica de espaço físico. Se a profissão da

Arquitetura flerta com uma noção centralizada de tomada de decisão, como isso deve impactar o enviesamento de bancos de dados de treinamento de IA para a Arquitetura?

As especulações sobre um futuro automatizado da profissão seguem a realidade dos centros de desenvolvimento e pesquisa que lidam com tais recursos no contexto técnico planejado do Norte Global. A necessidade de estruturação de informações e virtualização completa das relações de troca de informação e mercadoria, para que uma IA obtenha um número de dados suficientes a fim de apresentar um comportamento próximo do inteligente, pode ser descrita como uma fraqueza para a implantação de tais recursos em contextos tecnicamente heterogêneos e culturalmente diversos como o Brasil. A sobrevivência de tempos técnicos, informalidade profissional, a utilização de *software* não licenciado, a cultura da autoconstrução e a não standardização de padrões construtivos da indústria nacional podem impedir ou retardar a automação de profissões diretamente relacionadas a esse campo – como a própria Arquitetura.

O incentivo na utilização do método de projeto por modelagem informacional e a organização de bibliotecas de elementos construtivos podem preparar a indústria da construção civil para a automação, já que a construção de padrões e estruturação de dados estaria sendo feita desde os primeiros experimentos com o método BIM. Entretanto, mesmo que modelos computacionais de IA sejam aplicados no campo da Arquitetura, isso deve acontecer em áreas muito específicas em razão da inerente sobrevivência e coexistência de tempos técnicos distintos (ROZESTRATEN, 2016).

“As conquistas tecnológicas nunca são registradas automaticamente na sociedade: requerem também valiosas invenções e adaptações na política, e o hábito irreflexivo de atribuir aos aperfeiçoamentos mecânicos um papel direto como instrumento da cultura e da civilização, pede à máquina mais do que esta poder dar.” (MUMFORD, 2002, pág. 236, tradução nossa)

Podemos concluir que a automação na Arquitetura estaria mais próxima de práticas padronizadas e repetitivas. Como mencionado no início deste trabalho, a prática racional de projeto lida melhor com problemas bem definidos em sistemas fechados, possuindo uma estratégia linear e muitas vezes conhecida de solução. Pode-se afirmar que sistemas de IA com *Narrow Intelligence* poderiam automatizar a geração de soluções e a tomada de decisões sem grandes dificuldades, dentro de momentos onde exista o protagonismo do paradigma racional em um processo de desenvolvimento de projeto.

Já nas práticas reflexivas, que lidam com problemas selvagens, os(as) projetistas se valem de um conjunto singular de procedimentos de reflexão-em-ação para lidar com interferências externas múltiplas. Nesse aspecto, seria necessário que o sistema executasse um processo de raciocínio autônomo para lidar com a imprevisibilidade de um problema aberto, ou seja, seria necessário empregar uma IA com *General Intelligence*. Não é possível afirmar que existam sistemas de Inteligência Artificial como esse em operação. Mesmo com os avanços alcançados no desenvolvimento de dispositivos computacionais, os experimentos contemporâneos estão mais próximos a sistemas de AI com inteligência restrita.

Quando se parte de um processo de tomada de decisão que não envolve apenas dados quantitativos mas também questões qualitativas não discretizadas numericamente, uma lógica diferente da pura análise de dados deve ser empregada (MITTELSTADT et al., 2016), acontecimentos internos ao sujeito ou influências externas inesperadas poderiam desencadear uma mudanças repentinas no processo de projeto – o inesperado nada que muda tudo (BERGSON, 2006), pode decorrer de uma associação livre de ideias em meio a um devaneio (BACHELARD, 2018) ou até um telefonema de uma equipe de obras dizendo que existe um conflito entre a estrutura e o projeto de paisagismo.

Seria possível, porém, valer-se de algumas teorias de simbiose humano-computador para validar a possibilidade de estabelecer-se uma relação de

sinergia entre uma IA de *Narrow Intelligence* e o(a) arquiteto(a), recriando a metáfora do centauro com o jogador “aumentado” de xadrez para lidar com as metamorfoses inesperadas da prática reflexiva em Arquitetura, no caso, um **arquiteto centauro**.

