

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

PUC-SP

Adelino de Castro Oliveira Simões Gala

Confrontações entre máquinas físicas, máquinas semióticas e máquinas ontológicas

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

São Paulo

2016

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

PUC-SP

Adelino de Castro Oliveira Simões Gala

Confrontações entre máquinas físicas, máquinas semióticas e máquinas ontológicas

Doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital

Tese apresentada à Banca Examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de Doutor em Tecnologias da Inteligência e Design Digital sob a orientação da Professora Doutora Maria Lucia Santaella Braga

São Paulo

2016

Banca examinadora

Agradecimentos do aluno bolsista

Agradeço a CAPES/PROSUP pela bolsa recebida durante o período de execução desta pesquisa de doutorado em Tecnologias da Inteligência e Design Digital. Foi de fundamental importância durante todo o processo.

Agradecimentos

Agradeço a minha esposa e meus filhos pela compreensão e apoio durante todo o caminho do doutorado.

Agradeço a amiga Isabel Jungk pelas constantes conversas, apoio e esclarecimentos.

Agradeço ao Professor Ítalo Vega pelos ensinamentos que me permitiram a elaboração do primeiro capítulo deste trabalho.

Agradeço ao Professor Winfried Nöth pelos ensinamentos que me permitiram a elaboração do segundo capítulo deste trabalho.

Agradeço a todos os colegas do grupo de pesquisa Transobjeto, destacadamente ao Eduardo Camargo e Clayton Policarpo, pelas discussões que me auxiliaram na elaboração do terceiro capítulo deste trabalho.

Agradeço ao Professor João Mattar pelo apoio na produção de artigos durante o trajeto do doutorado.

Agradeço especialmente a minha orientadora, Professora Doutora Lucia Santaella, que soube me conduzir magistralmente até o fim deste projeto. Certamente me levando a atingir resultados muito além daqueles que estavam ao meu alcance.

Por final, agradeço também aos meus pais e irmãos por todo apoio recebido.

RESUMO

Adelino de Castro Oliveira Simões Gala

Confrontações entre máquinas físicas, máquinas semióticas e máquinas ontológicas

No contexto de uma era onde a realidade está permeada por máquinas, este trabalho aborda o tema das máquinas a partir da compreensão do que são máquinas físicas, máquinas semióticas e máquinas ontológicas. Cada concepção de máquina será apresentada em um capítulo inteiramente dedicado a cada uma dessas perspectivas. O objetivo é produzir confrontações dessas concepções de máquinas, analisando o objeto computador, e extrair as continuidades e descontinuidades nesse debate de modo a operacionalizar esses entendimentos na conclusão. Portanto, parte-se da hipótese de pesquisa de que existem continuidades e descontinuidades nessas discussões. A metodologia a ser empregada é a dedutiva, onde o caminho percorrido é o da descrição detalhada dos conceitos e ideias propostas com suporte em autores que são reconhecidamente especialistas no tema. Como resultado, se alcança uma compreensão ampliada do que são máquinas, tanto em profundidade como em extensão, para além dos preceitos usuais encontrados nas discussões sobre máquinas físicas.

Palavras-chave: máquinas físicas, máquinas semiótica e máquinas ontológicas.

ABSTRACT

Adelino de Castro Oliveira Simões Gala

Confrontations between physical machines, semiotic machines and ontological machines

In the context of an era where reality is permeated by machines, this work addresses the subject matter of machines from the standpoint of what are physical, semiotic and ontological machines. Such concepts of machine will be presented in chapters entirely dedicated to each one of these perspectives. The goal is to produce confrontations between these machine conceptions, applying them to the analysis of the computer as an object and to extract the continuities and discontinuities existing in this debate, in order to operationalize these understandings in the conclusion. Therefore, the start point is the research hypothesis that there are continuities and discontinuities in these discussions. The methodology employed is a deductive one, where the track followed is the detailed description of the concepts and ideas proposed, supported by authors who are recognized experts in the subject matter. As a result, the present work achieves a broader understanding of what are machines, both in depth and extension, beyond the usual principles found in the discussions of the physical machines.

Keywords: physical machines, semiotic machines and ontological machines

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1. Estado da arte das pesquisas sobre máquinas	11
2. Ideias iniciadoras da pesquisa, algumas referências teóricas e hipótese	16
3. Estratégia de abordagem do tema, o objeto e o objetivo	17
2. MÁQUINAS FÍSICAS	19
1. Aparatos em seus primórdios	19
2. Base dos dispositivos automatizados	21
3. Início das máquinas analógicas	22
4. Faíscas para as máquinas digitais	24
5. Máquinas especialistas	25
6. Maturação das máquinas analógica e digitais	27
7. A contribuição de Shannon	29
8. Pavimentando o caminho para a solução de Von Neumann	32
9. A contribuição de Von Neumann	34
10. A questão dos algoritmos	39
11. Os limites de um algoritmo	42
12. Elementos para a construção de um algoritmo e o crescimento das aplicações	43
13. Uma miríade de possibilidades para o algoritmo	46
14. Máquinas físicas inteligentes	47
15. Modelos de ação inteligente	48
16. Agente computacional inteligente e suas interfaces	50
17. O bom comportamento de um agente	51
18. Aprendizagem em agentes inteligentes	52
19. A estrutura de um agente	53
20. Considerações finais	54
3. MÁQUINAS SEMIÓTICAS	56
1. Caminhos para a discussão da inteligência	56

1.1. Contexto da formação da Ciência Cognitiva	57
1.2. Desenvolvimento histórico do campo	60
1.3. A semiótica implícita dos cognitivistas	63
2. Máquinas lógicas	66
2.1. Contextualização	66
2.2. O que é uma máquina lógica?	67
2.3. A máquina de Jevons	68
2.4. A máquina de Marquand	69
2.5. O ponto geral das máquinas lógicas	71
2.6. Os limites das máquinas lógicas segundo Peirce	73
2.7. Contribuição das máquinas lógicas para a discussão da Ciência Cognitiva.....	74
3. Conceitos fundamentais da semiótica peirciana.....	76
3.1. Contextualização	76
3.2. Semiose ou ação do signo, tipos de signos, objetos dos signos	80
4. Por que máquinas são máquinas semióticas?	84
4.1. Máquinas de quase semiose.....	85
4.2. A proposta de Barbosa sobre máquinas semióticas	87
4.3. A visão de Andersen sobre máquinas semióticas e a presença dos interpretantes.....	90
4.4. Mais questões para as máquinas semióticas genuínas	94
4.5. Considerações finais.....	97
4. MÁQUINAS ONTOLÓGICAS	98
1. O pensamento de Bryant no contexto do realismo especulativo	98
1.1. Introdução ao Realismo Especulativo	98
1.2. A Ontologia Orientada aos Objetos.....	101
1.3. Uma miríade de abordagens sobre o real na virada especulativa.....	103
1.4. No percurso do pensamento de Bryant	106
2. A concepção das máquinas ontológicas.....	107
2.1. Todas as máquinas são rígidas?	108
2.2. Todas as máquinas são projetadas por humanos?	109

2.3. Todas as máquinas têm propósito?.....	111
2.4. O que seria uma ecologia das máquinas?.....	113
2.5. O que seria uma mediação não humana?	115
2.6. Entidades maquínicas e suas operações	116
2.7. O poder maquínico e sua constituinte	118
2.8. Manifestações maquínicas	119
2.9. Mediação e máquinas transcorpóreas	121
2.10. Considerações parciais acerca das máquinas ontológicas	122
3. Fenomenologia das máquinas	124
3.1. Máquinas como sistemas e estruturas	125
3.2. Fenomenologia alienígena.....	127
3.3. Conjuntos maquinais	130
3.4. Transformações maquínicas.....	132
3.5. Ecologia das máquinas e a questão do símbolo	134
3.6. Máquinas como conteúdo e expressão e a presença das máquinas semióticas ...	135
3.7. Entropia e o destino das máquinas	137
3.8. Considerações sobre máquinas ontológicas	139
5. CONCLUSÃO	141
BIBLIOGRAFIA.....	145

1. INTRODUÇÃO

1. Estado da arte das pesquisas sobre máquinas

O dicionário de inglês Oxford (OED) traz a etimologia da palavra máquina como derivada do latim *machina* e também do grego dórico *makhana* (μαχανά) e do jônico *mekhane* (μηχανή), uma derivação de *mekhos* (μῆχος) que possivelmente significa meio, expediente, remédio. O OED traz uma gama de cinco definições mais utilizadas na conceituação de máquinas ao longo da história das pesquisas sobre o tema. Neste momento, nosso propósito é apresentar de modo geral os conceitos e apontar brevemente alguns dos autores referenciados, com o intuito de dar um panorama geral do tema. A primeira definição (ibid., p.1) refere-se a uma “estrutura que funciona como um corpo independente, sem o envolvimento do mecânico”. Existem duas subdivisões para essa linha de entendimento. Uma compreende essa “estrutura material ou imaterial como sendo a fábrica do mundo ou do universo; uma construção ou um edifício.” A outra aponta para um corpo vivo, como o humano tomado em sua generalidade ou individualidade. A segunda (ibid., p.2) definição aponta para “uma estrutura material projetada para um propósito específico e relacionada a nós.” Esta também carrega dois entendimentos subjacentes: “uma máquina militar ou uma torre de cerco” e “teatro com suas partes moventes, de efeitos especiais e seu maquinário”; ou ainda na literatura como um artifício para causar um efeito: uma agência sobrenatural, personagem, um incidente introduzido numa narrativa.

Segue em terceiro lugar (ibid., p.3) o entendimento do conceito como “uma mecânica ou outra estrutura usada para o transporte”. Um barco ou veículo, por exemplo. Um veículo com rodas, que pode ser uma carroça, puxado por cavalos ou outro animal de carga. Máquina de banho e componentes. Uma bicicleta, triciclo ou moto. Aparecem ainda outras definições como: um carro de bombeiros, uma caixa onde peixe fresco é vendido na feira, um avião e um carro.

Mais adiante, a quarta conceituação (ibid., p.3) fala de “um aparato construído para realizar/performar uma tarefa ou um propósito; também em sentidos derivados”. Pode se compreender aí os aparatos, dispositivos, instrumentos, implementações,

aplicações e máquinas de venda. Contempla ainda os dispositivos complexos constituídos de uma série de partes que se relacionam, cada uma tendo funções definidas, com aplicação integrada, usando e gerando energia elétrica ou mecânica para realizar determinado tipo de trabalho. Pode ser usado de modo contextual, como uma máquina particular que segue a intencionalidade do orador ou escritor. Pode ser ainda um totalizador. Ou um conceito, uma abstração, um mecanismo ou dispositivo teórico, um modelo matemático, um computador existente ou uma abstração de uma máquina hipotética. Por fim, enquadra-se nesse conceito também qualquer coisa capaz de transmitir força ou direcionar a mesma.

A quinta definição (ibid., p.4) apresenta usos estendidos do termo. Por exemplo, um ser vivo que se move de modo automático ou mecânico; uma pessoa que age de modo habitual, mecânico, sem pensar; uma pessoa que age de modo mecanicamente preciso e eficiente. Seguem ainda definições de diversos outros autores que apontam para a ideia de uma máquina para se morar, como uma casa sendo tratada como uma função social; ou ainda a organização que controla um partido político ou um corpo semelhante; ou ainda um grupo que manifesta uma eficiência inequívoca.

Tais definições, se levadas tão longe como elas implicam, conduzem a um arcabouço de pesquisas bastante amplo e diverso. A partir de muitos autores, uma gama enorme de definições e caminhos apresentam discussões desde as áreas das humanidades até os ramos das ciências mais rígidas ao longo da história, e inicialmente a impressão que se tem é a de uma problemática que, para ser exaustivamente contemplada, não poderia ser tarefa de uma só pessoa. Diante desta situação, cabe ao pesquisador enfrentar o desafio de buscar um recorte relevante relativo às questões concernentes às máquinas que estão sendo mais discutidas no panorama contemporâneo tanto no campo das ciências computacionais quanto naquele da filosofia e das humanidades em geral. Colocar as máquinas na temporalidade do contemporâneo significa implicá-las na grande explosão tecnológica após a segunda guerra mundial com a crescente presença dos computadores na vida social, doméstica, psíquica, desdobrando-se por todas as atividades da vida humana: econômicas, políticas, culturais e educacionais. Chamar atenção para tal presença não significa que esta pesquisa irá caminhar essa direção. Uma vez que tomamos por objeto as máquinas em si e não seus múltiplos efeitos no social, o propósito deste trabalho é o de explorar como as máquinas vêm sendo recentemente compreendidas.

Desde a segunda metade do século passado, o computador se tornou uma máquina de primeira grandeza quando comparado a todas as outras, inclusive porque foi adquirindo o poder de absorver funções próprias de outras máquinas, graças ao se poder metamaquínico. Antes que a interface gráfica de usuários tivesse convertido o computador em uma máquina comunicacional interativa, um dos trabalhos pioneiros a tratar das máquinas em termos do modo como podem ser definidas em si mesmas foi o de Lucia Santaella (1996, p.195-201). A busca de definição empreendida pela autora acabou por se completar em uma classificação de três tipos de máquinas: as musculares, as sensórias e as cerebrais. As máquinas musculares substituíam trabalhos musculares realizados por humanos, animais ou qualquer outra entidade, por exemplo, animais puxando carga. As máquinas sensórias substituíam trabalhos sensórios, por exemplo, a câmera fotográfica que substituíam o sentido do olhar em diversos aspectos. As máquinas cerebrais substituíam aspectos executáveis pelo cérebro, por exemplo, a atividade de calcular.

A referência a esse trabalho aqui comparece porque a pesquisa que aqui se apresenta localiza-se em um território similar, com a exceção de que estaremos, de fato, concentrando nossa atenção naquilo que Santaella chama de máquinas cerebrais, ou seja, as máquinas computacionais como prolongamentos de nossas capacidades mentais. Assim, como uma medida inicial desta pesquisa, reduzimos as cinco definições, acima apresentados, a apenas três definições gerais sobre os conceitos atuais de máquinas, já indicando quais autores deverão ter maior proeminência nas discussões de cada uma.

A primeira definição do dicionário deverá ser mantida como está, sem se fundir a nenhuma outra. O autor que explora esse caminho de modo amplo em suas pesquisas é Levi Bryant em sua ontologia das máquinas. As definições 2, 3 e 4 passam a ser fundidas e compreendidas como um único tópico, o de número 2. Este estará atrelado de modo mais específico às discussões sobre máquinas físicas. A quinta definição, agora enumerada como 3, é aquela que abre caminho para discussões sobre máquinas semióticas, pois nos abre a possibilidade de expandir a visão puramente mecânica das máquinas, buscando os limites de tal definição por meio do olhar que coloca em relevo a emergência de novos princípios de operação das máquinas contemporâneas, mesmo aquelas que são meramente chamadas de físicas, quando incorporam funcionamentos inteligentes.

Antes de tudo, cumpre notar que as referências citadas no OED para documentar o significado de máquina incluem usos do termo que remontam ao início do século XVI (desde 1545) e apenas ilustram as ideias primitivas, medievais e renascentistas do universo cósmico como uma grande máquina construída por Deus. Outros usos da palavra, também apontadas pelo OED, que subsumem certos dispositivos, constructos ou artificios sob o nome de máquina, são uma derivação figurada da ideia de máquinas como dispositivo físico projetado para executar algum trabalho, ou ainda modos de se compreender o comportamento de entidades vivas. A argumentação sobre seres vivos, moradas e hábito como máquinas também explora as expansões mais primordiais das metáforas maquinicas para compreensão da realidade e seus modos de representação pelo conhecimento. Essas mesmas discussões podem ser encontradas de modo mais bem desenvolvido e documentado em campos de pesquisa mais recentes. São eles que tomamos como referências para chegarmos aos três tipos de máquinas que estipulamos como os tipos mais relevantes no mundo contemporâneo. Os campos de pesquisa são:

a) Por tratar de problemas gerais das áreas do saber, perceber e conhecer, naturalmente a Ciência Cognitiva abrange interesses cruzados de diversas áreas de pesquisa. Interessa a esse campo conhecer sobre máquinas, sobre humanos, sobre biologia, psicologia, antropologia, neurociências, filosofia e assim por diante. Nascida a partir das pesquisas dos participantes das conferências Macys, tem como paradigmas atuais: o *cognitivismo* e sua concepção de sistemas simbólicos que procuram simular o pensamento; o *conexionismo* e sua abordagem dos sistemas simbólicos adaptativos, inspirados no funcionamento do cérebro; e o *enativismo* que trouxe a preocupação de se incorporar aos sistemas adaptativos sua vivência espacial e temporal, tornando-os sistemas assintoticamente conectados ao ambiente.

b) A Semiótica Cognitiva permeia diversos campos e estudos das Ciências Cognitivas e instituiu os trabalhos do filósofo C. S. Peirce nas discussões sobre a mente na atualidade, influenciando os entendimentos sobre o pensamento humano e inspirando também modelos de funcionamento das máquinas. Tal abordagem encampa estudos sobre a percepção, com importante contribuição sobre os modos como o corpo faz a mediação dos objetos para um intérprete, dos tipos de raciocínios, apontando para os modos como o hábito e as crenças fazem a mediação entre os *insights*, os testes dos pensamentos e a seleção daquilo que parece mais coerente para determinada situação do pensar, e discutem ainda aspectos sobre a continuidade da mente e matéria, evolução,

processos de significação, dentro da perspectiva de uma filosofia da ação e com alto poder de classificação.

c) A Inteligência Artificial tem uma preocupação mais estrita que a Ciências Cognitivas, pois seu objetivo é encontrar métodos implementáveis como operadores em máquinas inteligentes ou, como chamada no campo, agentes inteligentes. Atualmente os agentes racionais discutidos por Norvig e Russel (2013) são a principal referência. Trata-se de agentes compostos por sensores, atuadores e controladores e que devem ser construídos sempre com base num conhecimento bem definido da função ou do procedimento formal que descrevam o comportamento desejado para resolver um problema definido.

d) A Ciência da Computação estuda diversos tipos de problemas com o intuito de modelar aquilo que é computável para a resolução automática de determinadas questões. É aquela que está no centro dos paradigmas da Inteligência Artificial e da parte das Ciências Cognitivas em seu viés de ciência exata. O poder de armazenagem dos computadores e a velocidade de processamento têm permitido a resolução de problemas que o humano hipoteticamente conseguiria resolver, mas que tomaria um tempo tão grande que na prática dificilmente seria exequível. Esse poder de processamento e cálculo possibilitou um avanço significativo no poder de pesquisa humana e uma reforma gradativa em nossa maneira de pensar, afinal, delegou-se parte do processo a uma máquina. Seus paradigmas atuais estão nos trabalhos de Turing sobre números computáveis, de Shannon sobre a teoria do controle da informação e de Von Neumann e sua arquitetura de máquinas.

e) Por fim, as entidades materiais e não materiais que Bryant denomina objetos em seu livro, *A Democracia de Objetos* (2011), foram renomeadas máquinas em seu livro de 2014: "Entidade", "objeto", "existente", "substância", "corpo" e "coisa" são todos sinônimos de máquina, declara Bryant (2014: 15). Os fundamentos desta premissa estão no realismo especulativo de Bryant, na virada metafísica da filosofia dos realistas especulativos, e na ontologia orientada às máquinas e mídias do autor. Assim como os campos de pesquisa mencionados anteriormente merecem um olhar mais específico e aprofundado para respondermos à questão da pesquisa, essa nova ontologia de Bryant é aquela que resgata o uso menos comum do entendimento de máquinas nos dias atuais, a definição apresentada primeiramente pelo OED, e isto pode nos trazer atualizações e

novos entendimentos para um assunto tão relevante para os dias atuais, como o da compreensão das máquinas.

A discussão desses cinco campos referidos estará reduzida e enquadrada no argumento que segue. Estes tem a pretensão de alinhar uma linha de pensamento possível para se confrontar os três tipos de máquinas que serão propostas nesse trabalho: as físicas, as semióticas e as ontológicas.

2. Ideias iniciadoras da pesquisa, algumas referências teóricas e hipótese

Essa seção seguirá, em linhas gerais e de modo simplificado, o modelo de argumentos sugerido por Toulmin (1958). Tal modelo sugere, de modo restrito, três partes necessárias na construção de bons argumentos: uma ideia central que controla e guia o argumento geral do trabalho, os suportes que funcionam como ideias em forma de evidências para cada etapa a ser desenvolvida, reforçando ou enfraquecendo a hipótese; e as garantias que o argumento carrega, com fundamentação em autores de relevância e destaque em suas áreas respectivas.

A hipótese, ou ideia central desta pesquisa, é a de que existem diferenças, mas, ao mesmo tempo, complementaridades entre os três tipos de máquinas que selecionamos para serem estudadas nesta pesquisa. Existem também, evidentemente, descontinuidades entre elas verificáveis a partir das confrontações existentes entre elas. Uma vez que apenas as diferenças costumam ser levadas em conta, no esquecimento das continuidades/descontinuidades e complementaridades entre os pontos de vista sobre as máquinas, justifica-se plenamente a proposta desta pesquisa, ou seja, aquela de trazer à tona aquilo que costuma ser negligenciado quando se trata de compreender o que, afinal, são máquinas e como são vistas.

Assim, a ideia central em sua vertente de exploração das máquinas físicas será extraída a partir de campos científicos como os da Ciência da Computação e da Inteligência Artificial. Alguns autores que dão suporte à pesquisa sobre máquinas físicas são: Turing (1936, 1964), Shannon (1938, 1949), Von Neumann (1945, 1993), Parnas (1972), Brooks A. (1990), Boden (1988), Da Costa (1992, 2008), Teixeira (1998), Negnevitsky (2002), ITU (2005), Buckley (2006), Fonseca (2007), Vega (2009), Santaella (1996,2013), Gleick (2012), Trossen (2012), Russel e Norvig (2013), Harper (2012), Cragon (2000), entre outros.