A possível relação complementar que tratamos aqui pode ser observada durante a apresentação dos três cenários de interação: o projetista estabelece demandas objetivas para a assistente ARQ e em momentos onde a resolução de uma dessas questões extrapola as capacidades computacionais, o agente humano é acionado para lidar com habilidades sociais específicas – como a comunicação com colegas de trabalho e clientes, responder e-mails, e análises presenciais de territórios de projeto. Quando o campo de atuação de uma solução técnica é ultrapassado e necessidades novas e inesperadas surgem em um momento de projeto, as habilidades sociais humanas baseadas no senso-comum sobre o funcionamento do mundo serão acionadas.

Dessa forma, a automação de processos poéticos humanos não parece ser tão simples, já que dados qualitativos e ligados a sensibilidade, instinto e intuição humana, não são passíveis de representação em código sem perdas de sentido e significado. Como então seria possível organizar tais dados tão extensos e culturalmente variáveis?

O desenvolvimento de soluções técnicas que facilitam a virtualização das relações humanas e a presença constante de hipóteses de futuro na cultura pop, podem nos indicar a maneira com que o imaginário social está sendo preparado para uma realidade autônoma. A transição entre o sujeito como produtor de dados, para a estandardização emocional em que ele é o dado: “[...] o sujeito tornou-se objeto; [...], não um objeto presente, atual, e sim um objeto potencial cuja reação futura aos estímulos da rede agrega valor.” (SANTOS, 2003, pág. 129). Como aponta Wright (2018), em um contexto onde são formuladas teorias sobre a automação do trabalho ou a singularidade técnica superando a inteligência humana, uma terceira abordagem pode ser identificada na qual a produção do sujeito como um **dado digital** se torna matéria de controle e vigilância de cidadãos por parte do estado.

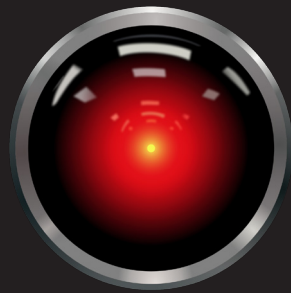
Dessa forma, podemos entender o cenário silencioso que se configura no acúmulo de dados pessoais da população civil por parte de grandes empresas de tecnologia, que não apenas podem guiar processos eleitorais – como o plebiscito *Brexit* que marcou a saída do Reino Unido da União Europeia ou a eleição de Donald Trump como 45º presidente norte-americano (CADWALLADR, 2018) –, mas configurar um instrumento de controle social por parte de quem detém tais informações.

Com um imaginário sobre as máquinas inteligentes sendo formado desde a escrita dos primeiros ensaios sobre robôs no século XIX, talvez não seja necessário desenvolver uma máquina **de fato** racional e autônoma. A simulação da presença de um agente inteligente seria o bastante para que as pessoas identificassem inteligência em tal objeto técnico.

O reconhecimento de um artefato como sendo inteligente acarreta na discussão filosófica sobre o reconhecimento de alteridades (SILVA, 2012) e a maneira com que interagimos com elas. No caso da Arquitetura, será necessário desenvolver novas competências na formação do(a) arquiteto(a) para lidar com uma entidade que aparenta ser senciente. Estamos acostumados a tratar novos recursos técnicos como “ferramentas” ou “instrumentos”. Abordar um sistema de IA como uma mera ferramenta pode esbarrar em questões éticas e morais sobre o relacionamento entre pares.

Além do questionamento filosófico que isso pode gerar, é necessário entender que as alterações que esse tipo de agente pode operar em um determinado campo do conhecimento vai além da quebra de um paradigma técnico. Trata-se da substituição da presença do sujeito pela onipresença de um “objeto-sujeito”. A discussão aparenta não ser mais sobre a introdução de extensões tecnológicas ou barreiras na relação fenomenológica da percepção, e sim sobre a transferência da percepção e do fazer ao objeto.

Figura 77 – Ilustração baseada na interface de comunicação do HAL 9000, o computador inteligente do filme 2001: Uma Odisséia no Espaço; acompanhada da frase icônica em que ele interrompe a comunicação com os astronautas. Fonte: 2001: A Space Odyssey. 1968. [film] UK/USA: Stanley Kubrick.



— Dave, this conversation can serve no purpose anymore. Goodbye.

bibliografia

- ABBAGNANO, Nicola. *Dicionário de Filosofia*. 1ªed. São Paulo: Martins Fontes, 2007;
- AGOSTINHO, Pedro. *Mitos e outras narrativas kamayurá*. Editora da Universidade Federal da Bahia: Salvador, 2009;
- AGOSTINHO, Santo. *A verdadeira religião*. São Paulo: Edições Paulinas, 1987;
- ALEXANDER, Christopher. *Notes on the synthesis of form*. Cambridge: Harvard University Press, 1964;
- ALVES, Artur Jorge de Matos. *Ética, humanismo e tecnologia: raízes e questionamentos do projecto tecno-comunicacional*. v.1, n. 6. Natal: Saberes, 2011
- ASIMOV, Isaac. *Trilogia da fundação*. São Paulo: Aleph, 2009;
- BACHELARD, Gaston. *A poética do devaneio*. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2018;
- BANDEIRA, Beatriz. *Mecanismo de Anticítera: a precisão das engrenagens*. 16º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Campina Grande, 2018;
- BANHAM, Reyner. *Teoria e projeto na primeira era da máquina*. A. M. Goldberger Coelho (trad). São Paulo: Perspectiva, 2013;
- BAPTISTA, Josely V. (ed). *Popol Vuh o esplendor da palavra antiga dos Maias-Quiché de Quauhtlemallan: aurora sangrenta, história e mito*. Introdução e notas Adrián Recinos. Texto Daniel Grecco Pacheco. São Paulo: Ubu Editora, 2019;
- BARROS, Gil. *Racionalidade e problemas selvagens no projeto de cidades inteligentes*. In: ROZESTRATEN, Artur, Cidades “Inteligentes” e poéticas urbanas. 1. São Paulo, SP, Brazil: Annablume. pp. 67–91. ISBN 978-85-391-0919-7, 2018;
- _____. *A contribuição das profissões de projeto no enfrentamento de problemas complexos*. In: Atas do 3º Colóquio Internacional ICHT 2019 – Imaginário: Construir e

Habitar a Terra [online]. São Paulo, SP, Brazil: FAUUSP, 2019. pp. 83–92. Disponível em: https://sites.usp.br/icht2019/wp-content/uploads/sites/416/dlm_uploads/2019/07/A-contribuic%C3%A7%C3%A3o-das-profissoes-de-projeto-no-enfrentamento-de-problemas-complexos.pdf;

BEHYMER, Kyle J.; FLACH, John M. *From autonomous systems to sociotechnical systems: designing effective collaborations*. Se Ji: Tongji University Press, 2016;

BELLARDI, Paolo. *Why architects still draw*. Tradução Zachary Nowak. The MIT Press, 2014;

BERGSON, Henri. *O possível e o real*. In: O pensamento e o movente. São Paulo: Martins Fontes, 2006;

BÍBLIA, A.T. *Gênesis*. in Bíblia Sagrada. Tradução de Padre Antônio Pereira de Figueiredo. Edição Barsa: Rio de Janeiro, 1968;

BLEECKER, Julian. *Design fiction: a short essay on design, science, fact and fiction*. Near Future Laboratory. Disponível em <<https://shop.nearfuturelaboratory.com/collections/frontpage/products/design-fiction-a-short-essay-on-design-science-fact-and-fiction>>, 2009;

MYERS, Brad A. ; KO, Andrew J.; BURNETT, Margaret M. *Invited research overview: end-user programming*. In CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '06). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 75–80, 2006;

BUCCI, Federico; MULAZZANI, Marco. *Luigi Moretti: works and writings*. New York: Princeton Architectural Press, 2000;

BUCHANAN, Richard. *Wicked problems in design thinking*. MIT Press - Design Issues, Vol.8, No. 2, pp. 5-21, 1992;

BUCK-MORSS, Susan. *A tela do cinema como prótese de percepção*. Desterro, Florianópolis: Cultura e Barbárie, 2009;