A ideia central em sua vertente de exploração das máquinas semióticas será extraída a partir de campos científicos e filosóficos como os da Ciência Cognitiva, Semiótica Cognitiva e Máquinas Semióticas. Autores que dão suporte às pesquisas sobre máquinas semióticas: Peirce (1887, 1958, 1992, 2000, 2009, 2010), Nöth (1990, 1995, 2004, 2007, 2009, 2010, 2011, 2014), Andersen (1997), Block (1980), Burch (2001), Burks (1978, 1988, 1996), Santaella (1992, 1998, 2000, 2001, 2004, 2012, 2013), Stjernfeld (2011), Nadin (2007), Ketner (1984), Daddesio (1995), entre outros.

A ideia central em sua vertente de exploração das máquinas ontológicas será extraída a partir de campos filosóficos, mais especificamente em autores contemporâneos do Realismo Especulativo e seus estudos sobre Ontologia. Autores que dão suporte às pesquisas sobre máquinas ontológicas: Badiou (1996), Bogost (2012), Heidegger (1962, 1992, 1995), Harman (2002, 2005, 2011, 2013), Kant (2006), Meillassoux (2009), Bryant (2011, 2014).

A partir da organização das pesquisas em três capítulos, um sobre máquinas físicas, outro sobre máquinas semióticas e um último sobre máquinas ontológicas, vamos definir a estratégia de abordagem dos temas, para que a questão escolhida sirva como referência central para as discussões e conclusões.

3. Estratégia de abordagem do tema, o objeto e o objetivo

A tarefa de conquistar certa originalidade, sem dúvida, está entre as mais desafiadoras. E isso cresce quando se trata de uma pesquisa multidisciplinar em um centro de pesquisa ligado às áreas de exatas e humanas. Não se trata apenas de fazer uma ampla revisão bibliográfica e escrever conforme as normas da academia. Esta implica também em uma contribuição para a academia de modo claro, bem fundamentado e objetivo.

Seguindo os entendimentos de Santaella em Comunicação e Pesquisa (2001a), a metodologia deste trabalho segue o caminho das ciências formais e suas pesquisas descritivas. Diferentemente das ciências empíricas, em que a indução e a experimentação se fazem presentes no teste e confirmação ou refutação da hipótese, as ciências formais se desenrolam pelas vias da lógica dedutiva, quando o conhecimento é produzido de modo intuitivo, racional e formal. Para que tal método seja efetivo e tenha validade, o pano de fundo que rege as leis de cada campo do saber em análise deve ser

respeitado. Portanto, seguir os objetos de estudos pertencentes aos mesmos através de autores que respaldem um quadro teórico de referências bem fundamentadas é o ponto de partida. Apenas a partir do bom conhecimento do quadro teórico torna-se possível encontrar problemáticas de pesquisa relevantes e a construção de hipóteses coerentes.

Portanto, essa pesquisa busca uma concepção científica por meio das confrontações, em busca de similaridades e dissimilaridades que possivelmente existem dentro de uma transdisciplinaridade que abarca tecnologia, filosofia e ontologia, a partir de uma lógica dedutiva e crítica. O caminho para tal está pautado na exploração de cada um dos tipos de máquinas propostos, respeitando suas concepções. O resultado dinamiza as continuidades e discontinuidades de modo seguro. O caminho pretende ainda organizar e sistematizar os entendimentos levantados de modo a evidenciar o que está no pensamento do pesquisador no percorrer dos caminhos, visando resultados que tenham a marca de alguma pessoalidade no trato das questões.

Para que os objetivos desse trabalho sejam alcançados, discutir quais são as distinções e similaridades centrais e laterais entre máquinas físicas, ontológicas e semióticas, o estudo centrará as análises no objeto computador. Este servirá como referência central para a articulação dos argumentos, ideias e análises em direção à conclusão, que pretende extrair as confrontações entre máquinas físicas, semióticas e ontológicas na figura do computador.

2. MÁQUINAS FÍSICAS

Definições de máquinas existem muitas. Algumas delas foram mencionadas na introdução deste trabalho. Mas quando nos perguntamos sobre o que são máquinas físicas, a resposta não é imediata. Como se pode compreender esse conceito? A expressão tem sido comumente utilizada para caracterizar o computador. Se assim é, que tipo de máquina é o computador? Que ele vai além de uma simples ferramenta não é novidade. Como se caracteriza, então, esse *surplus*? Para responder essas questões, este capítulo fará uma incursão nos fatores que levaram ao seu gradativo desenvolvimento até o estágio atual.

1. Aparatos em seus primórdios

Em seus primórdios, conforme nos aponta Fonseca (2007, p.85), o primeiro instrumento capaz de resolver o problema da adição, subtração, multiplicação e divisão de até 12 inteiros foi o ábaco. Existentes, possivelmente, já na Babilônia 3000 a.C., foi muito utilizado pelos egípcios, gregos, chineses, romanos e japoneses. Outro instrumento relevante foi o quadrante, utilizado para o cálculo astronômico. Babilônios e gregos utilizaram o mesmo para medir o ângulo entre as estrelas. Ganhou desenvolvimento principalmente na Europa do século XVI. Mais um exemplo é o compasso de setor, desenvolvido para cálculos trigonométricos, aplicados, por exemplo, para determinar a altura da boca de um canhão em relação ao seu alvo. Ainda, outro instrumento encontrado na história recente é uma espécie de computador grego denominado mecanismo anticitera. Encontrado em um barco naufragado perto da ilha de mesmo nome, trata-se de um equipamento constituído de engrenagens de metal e um ponteiro, sugerindo que o mesmo operava como um relógio astronômico. Datado do primeiro século a.C., indica que algum artesão grego pensava em termos de mecanização e matematização do tempo.

O nascimento das máquinas físicas remonta em parte a história dos números. Como questiona Crump (1990, p.1), “quando falamos sobre o uso e compreensão dos números pela humanidade, quais são os fatos mais simples da vida? Existem coisas fundamentais que sempre são aplicáveis?” Para Crump (ibid.) a representação numérica

sempre será limitada à finitude intrínseca, aos limites das possibilidades de representação formal, enquanto os números mostram uma existência infinita.

A escrita numérica foi uma das formas de escrita que surgiram, assim como outras formas de escritas simbólicas, para expressar ideias. Não são todas as culturas que a desenvolveram. Conforme aponta Crump (1990, p.31), uma criança consegue desenvolver competências linguísticas avançadas antes de aprender sistemas numéricos. Mesmo ainda antes de ser alfabetizada, uma criança, apontando e associando objetos concretos, consegue expressar suas intenções de modo aproximado e obter o resultado que deseja. A diferença principal da escrita numérica reside numa busca da precisão em seu formalismo e exploração de possibilidades que não residem no espaço concreto da percepção. A busca do exato.

Quanto mais intrincado o sistema lógico que uma máquina propõe exercer, mais exato e mais recursos mentais são necessários para que a mesma possa ser concebida e implementada. O desvelamento dos logaritmos¹ se deu pelas mãos de John Napier, que também destinou grande parte de sua vida inventando instrumentos relacionados a cálculos aritméticos. A partir dos trabalhos de Napier, mais especificamente da tábua logarítmica do mesmo, o matemático Willian Oughtred criou e tornou pública em 1630 a régua de cálculo. Trata-se de uma régua que se move entre dois outros blocos fixos e que se baseia na sobreposição de escalas logarítmicas. Existe em sua base constituinte uma regra mecânica analógica que permite o deslizamento das guias de modo que as mesmas mostrem valores em suas escalas que se correlacionam com outras escalas apresentadas pela mesma régua. Pode ser considerada a precursora das calculadoras eletrônicas, que trabalham com logaritmos em sua base, porém com problemas de precisão que as atuais calculadoras não possuem.

De modo geral, as máquinas primitivas implementavam uma determinada regra em um circuito previamente arquitetado e rígido. Este circuito, para ser alterado, tinha que ter sua concretude reformada. Ademais, não possuíam características de ser automatizado, pois a força necessária para que a operação ocorresse e o resultado pretendido fosse obtido demandava a atividade humana ou de um animal. Mesmo assim, as máquinas primordiais foram fundamentais na elaboração e construção de uma

¹ Segundo a Wikipedia, na [matemática](#), o **logaritmo** de um número é o **expoente** a que outro valor fixo, a base, deve ser elevado para produzir este número. Por exemplo, o logaritmo de 1000 na base 10 é 3 porque 10 ao cubo é 1000 ($1000 = 10 \times 10 \times 10 = 10^3$).

série de componentes que serviram de base para que o pensamento sobre as máquinas amadurecessem de modo direto ou indireto.

2. Base dos dispositivos automatizados

Conforme Fonseca (2007, 86) o desenvolvimento tecnológico dos primeiros dispositivos mecânicos para cálculo automático se deu de modo lento e permeado de dificuldades e novas invenções. Os pioneiros das máquinas físicas não dispunham dos instrumentos materiais adequados para levar seus projetos de modo acelerado adiante. Alguns grandes destaques são ainda Wilhelm Schickard, Pascal e Leibniz. De modo geral, Fonseca (ibid., p.86) compila seis ideias principais presentes tanto nos pensamentos primordiais desses autores quanto na constituição dos computadores atuais:

- um mecanismo no qual um número é introduzido numa máquina. Nos primeiros projetos isso era parte de um mecanismo chamado seletor, porém tornou-se independente em máquinas mais avançadas;
- um mecanismo que seleciona e performa o movimento necessário para executar a adição ou subtração das quantidades apropriadas nos mecanismos de registro;
- um mecanismo (usualmente uma série de discos) que pode ser posicionado para indicar o valor de um número armazenado dentro da máquina (registrador);
- um mecanismo para propagar o “vai um” por todos os dígitos do registrador, se necessário, quando um dos dígitos em um registrador de resultado avança do 9 para o 0;
- um mecanismo com a função de controle, para verificar o posicionamento de todas as engrenagens ao fim de cada ciclo de adição;
- um mecanismo de limpeza para preparar o registrador para armazenar o valor zero.

O pensamento de Leibniz de livrar o homem das tarefas repetitivas permeou a preocupação de uma série de pensadores em sua época. Uma época em que o motor a vapor já se fazia presente em meio à revolução industrial, quando os primeiros motores

que substituíam o trabalho muscular já estavam presentes e razoavelmente difundidos dentro da sociedade. Um motor, capaz de gerar energia para um sistema, foi um dos grandes saltos necessários para que as máquinas automáticas pudessem ser concebidas.

3. Início das máquinas analógicas

Conforme Fonseca (2007, p. 89) o século XVIII foi caracterizado por uma proliferação de tabelas de cálculo matemático e físico para diferentes áreas do conhecimento: multiplicação, medições físicas, densidade de função e altitude, constante gravitacional em diferentes pontos da terra, entre outras. A intenção continuava a mesma, economizar o trabalho mental de cálculo. Porém todas carregavam ainda o problema da imprecisão. Nesse contexto, uma grande contribuição de Babbage surgiu, o projeto da máquina analítica. Em meio a tentativas e erros no caminho de desenvolver uma máquina diferencial, que pretendia substituir e minimizar os erros das tabelas matemáticas, Babbage chegou à ideia de que se era possível conceber uma máquina capaz de executar cálculos específicos, também seria possível criar uma máquina capaz de executar qualquer tipo de cálculo. Ao invés de pequenas máquinas para cada tipo de cálculo, uma máquina cujas peças poderiam executar diferentes operações em momentos diferentes, bastando para isso trocar apenas a ordenação das peças.

O pensamento de Leibniz, então, foi posto, em grande parte, na prática por Charles Babbage. Matemático e astrônomo inglês, considerado por muitos entre os pioneiros da computação, apresentou um projeto em 1822 de um mecanismo de madeira e latão, mas que não foi inteiramente construído de fato. Tratava-se de um instrumento mecânico capaz de executar uma série de cálculos. Conforme Gleick (2013, p.101) Babbage já pensava em como desenvolver um dispositivo automatizado para cálculo. Qual seria o significado de chamar algo automatizado? Não se tratava apenas de uma questão semântica, mas sim de uma utilidade efetiva que o dispositivo deveria executar. Os dispositivos que existiam poderiam ser separados em duas classes. Aqueles que dependiam da força ou intervenção humana para funcionar e aqueles que de fato funcionavam por conta própria.

As inspirações de Babbage, segundo Gleick (2013, p.100), vinha da ideia de poder remover o trabalho tedioso do desenvolvimento de cálculos em seus trabalhos. Babbage, assim como Herschel, especulava sobre a possibilidade de desenvolver uma

máquina a vapor que pudesse calcular. Como visto, a ideia do vapor permeava sua época, por ser a força que impulsionava as máquinas da indústria, substituindo a água, o vento e os músculos que moviam os aparatos mais antigos. Era um contexto histórico em que as máquinas substituíam ainda atividades mais simples da vida humana e dos animais, mas em que maiores ambições também já começavam a pulular. O vapor era o transmissor de energia mais relevante desses tempos. Babbage avançou em seu sonho na tentativa de construir sua máquina. Para determinar se uma máquina era do tipo automática, acreditava que os números objetos da operação, quando inseridos no instrumento, deveriam sair como resultado ou efeito colateral do movimento de uma mola, peso ou qualquer outra forma de força constante. (ibid, p.101)

A arquitetura de tal máquina era composta por cavilhas, engrenagens, cilindros e outros componentes mecânicos, tecnologias disponíveis em sua época, e seria movida a vapor. Ainda em Fonseca (2007, p.88), para Babbage e sua terminologia da época, o processador central era uma usina e a memória era o armazém. O autor também carregava uma noção de informação como o ato de transformar uma coisa em outra coisa. Por exemplo, o algodão em roupa. Em 1820 já acreditava que a informação poderia ser manipulada por uma máquina. Publicou um trabalho científico em 1822 “On the Theoretical Principles of the Machinery for Calculating Tables” sobre como automatizar o processo das tabelas de cálculo. Outro grande fator que motivou o autor a construir esse mecanismo era a imprecisão que a solução de Oughtred carregava. Babbage foi também um excelente matemático, um dos originadores da concepção moderna da álgebra ao lado de George Boole, Gregory, Herschel e Peacock. Teve publicações no campo da óptica, meteorologia, eletricidade e magnetismo, criptologia, geologia, sistemas taxonômicos e máquinas a vapor. A álgebra tem sua origem no termo al’jabr, que significa força que obriga a restabelecer, justamente porque a álgebra é a força que obriga todos os termos a ocuparem seu devido lugar.

A máquina analítica seguia conjuntos mutáveis de instruções, tendo serventia para diferentes tipos de funções. Trata-se de uma concepção que está muito próxima às bases do modelo da máquina universal de Turing. Segundo Gleick (2013, p.103), Babbage conseguiu “expor princípios mecânicos no âmbito dos números” e desenvolveu uma máquina diferencial a partir do cálculo das diferenças finitas, em que a Tabela dos Números Triangulares é um exemplo simplificado (ver Gleick, 2013, p.104).

Essa nova situação levou Babbage a imaginar o modo como essas instruções também seriam concebidas. Tal imaginação apresentou uma linguagem degenerada de programação composta por números, flechas e outros símbolos, que poderia ser utilizada como uma longa série de instruções condicionais para a máquina. Babbage preocupou-se ainda com a impressão dos resultados finais e intermediários, para que erros fossem controlados. A entrada da máquina, inspirada na máquina de tear de Jacquard (1752-1834), que automatizava o processo de tecelagem na direção de determinados padrões de desenho instruídos por um cartão de entrada, era composta por três tipos de cartões: cartões com números das constantes de um problema; cartões diretivos para controle do movimento dos números na máquina; e cartões de operação, para direcionar a execução das operações de adição, subtração etc. E a maior contribuição repousava em outros dois aspectos: o conceito de transferência de controle, que permitia à máquina comparar quantidades e, dependendo dos resultados da comparação, desviar para outra instrução ou sequência de instruções; e o conceito de autocorreção, em que os resultados dos cálculos produzidos pela máquina podiam alterar outros números e instruções colocadas na máquina, permitindo que o computador modificasse seu próprio programa.

4. Faíscas para as máquinas digitais

Fonseca (2007, p.91) diz que, em 1842, Ada Augusta Byron, filha do poeta Lord Byron e educada pelo matemático logicista Augustus de Morgan, publicou o ensaio “Observations on Mr. Babbage Analytical Engine”. Ada foi uma importante auxiliar dos trabalhos de Babbage. Percebeu que, diferentemente das máquinas analógicas, que executavam cálculos usando medidas, a máquina de diferenças era digital, pois executava cálculos utilizando fórmulas numéricas. Percebeu ainda a combinação entre funções lógicas e aritméticas presentes na máquina de diferenças de Babbage. Mesmo sem a máquina construída, Ada procurou escrever a sequência de instruções e possivelmente deu origem a uma série de conceitos largamente utilizados na programação como sub-rotinas, loops e saltos, de modo codificado.

Como afirma Artstein (2014, p.303) “codificar informação, criptografar, sempre fascinou a humanidade. Mencionamos a máquina de códigos alemã Enigma, usada na II Guerra Mundial; foi quebrada através do uso de calculadoras eletromecânicas. A matemática da computação permite o uso da prática de codificação.” E Ada esteve nos

primórdios desse campo de pesquisas estudando a máquina de Babbage. Gleick descreve a máquina que era objeto de estudos de Ada:

Babbage inventou sua própria máquina, um grande e reluzente motor de latão e estanho, composto de milhares de chaves e rotores, rodas dentadas e engrenagens, todos torneados com o máximo de precisão. Ele passou sua longa vida tentando aprimorá-la, primeiro numa versão e depois na outra, mas todas elas, em sua maior parte, dentro de sua própria cabeça... ela ocupa assim um lugar extremo peculiar nos anais da invenção: um fracasso, mas também um dos maiores feitos na história da humanidade. (GLEICK, 2013, p.86)

A evolução da máquina de diferenças se deu pelas mãos de outros pesquisadores. Ainda em Fonseca (ibid., p.91), Dionysus Lardner divulgou o trabalho de Babbage. George Scheutz, editor de um jornal técnico de Estocolmo, entusiasmado com a descrição da máquina feita por Lardner, a construiu conjuntamente com seu filho. Em 1854, Scheutz tinha um modelo completo e operacional da máquina. Outros tipos de máquinas de diferença foram concebidos por Alfred Decon, Martin Wiberg e G. B. Grant. Mas estas formas construídas para produzir tabelas.

Hollerith também foi um autor importante no processo de desenvolvimento da história das máquinas físicas. Também inspirado pelos teares de Jacquard, desenvolveu a ideia de processamento de dados. Esta estava baseada no aproveitamento dos cartões perfurados dos teares em uma máquina que pudesse interpretar, classificar e manipular as somas aritméticas representadas pelas perfurações. Ele combinou os novos dispositivos eletromagnéticos de sua época com os cartões perfurados. Fundou a empresa *Hollerith Tabulating Machines*, que veio a ser uma das três fundadoras da CTR (*Calculating-Tabulating_recording*) em 1914, renomeada IBM em 1924.

5. Máquinas especialistas

Segundo Fonseca (2007, p. 93), a partir de 400 a.C. foram desenvolvidos dispositivos como os astrolábios, instrumentos de sinalização, planetários. Uma classe específica desses instrumentos interessa no momento: as máquinas integradoras de Maxwell, Faraday, Kelvin e Michelson. São dispositivos que pretendiam executar funções matemáticas. Tais máquinas visavam lidar com problemas mais difíceis como movimentos de marés, e demandavam capacidade de mecanização de cálculo diferencial e de sistemas mais complexos, porém ainda específicos. Eram máquinas

especialistas. Kelvin desenvolveu em 1878 o analisador harmônico que substituiu o trabalho mecânico de calcular os fatores elementares que constituem as subidas e descidas das marés. Kelvin também desenvolveu um analisador diferencial, dispositivo voltado para solucionar sistemas de equações diferenciais ordinárias, cujo resultado é uma integral, produto de duas variáveis. A segunda máquina de Kelvin só pode ser construída em 1925, após o desenvolvimento dos amplificadores de torque, que solucionaram o problema de se utilizar a saída mecânica de um integrador como entrada de outro.

Michelson também desenvolveu um analisador harmônico para até 20 termos, porém o mesmo continuava preso ao problema do aumento de erros acumulados nas máquinas de cálculo em função dos números de fatores crescentes. Com o advento da primeira guerra mundial, grupos matemáticos dos EUA e Inglaterra receberam grandes investimentos e possibilitaram um grande aprofundamento no combate ao acúmulo de erros, com uma série de descobertas nos procedimentos numéricos para solução de equações diferenciais com grande precisão.

Outra consequência desse movimento de grande aporte de recursos veio com uma profusão de identificação e criação de máquinas especialistas, diversas formas de força, circuitos e lógicas passaram a habitar o pensamento dos engenheiros e criadores dos dispositivos ao longo da história. Bússolas seguiam a complexidade do funcionamento do magnetismo e materializavam dispositivos em meio à realidade lógica, física e de arquitetura precisa de circuitos magnéticos. A comunicação elétrica começava a surgir na forma de telegrafia, depois telefonia e ainda rádio. O mesmo valia para a construção de termômetros e as funções de medir calor. Com isso, a Era da codificação ganhava força. Conforme Gleick (2013, p.173):

A codificação, a conversão de uma modalidade em outra, servia a um propósito. No caso do código Morse, o propósito era converter a linguagem do dia a dia em uma fórmula adequada à transmissão quase instantânea ao longo de quilômetros de fio de cobre. No caso da lógica simbólica, a nova forma se prestava à manipulação por meio de um cálculo. Os símbolos eram como pequenas cápsulas, protegendo sua delicada carga do vento e da neblina da comunicação do dia a dia.