BULLEN, Matthew [et al.]. *National geographic: guia visual da mitologia no mundo*. Tradução de Mara Gênova, Andreia Moroni. Ed. Abril: São Paulo, 2010;

BURRY, Mark. *Scripting cultures: architectural design and programming*. AD Primers. John Wiley & Sons Ltd. 2011;

BUXTON, Bill. *Sketching user experience: getting the design right and the right design*. Morgan Kaufmann Publishers: San Francisco, 2007;

CADWALLADR, Carole. *The Cambridge Analytica files*. The Guardian. Último acesso em

07/02/2020. Disponível em < <https://www.theguardian.com/news/series/cambridge-analytica-files>>, 2018;

CAMPBELL, Joseph. *O poder do mito*. Betty Sue Flowers (Org.); tradução de Carlos Felipe Moisés - São Paulo: Editora Palas Athena, 1990;

CARPO, Mario (ed). *The digital turn in architecture: 1992-2012*. Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd, 2013;

_____. *The second digital turn: design beyond intelligence*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2017

CELANI, G., SEDREZ, M., LENZ, D., MACEDO, A. *The future of the architects employment - to which extent can architectural design be computerised?* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. CAAD Futures 2015, CCIS 527, pp 195-212., 2015;

CERUZZI, Paul. *A history of modern computing*. The MIT Press, 2 Edition, 2003;

CHEN, Brian X. *HP investigates claims of 'racist' computers*. Wired. Último acesso em 24/02/2019. Disponível em: <<https://www.wired.com/2009/12/hp-notebooks-racist/>>, 2009;

CHU, Karl S. *A metafísica da arquitetura genética e da computação*, 2006. In. Sykes, A. Krista (org.). O campo ampliado da arquitetura: antologia teórica 1993-2009. São Paulo: Cosac Naify, 2013;

CHURCHMAN, C.W. *Wicked problems*. In: Management Science. Vol. 4, no.14, pp. b 141–142., 1967;

CLARKE, Arthur C.; KUBRIK, Stanley. *2001: uma odisséia no espaço*. São Paulo: Aleph, 2013;

COATES, Paul. *Programming architecture*. New York: Routledge, 2010;

COHEN, Jean-Louis. *O futuro da arquitetura desde 1889: uma história mundial*. São Paulo: Cosac Naify, 2013;

CORONA-MARTÍNEZ, Alfonso. *Ensaio sobre o projeto*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2000;

DANA, James D. *On the drawing of figures of crystal*. American Journal of Science and Arts. Vol. 33-p. 30, 1838;

DAVIS, Daniel. *Modelled on software engineering: flexible parametric models in the practice of architecture*. PhD dissertation. RMIT University, 2013.

- DENNETT, Daniel C. *Can machines think?* In: In: Alan Turing: Life and Legacy of a Great Thinker. Springer: Berlin, 2004;
- DICK, Philip K. *Androides Sonham com Ovelhas Elébricas?* São Paulo: Aleph, 2014;
- DIX, Alan ; GONGORA, Layda. *Externalisation and Design*. DESIRE 2011 the Second International Conference on Creativity and Innovation in Design. pp.31-42, 2011;
- DORLÉAC, Laurence B.; NEUTRES, Jérôme (ed.). *Artistes et robots*. Paris: Réunion des musées nationaux-Grand Palais, 2018;
- DORST, Kees. *Describing Design: A comparison of paradigms*. Tese de Doutorado (PhD Thesis). Delft, Netherlands: Technische Universiteit Delft, 1997;
- DREXLER, Arthur (org.). *The architecture of the École des Beaux-Arts*. New York: MOMA, 1977.
- DUNNE, Anthony; RABY, Fiona. *Speculative everything: design, fiction and social dreaming*. MIT Press, 2013;
- ENGELBART, Douglas. *Augmenting human intellect: a conceptual framework*. California: Stanford Research Institute, 1962;
- ESSINGER, James. *Ada's algorithm: how Lord Byron's daughter Ada Lovelace launched the digital age*. Brooklyn: Melville House Publishing, 2014;
- FISH, Jonathan. *Cognitive catalysis: sketches for a time-lagged brain*. In: GOLDSCHMIDT, G. and PORTER, W.L. (eds.), Design representation. International Design Thinking Research Symposium (4th: 1999: Cambridge, Mass.). pp. 151–184. London, UK: Springer-Verlag, 2004;
- FLORIDI, L; COWLS, J; BELTRAMETTI, M; CHATILA, R; CHAZERAND, P; DIGNUM, V; LUETGE, C; MADELIN, R; PAGALLO, U; ROSSI, F; SCHAFER, B; VALCKE, P; VAYENA, E. *An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations*. Volume 28, n. 4, p. 689–707. Minds and Machines: Springer, 2018. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11023-018-9482-5>>;
- FLUSSER, Vilém. *O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação*. Cosac Naify. São Paulo, 2013;
- FONSECA FILHO, Clézio. *História da computação: o caminho do pensamento e da tecnologia*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007;
- FUNARI, P.P.A. (Org). *As religiões que o mundo esqueceu: como egípcios, gregos, celtas, astecas*

e outros povos cultuavam seus deuses. Contexto: São Paulo, 2009;

GABRIELLI, Luca; SILVA, Ronaldo B.; MARQUESONE, Rosangela F. P. **Mundo Digital 3: Inteligência Artificial (IA)**. In: Automação e sociedade: quarta revolução industrial, um olhar para o Brasil/ Org. Elcio B. Silva, Maria L. R. P. D. Scoton, Eduardo M. Dias, Sérgio L. Pereira. Rio de Janeiro: Brasport, 2018;

GERSHENFELD, Neil. *How to make almost anything: the digital fabrication revolution*. Foreign Affairs, 2012;

GOETZ, Delia. *Popol vuh: the sacred book of the ancient quiché maya civilization of the american indian series*. Norman: University of Oklahoma Press, 1950;

GOLDSCHMIDT, Gabriela; PORTER, William (eds.) *Design representation. International Design Thinking Research Symposium*. Cambridge: Springer-Verlag London Limited, 2004;

GROPIUS, Walter. *The new architecture and the Bauhaus*. Cambridge: The MIT Press, 1965;

_____. *Computers for Architectural Design*. Paper presented at the Architecture and the Computer Conference, Boston: Boston Architectural Center, 1964

HOMERO. *Ilíada*. Frederico Lourenço (trad.). São Paulo: Penguin Companhia, 2001;

KAPLAN, Jerry. *Artificial Intelligence*. Oxford: Oxford University Press, 2016;

KASPAROV, Garry. *Deep thinking: where machine intelligence ends and human creativity begins*. New York: Public Affairs, 2017;

KAUFMAN, Dora. *A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana ?*. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2019;

KOSTOF, Spiro. *The architect: chapters in the history of the profession*. New York: Oxford University Press, 1977;

KOTSIORIS, Evangelos. *Architecture and the computer: a contested history*. The Architectural Review, 2015. Disponível em: < <https://www.architectural-review.com/essays/technology/architecture-and-the-computer-a-contested-history/8678167.article>>. Acesso em 22.01.2025;

KRIPPENDORFF, Klaus. *Designing in Ulm and off Ulm*. In K.-A. Czemper (Ed.), HfG, Ulm; Die Abteilung Produktgestaltung; 39 Rückblicke (pp. 55-72). Dortmund, Germany: Verlag Dorothea Rohn, 2008;

LANGRISH, John Z. *The design methods movement: from optimism to darwinism*. Brighton:

Design Research Society 50th Anniversary Conference, 2016;

LARAIA, Roque. *Jardim do éden revisitado*. Revista de Antropologia. vol 40 n° 1. Universidade de São Paulo: São Paulo, 1997;

LATONERO, Mark. *Opinion: AI for good is often bad*. Wired, 2019. Disponível em: <<https://www.wired.com/story/opinion-ai-for-good-is-often-bad/>>. Acesso em 19.11.2019

LAWSON, Brian. *How designers think: the design process demystified*. 4th ed. Oxford: Architectural Press, 2005;

_____. *What designers know*. Oxford: Architectural Press, 2004;

LEVESQUE, Hector J. *Common sense, the Turing test, and the quest for real AI*. Cambridge, MA: The MIT Press, 2017;