6. Maturação das máquinas analógica e digitais

Conforme Fonseca (2007, p.94-95), de modo geral, um computador analógico é um dispositivo no qual os números são representações diretas de quantidades físicas medidas; relações e funções matemáticas são representadas por diferentes componentes de modo direto. Os componentes correspondem a operações matemáticas singulares. Os componentes analógicos podem ser divididos em duas classes, dependendo do modo como os números são representados: a) por quantidades mecânicas, como um deslocamento linear ou uma rotação angular; b) por quantidades elétricas, como voltagem, corrente, impedância e condutividade.

Quando os deslocamentos lineares ou angulares são usados para representar números da natureza, o caminho é mais simples, as relações geométricas podem ser construídas diretamente através de formas mecânicas. E as operações matemáticas podem ser realizadas usando-se uma relação geométrica correspondente. O modelo que surge terá uma correspondência direta com a materialidade do que pretende representar.

No caso das representações por quantidades elétricas, o grau de abstração sobe em função da complexidade de cálculos necessários para resolver o problema na prática. Nesse momento, para se obter a correspondência com o objeto, os físicos desenvolveram sofisticadas ferramentas matemáticas para descrever, através de equações, a operação de determinados tipos de mecanismos. E passaram também a conceber máquinas cujo movimento estava em acordo com essas equações. Uma das soluções apresentadas era a dos modelos físicos análogos cujo comportamento pudesse ser quantitativamente observado.

Por exemplo: o fluxo de calor é análogo ao fluxo elétrico, no qual temperatura corresponde a potencial elétrico. Logo, pela análise das camadas eletricamente condutoras, dispostas de maneira a simular as características de uma estrutura, pode-se investigar o fluxo de calor dentro dessa estrutura. A análise de requisitos desse dispositivo tecnológico seguiria a seguinte ordem: analisar quais operações desejaria executar; procurar um aparato físico cujas leis de operação sejam análogas àquelas que se deseja executar; construir o aparelho, resolver o problema medindo as quantidades físicas envolvidas.

As máquinas analógicas evoluíram como analisadores diferenciais, que passaram mais tarde a ser chamados de computadores analógicos. A operação fundamental resultante deles é uma integral, por isso também máquinas integradoras.

Os computadores eletromecânicos surgiram nas primeiras décadas do século XX. Engenheiros do mundo estavam trabalhando em problemas fundamentais da área da eletricidade. Centros como a IBM, Harvard, MIT, General Electric estavam investindo na questão. Alguns sucessos que merecem destaque estão ligados, segundo Gleick (2013, p.180-182), à formulação matemática dos problemas em teoria dos circuitos e foram publicados por Vannevar Bush no MIT e A. E. Kennelly de Harvard, C. P. Steinmetz da General Electric e Oliver Heaviside (1850-1897) que desenvolveu um dispositivo matemático para manipular equações e analisar indução eletromagnética. Gleick (ibid.) destaca, com algum detalhamento, as máquinas de Bush.

Ao contrário das máquinas de Babbage, esta não manipulava os números.. Funcionava com base nas quantidades – gerando curvas, como Bush gostava de dizer, para representar o futuro de um sistema dinâmico. Diríamos hoje que o aparato era analógico em vez de digital. Suas rodas dentadas e seus discos eram dispostos de modo a produzir uma analogia física das equações diferenciais. De certa forma, tratava-se de um descendente monstruoso do planímetro, um pequeno dispositivo de medição que traduzia a integração das curvas no movimento de uma roda. Professores e alunos procuravam o Analisador Diferencial em momentos de desespero e, quando era possível solucionar suas equações com uma margem de erro de 2%, o operador das máquinas, Claude Shannon, ficava feliz.

A construção de máquina de Bush deve méritos a Niemann, que inventou e desenvolveu o amplificador diferencial de torque, permitindo a Bush construir seu analisador diferencial em 1931, que superava o problema de restrição tecnológica do analisador harmônico de Kelvin, que não conseguia executar a operação de gerar uma integral do produto de duas funções. Bush conseguiu construir uma máquina utilizando exclusivamente integradores, ainda mecânicos. Tal dispositivo evoluiu durante a II Guerra Mundial, através da substituição dos mecanismos mecânicos por corrente e voltagem, derivados de potenciômetros instalados sobre os discos cuja rotação

representava quantidades. As voltagens correspondiam à soma, produto e a uma função de uma variável.

7. A contribuição de Shannon

As descobertas da ciência e da indústria do campo da eletricidade proporcionaram rapidez e precisão aos equipamentos e isto, juntamente as limitações dos equivalentes analógicos eletromecânicos, acabaram por desembocar na nova tecnologia dos circuitos.

Paralelamente aos matemáticos e engenheiros, Claude Shannon deu sua grande contribuição às tecnologias da computação por conectar circuitos elétricos ao formalismo lógico e aritmético de Boole. Em 1938, Shannon demonstrou que a álgebra booleana - na qual só poderia haver dois valores no sistema de cálculo lógico: 1 se o valor é verdadeiro e 0 se o valor é falso - poderia ser utilizadas na simplificação dos arranjos dos relés eletromecânicos e então implementada em comutadores para roteamento telefônico. Relés de valor zero tinha circuito fechado. De valor 1 circuito aberto. Outra característica importante da álgebra de Boole é que esta permite colocar operações lógicas juntas para que as mesmas formem novas operações. Como reforça Gleick (2013, p.182): Shannon percebeu que em um circuito elétrico aquilo que um relé passa adiante de um circuito para outro não é apenas eletricidade, mas também um fato. O fato de o circuito estar aberto ou fechado. Se um circuito está aberto, então o relé pode fazer com que o circuito seguinte se abra. Mas o arranjo inverso também é possível, o arranjo negativo: quando um circuito está aberto, o relé pode fazer o circuito seguinte se fechar... seria mais fácil reduzir essa descrição a símbolos e, para um matemático, era natural manipular os símbolos por meio de equações.

Conforme Shannon (1938, p.471) em circuitos elétricos de alta complexidade o estabelecimento das relações de interconexões entre relés e alavancas é um processo intrincado, mas necessário. Um relé é um interruptor eletromecânico. A movimentação física do mesmo acontece quando uma corrente elétrica percorre suas espirais da bobina. Essa corrente cria um campo magnético que atrai a alavanca responsável pela mudança do seu estado de contatos. De modo geral o relé deve estar ligado a dois circuitos elétricos. Um anterior e um posterior para que o processo possa ocorrer. Existem inúmeras aplicações possíveis em comutação de contatos elétricos. Nos tempos de Shannon os maiores exemplos de sistemas elétricos complexos estavam nos circuitos

da telefonia, dos grandes motores industriais e outros circuitos projetados para operar automaticamente.

Essa simplificação e descrição continha uma tabela-verdade que descreveria os estados lógicos possíveis.

Um circuito em paralelo fechado com circuito fechado é um circuito fechado. Portanto seu valor é representado por 0; Um circuito aberto em série com circuito aberto é um circuito aberto. Portanto seu valor é representado por 1; Um circuito aberto em série com circuito fechado para direita ou para esquerda é um circuito aberto. Portanto seu valor é representado por 1; Um circuito fechado em paralelo com um circuito aberto nas duas ordens possíveis é um circuito fechado. Portanto seu valor é representado por 0; Um circuito em série fechado com um circuito fechado é um circuito fechado. Portanto seu valor é representado por 0. Um circuito aberto em paralelo com um circuito aberto é um circuito aberto. Portanto seu valor é representado por 1. Em qualquer momento do tempo, se representarmos esses estados pela variável X , então X poderá ser 0 ou 1. (SHANNON, 1938, p.472)

Com esta observação Shannon afirmou a possibilidade de se descrever o comportamento de circuitos elétricos chaveados; e a combinação das operações lógicas e aritméticas poderia ser usada para compor uma operação memória. Com isso a álgebra booleana permite que se construa um dispositivo de estados que pode armazenar informações específicas em sua memória, em forma de dado ou operação, conforme aponta Fonseca (2007, p.99). Conforme Burris (2000, p.1), foi o matemático George Boole, que já havia avançado na formalização do raciocínio proposicional em seus trabalhos *The Mathematical Analysis of Logic* (1847) e *The Laws of Thought* (1854), quem propôs o uso de símbolos associado ao uso da lógica para descrever o comportamento de objetos abstratos.

Com o entendimento de que um circuito elétrico pode executar operações lógicas e matemáticas e armazenar seus resultados, Shannon abriu o caminho para que máquinas pudessem ser projetadas a partir da lógica algébrica e também apontou que a utilização de arranjos de relés para resolver problemas de álgebra booleana era possível. A exploração dessa propriedade de interruptores elétricos criou a lógica e os fundamentos dos computadores digitais. Transístores com capacidade de memória e

lógicas de controle do fluxo elétrico foram implementadas. O trabalho de Shannon tornou-se o principal na área de circuitos digitais quando amplamente conhecido entre a comunidade científica. Posteriormente publicou sua teoria da comunicação matemática (Shannon, 1949), que afirma que os sistemas devem ser desenvolvidos para operar um conjunto de mensagens possíveis e não apenas uma única mensagem.

Para criar sua teoria da informação, como aponta Gleick (2013, p.212), Shannon e Turing, analistas criptográficos, se reuniam diariamente no refeitório dos Laboratórios Bell em 1943. Shannon trabalhava com a análise de um sistema criado por outro engenheiro, cuja função era a encriptação da voz nas conversas telefônicas entre Roosevelt e Churchill. O objetivo de Shannon era aferir se o dispositivo, que coletava amostras do sinal analógico da ligação ao ritmo de 50 vezes por segundo, quantificando as falas, e mascarando a mesma com o uso de chaves aleatórias, que soavam como ruídos, era de fato indecifrável.

Como relata Gleick (2013, p.227), Shannon acabou por criar uma forma rigorosa de avaliar o grau de segurança de qualquer sistema, definindo os princípios da criptografia. Para tal apontou o caminho da cifra perfeita, em que todas as chaves devem apresentar probabilidade igual, constituindo uma singularidade de fluxos aleatórios de caracteres. Nesse caminho cada chave só poderia ser utilizada uma única vez e cada chave deve ter o comprimento de uma mensagem inteira. Seus estudos e busca por precisão e entendimento sobre cifras e comunicação culminou em suas noções sobre informação. Shannon apontou para a informação como uma entidade física, livre de significado e psicologismos cotidianos. No processo de busca aquilo que seria constituinte físico da informação, Shannon chegou as seguintes noções:

...informação é intimamente ligada à noção física de incerteza; a incerteza só pode ser medida através da contagem do número de mensagens possíveis; se uma única mensagem for possível, então não há incerteza, não havendo informação; algumas mensagens podem ser mais prováveis do que outras, e informação implica surpresa. A surpresa é uma maneira de se referir às probabilidades; o significativo é a dificuldade em transmitir a mensagem de um ponto a outro, como definir a massa em termos de força necessária para mover um objeto; e informação é entropia. Essa foi a noção mais estranha e poderosa

de todas... é a medida da desordem na termodinâmica, ciência do calor e da energia. (GLEICK, 2013, p.227-228)

Os estudos de Shannon sobre entropia criaram ao menos um ponto de contato direto dos trabalhos do mesmo com Von Neumann. Conforme Tribus (1971) e Avery (2003) Shannon carregava dúvidas em como nomear seu conceito: informação, incerteza ou entropia. O nome entropia veio como sugestão de Von Neumann, pois a função matemática que Shannon havia desenvolvido era a mesma função que já existia em mecânica estatística que se referia a noção de entropia. Portanto, chamar o conceito descrito por essa função como entropia parecia lógico, mesmo que atado a um contexto diferente de significação (para informações mais detalhadas ver também Petz, 2001, p.6).

8. Pavimentando o caminho para a solução de Von Neumann

Dos trabalhos de Shannon e Turing o caminho para a máquina de Von Neumann estava pavimentado: lógica booleana, cujas tabelas-verdade poderiam representar as regras de um sistema lógico formal; tabelas de instrução da máquina de Turing que podem simular as tabelas-verdade de Boole; e dispositivos como o relê para representar os estados de máquinas.

Conforme nos informa Fonseca (2007, p.101-102), cientistas começaram a trabalhar com dispositivos de cálculo com algum tipo de sistema de controle automático embarcado. Neste momento começaram a surgir os computadores mecânicos e eletromecânicos, que influenciaram muitos projetos posteriores de computadores eletrônicos. Konrad Zuse desenvolveu uma máquina de cálculo controlada automaticamente e concluiu de sua pesquisa que este dispositivo necessitaria apenas de três unidades básicas: uma controladora, uma memória de um dispositivo de cálculo para aritmética. Em 1936 ele apresentou o Z1, protótipo de computador mecânico que utilizava uma fita de película cinematográfica para as instruções que controlavam a máquina. O Z1 foi substituído pelo Z2 que utilizava relês, pois a solução anterior à base de válvulas tornava inviável a completa construção do mesmo. O computador que acabou por se tornar operacional foi o Z3. Este era composto por dois mecanismos separados para funções aritméticas e tinha uma unidade de conversão de números na notação decimal para códigos binários. Sua capacidade de execução era de três a quatro adições por segundo. Multiplicava dois números de quatro a cinco segundos. Sua maior

restrição era a limitação de memória, que tentou ser contornada pelo Z4, porém este nunca foi finalizado.

Em 1937, Howard Aiken, em Harvard, e George Stibitz pesquisavam sobre componentes eletromecânicos que pudessem ser utilizados na computação de cálculos. Um dos limitantes do crescimento da Bell Telephone no final dos anos de 1930 era justamente a necessidade de ter que lidar com cálculos de números do conjunto dos complexos, que lidam com números imaginários e raízes negativas. Stibitz demonstrou que relês poderiam ser utilizados para executar operações aritméticas e que esse seria um bom caminho para satisfazer a necessidade de cálculos e armazenagem cada vez mais complexos e rápidos. Conjuntamente com S. B. Williams prototipou seu Modelo I. Tais máquinas evoluíram até o Modelo VI em 1950.

Howard Aiken, conjuntamente a engenheiros da IBM, desenvolveu outro tipo de máquina eletromecânica. Esta não era baseada apenas em relês, mas tinha memórias de núcleo de ferrite. A primeira versão foi entregue em 1943 e foi conhecida como Mark I. Modificava instruções dinamicamente, baseadas nos resultados obtidos durante o processamento; tinha unidades que determinava qual era o melhor algoritmo para execução de um cálculo através do argumento de uma função; testava conteúdo de registros; utilizava instruções separadas para memórias e dados, uma das características da chamada arquitetura de Harvard.

A IBM teve um papel de grande importância para impulsionar o desenvolvimento de computadores quando entrou mercado e na economia. Desenvolveu máquinas que auxiliavam em tarefas computacionais como tabuladoras de Hollerith, tabuladoras para cálculos científicos, calculadoras baseadas em relês de alta velocidade e com resultados confiáveis. Também foi responsável pelas primeiras máquinas programáveis através de painéis de controle plugboard, que liam um cartão e executavam até 60 tipos diferentes de cálculos aritméticos, perfurando o resultado no mesmo cartão. Nesse instante a IBM lançou seu projeto denominado Selective Sequence Electronic Calculator, sob diretrizes de Frank Hamilton, onde o principal objetivo acabou por fundar o conceito de computador programável e de programa armazenado.

A computação eletrônica teve seus primórdios entre 1936 e 1939 através de John Vincent Atansoff e John Berry através da máquina ABC. Esta era dedicada à solução de

conjuntos de equações lineares na Física. Esta máquina carregava os conceitos fundamentais dos computadores eletrônicos: a unidade aritmética eletrônica e a memória de leitura e gravação. Nos EUA, início da II Guerra Mundial, surgiu o ENIAC, com destaque para os pesquisadores Eckert, circuitos eletrônicos, John Mauchly, físico, e Herman H. Goldstine, matemático. Tratava-se de uma máquina de 18.000 válvulas programável. Sua programação era feita por fios e chaves. Os dados para serem processados vinham de um cartão perfurado.

Artstein (2014, p.287) aponta a importância da construção do Weizac em Israel, completo em 1954 e utilizado apenas em 1964. Um projeto que contou com o envolvimento direto de Albert Einstein e Von Neumann. O argumento para a construção de tal máquina é que sua altíssima velocidade na execução de cálculos ajudaria, por exemplo, em pesquisas que estavam sendo conduzidas pelo Weizmann Institute na África. A velocidade de cálculo que as máquinas podem executar é, sem dúvida, uma das grandes conquistas dessa tecnologia, pois a mente humana não consegue acompanhar esse ritmo de cálculo.

Como pensava Bigelow, nas palavras de Dyson (2012, p.274) “Os *insights* de Bigelow sobre o futuro da computação eram mais do que apenas funções revertidas em projetos ao longo do tempo. O modelo unidimensional de Turing, poderoso, e a implementação bidimensional de Von Neumann, prática, eram apenas os primeiros passos em direção a alguma outra coisa...” mas o que aconteceu de fato é que nos anos posteriores essa arquitetura de computadores persistiu largamente inalterada, reforçando a relevância dos trabalhos de Turing e Von Neumann.

9. A contribuição de Von Neumann

Von Neumann foi de grande relevância para o avanço do universo das máquinas físicas. Em seu artigo de 1945 (Von Neumann, 1993) propôs a arquitetura de construção da máquina EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer). Esse suporte era composto de um *input*, memória e *output* e foi o primeiro a operar seguindo uma programação através de código binário, evoluindo o seu anterior, o ENIAC, que operava a partir de lógicas decimais. A codificação binária já encapsulava capacidade de adição, subtração e multiplicação com capacidade de checagem automática dos resultados. Além da arquitetura da máquina, aparentemente foi a solução de codificação binária que permitiu uma convergência entre os trabalhos de Von Neumann, Shannon e Alan Turing.

Como vimos, Turing desenvolveu um método procedimental para resolver problemas matemáticos que acabou por originar o conceito de algoritmo. Shannon desenvolveu as soluções ligadas aos circuitos elétricos e demonstrou suas relações com a lógica simbólica. E esses circuitos e procedimento adquiriram a capacidade de ser codificado também em códigos binários e implementados em arquiteturas de Von Neumann. A arquitetura de Von Neumann permitiu o nascimento das máquinas programáveis, saindo do horizonte das máquinas pré-programadas e permitindo que as instruções pudessem ser alteradas e substituídas, de modo que uma mesma arquitetura maquina pudesse ter comportamentos determinados por diferentes tipos de funções, ter novas funções implementadas, dentro de uma única materialidade.

Conforme definiu Von Neumann (1945, p.33)

Um sistema de computação automática é um dispositivo que pode carregar instruções para performar cálculos considerados de ordem complexa... As instruções que governam as operações tem que ser dadas ao dispositivo de modo absolutamente detalhado. Valores iniciais e fronteiros de variáveis dependentes, valores de parâmetros fixos (constantes), tabelas com funções fixas que ocorrem no estabelecimento de um problema. Essas instruções devem ser dadas em um formato no qual o dispositivo possa fazer sentido: Inscritas em um sistema de cartão perfurado ou em fita tele-impressora, impressão magnética em fitas de aço ou fios, impressão fotográfica em filmes de movimentos fotográficos, conectados em quadros de tomadas de modo fixo ou alterável...

Cragon (2000, p.2) afirma que a primeira arquitetura de computador programável foi descrita em 1946 por Von Neumann. Os autores criaram um design no qual as instruções e dados podem ser compreendidos como *bits*. Uma unidade de memória poderia, portanto, ser usada para guardar tanto dados como instruções. A diferença entre os dois se dava apenas pelo mecanismo de acesso. O contador de programa acessa as instruções enquanto o endereço efetivo registra e acessa os dados. Von Neumann foi fundamental ao criar uma arquitetura que continha um espaço único de endereços, eliminando o problema de computadores anteriores. Uma gama de variações de arquiteturas computacionais foi desenvolvida desde 1946, mas, no que se refere a computadores baseados na computação clássica, esses modelos seguiram os principais gerais descritos por Von Neumann e acabaram por confirmar os trabalhos de

Von Neumann como um paradigma para tal desenvolvimento. De modo simplificado, um computador deve ter um método de mover dados e instruções de entrada para a memória e mover resultados de memória como retorno para o mundo externo. A especificação é determinada nas instruções da arquitetura ISA. A ISA é a visão que o programador tem do computador como máquina.

De modo mais detalhado, segundo Cragon (2000, p.5-13), a arquitetura, ou a ISA de uma máquina Von Neumann é composta por três grandes subsistemas: Central Unity Processing (CPU), memória e input/output. O subsistema CPU é composto por uma unidade de controle, uma unidade de registros e uma unidade Lógica e aritmética. A memória dos computadores atuais é dividida ainda em Read Only Memory (ROM) e Random Access Memory (RAM); input/output podem ser os teclados, telas, uma unidade USB, etc.

Uma memória é o local onde o computador armazena os dados e os programas que podem estar em execução ou não. É composta por bits. Bit é a menor unidade de armazenagem e pode representar um valor de 0 ou 1. Os bits são agrupados hoje em sequencias maiores denominadas bytes, agrupam 8 bits cada por convenção. Já os bytes são agrupados em sequencias maiores denominadas palavras. O significado que palavra designa para um computador se refere a suas unidades naturais de processamento fixas, compostas por 16 bits, que podem ser manipuladas como uma unidade por um conjuntos de instruções ou por um processador. Essas unidades mínimas chamadas palavras podem ser reconhecidas também com o nome de células e podem variar de tamanho mínimo fixo dependendo do projeto do computador. É o menor pedaço de memória endereçável. Toda célula de memória tem dois pontos fundamentais: seu endereço e seu conteúdo. O endereço se refere a posição física da célula de memória em relação as demais células de memória. Seu conteúdo é aquilo que está armazenado dentro da mesma.