LÉVY, Pierre. *As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática*. Trad. Carlos Irineu da Costa. Editora 34: São Paulo, 2010

LICKLIDER, J. C. R. *Man-computer symbiosis*. IRE Transactions on Human Factors in Electronics, vol. HFE-1, p. 4-11, 1960;

LIMA, Celso; JALLAGEAS, Neide (org). *Vkhutemas: o futuro em construção 1918-2018*. São Paulo: SESC, 2018;

LUCE, Kristina M. *Revolutions in parallel: the rise and fall of drawing in architectural design*. 2009. Tese (Doutorado). University of Michigan. Ann Arbor, 2009;

LYNN, Greg (org.). *Archaeology of the digital: Peter Eisenman, Frank Gehry, Chuck Hoberman, Shoji Yoh*. CCA - Canadion Center for Architecture. Sternberg Press, 2013;

MACHADO, Arlindo. *Máquina e imaginário: o desafio das poéticas tecnológicas*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: 3 ed, 2001;

MAHANKALI, Ranjeeth; JOHNSON, Brian R; ANDERSON, Alex T. *Deep learning in design workflows: the elusive design pixel*. International Journal of Architectural Computing. Volume: 16 issue: 4, page(s): 328-340. Seattle: Sage Journals, 2018;

MARTIN, Bella; HARRINGTON, Bruce. *Universal methods of design*. Rockport Publishers: Massachusetts, 2018;

MAY, Kyle (ed). *Artificial intelligence*. Canada: CLOG, 2018;

MAYOR, Adrienne. *Gods and robots: myths, machines, and ancient dreams of technology*. New Jersey: Princeton University Press, 2018;

MCCLLOUD, Scott. *Understanding comics: the invisible art*. Harper Perennial: New York, 1994;

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção*. 2º ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999;

METZ, Rachel. *Why microsoft accidentally unleashed a neo-nazi sexbot*. MIT Technology Review. Último acesso em 24/02/2019. Disponível em: <<https://www.technologyreview.com/s/601111/why-microsoft-accidentally-unleashed-a-neo-nazi-sexbot/>>, 2016;

MINVIELLE, Nicolas; WATHELET, Olivier. *Le design fiction: une méthode pour explorer les futurs et construire l'avenir ?*. 69-83/nº 421. Futuribles: Analyse et Prospective. Disponível em <<https://www.futuribles.com/fr/revue/421/le-design-fiction-une-methode-pour-explorer-les-fu/>>, 2017;

MIRANDA, Danilo. *Vkhutemas: arte, ensino e revolução*. In: Celso Lima e Neide Jallageas (org.). *Vkhutemas: o futuro em construção 1918-2018*. São Paulo: SESC, 2018;

MITTELSTADT, Bent D.; ALLO, Patrick; TADDEO, Mariarosaria; WACHTER, Sandra; FLORIDI, Luciano. *The ethics of algorithms: mapping the debate*. Big Data & Society: Sage Publishing, 2016;

MOGGRIDGE, Bill. *Designing Interactions*. Cambridge: The MIT Press, 2006;

MONEO, Rafael. *Inquietação teórica e estratégia projetual na obra de oito arquitetos contemporâneos*. Cosac Naify. São Paulo, 2008;

MONTAIGNE, Michel Eyquem de. *A força da imaginação*. In: Ensaios. São Paulo: Nova Cultural, 1996;

MORA, José F. *Diccionario de Filosofia: tomo I, A-K*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1965;

MOURA, Marinaide R. *O simbólico em Cassirer*. Ideação, Feira de Santana, n.5, p.75-85, jan./jun. 2000;

MUMFORD, Lewis. *Técnica y civilización*. Madrid: Alianza, 2002;

MURRAY, Janet H. *Hamlet no holodeck: o futuro da narrativa no ciberespaço*. São Paulo: Itaú Cultural: Unesp, 2003

NARDELLI, Eduardo S. *Arquitetura e projeto na era digital*. Arquitetura Revista Vol. 03 No.1, 2007;

NATIVIDADE, Verônica G. *Fraturas metodológicas nas arquiteturas digitais*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Projeto de Arquitetura). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010;

NEGROPONTE, Nicholas. *The architecture machine*. Cambridge: The MIT Press, 1970;

_____. *Soft architecture machine*. Cambridge: The MIT Press, 1975;

NEUMANN, John von. *The computer and the brain*. London: Yale University Press, 1958;

NEVES, I. C.; ROCHA, J.; DUARTE, José Pinto. *Computational design research in architecture: the legacy of the Hochschule für Gestaltung, Ulm*. International Journal of Architectural Computing, 12(1), 1–25, 2014;

OXMAN, Rivka. *Design media for the cognitive designer*. in Automation in construction: Elsevier Science, 2000;

_____. *The role of the image in digital design: processing the image versus imaging the process*. in Ammon, S; Capdevila-Werning, R. (ed). The active image: architecture and engineering in the age of modeling. Suíça: Springer International Publishing AG, 2017;

PAREYSON, Luigi. *Estética: teoria da formatividade*. São Paulo: Editora Vozes, 1993;

_____. *Os problemas da estética*. São Paulo: Martins Fontes, 1997;

PEREIRA, Vinícius J.; Backheuser, Luiz Alberto Fresl. *A alteridade digital no processo de criação em arquitetura*. p. 6-10. In: XXI SiGraDi. São Paulo: Blucher, 2017.

_____; BARROS, Gil. *Máquinas inteligentes: a construção de um imaginário a partir do cinema*. In: III ICHT Seminário Internacional Imaginário: Construir e Habitar a Terra. São Paulo: FAU USP, 2019;

_____; HENNO, Juliana H. *O pensamento algorítmico associado ao origami no contexto de um laboratório de fabricação digital*. p. 202-206. In: XXI SiGraDi, São Paulo: Blucher, 2017;

PICON, Antoine. *A arquitetura e o virtual: rumo a uma nova materialidade*, 2004. In. Sykes, A. Krista (org.). O campo ampliado da arquitetura: antologia teórica 1993-2009. São Paulo: Cosac Naify, 2013;

- PLATÃO. *Protágoras de Platão*. Coleção Textos 19. Ed. Perspectiva: São Paulo, 2017;
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CONDE. Secretaria de Planejamento. *Edital de Concurso nº 001/2019. Concurso Público Nacional de Projeto de arquitetura para a UBS Quilombola do Gurugi no município de Conde/PB*. Diário Oficial da União: seção 3, Brasília, DF, n. 47, p. 182, 2019;
- RENDUELES, César. *Sociofobia: mudança política na era da utopia digital*. São Paulo: Edições Sesc São Paulo, 2016;
- RITTEL, H. W. J. *On the planning crisis: systems analysis of the 'first and second generations'*. Institute of Urban & Regional Development, University of California, 1972;
- _____ ; WEBBER, M. M. *Dilemmas in a general theory of planning*. Policy sciences, v. 4, n. 2, p. 155-169, 1973;
- ROCHA, Altini João Magalhães. *Architecture theory 1960-1980: emergence of a computational perspective*. PhD thesis (Architecture, design and computation). Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2004;
- ROSSI, Paolo. *Os filósofos e as máquinas, 1400-1700*. Tradução Federico Carotti. São Paulo: Companhia das Letras, 1989;
- ROZESTRATEN, Artur S. *Dúvidas, fantasias e delírio: smart cities, uma aproximação crítica*. São Paulo: Imaginário construir e habitar a terra. 1º Colóquio Internacional - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2016;
- SABOYA, Maria Clara L. *O enigma de Kaspar Hauser (1812-1833): uma abordagem psicossocial*. Fundação Instituto Tecnológico de Osasco. Psicologia USP, Vol. 12, nº 2, 105-116, 2001;
- SANTOS, Laymert Garcia dos. *Politizar as novas tecnologias: o impacto sociotécnico da informação digital e genética*. Editora 34: São Paulo, 2003;
- SCHÖN, Donald A. *The reflective practitioner: how professionals think in action*. USA: Basic Books Inc, 1983;
- SEARLE, John. *Minds, brains and science*. The Reith Lectures. Cambridge: Harvard University Press, 1984;
- SHANAHAN, Murray. *The technological singularity*. Cambridge: The MIT Press, 2015;
- SILVA, Franklin Leopoldo e. *O outro*. Filosofias: o prazer do pensar. São Paulo: Editora WMF