As operações que a unidade memória deve estar apta a executar são a de entregar seus conteúdos correntes para a CPU e gravar novos conteúdos nas células de memória designadas. Para a operação de leitura de memória a CPU deve enviar ao subsistema memória qual endereço de célula deve ser lido e também um sinal de que o pedido é de leitura e não de gravação. Para a operação de gravar, a CPU deve enviar o endereço da célula de memória que receberá a gravação, o novo conteúdo a ser gravado

e um sinal de que é um ato de gravação. Para que essas operações sejam possíveis, o subsistema memória necessita das seguintes interfaces: Uma memória de registro de endereço que contenha o endereço da célula requisitada; Uma memória de registro de dados na qual o subsistema memória deposita os conteúdos, quando o comando é de leitura, ou onde a CPU deposita o novo conteúdo, quando o sinal é de gravar; e uma linha de ler ou gravar que indica qual o tipo de operação requisitada. Geralmente uma memória é organizada fisicamente em forma de quadrado com células de memória dispostas em linhas e colunas. Para o subsistema escolher a célula de memória basta sinalizar o cruzamento entre linha e coluna onde a célula se localiza. Após a localização os comandos da interface são executados.

O subsistema input/output é responsável pela comunicação externa do computador, leia-se qualquer comunicação externa a CPU e ao sistema de memória. Este subsistema deve estar apto a controlar uma ampla gama de dispositivos como monitores, teclados, impressoras e muitos outros, com características muito diversas. Para dispositivos que armazenam informação, por exemplo, existem dois tipos de classes de dispositivos: Dispositivo de armazenagem de acesso sequencial e dispositivo de armazenagem de acesso direto. No primeiro dispositivo o acesso ao ponto pretendido se dá de modo sequencial. No caso de um CD, por exemplo, para se chegar à leitura da faixa 9 o leitor passará por todas as demais faixas anteriormente e de modo sequencial. Já no caso do acesso direto, como num antigo LP, por exemplo, o acesso pode ser direto na faixa pretendida. Existem ainda os controladores de acesso para esses dispositivos. Esses controladores assumem o papel da CPU na ralação com os dispositivos externos. Isso é fundamental para não deixar a CPU ociosa. Por exemplo, um acesso à memória RAM leva 50 nanossegundos, enquanto um acesso ao disco rígido leva 10 milissegundos. Acessar um disco rígido demora 200.000 vezes mais tempo do que acessar a memória RAM. A CPU ficaria extremamente lenta se gerenciasse os dispositivos periféricos. Então a CPU envia uma requisição ao controlador de dispositivos externos, numa ordem de leitura de disco, o controlador será o responsável por mover o braço de leitura até a célula apropriada, os dados da célula são copiados para a memória do controlador e depois este transfere as mesmas para a memória RAM, local de onde a CPU fará a leitura após receber um sinal de que a operação do controlador de dispositivos periféricos foi interrompida.

A Unidade Central de Processamento (CPU) é dividida em duas partes: A unidade de controle e a unidade aritmética e lógica. A unidade de controle é responsável pelo processamento dos ciclos de informação. Para computadores que operam através do conceito de programas gravados, onde o programa está contido na memória do computador, assim como os dados sobre os quais o programa computa, esse ciclo se resume a: Trazer a próxima instrução da memória, decodificar a instrução e decidir o que deve ser feito e executar. A unidade aritmética e lógica é quem realiza as operações aritméticas e lógicas solicitadas. Esta unidade sempre calcula todas as operações que é capaz e devolve o resultado. A unidade de controle configura os valores nas linhas que controlam a unidade aritmética e lógica. Essas duas linhas direcionam um decodificador. As linhas de output do decoder são as linhas que apresentam os resultados. De modo geral a unidade de controle, então, é responsável por operar os ciclos de processamento de informação. Através da interface com o subsistema memória a unidade de controle traz a próxima instrução da memória para a CPU. A CPU decodifica a instrução, configurando as instruções para a unidade aritmética e lógica e a unidade aritmética e lógica retorna seus resultados para a unidade de controle.

Cragon (ibid., p.13) aponta algumas limitações para a arquitetura de Von Neumann. Processadores modernos permitem modificações automáticas nos endereços de memória, obrigando que os endereços nas instruções do computador sejam modificados por novas instruções; somado a isso a programação modular (Parnas, 1972) ainda não era conhecida nos tempos de Von Neumann, com isso a arquitetura de Von Neumann não tem um modo de registro que ajude a particionar instruções e dados. Dentre outros pontos, os modos de operar do subsistema de input e output foram explorados apenas de passagem nos trabalhos de Von Neumann. Mas, a despeito das limitações, os princípios gerais dos trabalhos de Von Neumann são ainda aquelas que predominam na arquitetura dos computadores.

Computadores eletrônicos são, portanto, implementações de máquinas Von Neumann e também de máquinas de Turing universais: máquinas reais que executam os mesmos procedimentos simples de uma máquina de Turing universal, capaz de simular qualquer máquina de Turing. Nesse contexto, a importância da arquitetura introduzida por Von Neumann é que esta permitiu que o algoritmo (programa) a ser executado seja tratado da mesma forma que os dados lidos e escritos pelos próprios programas. Mas o que é um algoritmo de modo mais detalhado?

10. A questão dos algoritmos

“O método fundamental de codificação e de sistematização das disciplinas dedutivas (isto é, lógico-matemática) é o método axiomático” (da Costa, 2008, p.35) Esses axiomas tendem a funcionar em disciplinas cujo grau de maturação formal está avançado. Para tal, as definições e noções de símbolos que representam as proposições da disciplina já estão em larga escala padronizadas e testadas com um razoável grau de comprovação.

Fonseca (2007, p. 64) afirma que Hilbert acreditava que a matemática deveria ser capaz de responder a cada pergunta individual de modo completo e esta resposta deveria ser livre de inconsistências. Uma declaração matemática verdadeira resultante de um método não poderia se mostrar falsa em outro método. Em 8 de Agosto de 1900, durante um congresso internacional de matemática em Paris, apresentou 23 problemas da matemática que julgava ser os maiores problemas a serem resolvidos naquele instante. A maioria estava ligada a questões metalógicas. Nos anos posteriores, de acordo com da Costa (1992, p.49) “o formalismo nasceu das vitórias alcançadas pelo método axiomático.” No método axiomático Hilbert propôs demonstrar a coerência da aritmética e estender a mesma para os demais sistemas. Seu sistema formal pretendia utilizar argumentos finitos. Para tal criou uma linguagem formal e um conjunto de regras formais de inferências. Acreditava que poderia ser concebido um número suficiente de passos para que toda demonstração correta de um teorema clássico pudesse ser representada por uma dedução formal com cada passo mecanicamente verificável; desenvolveu uma teoria das propriedades combinatórias desta linguagem formal e destas regras; e propôs demonstrar que, dentro deste sistema, não podiam existir contradições, como visto também nos fundamentos da escola formalista. Em síntese, Hilbert buscava um sistema formal completo e consistente. A doutrina formalista influencia em grande escala os trabalhos de Turing. Outro destaque desta escola foi Von Neumann.

A questão dos algoritmos nos leva de volta à máquina de Turing. Em sua iniciativa para resolver o “O Problema da decisão” formulado por Hilbert, que consistia em tentar encontrar um procedimento mecânico eficaz para provar se todas as afirmações que os enunciados matemáticos traziam como verdades poderiam ser de fato provadas, Turing (1936) emergiu com uma ideia de máquina abstrata de cálculo

universal, que tinha em sua base uma formulação de uma lei geral simbólica, como procedimento descritivo e sistemático para resolução de problemas matemáticos. Em seu artigo de 1936, Turing acabou por desenvolver sua teoria dos números computáveis: “os números computáveis devem ser descritos rapidamente como os números reais cujas expressões decimais são calculáveis de modo finito” (Turing, 1936, p.230).

Como aponta Laird (1988, p.37) “a essência da computação é bastante simples”. Trata-se de um procedimento efetivo para se resolver um determinado problema de cálculo em um número finito de passos. Esse procedimento efetivo proposto por Turing, um sequencialismo instrucional finito, transformou-se em um avanço no campo teórico da matemática, dedicado até então principalmente a formulações para cálculos de predicados, e se tornou a base conceitual de todo campo da Ciência da Computação até os dias de hoje. Um olhar mais focado nas noções de algoritmo, máquina de Turing e nos problemas da parada da máquina podem lançar mais luz à questão.

A história da computação digital pode ser dividida em um antigo testamento, cujo profeta foi Leibniz, que forneceu a lógica, e um novo testamento onde os profetas, liderados por John Von Neumann, construíram máquinas. Alan Turing foi aquele que fez a ponte entre eles. (DYSON, 2012, p.243)

Na busca pelo cálculo lógico para oferecer uma base matemática à ideia de realizar uma computação, fez-se necessário criar um conceito formal matemático que modelasse a maneira como o ser humano procede quando faz cálculos. O nome desse procedimento é algoritmo. O algoritmo, segundo Teixeira (1998, p. 20) é “um processo ordenado por regras, que diz como se deve proceder para resolver um determinado problema. Um algoritmo é, pois, uma receita para se fazer alguma coisa”. Tomemos como exemplo um algoritmo para se preparar um dry Martini utilizado por Teixeira:

Tome os seguintes ingredientes: meia dose de vermute branco seco, duas doses de gin, 1 gota de angostura, um gota de Orange bitter, um cubo de gelo e uma azeitona. Passos para preparação: 1-Coloque meia dose de vermute branco seco e as duas doses de gin num copo; 2-Adicione uma gota de angostura; 3-Adicione uma gota de Orange bitter; 3- Coloque a pedra de gelo; 4-Enfeite com a azeitona; 5-Fim.

Mais detalhadamente, a máquina de Turing se resume a uma máquina que possui: uma fita de tamanho infinito, subdividido em pequenos quadrantes, onde cada um deles contém um conjunto finito de símbolos; e um dispositivo mecânico (“*scanner*”) que pode ler, escrever e apagar os símbolos impressos na fita. A forma de funcionamento da máquina de Turing é controlada por um algoritmo, nesse caso denominado programa pela ciência da computação. Essa receita é sempre composta por “um número finito de instruções” (ibid., p. 23), onde as possibilidades estão dentro de um determinado conjunto:

Imprima 0 no quadrado que passa pelo scanner

Imprima 1 no quadrado que passa pelo scanner

Vá um quadro para esquerda

Vá um quadro para direita

Vá para o passo *i* se o quadrado que passa pelo scanner contém 0

Vá para o passo *j* se o quadrado que passa pelo scanner contém 1

Pare.

Esse alfabeto computacional é composto por algarismos (nos modernos computadores, os algarismos são 0 e 1). Não são os números naturais da matemática, mas números de um alfabeto que os representam, códigos. Poderiam ser trocados por quaisquer outros algarismos, letras, funções matemáticas ou outros sinais simbólicos que não perderiam sua função linguística. E é a receita geral descrita acima a base de toda construção linguística dos programas que são desenvolvidos na era de Turing, “um dispositivo virtual que reflete o que significa seguir os passos de um algoritmo e efetuar uma computação.” (Teixeira, 1998, p.22). “A máquina de Turing incorpora a relação entre uma gama de símbolos no espaço e uma sequência de eventos no tempo.” (Dyson, 2012, p.248)

Avançando no conceito de máquina universal, Turing demonstrou que uma máquina de turing pode simular a ação de qualquer outra máquina de Turing toda vez que essa segunda máquina funcionasse como um *input* da primeira. Como os caracteres de leitura (0 e 1) não eram necessariamente números matemáticos, mas sim *inputs* do

scanner na fita, estes 0s e 1s poderiam ser substituídos por programas inteiros, num movimento onde programas “rodam” programas. Essa maturação dos princípios de Turing permitiu o desenvolvimento dessa máquina universal, permitindo à ciência da computação evoluir em capacidade de resolução de problemas.

Mas é interessante frisar a crítica de Boden (1988, p.187-188) ao método de Turing, ao apontar sua abordagem como predominantemente empírica, em que a solução do sequencialismo proposto não consegue lidar de maneira satisfatória com a modelagem e simulação de sistemas mais complexos. Por exemplo, como lidar com entidades que se auto-organizam de modo não estruturado? Num mar de deslocamentos, interrupções, saltos e incertezas? Quais são os limites da solução proposta por Turing?

11. Os limites de um algoritmo

Os limites dos programas de computador, baseados em receitas finitas para que funcionem, não podem lidar com números infinitos, apesar de poderem se manifestar operantes de modo infinito. E isso se torna dramático quando retomamos os estudos da matemática formalista, em que os números finitos são a minoria. Existe uma grande quantidade de números infinitos convencionados. Especificando mais detalhadamente os números computáveis, segundo Turing (1936, p.1), “são apenas os números racionais inteiros, irracionais finitos e alguns especiais”. A maioria dos números dos conjuntos reais e números do conjunto imaginário que humanos estão aptos a calcular, por exemplo, as máquinas não computam.

Nessa discussão, estamos tratando também de assuntos de escopo metacomputacional, na medida em que a base conceitual de toda computação não dá conta de criar um grande programa geral, um procedimento efetivo, que possa ser aplicado a qualquer programa e verificar se o mesmo está procedendo de maneira finita, contrariando as expectativas de Hilbert de que algum procedimento mecânico pudesse comprovar em passos finitos a validade de qualquer estabelecimento matemático. Para parar uma máquina de Turing, outra máquina era necessária. Tal explicação foi demonstrada por Turing, 1936, em sua “demonstração sobre o teorema da parada da máquina.” (TEIXEIRA, 1998, p. 153)

Turing conseguiu construir uma máquina... cujas funções poderiam ter descrições finitas, mas que não poderia ser computada num sentido finito. Um

exemplo disso é a função da parada: dado um número de uma máquina de Turing e um número de uma fita de *input*, o retorno será de um valor 0 ou 1, dependendo de quando a computação irá assumir um estado parado. Turing chamou a configuração da parada de circular e das configuração que continuam procedendo indefinidamente de livres de circularidade, e demonstrou que a não solvência do problema da parada implica na não solvência de uma ampla classe de problemas similares, incluindo o problema da escolha. (DYSON, 2012, p.248-249)

Quando avançamos também para a questão das relações da máquina com o ambiente externo, por exemplo, na construção de algoritmos visuais, pequenas variações de formas no contexto podem conter subdivisões infinitas entre os dois momentos. A realidade aparentemente é contínua, e a computação só consegue trabalhar com abordagens da matemática discreta. Parte de uma leitura discreta da realidade externa e tenta segmentar isso ao máximo de modo a conseguir manifestar comportamentos minimamente satisfatórios dentro desse ambiente.

O algoritmo, portanto, é um ato descritivo, sequencial e finito que contempla todas as ações que devem ser tomadas, de maneira não ambígua. É a receita geral que abarca os passos do que devem ser feitos para se obter o *dry martini*. É importante frisar que isto não quer dizer que o algoritmo reconheça o que é um *dry martini* do mesmo modo que um ser humano o reconhece. O algoritmo, por ser uma tradução de uma regra de cálculo formal e geral para produzir determinada coisa, apenas computa o que foi programado e o repete indefinidamente. O conceito de bebida, no sentido de uma compreensão mais ampla, incerta e de experiência intencional, não é da competência das máquinas físicas.

12. Elementos para a construção de um algoritmo e o crescimento das aplicações

Conforme define Harper (2012, p.3) as linguagens de programação são modos de expressar as computações de um modo compreensível para máquina e para as pessoas. “A sintaxe da linguagem especifica os meios pelos quais tipos de frases (expressões, comandos, declarações e assim por diante) devem ser combinados para formar programas.” A sintaxe de uma linguagem como uma estrutura que envolve diferentes conceitos. A preocupação central é a de compreender como as frases são

introduzidas no computador e o modo como elas são mostradas. Tais processos seguem um encadeamento de relações de palavras construídas através de um alfabeto específico da linguagem. Uma estrutura sintática está preocupada em como construir as frases. Uma frase pode ser uma árvore de relações, por exemplo. Uma sintaxe possui também uma preocupação com os modos de identificar o que é declarado e como isso deve ser aplicado dentro da máquina em suas diversas camadas de abstração linguística.

Alguns dos principais elementos da matemática discreta, conforme (Vega 2009, cap.1, p. 31-51) são os conjuntos, relações, funções, árvores lógicas, teoremas e conjuntos enumeráveis.

Um conjunto é uma coleção de símbolos, também denominados átomo ou elementos, em que não são consideradas ocorrências múltiplas dos mesmos nem há relação de ordem entre eles... Relações representam abstrações de conceitos matemáticos fundamentais, como, por exemplo, as operações aritméticas, lógicas e relacionais, além de constituírem a base teórica para o estudo sistemático das funções... uma função é um mapeamento que associa elementos de um conjunto denominado domínio a elementos de outro conjunto, chamado co-domínio ou contradomínio. Essa associação deve ser tal que cada elemento do domínio esteja associado a no máximo um elemento do conjunto co-domínio... um grafo é um par ordenado (V, A) , em que V denota o conjunto de vértices (ou nós) do grafo e A denota uma relação binária sobre V , através da qual são especificados os arcos do grafo. Os arcos indicam associações entre vários grafos... uma árvore ordenada... é um grafo acíclico orientado e ordenado... Linguagens formais e autômatos constituem sistemas matemáticos formais, nos quais inúmeras propriedades, em geral formuladas como teoremas, podem ser inferidas a partir de verdades previamente conhecidas ou admitidas por hipótese, por intermédio de raciocínios lógicos expressos como demonstrações... os conjuntos enumeráveis são necessários para situações onde é necessário comparar dois conjuntos entre si em relação a quantidade de elementos que eles contém. A cardinalidade do conjunto é essa medida de que dá uma ordem de grandeza intuitiva desse conjunto. Para conjuntos finitos, é fácil saber se ambos têm cardinalidade igual, basta saber se eles possuem a mesma quantidade de elementos. Para conjuntos infinitos, só se pode afirmar mesmo tamanho entre dois conjuntos caso os elementos dos mesmos apresentem uma

correspondência biunívoca entre os elementos de ambos os conjuntos. Conjuntos são enumeráveis apenas se forem finitos ou se, quando infinitos, possuírem a mesma cardinalidade que o conjunto dos números Naturais.

É a partir desses elementos, base da matemática, que as tecnologias como conhecemos hoje puderam ser criadas. São função das descobertas passadas de pesquisadores que conceberam, de modo evolutivo, processos formais, teoremas e ferramentas que demonstravam como ordenadores precisos poderiam operar. A implementação das tecnologias que simulavam, davam forma em diferentes tipos de materialidade a esses pensamentos e os substituíam de algum modo, remontam a longa data e passaram por diversos saltos e reformas em seu crescimento.

O alcance do algoritmo alinhado com as arquiteturas computacionais e de circuitos vai além dos computadores pessoais. A arquitetura de Von Neumann, por exemplo, facilitou a adoção de uma arquitetura de software em camadas (TROSEN, 2012, p 48). Nessa arquitetura, o controle do equipamento não precisa ser efetuado por um único algoritmo. Vários algoritmos (camadas de software) convivem na memória do sistema, cada um com sua função segregada: controle de vídeo, teclado, disco rígido, acesso à rede. A cada momento, um algoritmo controlador comanda a execução do algoritmo especializado necessário. Isso facilitou imensamente a evolução da indústria da computação, na medida em que permitiu o surgimento de fornecedores especializados em componentes do equipamento. Para implantar um novo componente não é mais necessário construir um novo computador, basta acoplar o novo equipamento e disponibilizar o algoritmo necessário para acioná-lo. A flexibilidade decorrente da arquitetura de Von Neumann então se estende, aumentando a flexibilidade do próprio equipamento.

Adicionalmente, a arquitetura em camadas facilitou a implantação de soluções que facilitaram a programação dos sistemas. Isso foi importante porque as primeiras linguagens (conjuntos de símbolos válidos) para programação eram fortemente determinadas pelo equipamento eletrônico a que se destinavam, exigindo conhecimento dos microprocessadores. Mas a arquitetura em camadas facilitou a implantação de camadas sucessivas de algoritmos cujo produto são outros algoritmos. O resultado é que hoje em dia há linguagens de programação (ditas de alto nível) cujo conjunto de símbolos válidos busca uma semelhança com símbolos das linguagens naturais. O

programador então não precisa mais conhecer detalhes de eletrônica: basta criar o programa em uma linguagem que é próxima à sua linguagem natural e encarregar outro(s) programa(s), existentes em outra(s) camada(s), de traduzir(em) esse programa em linguagem “quase-natural” nos códigos necessários para execução pela máquina.

13. Uma miríade de possibilidades para o algoritmo

A despeito de todas suas limitações, o conceito de algoritmo se espalhou por diversos campos do saber e se incrustou em toda nossa sociedade. No campo das máquinas convencionais, como o computador elétrico, Shannon e Von Neumann foram fundamentais ao seu desenvolvimento. Mas a ideia de computação hoje não se restringe apenas aos aparatos como o computador digital que temos em nossos lares, em nossos *smartphones*, nos jogos digitais e afins. Hoje temos, por exemplo, um campo de estudos sobre materialidade computável denominado Claytronics, ver Venugopal (2013); temos ainda computação química, desenvolvido por Adamatzky Andrew, em que a computação é exercida por reações químicas. Podemos encontrar também o sequencialismo computacional se desenvolvendo no campo da fotônica, ver Wartak (2013), e até da pneumática.

Na era da Internet, do big data, dos sensores e das máquinas comunicantes de modo padronizado e em rede, esse sequencialismo chega a seu epítome. Com todos produzindo dados e informando sobre seus modos de agir e se comportar através de pulsos elétricos proferidos de suas interfaces, o sequencialismo passou a ser um modo de ligar o comportamento discreto que a máquina captura com as formas geométricas que a matemática conhece bem. Através da captura sequenciada das atividades, todos, humanos, animais, outros aparatos computacionais, forças geofísicas, literalmente desenham seus comportamentos e suas ações de tomada de decisão nesse ambiente, abrindo um canal direto para que teorias matemáticas possam ser aplicadas no estudo e compreensão de todas as entidades digitalizadas. Com isso, “uma nova dimensão foi adicionada ao mundo das tecnologias da informação e da comunicação: a qualquer hora, em qualquer lugar, a conexão para todas as pessoas será também a conexão para todas as coisas” (ITU, 2005: p. 8).

Expandindo os exemplos, conforme nos informa Buckley (2006), casas passam a ter sistemas inteligentes que regulam o funcionamento de seus aparelhos eletrônicos, elétricos, alarmes, climatização, janelas, portas etc; veículos passam a ter direção

inteligente, com capacidade de autocontrole em suas rotas, além de escolher os melhores caminhos possíveis; roupas inteligentes podem registrar as mudanças de temperatura no exterior e ajustar-se de acordo com elas; fábricas passam a ter inteligência e grande autonomia em seus processos; e cidades passam a ser concebidas de modo inteligente. Para além das perspectivas incitadas por grandes empresas e corporações, o consumidor da tecnologia de Internet das Coisas vê a possibilidade de integrar uma rede de produção de aparatos e softwares capazes de controlar e criar diálogos entre objetos de seu dia a dia. Placas com processadores open-source de baixo custo, a exemplo do Arduíno, plataformas como o SmartThings e a possibilidade de contribuir e arrecadar recursos para desenvolvimento de projetos através de financiamento colaborativo (crowdfunding), incentivam as pessoas a criarem seus próprios dispositivos e automatizarem suas casas.

Vivemos uma era em que a ordenação sequencial tomou conta largamente de toda nossa existência, uma era na qual as máquinas físicas vem progressivamente aumentando sua capacidade e seus modos de operar.

14. Máquinas físicas inteligentes

De acordo com Negnevitsky (2005, p.1-2) a inteligência pode ser compreendida a partir de duas definições: inteligência é a qualidade possuída por um humano, uma capacidade para compreender e ler coisas; ou inteligência é a habilidade de pensar e compreender ao invés de fazer coisas apenas de modo instintiva ou automática.

Seguindo a segunda definição, que permite maior flexibilidade em seu entendimento e exploração, Negnevitsky aponta para o fato de que pensar é a atividade de usar o cérebro para lidar com um problema ou criar uma ideia. Como já havia proposto de modo bastante simplificado, por exemplo, McCulloch (1943, p.115) a hipótese de que toda atividade nervosa, seus eventos e relações entre si, podem ser tratados através da lógica proposicional. Nesse sentido, para pensar alguém deve ter um cérebro, ou algo do tipo, que permita ler e aprender coisas, com o intuito de resolver problemas e tomar decisões.

De modo geral, Negnevitsky aponta para o fato de que a inteligência é um ato implementado em alguma forma física capaz de lidar com entradas, operações e saídas, não sendo necessariamente sempre repetitivo. Foge da ideia de inteligência como uma

essência privilegiada da entidade humana. As discussões atuais sobre máquinas inteligentes podem ser compreendidas também através dos trabalhos sobre a teoria dos agentes de Russel e Norvig (2010).

15. Modelos de ação inteligente

Inicialmente os autores resgatam uma diversidade de definições acerca do tema inteligência artificial, ou artifício de produção de inteligência, e organizam as mesmas em quatro tópicos de duas dimensões. Duas dimensões estão preocupadas com o estudo e descoberta dos processos de pensamento de do raciocínio. São elas: Sistemas que pensam como humanos e sistemas que pensam racionalmente. Enquanto outras duas focam a compreensão do comportamento. São elas: Sistemas que agem como humanos e sistemas que agem racionalmente.

Observa-se que dois desses modelos tem seus estudos centrados no humano e na descoberta de inteligência através do estudo e compreensão do mesmo. Enquanto as outras duas estão centradas no estudo da racionalidade. Vejamos um pouco mais:

Seguindo Russel e Norvig (ibid. p. 4), agir humanamente segue a proposta do Teste de Turing. Tal teste foi projetado para definir o que é uma inteligência satisfatória quando comparada a uma inteligência humana. Um humano faz um interrogatório escrito para uma forma de inteligência e aprova essa inteligência como satisfatória apenas se suas respostas escritas não puderem ser diferenciadas das repostas que uma inteligência humana proveria. Desse modo essa inteligência computacional deveria ter capacidade de representação do conhecimento para armazenar o que sabe; raciocínio automatizado para usar a informação armazenada com o intuito de responder as questões e concluir; capacidade de aprendizado para detectar o contexto e criar padrões; percepção para reconhecer objetos; e capacidade de manipulação para manusear objetos. De modo geral os pesquisadores de IA tem se preocupado mais em estudar os princípios básicos da inteligência e menos em criar um aparato que consiga passar no teste de fato. Um exemplo para isso se dá no sucesso da humanidade em suas primeiras soluções de voo com aviões. O objetivo da engenharia aeronáutica não é criar modelos que voem exatamente como um pássaro voa. Mas sim compreender sobre aerodinâmica, como fizeram os irmãos Wright em seu primeiro sucesso.

O próximo conceito descreve o pensar de forma humana, que está em linha também com as propostas de modelagem cognitiva. As modelagens cognitivas têm o intuito de desenvolver técnicas que consigam reproduzir as formas determinadas do pensamento humano. Existem três caminhos: a introspecção segue a via da compreensão dos pensamentos próprios e do modo como eles se desenvolvem; os experimentos psicológicos procuram observar o comportamento de uma pessoa em ação e descrevê-los; e a neurociência esta preocupada em analisar a atividade cerebral. O “Resolvedor Geral de Problemas” de Newell e Simon não nasceu do foco dos autores em buscar um programa que resolveria um problema de modo correto, mas sim em comparar passos e etapas de raciocínio constituintes de seu modelo com passos de humanos resolvendo os mesmos problemas. De modo geral as Ciências Cognitivas buscam modelos mais gerais, inspirados na psicologia experimental e na filosofia da mente, com o objetivo de desenvolver teorias comprováveis acerca do funcionamento do humano, permitindo também em muitos casos à IA aplicar as mesmas com técnicas computacionais. (ibid., p.5)

A terceira proposta segue a abordagem do pensar racionalmente, também compreendida como a compreensão das leis do pensamento. Aristóteles, através de seus silogismos, criou processos de raciocínio exatos. Silogismos são padrões estruturados em argumentos que sempre conduzem o pensamento de quem os aplica a conclusões precisas a partir das premissas de partida. O campo da lógica busca a compreensão das leis que governam o pensamento e as operações da mente. Os estudos dessa área culminaram no século XIX com uma maturação ampla nas notações que visavam descrever de modo preciso declarações sobre tipos de coisas no mundo e suas relações. Como vimos anteriormente, a lógica abraçou e padronizou a aritmética, geometria e a álgebra em um único campo. Em 1965 já existiam programas que resolviam todos os tipos de problemas que estavam ao alcance da lógica, limitados apenas pelos limites da lógica e dos sistemas formais. As maiores dificuldades atuais da abordagem logicista na Inteligência Artificial estão, primeiro, em enunciar um conhecimento informal de modo formal seguindo as notações da lógica. Um problema de representação do conhecimento. E o segundo no limite da própria capacidade das tecnologias atuais. Problemas muito complexos, mesmo que representados de modo exato, demandam uma capacidade tecnológica de programação e equipamentos que podem impedir o sucesso do seria possível em princípio teórico.

Quarto, após se observar algumas perspectivas de construção de agentes em geral, apresentam-se os agentes racionais. A etimologia da palavra agente nos resgata o latino *agere* que significa fazer. Todos os programas de computador executam uma tarefa, realizam algo. Um agente inteligente, que poderia ser considerado um epítome do fazer computacional, deve ter capacidade de perceber seu ambiente, controle autônomo, deve persistir por um tempo prolongado, deve ser capaz de lidar com mudanças e ainda conseguir criar e perseguir metas. Tal agente deve agir para buscar o melhor resultado esperado. Norvig e Russel defendem a ideia de que a abordagem dos agentes racionais consegue avançar em dois aspectos em relação às demais. Destacando a abordagem das leis do pensamento assumem a posição de que a racionalidade não é composta apenas de inferências corretas, dando como exemplo a ideia do afastar-se intuitivo de um fogão, que é uma reação e não uma ação ponderada. A abordagem dos agentes racionais teria uma solução para tal situação, tornando-a mais geral. O segundo ponto de avanço está no fato de ser mais acessível cientificamente do que as estratégias baseadas no comportamento humano, pelo fato dos agentes racionais serem necessariamente bem definidos matematicamente e ter caráter geral, podendo servir de base de modelagens para agentes que comprovadamente irão atingir seus propósitos.

O caminho dos agentes racionais marca um ponto também na preocupação científica do projeto de Brooks (1990). Um agente inteligente é uma ideia dentro de um contexto, um modelo matemático com método base para construção de modelos de Inteligência Artificial, onde a baliza de uma fundamentação física da realidade é quem guia. Uma forma de representar o mundo baseado na física, não restrito apenas a um modelo simbólico puramente dedutivo. Um sistema na base de um projeto que se preocupa também com operações lógicas indutivas e talvez até de outra ordem, como a abdução proposta por Peirce. Em síntese, uma sistematização que visa subsidiar as etapas posteriores de codificação, transposição de modelos e sistematização computacional do mesmo com o intuito de executar a melhor ação possível quando adquirir sua materialidade particular.

16. Agente computacional inteligente e suas interfaces

Russel e Norvig (2010) nos apresentam aquilo que temos de mais atual sobre agentes inteligentes.

O capítulo I identificou o conceito de agentes racionais como questão central para nossa abordagem da inteligência artificial. Neste capítulo, tornaremos essa noção mais concreta. Veremos que o conceito de racionalidade pode ser aplicada a uma ampla variedade de agentes que operam em qualquer ambiente imaginável. (ibid, p.31)

Um agente é composto por interfaces como sensores, que exerce o papel de perceber o seu ambiente, atuadores, que tem o papel de agir sobre o ambiente e controladores. O humano, por exemplo, tem os olhos, ouvidos e mãos para perceber o mundo de modo visual, sonoro e tátil. Também tem pernas, boca e, de novo, as mãos, para agir sobre o ambiente. Já uma máquina física pode possuir câmeras que captam a diversidade de espectros da visualidade, inclusive espectros que a visão humana não capta, pode possuir membranas para perceber ondas sonoras e também calor. Para atuar uma máquina física possui uma série de motores em forma de atuadores.

“Um agente *software*, por exemplo, recebe uma sequência de teclas digitadas, conteúdos de arquivos e pacote de rede como entradas sensoriais e atua sobre o ambiente exibindo algo na tela” Russel e Norvig (2010, p.31).

Um agente capta o mundo de modo discreto, produzindo uma sucessão de entradas de dados ao longo de diferentes instantes. Essa sequência cria uma história de tudo o que o agente já captou de seu ambiente. Nesse sentido um agente pode decidir de acordo com sua história de registros, mas, se não tiver um histórico, não consegue decidir. Essa é a função do agente, que mapeia um sequência de dados do ambiente para poder agir. Essa tabulação externa descreve o ambiente e, se não for limitado, o fará de modo infinito, portanto é importante determinar um limite para esse sequenciamento. Um limite para suas possibilidades. Internamente a função do agente que determina seus comportamentos no ambiente existe a implementação do programa agente. Enquanto “a função de um agente é uma descrição matemática abstrata, o programa do agente é uma implementação concreta, executada em um sistema físico.” (Russel e Norvig 2010, p.31)

17. O bom comportamento de um agente

Ao inventarmos o mundo do aspirador de pó, por exemplo, apesar de poder ter muitas variações na imaginação, pode ser concebido de modo simples e compreensível.

Tal mundo é formado por duas localidades: A e B. O agente aspirador de pó está apto a perceber se está posicionado no local A ou B e ainda se existe sujeira ou não nestas posições. As opções que o aspirador tem são: mover para quadrado A, mover para quadrado B, checar sujeira, aspirar ou não fazer nada. O programa que implementa essa função seria descrito assim: se o quadrado A estiver sujo, então aspire, caso contrário, mova para o local B. Se o local B estiver sujo, então aspire, caso contrário mova para o local A.

O bom comportamento do agente racional é indicado pela correção da execução de suas tarefas. A correta execução das tarefas é determinada por uma medida de desempenho esperada para o agente. Essa medida se referencia pela sequencia de estados do ambiente. A controladora de um agente aspirador de pó pode determinar se seu próprio desempenho está satisfatório ou não, checando se os quadrados, após serem aspirados, estão sem sujeira.

Como aponta Russel Norvig (2010, p.34) um agente racional se define assim:

para cada sequencia de percepções possível, o agente racional deve selecionar uma ação que se espera venha a maximizar sua medida de desempenho, dada a evidência fornecida pela sequencia de percepções e por qualquer conhecimento interno do agente.

18. Aprendizagem em agentes inteligentes

Um agente racional deve ter a capacidade de aprender com o que ele percebe. Sua configuração inicial pode refletir um conhecimento prévio de seu ambiente, mas deve poder evoluir conforme ganha experiência. São raros os casos onde todas as possibilidades de um ambiente podem ser conhecidas a priori, então, para que o agente não fique fixo apenas as deduções de seu projetista, este deve ter autonomia. Após criar um histórico de percepções particulares o agente autônomo pode leva-lo a uma posição de independência desse conhecimento inicialmente projetado. (Russel e Norvig 2010, p.35)

De modo geral, para se projetar um agente inteligente, é necessário determinar o tipo de agente, por exemplo, um motorista de taxi; criar sua medida de desempenho, por exemplo, viagem segura, rápida, dentro da lei, confortável; determinar seu ambiente, por exemplo, estrada, asfalto, terra, pedestres, clientes, semáforos; determinar seus

atuadores, por exemplo, direção, acelerador, freio, buzina; e determinar seus sensores, por exemplo, câmeras, sonar, velocímetro, GPS, hodômetro, acelerômetro, etc.

Determinar essas questões implica uma série de questionamento como: o ambiente tem todas propriedades observáveis, ou apenas parcialmente observáveis? É um ambiente de agente único ou multiagente? É determinístico ou estocástico? É um ambiente episódico ou sequencial? Estático ou dinâmico? Discreto ou contínuo? É um ambiente conhecido ou desconhecido? Estas são questões básicas que devem ser respondidas na construção da função agente. (Russel e Norvig 2010, p.38-39)

19. A estrutura de um agente

A estrutura dos agentes descreve o funcionamento interno dos mesmos. O programa agente deve implementar a função agente descrita. A implementação implica em alguma arquitetura de dispositivo e algum programa. O programa deve ser adequado a arquitetura. Por exemplo, se o programa implementa o caminhar, a arquitetura deve ter pernas. Se implementa ver, deve ter olhos. Todos os agentes captam informações do ambiente através de seus sensores e agem através de seus atuadores. O programa agente sempre toma a percepção atual como *input*. Se a ação do agente depender também de um histórico, uma memória controladora deverá intervir antes de o mesmo atuar.

São quatro tipos básicos de programas de agentes implementáveis: reativo simples, reativos baseados em modelo, baseados em objetivos e baseados na utilidade. Os reativo simples selecionam sua ação em conformidade apenas com a entrada atual. O agente reativo baseado em modelo deve monitorar o mundo que não está percebendo imediatamente, mantendo algum tipo de histórico do mesmo. Os agentes baseados em objetivos devem possuir alguma espécie de informação que descreve os objetivos desejáveis, de modo que esses possam alterar as ações baseadas apenas em estados atuais quando necessário. Agentes baseados na utilidade, de modo geral balizam seu comportamento para maximizar o sucesso em relação a sua medida de desempenho. (Russel e Norvig 2010, p.42-47)

Russel e Norvig (2010, p.48) avançam mostrando a concepção básica de um modelo de programa de agente baseado em aprendizagem. Tal agente tem quatro componentes conceituais: o elemento de aprendizado, responsável pela execução de aperfeiçoamento no sistema, altamente dependente do componente desempenho; o

elemento desempenho, responsável pela seleção de ações externas, observando o estado atual e se alimentado das informações do componente crítico; o crítico, que determina a qualidade como o agente está funcionando, em relação a sua medida de desempenho; e o gerador de problemas, este pode sugerir ações que levam a novas situações de experiências e informações.

Num exemplo de um taxi automatizado, o elemento de desempenho é uma coleção qualquer de conhecimentos e procedimentos que o taxi tem para selecionar suas ações de dirigir. O elemento crítico observa o mundo no qual o taxi está inserido e informa ao elemento aprendizado sobre o desempenho do taxi. Se o taxi muda de faixa repentinamente, o crítico pode observar a reação de outras entidades do ambiente. A partir dessa informação o modulo de aprendizado é capaz de formular uma regra qualificando se essa ação foi adequada. O elemento de desempenho pode ser modificado pela instalação de uma nova regra, dependendo desse processo descrito. O gerador de problemas pode identificar áreas que tem melhoria potencial e sugerir experimentos, como testas os pneus em diferentes tipos de superfície, como asfalto ou terra.

De modo geral, o que vimos nesta seção é aquilo que temos de mais atual em termos de compreensão das máquinas físicas. Como projetar, o que envolve o projeto, como implementar, o que envolve a implementação, como é a estrutura de um agente e alguns exemplos.

20. Considerações finais

De modo mais geral, que também sintetizam os conceitos apresentados pela OED, temos o entendimento de que uma máquina física é um dispositivo construído para realizar um trabalho, capaz de substituir tarefas musculares, ou de força, sensórias, ou da percepção e simbólicas, ou do juízo (Santaella, 1996, p.210-221). Demanda algum regime de forças e motores, um circuito pré-determinado por onde a mesma flui, componentes físicos que exercem essas funções, linguagens de controle e uma interface para se relacionar com o ambiente e apresentar seu resultado ou produzir um efeito colateral.

Quando falamos sobre um computador, que é uma máquina programável, pode se descrever três aspectos principais que são centrais no progresso dessa pesquisa: os

circuitos pelos quais uma força flui determinados por uma arquitetura pré-determinada de componentes que canaliza esse fluxo de modo qualitativo, por exemplo, transformando certa disposição de circuitos em um relógio, ou ainda em um sensor, um atuador, um controlador; as linguagens que podem ser escritas e reescritas e representam o estado de fluxo desses circuitos e os passos que estes devem executar de modo sequencial e recursivo; e as interfaces que colocam o computador em contato com o ambiente e permite que os mesmos percebam o mundo e, no caso de agentes inteligentes, atuem sobre o mesmo. Mas como a descrição dos componentes e sua arquitetura, as camadas que constituem o computador, a linguagem que determina seu comportamento e as interfaces pode ser compreendida pela semiótica?

3. MÁQUINAS SEMIÓTICAS

No primeiro capítulo, exploramos a concepção das máquinas físicas que tem seus exemplares mais legítimos nos computadores cuja tendência é crescer em inteligência. Agora nos perguntamos sobre o que são máquinas semióticas, uma expressão que vem chamando atenção dos estudiosos das máquinas inteligentes. De fato, a expressão tem sido comumente utilizada para compreender a natureza da inteligência das máquinas computacionais. Que tipo de inteligência é essa? Para responder essa questão, este capítulo terá início com a apresentação daquilo que estaremos chamando de semiótica implícita dos cognitivistas, nas comparações que estabelecem entre os processamentos computacionais e as operações da mente humana. A seguir, será discutida a noção de máquinas lógicas que foi desenvolvida por Charles Sanders Peirce. Essa noção pode ser considerada como um embrião para os estudos contemporâneos de máquinas semióticas, estes baseados nos conceitos-chave da semiótica de C. S. Peirce. Assim, após familiarizar o leitor com os conceitos semióticos peircianos, passaremos a discutir os textos que têm circulado no âmbito das indagações que a pesquisa sobre máquinas semióticas vem levantando. Por fim, buscaremos levar à frente as aplicações semióticas voltadas para a compreensão das máquinas inteligentes.

1. Caminhos para a discussão da inteligência

Conforme Santaella (2001, p.62-63) são diversos os campos que se relacionam com pesquisas ligadas à Ciência Cognitiva, sendo estas de grande fertilidade para compreensão e estudo da inteligência. A Inteligência Artificial, por exemplo, é uma parte especial da Ciência da Computação, visto que seu objetivo é investigar em que medida diversas formas de inteligência podem ser convertidas em algoritmos computacionais com o intuito de cumprir tarefas específicas. Nesse campo não apenas a exploração da relação entre comportamentos inteligentes observáveis e algoritmos que os modelam é fundamental, mas também a criação de arquiteturas maquinais passa a ser explorada, pois não se trata aí de apenas mais um aplicativo para um desktop. Os próprios circuitos elétricos também são questionados, dependendo do projeto que se busca. A computação química, como exemplo, cria circuitos cujo fundamento é a química das moléculas, permitindo que arquiteturas modelem esses circuitos químicos em diversas formas maquinais e que algoritmos sejam implementados nesse contexto.