Martins Fontes, 2012;

SIMON, Herbert A. *The sciences of the artificial*. 3º Ed. The MIT Press: Cambridge, 1996;

SMITH, Craig S. *Dealing with bias in artificial intelligence*. The New York Times, 2019. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2019/11/19/technology/artificial-intelligence-bias.html>>. Acesso em: 19.11.2019

STARK, Benjamin. *A lie: AI implementation is the fib corporations tell*. in May, Kyle (ed). Artificial intelligence. Canada: CLOG, 2018;

STEENSON, Molly W. *Architectural intelligence: how designers and architects created the digital landscape*. The MIT Press: Cambridge, 2017;

SULTAN, Niv M. *The riddle of the ancient greek 'computer'*. NYU News, 2018. Disponível em: <<https://www.nyu.edu/about/news-publications/news/2018/april/isaw-director-alexander-jones-on-the-antikythera-mechanism.html>>. Acesso em 06.01.2020;

SUTHERLAND, Ivan E. *Sketchpad: a man-machine graphical communication system*. Republicação da tese de doutorado de 1963 do Massachusetts Institute of Technology. Cambridge: University of Cambridge 2003

SZIVOD, Michael. *Artificial artificial intelligence*. in May, Kyle (ed). Artificial intelligence. Canada: CLOG, 2018;

TEDESCHI, Arturo. *AAD – algorithmic-aided design: parametric strategies using Grasshopper*. Le Penseur Publisher. Italy, 2014;

TERZIDIS, Kostas. *Algorithmic architecture*. New York: Routledge, 2006;

TURING, Alan M. *Computing machinery and intelligence*. In: Mind, New Series, Oxford University Press, Vol. 59, No. 236 (Oct., 1950), pp. 433-460., 1950;

VASSÃO, Caio A. *Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade*. Editora Edgar Blucher Ltda. Coleção pensando o design. São Paulo, 2015;

_____. *Cidade Selvagem: uma nova ontologia para a urbanidade translocal*. In: Atas do 1º Colóquio Internacional ICHT 2016 – Imaginário: Construir e Habitar a Terra [online]. São Paulo, SP, Brazil: FAUUSP. 03 2016. pp. 114–138, 2016;

VERNANT, Jean-Pierre. *O universo, os deuses, os homens*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001;

VERNON, David. *Artificial cognitive systems: a primer*. The MIT Press: Cambridge, 2014;

VERSTIJNEN, I., VAN LEEUWEN, C., GOLDSCHMIDT, G., HAMEL, R. and HENNESSEY, JM. *Sketching and creative discovery*. In: Design Studies. Vol. 19, no. 4, pp. 519–546, 1998;

VIDLER, Anthony. *O campo ampliado da arquitetura*, 2005. In. Sykes, A. Krista (org.). *O campo ampliado da arquitetura: antologia teórica 1993-2009*. São Paulo: Cosac Naify, 2013;

WIERNER, Norbert. *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*. 2º Ed. The MIT Press: Cambridge, 1948;

WILKINSON, Philip. *O livro da mitologia*. Tradução Bruno Alexander. - 1 ed. - São Paulo: Globo Livros, 2018;

WINNER, L. *Do artifacts have politics?* in: *The whale and the reactor: a search for limits in an age of high technology*. pag. 19-39. Chicago: University of Chicago Press, 1986;

WRIGHT, Nicholas. *Inteligencia Artificial y orden global*. Política exterior, v. 32, n. 185, p. 40-48, 2018;

ZARKADAKIS, George. *In our own image: savior or destroyer?* The history and future of artificial intelligence. New York: Pegasus Books LLC, 2015;

ZHANG, Yan; GRIGNARD, Arnaud; AUBUCHON, Alexander; LYONS, Kevin; LARSON, Kent. *Machine learning for real-time urban metrics and design recommendations*. ACADIA, 2018;

ZUSE, Konrad. *The computer – my life*. New York: Springer-Verlag, 1993;



Arsham x Sorayama. untitled _holding hands. 2019.