A Ciência da Computação estuda diversos tipos de problemas, procurando modelar cada problema de modo claro para que possa ser codificado e implementado como um algoritmo computacional. Mais usualmente se compreende o campo da Ciência da Computação como aquele que visa programar algoritmos para se implementar em máquinas cujos circuitos são elétricos e estão em conformidade com a arquitetura de uma máquina Von Neumann. Por exemplo, conforme Johnson-Laird (1988, p.22), a compreensão da psicologia como processamento da informação foi consequência dos trabalhos de Turing e Von Neumann, nos quais a comparação entre computador e o cérebro são recorrentes, guiados pela ideia de programar computadores de modo que eles pudessem agir inteligentemente. Entretanto, a Ciência da Computação vaza para além desses limites, cuja exploração não cabe neste momento. Como um dos ramos entre outros da ciência cognitiva, a ciência da computação apenas exemplifica a complexidade desse campo de conhecimento quando se trata de compreender quais são os processos que regem a percepção e todas as facetas, inclusive neurológicas, da inteligência humana ou não. Consequentemente, por tratar de problemas gerais do conhecimento em geral, a Ciência Cognitiva acaba encampando interesses cruzados de diversas áreas de pesquisa.

Assim, para Johnson-Laird (1988, p.28), a ciência cognitiva está preocupada com o estudo da “percepção, ideias, imagens, crenças, hipóteses, pensamentos e memória”. Nesse sentido explora campos como a filosofia, a linguagem, a biologia, a fisiologia, a psicologia, a antropologia e a sociologia. A filosofia contribui com seu papel fundamental de propiciar a construção de novos conceitos. A linguagem permite a compreensão de como a comunicação adquire e produz sentido em seus diversos contextos possíveis; a biologia e fisiologia trazem elementos da natureza manifestando comportamentos e resolvendo problemas, fornecendo fundamento empírico para o estudo e compreensão da inteligência; já a psicologia permite o estudo das entidades de comportamento mais complexo, como humanos e animais; a antropologia traz o estudo de diferentes culturas e o papel disto no desenvolvimento dos indivíduos e a sociologia aponta para a compreensão dos circuitos sociais e seus comportamentos manifestos.

1.1. Contexto da formação da Ciência Cognitiva

Entre 1946 e 1953, a América pós-guerra buscava um caminho para compreensão do funcionamento da mente humana de modo formal, dentro de um campo

de conhecimento dedicado a estes estudos. O que seria a mente, como ela funciona, quais aspectos são determinantes para compreensão da mesma?

Em Nova York, organizada pela *Josiah Macy Jr. Foundation*, instituição filantrópica dedicada a problemas do sistema nervoso, ocorreu uma série de dez conferências interdisciplinares, com participantes de diversas áreas do conhecimento como fisiologistas, neurofisiologistas, psicólogos, antropólogos, economistas que “tinham como ambição edificar uma ciência geral do funcionamento da mente” (Dupuy, 1994: 9). Arturo Rosenblueth - fisiologista, Gregory Bateson - antropólogo, Heinz von Foerster - biofísico, John von Neumann - matemático, Julian Bigelow - engenheiro eletrônico, Kurt Lewin - psicólogo, Lawrence K. Frank - sociólogo, Norbert Wiener - matemático, Paul Lazarsfeld - sociólogo, Ralph W. Gerard - neurofisiologista, Walter Pitts - matemático, Warren McCulloch - psiquiatra, William Ross Ashby – psiquiatra, Wolfgang Kohler – psicólogo, foram alguns dos participantes de destaques, dentre outros. O objetivo das primeiras cinco conferências foi o de discutir a relação e as analogias entre organismos e máquinas. “Tratava-se, antes, de alcançar, no domínio das ciências da mente, o mesmo grau de objetividade que na física.” (Dupuy, 1994, p. 98).

Conforme Dupuy (1994, p.47), Norbert Wiener foi um matemático aplicado, construtor de modelos de comportamento e interessado em psicologia, abordou o processamento informacional, baseado nos trabalhos de Claude Shannon e sua teoria matemática da informação. Como decorrência de seus estudos criou modelos para defesas antiaéreas americanas. Seu método atacou o problema da instabilidade da busca do objeto (míssil) por seu alvo móvel (meta), para tanto desenvolveu um mecanismo de retroalimentação (*feedback*) dos sinais que o objeto recebe de seu alvo, para que o mesmo se estabilizasse na direção pretendida. Esta lógica acabou por apontar para um modelo de regulação interna do sistema, onde um processador informacional interiorizado media os *inputs* e os *outputs* em função de seus objetivos. Os modelos representacionais que concebiam sistemas, que simulavam determinados comportamentos, estão ligados à importância da construção de algoritmos que determinam o comportamento das máquinas de modo preciso. Mas isso em si não é suficiente para a compreensão geral do funcionamento da máquina, pois o fundamento das máquinas que manifestam o comportamento está ligado também aos seus fatores ambientais. No caso dos mísseis de Wiener, o ambiente era o míssil e sua arquitetura de circuitos.

Warren McCulloch, psiquiatra e neuroanatomista, propôs uma estrutura neuronal em rede como um aparato físico. Seu objetivo, conforme Dupuy (1994, p.67), era postular neurônios materiais, e não apenas uma representação lógica dos mesmos, para se observar empiricamente a organização que julgava ser elementar no processo de formação da inteligência. Buscou a partir das observações formular analogias entre a biologia e as máquinas. Seus modelos de redes neuronais acabaram por explorar aquilo que seria o fundamento do sistema nervoso humano, seu ambiente neuronal e sua arquitetura de circuitos. Porém não é apenas de um ambiente que um comportamento inteligente se constitui, sem uma linguagem que determine e o impulse, o que se observa é apenas algo estático, sem movimento.

Além dos casos apontados acima, os participantes, com seus esforços em pesquisas, trocas de experiências e contribuições das diferentes áreas de estudos e instituições de onde procediam, conseguiram, com destaque para o olhar de Von Foerster, extrair sentidos comuns nas conversas, possibilitando também uma nova linguagem que abarcava as bases convergentes das pesquisas e discussões. Denominada segunda cibernética e presente nos últimos encontros, esta se lançou ao desafio de não ser apenas uma ciência de estudo direto dos elementos, mas sim com “... a ambição de criar uma “ciência nova” (Dupuy, 1994, p. 98). Com isso, adquiriu um caráter epistemológico que não se restringia apenas ao reducionismo ortodoxo, ganhando força nos trabalhos dos pesquisadores da área da cognição, sejam eles cognitivistas ou os posteriores conexionistas.

O nome adotado pelo grupo, cibernética, que vem do grego *kibernetis* e significa teoria do controle, não teve longa vida, assim como as conferências, mas a breve passagem em sua história é importante para situar as contribuições que nasceram dessa mistura. Foi este o caminho que configurou a Ciência Cognitiva, conforme Dupuy (1994, p.50), seja no campo teórico ou repercutindo em estudos práticos. A hibridização entre o estudo da fisicalidade dos circuitos e os mecanismos simbólicos, que determinam o comportamento, estão presente nos argumentos dos diversos pesquisadores. A cognição e a inteligência estão intimamente ligadas como ato de perceber e conhecer, ato este que depende da fisicalidade e dos símbolos. A inteligência, tanto para os chamados cognitivistas quanto para os conexionistas, uma corrente que se desenvolveu posteriormente, veio a ser compreendida como um sistema de

representação de uma mente que recebe, arquiva, recupera, transforma, transmite e comunica informação. Mas há diferenças entre eles.

1.2. Desenvolvimento histórico do campo

Na sua primeira onda de desenvolvimento, acima esboçada, os cognitivistas buscavam também formalizar os processos da psicologia, transformando-a em um campo científico específico.

Os ciberneticistas acreditavam que toda atividade psicológica humana poderia um dia ser estudada por meio de modelos matemáticos – da mesma maneira que podemos estudar fenômenos da natureza utilizando este tipo de modelo. Tratava-se de tornar a Psicologia uma ciência, nos mesmos moldes das ciências da natureza. Seu ponto de partida baseava-se na possibilidade de criar circuitos elétricos que pudessem modelar o funcionamento do cérebro, o que para eles seria suficiente para modelar também a atividade mental. (TEIXEIRA, 1998, p. 35)

Os esforços dos cognitivistas estavam voltados para a preocupação de modelar a mente como um sistema representacional simbólico. Conforme Johnson-Laird (1988, p.28), para os cognitivistas todas as entidades são representações mentais ou símbolos de algum tipo. Um psicanalista analisa os sonhos como símbolos de alguma pulsão, um estruturalista afirma que a pólvora representa a manutenção da ordem pública, um antropólogo afirma que as imagens produzidas por uma sociedade simbolizam suas crenças.

Em meio a todas as restrições inerentes às possibilidades de se estudar o cérebro e outros tecidos numa época em que nem microscópio eletrônico existia, e também em meio ao desafio em determinar o que é uma representação simbólica, base de qualquer compreensão de uma rede de relações simbólicas constituintes de algum comportamento, grupos de pesquisadores orientaram suas pesquisas para a tentativa de explicitar de modo mais extado o que fundamenta um símbolo. Nesse contexto destacaram-se os trabalhos de Newell e Simon na década de 1950.

O grupo de Newell e Simon, que se tornou tendência dominante no panorama da Inteligência Artificial, sustentava que a analogia entre pensamento e circuitos neurais (entendidos como circuitos elétricos) não era muito

proveitosa. Um caminho muito melhor seria simular os fenômenos mentais propriamente ditos, entendendo a mente como um conjunto de representações de tipo simbólico e regidas por um conjunto de regras sintáticas. O pensamento nada mais seria do que o resultado da ordenação mecânica de uma série de representações ou símbolos e, para obter esta ordenação não seria preciso, necessariamente, um cérebro. (TEIXEIRA, 1998, p. 36)

A consequência da proposta de Simon e Newell se configurou como a corrente do funcionalismo mental. Conforme a Stanford Encyclopedia of Philosophy (2004, p.1) “o funcionalismo defende que os estados mentais específicos não dependem de sua constituição interna.” Nesse sentido a identidade de um estado mental é determinada “através de uma relação causal com estímulos sensórios, outros estados mentais ou comportamentos”. A máquina proposta por Turing, com o intuito de responder a questão sobre a capacidade de pensar das máquinas, pode ser considerada também uma solução funcionalista (ibid., p.3), pois se trata de “identificar pensamentos como estados de um sistema definidos apenas pelo seu papel de produzir outros estados internos, uma visão que tem muito em comum com as teorias funcionalistas contemporâneas.” Entre teóricos que se basearam também nas ideias de Turing para propor suas abordagens baseadas em mente como máquinas de estados está Hillary Putnam (1960, 1970).

Mas o funcionalismo carrega uma série de objeções em relação a suas propostas. Por exemplo, a linha do externalismo (2002, p.11) que defende que aquilo que os estados mentais representam ou se referem não podem ser completos em sentido e significado sem as questões ambientais aos quais esses estados estão atados. Block (1980, p.291) indica o caminho de que estados mentais podem ser estados qualitativos compostos em que seus componentes são as qualidades do estado funcional e que essas qualidades “devem ser identificadas com estados físicos e químicos”, ou seja, com os circuitos físicos. Nesse sentido, como a intencionalidade poderia ser reduzida e capturada por uma sequência de estados mentais, como o funcionalismo propôs? Seria suficiente um algoritmo para resolver todo o processo? Ou a parte empírica e analítica, como sugere Block, responsável por estudar a materialidade dos meios que são determinados por algoritmos, teria algo a dizer?

Na segunda linha das tradições, temos os trabalhos de Warren McCulloch e as bases conceituais que estariam na discussão dos conexionistas. Seus esforços estavam

voltados para modelar o cérebro fisicamente, explorando ambientes e arquiteturas físicas. A abordagem conexionista ganhou grande impulso após a década de 80, com o advento de uma série de tecnologias ligadas ao escaneamento e leitura de imagens dos corpos, antes invisíveis. Segundo Teixeira (1998), acreditava-se que, com a construção de uma rede de conexões, formalizadas e hierarquizadas em sua organização, modulando inputs externos e gerando padrões de conectividade, conseguir-se-ia simular a mente.

Boden (1988, p.45) define o conexionismo como a modelagem de sistemas de processamento em paralelo que performam computação de modo cooperativo, “baseado em interações locais simultâneas de unidades interconectadas.” Cita como exemplo trabalho pioneiros como o de D. O. Hebb (1949), O. G. Selfridge (1959), F. Rosenblatt (1958). Em linha com as abordagens sistêmicas, que sempre circundaram o campo da ciência cognitiva, os conexionistas entendiam que a mente era um sistema dinâmico, configurada por um conjunto de processos causais através das quais as unidades se excitam ou inibem, sem se dispor apenas de símbolos e regras estáticas para manipulá-los, como compreendiam os cognitivistas. Sonhava-se que um conjunto de neurônios artificiais formalizassem os processos da cognição, situando o cérebro como o substrato físico dessa rede e a mente como um correspondente abstrato.

Sistemas conexionistas e simbólicos são sistemas computacionais, mas há uma grande diferença no tipo de computação que eles realizam. Na perspectiva simbólica, a computação é essencialmente a transformação de símbolos de acordo com regras – regras que estão estabelecidas num programa. A idéia de computação subjacente a um sistema conexionista é diferente: seu princípio é um conjunto de processos causais através dos quais as unidades se excitam ou se inibem, sem empregar símbolos ou tampouco regras para manipulá-los. Abandona-se a idéia de uma mente que executa passos algorítmicos discretos (como uma máquina de Turing) e a suposição de que processos mentais seriam uma justaposição inferencial de raciocínios lógicos. Em vez, o que temos é um conjunto de neurônios artificiais para modelar a cognição; neurônios cujo peso de conexão sináptica pode ser alterado através da estimulação positiva ou negativa da conexão (esta é chamada regra hebbiana em homenagem a Donald Hebb). Cada neurônio tem um valor de ativação, e cada sinapse que chega até ele tem uma força, positiva ou negativa, de conexão. (TEIXEIRA, 1998, p. 84)

Tanto para os conexionistas quanto para os cognitivistas a discussão do que é símbolo se tornou um elemento central das pesquisas. Os primeiros tomando o símbolo como guia dos processos, enquanto os posteriores tomaram os símbolos como fundamento dos processos. Nesse ponto se pergunta: o que seriam símbolos? Seriam apenas elementos abstratos livres de sentido? Seriam estas representações de uma realidade? Teriam estas relações com alguma fisicalidade nos processos de determinação dos resultados?

1.3. A semiótica implícita dos cognitivistas

Tanto para os cognitivistas quanto para os conexionistas a noção de símbolo se tornou uma discussão central de seus trabalhos, consequência dos caminhos que as pesquisas tomaram. Sabe-se que a discussão do símbolo também é central ao campo da semiótica, conceito fundamental na teoria dos signos de C. S. Peirce. O intuito deste tópico é avançar na compreensão do símbolo presente na Ciência Cognitiva, com breves questionamentos que só poderiam ser mais detalhados no confronto com discussões mais complexas de cunho semiótico. O intuito, por enquanto, é apontar que existe uma semiótica implícita presente nas considerações sobre o símbolo dos cognitivistas e conexionistas. Mais tarde, adentraremos na semiótica de C. S. Peirce, para analisarmos como o computador, objeto central de análise dessa tese, veio a ser compreendido como uma máquina semiótica. Sigamos, portanto, com os elementos de semiótica implícita presente na ciência cognitiva, quando esta trata especificamente da questão dos símbolos.

Para Searle (1980) uma máquina que segue a determinação de um algoritmo processa símbolos que não compreende. Em sua metáfora do quarto chinês, Searle descreve pessoas americanas que processam símbolos de uma língua estrangeira, o chinês, seguindo instruções de como se deve combinar e relacionar os elementos de entrada, transformando os mesmos em elementos de saída, também na língua chinesa. Para Searle os americanos não compreendem a língua, então símbolos não precisam necessariamente carregar sentido. "Manipulações formais simbólicas em si não tem nenhuma intencionalidade; são completamente insignificantes; elas não são sequer manipulações de símbolos, uma vez que símbolos não simbolizam nada" (SEARLE, 1980, p.422).

Mas o fato de as pessoas, que no exemplo funcionam como um circuito maquínico, não compreenderem os símbolos da língua que processam não implica dizer que os símbolos são completamente livres de sentido. Os símbolos referidos carregam, no mínimo, o sentido da língua da cultura chinesa. Ademais, para os símbolos da língua chinesa se configurarem como outros símbolos dentro da mesma língua, o circuito das pessoas é necessário para o processo. São estas pessoas que manipulam as operações. E, pelo fato desses circuitos como pessoas manipularem as operações para as quais são determinadas pelo conjunto de regras, estas acabam por ser o fundamento que apresenta ou indica os resultados, as manifestações possíveis da máquina.

Outro exemplo de compreensão de símbolos produzida pelos cognitivistas é o de Simon e Newell, principalmente em seus estudos mais avançados sobre o tema. Os autores lançaram sua teoria dos sistemas físicos simbólicos. De modo geral, Allen Newell e Herbert Simon (1980, p.137) compreenderam o computador não apenas como uma máquina física, com circuitos elétricos que executam cálculos numéricos, mas sim como um aparato capaz de processar sistemas físicos simbólicos. Essa abordagem nasceu nos estudos dos autores sobre os modos como os humanos resolvem problemas (ver Simon e Newell 1970 e 1975, p.116), numa tentativa de aproximar a lógica presente nas máquinas físicas com a lógica presente nos processos relacionais de pensamento humano para tomada de decisão. Essa compreensão procura assumir a posição de que sistemas físicos simbólicos processam números e símbolos e que estes podem carregar uma relação direta de representação com a realidade que as constitui. A linguagem física simbólica, nesse sentido, tendo o papel de determinação da operação dos circuitos elétricos em seus processos, amplia a exploração do funcionamento destes, que deixam de ser compreendidos apenas como uma calculadora e passam a ser utilizados também como máquinas tradutórias, manipulando símbolos numéricos, alfabéticos e outros, dentro dos limites das traduções computáveis.

A compreensão de que símbolos podem carregar sentido em sua representação do real é um entendimento oposto ao apresentado por Searle, dos símbolos livres de sentido. Mas a abordagem de Simon e Newell, assim como a de Searle, foca sua concepção na discussão do símbolo como algo que pode ser apartado do mundo. Como pode existir um símbolo que carrega sentido sem uma materialidade? Como pode esse símbolo se manifestar, se transformar e evoluir, se o mesmo já é uma representação fechada e acabada de algum elemento correspondente do real? O real é fechado e

acabado? Um símbolo não poderia ter seu sentido fechado em si, como se o objeto que representa fosse algo fisicamente acabado. Um símbolo deve carregar alguma forma de existência, de se manifestar e de se atualizar para que possa funcionar como tal, caso contrário não poderá representar algo de fato de modo genuíno.

Como último exemplo, Clark (2002, p.3-4), em sua discussão sobre externalismo ativo, que defende que a mente não está apenas na internalidade de um indivíduo, mas está também na externalidade dos dispositivos, rompendo com as barreiras físicas que o crânio aparentemente impõe para o cérebro no meio ambiente, e sugerindo ainda que o ambiente funciona de modo ativo e não apenas passivo, acaba por trazer um bom exemplo explorado por Putnam (1975, p.140) e Burge (1979). Para Putnam a identidade do pensamento adquire sentido em seu ambiente físico, enquanto, para o segundo, a identidade do pensamento adquire sentido sempre em relação à coletividade e seu sentido histórico. O exemplo em que se baseia a concepção de ambos é denominado como a ficção da Terra Gêmea:

Uma pessoa é transportada por um cientista do futuro para um planeta gêmeo da Terra. A pessoa não se dá conta da mudança por se tratar de um planeta idêntico ao de origem. Porém existe uma única diferença entre os dois planetas. Enquanto na terra a água é designada como H₂O, no planeta gêmeo sua fórmula é XYZ. O que se tem como resultado, segundo Putnam, é que o sentido de “água molhada” experienciado adquire diferentes significados para os pensamentos nesses dois planetas. Para Putnam, a experiência de se molhar se torna diferente. Já Burge interpreta o experimento por outras vias. Quem mora na Terra original se molha e pensa em H₂O e quem mora na terra gêmea se molha e pensa XYZ, não tendo diferenças na experiência do molhado, mas sim diferenças no entendimento social e histórico, pois os pensamentos são individuados em relação ao ambiente.

Tanto para Putnam quanto para Burge, o pensamento é individuado, está na internalidade de um alguém e adquire completude de sentido quando atado a um ambiente físico, alterando inclusive a experiência, no primeiro caso, ou apenas muda o significado manifesto numa sociedade, no segundo caso. Essas discussões são também acerca dos sentidos dos símbolos, da fisicalidade dos símbolos, de como eles determinam, de como eles existem e de como eles significam. Como pode um símbolo ser completo? Um símbolo, para ser completo, depende do ambiente físico como aponta

Putnam, pois é dele uma representação e nele está atado. Mas depende também da cultura, como aponta Burge, pois é nela que se manifesta e tem possibilidade de significar e avançar. Contudo, depende ainda de algo que Putnam e Burge não destacam. O símbolo depende de uma gramática particular que determina seus modos de operar como possibilidades, seu fundamento e essa gramática não estão necessariamente na internalidade apenas de um alguém. Se não, como uma representação física ou simbólica que está atada a um ambiente físico ou cultural teria um caráter geral e não apenas individual? Apenas em função de um acaso de interpretações convergentes? Um ato de pura fé? Sem negar o acaso, pois de algum modo ele parece existir, a alternativa seria a ideia de que um símbolo possui um conjunto de possibilidades que constituem seu fundamento, anterior a sua existência e ao seu movimento de representação, e não está necessariamente na internalidade de um alguém, caso contrário o símbolo não poderia adquirir um caráter geral e uma ordenação simbólica, dissolvendo-se sempre na desordem ou na morte desse alguém.

2. Máquinas lógicas

2.1. Contextualização

A obra de Peirce é extensíssima e multifacetada. Dentre o grande número de manuscritos que deixou, neste momento interessa-nos aquele que versa sobre máquinas lógicas, pois trata-se de um texto que apresenta considerações interessantes para abrirmos o caminho das discussões sobre máquinas inteligentes.

Conforme Nöth (2014, p.21) o artigo Máquinas Lógicas (1887) aparece em diversas edições bibliográficas. Dentre eles estão: Peirce (1887, p.165-70); Eisele (1976, p.625-32); W. (Nathan Houser et al., p.65-72). Sobre a contextualização do trabalho de Peirce sobre máquinas lógicas, algumas referências que seguem são: Ketner (1984, p.186-224); e Dalakov (2015).

A apresentação do artigo seguirá apoiada na tradução comentada produzida por Nöth, Gazoni e Cestari (2014) acompanhada de acréscimos de autores que também discutiram o tema posteriormente, como Gardner (1958) e Burks (1978, 1988). A sequência procura responder as seguintes questões: o que é uma máquina lógica? O que foi a máquina de Jevons? O que foi a máquina de Marquand? O que é uma máquina

raciocinante? Quais pontos em comum têm as máquinas raciocinantes? Quais os limites dessas máquinas raciocinantes? O que as máquinas lógicas têm a contribuir para as discussões sobre símbolo apresentadas pelos cognitivistas?

2.2. O que é uma máquina lógica?

Para Gardner (1958, p.vii), uma máquina lógica é “um dispositivo elétrico ou mecânico, desenhado especificamente para resolver problemas em lógica formal”. Peirce (1887) inicia seu artigo tomando como exemplo uma máquina mecânica descrita na passagem *Viagem à Laputa* do livro de Jonathan Swift (2001 [1726], parte III, cap.5), *As Viagens de Gulliver*.

Na obra *Voyage to Laputa* existe uma descrição de uma máquina que pode fazer com que a ciência evolua automaticamente. Baseado nessa invenção, até o mais ignorante, com uma condição de empenho racional mínimo e esforço braçal, pode escrever livros em filosofia, poesia, política, direito, matemática, teologia sem ajuda de um gênio ou estudos mais aprofundados. (PEIRCE, 1887, p.165)

Tal máquina seria composta por uma moldura preenchida por uma série de cubos giratórios com palavras escritas em laputanês em cada uma de suas faces. Uma alavanca seria responsável por girar aleatoriamente esses cubos. O resultado, quando apresentasse uma sequência de palavras que fizessem sentido, deveria ser anotado. Essa situação levaria a qualquer um poder ser criativo, tanto a máquina com seus processos, como também um ignorante apenas explorando as possibilidades que a máquina manifesta como resultados. A obra *Voyage to Laputa*, afirma Peirce, quer “é ridicularizar o *Organon* de Aristóteles e o *Organon* de Bacon, mostrando o absurdo que é supor que qualquer instrumento possa fazer o trabalho da mente.” (Peirce, 1887, p.165) Isso porque uma máquina, assim como o humano, produzindo pensamentos de modo individual, isolados, não conseguiria fazer nada ser criado, nem poderia avançar, evoluir, pois estariam fechados em si mesmos, levando a uma situação em que a produção de um sentido nunca poderia ter seu processo iniciado, não poderia ser manifestado e nem interpretado por qualquer entidade que seja.

Mas, para Peirce, isso não implica o fato de que as máquinas ou os ignorantes não possam raciocinar de algum modo. O exemplo da obra *Voyage to Laputa* carrega uma situação extrema a qual apenas uma mente altamente complexa pode atender, que é

a capacidade de criar e ser original. A despeito disso, é observável a presença de operações lógicas nas máquinas, desde que reconhecendo devidamente sua forma de existência e de limites para os raciocínios que uma máquina pode operar. O questionamento de Peirce sobre a natureza de uma máquina se dava também baseado nos “inúmeros motores matemáticos que são compreendidos com utilidades práticas, desde a máquina de somar de Webb até o motor analítico de Babbage, que são também máquinas que performam raciocínios que não são simples.” (1887, p.165).

2.3. A máquina de Jevons

Conforme Gardner (1958, p.92), Jevons trabalhava com máquinas lógicas com o intuito de utilizar as mesmas para esclarecer o papel da lógica dedutiva e indutiva, destacadamente para seus alunos. O fundamento da máquina física de Jevons carrega um método diagramático que consiste em descrever o universo de possibilidades das proposições. No início Jevons produziu carimbos que continham esse universo de combinações de 3 e 4 proposições. Depois desenvolveu uma lousa lógica, com as combinações possíveis já impressas, criou ainda um ábaco lógico e por final desenvolveu seu piano lógico, objeto estudado por Peirce em seu artigo *Logical Machines*. Conforme Peirce:

A máquina de Jevons recebe premissas na forma de equações lógicas, ou identidades. Somente um número limitado de letras diferentes entra nessas equações – de fato, qualquer tentativa de estender a máquina para além de quatro letras a complicaria intoleravelmente. A máquina tem um teclado, com duas teclas para a forma afirmativa e negativa de cada letra a ser usada no primeiro lado da equação, e duas outras para o segundo lado da equação, havendo quatro vezes mais teclas do que letras. Há também uma tecla para a operação de adição lógica ou agregação para cada lado da equação, uma tecla para a operação de igualdade e duas teclas de ponto final. As teclas são apertadas sucessivamente, na ordem em que letras e signos ocorrem na equação. É uma anomalia curiosa, a propósito, que uma equação como $A = B$, que no sistema de cópula transitiva apareceria como duas proposições, *Tod A é B* e *Todo B é A*, não deveria ser inserida como uma equação simples. Mas apesar de as premissas aparentemente serem postas na máquina na forma de equação, a conclusão não tem essa aparência, mas é dada na forma adotada pelo Sr Mitchell em seu memorável

artigo sobre a álgebra da lógica. Ou seja, a conclusão aparece como uma descrição do universo de objetos possíveis... Uma lista de todos os produtos possíveis das quatro letras. (PEIRCE, 1887, p.165)

O método aplicado para induzir o resultado a partir desse quadro de possibilidades era o de descartar aquelas combinações que não se encaixam na premissa do problema, induzindo a manifestação do resultado dentro do quadro de possibilidades. Esse seria o método que Jevons aplicaria a sua máquina para chegar a solução dos problemas pretendidos. Gardner (1958, p.106) reconhece ainda que a máquina de Marquand se configurou como um avanço em relação à máquina de Jevons.

2.4. A máquina de Marquand

Conforme Burks (1978, p.917), Peirce conhecia o projeto de Babbage e sua máquina analítica. “Uma máquina com propósito geral de ser um computador mecânico para calcular funções e produzir tabelas.” E, a partir também deste conhecimento, estimulou Alan Marquand a inventar e construir uma máquina lógica mecânica que trouxe novidades em relação às máquinas de Babbage e também Jevons. Essas máquinas lógicas rudimentares possuíam uma entrada de dados. Depois da entrada de dados, o usuário provia energia ao sistema, impulsionando uma alavanca com as mãos, e obtinha o resultado como saída.

Conforme Burks (1988, p.4) a máquina de Marquand foi construída em 1880 de modo concomitante à concepção que Peirce desenvolveu para se estabelecer, de modo suficiente, relações do tipo *not-and* e *not-or* associadas ao uso de uma tabela de verdade como um procedimento de tomada de decisão para produções de tautologias. Uma tautologia é um termo ou um texto que expressa sempre a mesma ideia de formas diferentes. E esses eram os operadores presentes nos interruptores funcionais da máquina de Marquand.

A máquina do Sr Marquand é um artifício vastamente mais lúcido que a de Jevons. A natureza do problema foi apreendida de maneira mais magistral, e os meios mais diretos possíveis são escolhidos para sua solução. Nas máquinas efetivamente construídas somente quatro letras foram usadas, embora não houvesse inconveniência em abranger seis. Ao invés de usar as incômodas equações do Sr Jevons, o Sr Marquand usa inteligentemente o método do

Professor Mitchell. Praticamente não existem teclas, exceto as oito para as letras e suas negações, pois as duas teclas usadas no processo de apagar, etc, não deveriam ser contadas. Qualquer número de teclas pode ser apertado conjuntamente, caso em que são adicionados as letras correspondentes, ou podem ainda ser ativados sucessivamente, casos em que as combinações correspondentes são multiplicadas. Há um tipo de face diagramática, mostrando as combinações ou produtos lógicos como na máquina de Jevons, mas com a importante diferença de que as duas dimensões do plano são aproveitadas para organizar as combinações de tal maneira que a substância do resultado seja vista instantaneamente. Para trabalhar um silogismo simples, apenas duas pressões de tecla são necessárias, duas teclas sendo pressionadas a cada vez. Um cordão também precisa ser puxado para atualizar a informação que a pressão das teclas apenas formula... Este último sendo o elemento de força bruta. (PEIRCE, 1887, p.166)

A análise da máquina de Marquand produzida por Peirce também foi de grande relevância para os trabalhos de Burks na construção do ENIAC (Newsletter da Peirce Project 1995-1996). Burks (1988, p.3) buscava elaborar em seu artigo a distinção entre interruptores funcionais, que transformam estados de entrada em estados de saída, e interruptores de escaneamento, cujo propósito é enumerar os estados do circuito. A máquina de Marquand já apresentava um modelo diagramático dos interruptores funcionais implementados fisicamente como alavancas. Nesse sentido o que se percebe é a presença da lógica relacional nesses interruptores. Em correspondência a Marquand Peirce (W5: 421-423) afirma suas impressões sobre a má recepção inicial da máquina de Marquand no meio científico, apontando dois defeitos principais: a máquina contempla apenas quatro termos, ao invés de seis e não reduz a expressão resultante ao seu modo mais simples.

Burks (1978) apresenta ainda um cenário mais amplo das contribuições de Peirce e da presença de sua lógica na existência dos computadores. O autor elenca três fatos relevantes que emergiram a partir de suas pesquisas sobre os trabalhos de C. S. Peirce, além dos dois já referenciados sobre os estímulos que Peirce produziu nos trabalhos desenvolvidos por Marquand e também da aplicação que o próprio Burks fez na construção do ENIAC:

3. Em uma carta para Marquand datada de 1886 Peirce sugeriu o uso de relés para a concepção de sua máquina e demonstrou o modo como obter relações “and” e “or” com os relés; 4. Marquand elaborou um diagrama de linhas para a versão de sua máquina lógica mecânica com relés; 5. Em 1900, Peirce estabeleceu que um computador poderia enumerar todos os teoremas da aritmética axiomática, antecipando com isso a identificação do século 20 dos computadores lógicos. (BURKS, 1978, p.917)

2.5. O ponto geral das máquinas lógicas

Peirce, de modo geral, tirou conclusões que abrangem aquilo que está presente em termos de raciocínio nas máquinas analisadas. Os resultados obtidos por Peirce (1887) demonstram as concepções lógicas presentes e constituintes no modelo de Marquand, assim como no de Jevons, e conclui:

O segredo de todas as máquinas com capacidade de raciocínio é bastante simples. É o de que qualquer relação entre os objetos sobre os quais se raciocina está destinada a ser o ponto focal do raciocínio puro; esta mesma relação geral deve poder ser introduzida entre certas partes das máquinas. (PEIRCE, 1887, p.168 apud NÖTH, 2007, p.170)

Peirce afirma que os modos como as máquinas lógicas operam baseiam-se nos fundamentos lógicos da álgebra. “Apenas na álgebra, ao invés de dependermos diretamente das leis da natureza, nós estabelecemos convenções e regras para as relações usadas.” (Peirce, 1887, p.168) E compara essa situação a duas outras: Primeiro a uma produção de racionalidade de nossa mente descolada de um real externo, quando construímos uma imagem mental determinada sob uma série de condições específicas inerentes ao funcionamento da mente humana e imaginamos o resultado. E a segunda comparação se dá com um aparato de experimentação para física ou química, em que a diferença para a racionalidade da mente está no fato que este não depende dos modos de funcionar do humano para produzir seus resultados, mas sim da razão objetiva incorporada nas leis da natureza, cada qual tendo seu fundamento capaz de operar um processo dentro de seus limites materiais.

Isso decorre de sua observação de que os aparatos de experimentação física e química são regidos por leis incorporadas na realidade, Peirce aponta para uma

abordagem não centrada apenas no humano para discutir a questão do raciocínio, deslocando o mesmo da posição de detentor exclusivo da racionalidade e o colocando como mais um aparato em meio à realidade. Provavelmente o aparato de mais alta complexidade entre os conhecidos, mas ainda assim, sem uma exclusividade sobre a questão do pensamento. Aqui se destaca, então, que as máquinas lógicas não estariam restritas apenas às máquinas que seguem os princípios da lógica formal, já apresentados anteriormente. Peirce aceita também em parte a visão da escola Logicista. Conforme da Costa (1992, p.28) os logicistas defendem a posição de que existem propriedades que constituem uma hipótese sobre o mundo real e, segundo o axioma da redutibilidade, estas devem guiar a validade da lógica. Uma posição que difere, por exemplo, de Leibniz que afirma o caráter estrito da matemática, em que suas verdades devem ter validade em todas as suas possibilidades, independentemente dos objetos que representam.

Portanto, as máquinas de Jevons e Marquand, assim como a mente humana e os aparatos de experimentação física e química são máquinas lógicas. As primeiras têm seus fundamentos na álgebra e na lógica estabelecida nas relações entre seus objetos, uma materialidade matemática, reduzida aos aspectos funcionais dessa linguagem. O segundo tem seus fundamentos nos modos de operar da mente humana, onde o cérebro possui uma materialidade biológica e se relaciona com formas de linguagem de maior escopo do que as linguagens matemáticas e o terceiro, nas leis da natureza. Reforçando, a lógica presente na máquina de Marquand é uma ordem lógica que relaciona símbolos como caracteres de uma linguagem, cuja relação entre dados de *inputs* e resultados de *outputs* é rigidamente determinada pelos interruptores funcionais que seguem relações do tipo *not-and* e *not-or*. Seu fundamento é rígido e seu funcionamento é determinado pelo operador humano que aperta as teclas. É constituído pelos circuitos e componentes que determinam o escopo das possibilidades de manifestação, enquanto o humano determina quais funções a máquina deve executar dentro de seu quadro de possibilidades combinatórios. O mesmo vale para os aparatos de experimentação física e química, nos quais quem determina seu comportamento é a própria dinâmica da natureza física e química. Já a mente humana também carrega o quadro de possibilidades de suas manifestações possíveis nos fundamentos de seu corpo, que são muito mais amplos do que aqueles apresentados por Marquand e aparentemente não tão rígidos, pois lidam com linguagens diversas e têm circuitos biológicos e componentes

que se alteram, evoluem e produzem novos operadores não apenas de ordem matemática.

2.6. Os limites das máquinas lógicas segundo Peirce

Existem outras conclusões apontadas por Peirce que merecem destaque para reforçar a compreensão das máquinas lógicas do autor. Peirce apresenta às impotências das máquinas lógicas: “todas as máquinas de raciocínio, isto é, todas as máquinas têm duas impotências intrínsecas. Em primeiro lugar são destituídas de originalidade, de iniciativa; e em segundo não são capazes de identificar seus próprios erros, não podem se corrigir.” (Peirce, 1887, p.168)

O autor argumenta que o fato de o raciocínio maquínico estar restrito ao seu cálculo fundante não é um problema de fato, “pois não queremos uma máquina originária.” (ibid., p.169) Todo o papel da iniciativa é antes um papel da mente humana, sua principal função. Enquanto às máquinas cabe a função de facilitadora dos processos de raciocínio para as quais foram concebidas. Sobre a segunda impotência, o fato da máquina não poder corrigir a si mesma, isto também não implica uma não racionalidade da mesma. Como exemplo, ele toma a mente do humano sem assistência da objetividade, produzindo um raciocínio todo fundado no imaginário. Para Peirce essa mente também não tem capacidade de autocorreção, porém é dotada de racionalidade simbólica ao estabelecer relações entre seus objetos internos.

Para o autor as máquinas lógicas são capazes de raciocinar, assim como a mente humana e também os aparatos para experimentações físicas e químicas. São máquinas com diferentes materialidades e razões fundantes: leis do cálculo, leis da mente e leis naturais. O que define o poder de raciocinar é a capacidade dessas máquinas em estabelecer relações entre seus objetos, sejam eles apenas internos ao sistema ou internos e externos ao mesmo, independentemente de sua capacidade de se corrigir ou de originar. Os limites propostos por Peirce, por aproximação, são sugestões em estado primitivo dos limites das máquinas propostas por Turing, vista no primeiro capítulo. São elas: uma máquina está limitada à finitude de possibilidades combinatórias de sua axiomática fundante, uma máquina não pode corrigir a si mesma e uma máquina não pode verificar seu próprio estado.

Amini (2008, p.244) reconhece que Peirce antecipou de forma premonitória problemas da metalógica ao discutir que muitas vezes a lógica depende da escolha e de planos deliberados para que possa evoluir e se corrigir conforme sua complexidade aumenta. Fonseca (2007, p.62) afirma que a metalógica trata de assuntos relacionados ao valor e aos limites da axiomatização, o nexó entre Lógica e Matemática, o problema da verdade, entre outros. Em um de seus horizontes, e nas figuras de destaque de Hilbert, Gödel e Church, a metalógica trata do externo, preocupa-se com as condições em que se dá o cálculo: a consistência, a completude, a decidibilidade dos sistemas axiomáticos e a independência dos axiomas. Em seus aspectos internos preocupa-se com os significados dos símbolos e da relação dos cálculos relacionados a um mundo particular de objetos. Nesse outro horizonte, destacam-se Tarski, Carnap e Quino. Fora da linha central ainda apareceram a lógica natural de Gentzen e Jaskowski, a lógica polivalente de Post e Lukasiewicz e a lógica intuicionista de Heytings. Isso está presente em suas diferenciações entre o raciocínio humano e o raciocínio das máquinas, por exemplo.

Peirce, em sua elaboração final da teoria dos signos, como será visto mais à frente, também trabalha algumas destas questões. Expõe como o símbolo funciona como um signo genuíno e como um símbolo é, na verdade, todo o processo que engendra a relação do signo e seu fundamento com um objeto e um interpretante, não sendo o símbolo apenas um número matemático ou uma letra do alfabeto. Nesse ponto retomamos o argumento construído a partir da Ciência Cognitiva, com algumas ponderações, para podermos avançar, depois, na questão da semiótica.

2.7. Contribuição das máquinas lógicas para a discussão da Ciência Cognitiva

Nesse ponto retomamos as discussões da questão do símbolo nos trabalhos da Ciência Cognitiva. Vimos que a mente pode possuir diferentes formas de materialidade como a biológica do humano, a física, a química ou de latão, cada um com seu fundamento que determina sua gama de possibilidades de manifestação através de seus circuitos e componentes; observamos ainda que todas são capazes de processar *inputs* em *outputs*, recebendo determinações do meio, das linguagens, e retornando resultados ou efeitos colaterais como consequência dessas relações. Nesse momento podemos reconhecer a presença das discussões do funcionalismo, em que as linguagens

são o centro de atenção e aquelas que determinam todo o comportamento do sistema cognitivo. Podemos observar ainda a discussão original do conexionismo, no qual o estudo empírico da fisiologia do cérebro constituía-se em seu objeto central. Esse estudo empírico estava preocupado em compreender como o cérebro se desenhava de fato. Quais eram seus circuitos físicos, como eles se organizam em componentes e localizações com privilégios funcionais e como avançam em seus fundamentos, criando novas possibilidades de manifestação. Isso permitia o estudo do fundamento da inteligência, suas possibilidades de manifestações em cada aparato de modo coerente. O conexionismo apenas simbólico perdeu suas referências originais ao deixar de estudar os fundamentos de cada aparato e suas possibilidades de manifestação e passar a se preocupar apenas com a funcionalidade das simulações de redes reduzidas à questão da computação. Uma restrição ao avanço da construção e implementação de tecnologias em diversos tipos de aparatos.

Não seria pura especulação também afirmar a presença do cognitivismo e do conexionismo nos fundamentos e nas operações tautológicas da máquina de Marquand, por exemplo. Temos ainda a discussão do conexionismo ligada ao reconhecimento de que a fisiologia da mente, dos aparatos de experimentação e das máquinas de latão fundam as possibilidades de manifestação dessas diferentes entidades. O humano expressa uma tautologia pela fala, por exemplo, enquanto uma máquina através de sua posição de alavancas, cada um respeitando suas interfaces. Enquanto o funcionalismo estuda a indução do comportamento através de seus algoritmos, o conexionismo estuda os fundamentos que permitem as manifestações do comportamento. Alguns semioticistas expressam temor com essa aproximação entre semiótica e a Ciência Cognitiva (Parret 1990, p.484), outros, porém, preveem uma convergência de ambas essas tendências (Petitot 1990). Sebeok (1991, p. 2) considera a ciência cognitiva como uma variante “estilística e metodológica” da semiótica. Este trabalho segue essa compreensão de Sebeok. Na visão de Sebeok (ibid.) “a constituição das entidades vivas compreendem cada interação de sua fisiologia e psicologia.” Daddesio (1995, p.5) também defende a ideia de poder se tratar a semiótica em termos cognitivos. Portanto presente também se faz, agora, a discussão dos signos.

O que é um signo? O que é um símbolo para a semiótica de Peirce? O que ocorre com as relações entre objetos em diferentes tipos de aparatos? Seriam mentalmente rígidas quando se trata de uma mente materialmente rígida como os circuitos elétricos

de um computador? Seria mais plástica quando falamos de uma mente cujo fundamento é o cérebro que pode alterar suas conexões e evoluir? Relações rígidas quando falamos de um algoritmo computacional e circuitos e componentes físicos. Relações menos rígidas e possivelmente criativas e originárias quando falamos das linguagens do cérebro e da mente no humano. Mas não poderiam estes também de algum modo se relacionar? Antes de avançarmos nessa questão, que será respondida no tópico sobre máquina semióticas, precisamos adentrar na apresentação básica da semiótica de base peirciana.

3. Conceitos fundamentais da semiótica peirciana

O intuito deste tópico é explicitar alguns dos conceitos mais fundamentais da semiótica de Peirce, de modo a podermos discutir, no próximo tópico, os estudos que vêm sendo realizados sob o título de “máquinas semióticas”, especialmente aqueles que encontram suas bases em Peirce. É também nesses conceitos que encontramos elementos para dar prosseguimento à bibliografia já existente sobre máquinas semióticas, apresentando novos elementos para análises semióticas das máquinas inteligentes.

3.1. Contextualização

Conforme Santaella (2004, p.167-168), desde o princípio de seus trabalhos, Peirce direcionava-se para a lógica que ele concebeu como lógica das ciências (ver também Kent 1987). Nesse sentido seus estudos permeavam uma ampla gama de práticas científicas na busca da compreensão da lógica geral que estava na base das ciências. O alvo das investigações residia nas configurações do pensamento científico e nos métodos empregados pelas diversas ciências em busca da compreensão de seus objetos. No curso desse trajeto, como parte de sua tese de que todo pensamento se dá em signos (Santaella, 2004, p.43), Peirce compreendeu que não pode existir raciocínios possíveis, nem mesmo aqueles puramente matemáticos, que façam uso apenas de símbolos (Santaella, 2001, p.32). Exemplos de tais símbolos seriam as palavras nas línguas naturais, os signos matemáticos, as notações musicais etc. Peirce compreendeu ainda que, em função de diferentes dimensões da realidade, há tipos de signos mais apropriados do que outros. Uma função, por exemplo, está mais apta a representar

realidades matemáticas do que uma fala. Conforme Hoopes (1991, p.180-185) Peirce desenvolveu em seu trabalho “Um, dois três: categorias do pensamento e da natureza” categorias que não estavam apenas restritas aos fenômenos da mente, mas que se apareciam também na natureza.

Seguindo Santaella (2001, p.33-34), as descobertas feitas por Peirce ao longo de suas pesquisas lhe indicaram que o estudo dos raciocínios e dos métodos das ciências deveria ter em sua base uma ciência dos signos, com seus tipos, combinações e modos de crescer e evoluir. Conforme Bernstein (1990, p.200) “somos participantes do desenvolvimento da razão que está sempre em estado de incipiência e crescimento”. Essa intrincada elaboração deu origem ao primeiro ramo de sua lógica, a gramática especulativa (Santaella, 2001, p.40). Quando desenvolvida em um sentido mais amplo, se tornou a pedra fundamental da semiótica, uma ciência baseada numa lógica triádica, cujos outros dois ramos são a lógica crítica e a metodêutica. Conforme Burch (2001), a lógica crítica estuda os três tipos de raciocínio: o abdutivo, ou raciocínio que conduz às descobertas, o indutivo, raciocínio utilizado pelas ciências empíricas, e o dedutivo, que é o raciocínio matemático. A metodêutica (Santaella, 2001, p.41-42), o terceiro ramo da semiótica, estuda o método da ciência. Preocupa-se com os modos como o pensamento científico se expressa e evolui.

As pesquisas que conduziram Peirce até a elaboração de sua semiótica foram desenvolvidas ao longo de 60 anos de trabalho. Para chegar a sua teoria dos signos, Peirce elaborou uma tabela formal e universal de categorias da realidade, resultantes da análise de todas as experiências possíveis. Tais análises foram baseadas na compreensão, crítica e ampla reconstrução das categorias aristotélicas, kantianas e hegelianas (ver C.P. 1.545-559, E.P: 1-10), pois para Peirce estas não eram universais. A resultante dos trabalhos de Peirce foram três elementos formais presentes em todos os fenômenos que se apresentam à mente (Santaella, 2001, p.52-53). Suas categorias da natureza e do pensamento, “que pertencem a todos os fenômenos” (C.P. 5.43, 1903), em seus níveis de generalização máxima, foram denominadas primeiridade, secundidade e terceiridade, não existindo uma sem a outra. Estas podem ser chamadas também de qualidade, relação e representação. Para mais detalhes ver também Fisch (1978, p.34-35)

As categorias desenvolvidas por Peirce, por serem universais, estão presentes em todos os fenômenos (C.P. 5.43, 1903), sejam eles psíquicos, biológicos ou físicos.

... a palavra Categoria possui substancialmente o mesmo significado em todos os filósofos. (...) a categoria é um elemento dos fenômenos com uma generalidade de primeira ordem. Segue-se daí que as categorias são poucas (...). A tarefa da fenomenologia é traçar um catálogo de categorias, provar sua eficiência, afastar uma possível redundância, compor as características de cada uma e mostrar as relações entre elas. (...) As categorias universais, de seu lado, pertencem a todo fenômeno, talvez sendo uma mais proeminente que a outra num aspecto do fenômeno, mas todas pertencendo a qualquer fenômeno. (C.P. 5.43)

São conceitos aplicáveis a qualquer coisa, ideais gerais, moventes e interdependentes. Por serem formais e gerais (Santaella, 2001, p. 36) não substituem, não excluem e nem atitam com uma série de categorias materiais e particulares encontrados nos mais diversos campos da experiência e do conhecimento. Conforme Peirce (E.P., 1992, p.280) algo considerado em si mesmo é uma unidade; quando algo é correlato, dependente, ou efeito de alguma outra coisa, então é um segundo; e algo que traz alguma coisa para a relação de algo com outro algo é um terceiro. Conforme Santaella (2012, p.79-80) as categorias são: em seu nível mais geral a primeiridade ou mônada que corresponde às noções de acaso, indeterminação, vagueza, indefinição, possibilidade, presentidade, imediaticidade, qualidade, sentimento. A secundidade ou díada é o determinado, terminado, final, objeto, correlativo, reativo, polaridade, matéria, força bruta, ação-reação, esforço-resistência, aqui e agora, oposição, efeito, resultado. A terceiridade ou tríade é o meio, devir, o que está em desenvolvimento, dizendo respeito à generalidade, continuidade, crescimento, mediação, infinito, inteligência, lei, regularidade, aprendizagem, hábito, signo. Mais sobre as categorias também podem ser consultadas em Queiroz (2006, p.39-40)

Terceiridade, no sentido de categoria é o mesmo que mediação. Por essa razão, pura díada é um ato de vontade arbitrária ou força cega; pois se houver alguma razão ou lei governando-a, ela se constitui em mediação entre os dois sujeitos trazendo a tona sua conexão. A díada é um fato individual, já que ela é existencialmente, não possuindo qualquer generalidade. O ser de uma qualidade

monádica é uma mera potencialidade, sem existência. Existência é puramente diádica. (C.P. 1.328)

Segundo Santaella (2012, p.80), as categorias desenvolvidas por Peirce são o pilar de sua obra. Sua semiótica é toda baseada e extraída destas categorias. Suas inúmeras definições e classificações de signos são consequência do desenvolvimento de sua fenomenologia. Por exemplo, a terceiridade em sua forma mais simples é sua noção de signo. Um signo pode ser uma coisa qualquer como uma palavra, um computador, uma inteligência, uma pessoa, uma escultura, um rio etc, que represente outra coisa, denominada de objeto do signo, e que produz um efeito interpretativo numa mente, o interpretante do signo. Por exemplo, um algoritmo que implementa o sistema de gestão de uma empresa é um signo que tem por objeto o processo formal de gestão de uma empresa. Os efeitos interpretativos que o algoritmo produz em seus usuários são os interpretantes do signo. Este primeiro exemplo aponta para o fato de que os efeitos interpretativos do signo dependem diretamente de como o signo representa seu objeto. Como ele se refere ou se aplica.

A própria utilização da palavra signo para designar sua concepção de representação genuína, ou terceiridade, emergiu como consequência desse arcabouço de conceito e noções desenvolvidas por Peirce ao longo de suas pesquisas. As pesquisas o levaram a se distanciar amplamente das concepções de representação anteriores, como as de Kant e de Hegel e demandaram um novo nome para o conceito, para que este não fosse mais confundido e reduzido aos anteriores. Conforme afirma Nöth:

O novo termo (signo) é um sintoma do escopo em crescimento dos fenômenos, os quais Peirce subordina em suas categorias, anteriormente denominados representação. Agora é aplicado aos fenômenos desde a lógica até a metafísica e filosofia da natureza. Em termos evolucionários, terceiridade é a “tendência em adquirir hábitos“ (C.P. 1.390, ca. 1890); é a categoria da lei, não a lei num sentido cego (que pertence a secundidade; C.P. 1.337, ca. 1875), mas da “lei como uma força ativa” (C.P. 1.328, ca. 1894). “Terceiridade é operativa na natureza“ (E.P. 2: 181, ver NÖTH, 2011, p.472)

Apresentado a noção de signo, é importante esclarecer neste trabalho que, além dos signos de terceiridade, considerados signos genuínos, há também os quase-signos. Quase-signos são signos degenerados de secundidade e de primeiridade. Nesse sentido,

um signo não precisa ser genuíno como uma linguagem e suas palavras, desenhos, diagramas etc. O signo degenerado pode ser apenas uma ação ou reação. Por exemplo, arremessar uma bola contra o chão. O signo pode ser também uma emoção ou sentimento em estado de indefinição, como um sentimento vago e quase, inexplicado.

Nesse ponto se torna possível compreender porque as coisas podem ser analisadas semioticamente. O signo é a noção lógica de um processo, um modo de agir formalizado que pode se manifestar em uma célula, em um corpo, em uma linguagem, em um pensamento, em uma máquina etc. Qualquer coisa que exiba o modo triádico de agir expressa uma ação semiótica genuína. Qualquer coisa que expresse um modo monádico ou diádico de agir é capaz de uma semiose, mesmo que degenerada. A semiose é definida como a ação do signo. É a ação de um signo ser interpretado em outro signo. A semiose é o processo ininterrupto de crescimento dos signos e é o modo pleno do símbolo, pois um símbolo só pode ser completo, produzir seu significado e seguir, caso esteja em relação com outro símbolo.

3.2. Semiose ou ação do signo, tipos de signos, objetos dos signos

Uma questão fundamental na filosofia de Peirce é o tema da representação já mencionado. Peirce dedicou grande empenho no tema para o desenvolvimento de sua semiótica. Como ciência dos vários tipos de signos, de seus modos específicos de agir, apresentar, indicar e representar seus objetos, a semiótica está preocupada também em compreender como se aplicam essas representações, ao que elas se referem e aos modos de serem interpretadas. Peirce buscou uma filosofia dotada de conceitos simples e aplicáveis para o estudo de todos os tipos de processos.

uma filosofia como aquela de Aristóteles, quer dizer, delinear uma teoria tão abrangente que, por um longo tempo, o trabalho inteiro da razão humana, na filosofia de todas as escolas e espécies, na matemática, na psicologia, nas ciências físicas, na história, na sociologia, e em qualquer outro departamento que possa haver, deve aparecer como o preenchimento de seus detalhes. O primeiro passo para isso é encontrar conceitos simples, aplicáveis a qualquer objeto. (C.P. 1, p.vii)

Seguindo Santaella (2001, p.43), em sua definição mais geral a semiose, ou ação do signo, é definida como uma estrutura triádica formada por três correlatos: o signo ou representamen, o objeto e o interpretante.

Um signo, ou representamen, é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém. Dirige-se a alguém, isto é, cria na mente dessa pessoa, um signo equivalente, ou talvez, um signo mais desenvolvido. Ao signo assim criado, denomino interpretante do primeiro signo. O signo representa alguma coisa, seu objeto. Representa esse objeto não em todos os seus aspectos, mas com referência a um tipo de idéia que eu, por vezes, denominei fundamento do representamen. (C.P. 2.228)

O representamen é compreendido como aquilo que funciona como signo para quem o percebe (ver, por exemplo, Silveira, 2007, p.31). É o signo em si mesmo, naquilo que lhe dá fundamento para funcionar como signo. Versa sobre os tipos de propriedades que permitem ao signo apresentar, indicar ou representar seu objeto. Por exemplo, nos computadores temos os circuitos elétricos e os transístores organizados em forma de componentes. Estes são o fundamento do signo computador. No humano temos o seu corpo, ou seu cérebro organizado em módulos.

Qualquer coisa que seja, pode ser um signo, isto é, pode funcionar nesse papel; mas para que faça isso, deve ter algum caráter em virtude do qual pode assim funcionar. Esse caráter é o que constitui o fundamento ou razão de sua capacidade para ser signo, embora ele não seja realmente um signo enquanto não for interpretado como tal. (RANSDELL, 1966, p.80 apud SANTAELLA 2000, p.21)

Mais detalhadamente, se o fundamento do signo é uma qualidade sensível, como um som, uma cor, uma forma, então o signo só pode ser um ícone em relação ao seu objeto. Os ícones só podem estabelecer com o objeto uma relação de semelhança nas qualidades. Por exemplo, num computador temos a unidade relógio, um componente icônico da arquitetura maquina. Temos também a unidade de cálculo e aritmética, um ícone da calculadora. Se o fundamento do signo é algo existente, então, ele opera como o índice do seu objeto. Um índice aponta para esse objeto no mundo dos existentes de que o signo é apenas uma parte. Por exemplo, um circuito elétrico fechado que pode ser codificado com o número 0. Esse número 0 funciona como um índice do estado fechado

da alavanca. No cérebro humano um código pode ser atrelado também a um estado específico de ligação neuronal. É possível que sejam atribuídos outros tipos de estados nas relações neuronais do cérebro em função do tipo de elemento químico que está atuando nessas conexões num dado momento. As ligações neuronais não assumem necessariamente apenas estados aberto ou fechado, criando um campo combinatório de possibilidade mais amplo que os circuitos elétricos em cada uma de suas conexões. Tal situação leva a crer que codificar o cérebro de modo restrito aos requisitos do ambiente computável limita o campo de possibilidades de manifestação do aparato cérebro. Avançando, se o fundamento do signo é uma lei, então, ele terá com o objeto uma relação de representação, convencional e simbólica. Nesse sentido a relação entre os circuitos elétricos e algoritmos seguem um hábito associativo para chegar às representações pretendidas nas interfaces. Enquanto os algoritmos como signo seguem também um hábito associativo com os modelos de análise que implementam.

A ideia de interpretante elaborada por Peirce não pode ser confundida com as noções recorrentes de intérprete e interpretação. Para Peirce, o interpretante é um efeito que o signo está destinado a causar naquele ou naquilo sobre o qual ele age (C.P. 4536).

Mas dizer que ele (signo) representa seu objeto implica que ele afete uma mente, de tal modo que, de certa maneira, determina, naquela mente, algo que é mediadamente devido ao objeto. Essa determinação da qual a causa imediata ou determinante é o signo e da qual a causa mediada é o objeto pode ser chamada de interpretante. (C.P. 6.347)

Por exemplo, no caso das máquinas semióticas deste capítulo, há uma série complexa de signos e de semioses diferenciadas, cuja fonte de determinação encontra-se nos circuitos elétricos, nas arquiteturas e nos algoritmos que compõem um computador, ou ainda no humano e em diversos outros sistemas que podem operar de modo acoplado. Essas são as três fontes que determinam todas as semioses ou mediações que têm a finalidade de determinar o comportamento de uma máquina e suas manifestações. Os circuitos elétricos, sua arquitetura e os algoritmos. Isso tudo colocado em movimento no espaço e no tempo por alguma forma de força.

O interpretante tem divisões. O interpretante imediato é o potencial interpretativo do signo, antes de seu efeito produzido na mente do intérprete. Esse potencial do signo torna possível sua interpretação. O interpretante dinâmico é externo

ao signo. É o efeito efetivo produzido em uma mente interpretadora, dependendo desta para sua realização. Já o interpretante final, seria o resultado interpretativo último, caso o processo da semiose fosse levado até o fim. Corresponderia a uma possível coincidência total entre interpretante e objeto dinâmico, mas nunca atingida de fato (Santaella, 2001, p.48-49). Para mais detalhes e exemplos sobre a questão dos interpretantes ver Savan (1994, p.185-186).

No que se refere à compreensão dos objetos à luz da semiótica de Peirce, existe uma importante distinção entre dois tipos de objetos do signo: o objeto dinâmico, que é aquele que determina o signo e que está fora dele, e o objeto imediato, que é o objeto interno ao signo e que corresponde ao modo como o objeto dinâmico é representado, indicado ou apresentado pelo signo (C.P. 4.536).

Resta observar que normalmente há dois tipos de objetos (...). Isto é, temos de distinguir o objeto imediato, que é o objeto tal como o próprio signo o representa, e cujo ser depende assim de sua representação no signo, e o objeto dinâmico, que é a realidade que, de alguma forma, realiza a atribuição do signo à sua representação. (C.P. 4.536)

Em outras palavras, o objeto dinâmico é o objeto em si; no caso das máquinas físicas, o objeto dinâmico é sempre um algoritmo, por mais complexo que seja. São os algoritmos que determinam os signos a serem executados no processamento da computação. O objeto imediato está dentro do próprio signo. Sempre há, no próprio signo, algum tipo de correspondência, ou traço de conexão, ou hábito associativo que permite ao signo apresentar, apontar ou representar o objeto que o determina. Os circuitos elétricos, por exemplo, possuem um hábito associativo com os algoritmos e seu objeto imediato é a expressão do passo atual do processo correspondente ao estado físico atual dos circuitos elétricos. É esse hábito associativo que permite aos circuitos físicos apresentar, apontar ou representar os algoritmos que os determinam no curso da ação de computar.

É importante frisar neste ponto que qualquer signo será sempre incompleto em relação ao objeto que o determina, apresentando, indicando ou representando somente algumas de suas determinações, porém nunca todas.

O objeto dinâmico, portanto, tem autonomia, enquanto que o imediato só existe dentro do signo. Mas uma vez que não temos acesso ao objeto dinâmico a não ser pela mediação do signo, é o objeto imediato, de fato, aquele que está dentro do signo, que nos apresenta o objeto dinâmico. O objeto dinâmico, como o próprio nome diz, não cabe dentro de um só signo. Por isso mesmo pode ser representado de uma infinidade de maneiras, através dos mais diversos tipos de signos. (...) O objeto dinâmico é infinitamente determinado. Cada signo representa apenas algumas de suas determinações. (SANTAELLA 1998, p.48-49)

É por isso que, em semioses complexas, como é o caso das semioses computacionais e humanas, para se chegar à origem da computação ou do comportamento, são necessárias várias semioses distintas: algorítmicas ou linguagem, físicas e arquiteturas, que são criadas pela Ciência da Computação ou são objeto de estudos da Ciência Cognitiva para que estas possam atingir seu objetivo. Algum tipo de força também é necessário para que o processo seja efetuado. É nesse ponto que a compreensão das máquinas semióticas entra em cena, para revelar que uma máquina física é também uma máquina semiótica. De que modo essas semioses icônicas, indexicais e simbólicas se desenvolvem e quais são seus limites, tendo em vista dar conta das semioses que estão em ação numa máquina, no humano e na natureza? Esse é o campo de estudo que vem recebendo o nome de máquinas semióticas. Avançamos agora na compreensão geral das pesquisas sobre máquinas semióticas.

4. Por que máquinas são máquinas semióticas?

Máquina semióticas são máquinas do mesmo modo que máquinas físicas são máquinas. Porém, o modo de compreender e discutir sobre as duas não é o mesmo, visto que elas implicam características bastante distintas. Um traço distintivo fundamental encontra-se no fato de que as máquinas semióticas são compreendidas como processos de semiose que significa a ação do signo, ou seja, a ação de ser interpretado em um outro signo genuíno ou não. Recordando o que já foi visto no tópico anterior, um signo está para alguma outra coisa, por exemplo, seu objeto, e seu propósito é representá-lo com o intuito de criar um interpretante.

Antes de tudo, trata-se de apresentar aqui o estado da arte da pesquisa sobre máquinas semióticas. Tomando como base inúmeros trabalhos de Nöth e em pesquisas de outros autores, tais como Barbosa (2013), Andersen (1993), Nadin (2007), passaremos à discussão de que o computador e outros aparatos são mais do que máquinas físicas simbólicas.

4.1. Máquinas de quase semiose

As características apresentadas para uma máquina física como signo diferem de um ser biológico, máquinas físicas são rígidas e seus componentes e processos internos são definidos. Mas isso não implica afirmar uma completa ausência de semiose nas máquinas físicas, especialmente quando são utilizados algoritmos genéticos, questão que não cabe discutir neste momento.

O primeiro ponto a ser abordado, seguindo Nöth (2007, p.164), está, portanto, voltado para as máquinas que não ultrapassam o nível de uma quase-semiose. Para Nöth (2007), quando nos referimos à quase-semiose das máquinas físicas, não podemos refutar a idéia de que as mesmas tenham alguma capacidade de semiose. Como vimos, Peirce (1887) reconhece nas máquinas de Jevons e Marquand, assim como nas máquinas de calcular de seu tempo, uma capacidade lógica em seus fundamentos e as identifica como máquinas de raciocínio. Porém não as reconhece com capacidade plena de semiose por não serem capazes de produzir interpretantes internos, operando apenas como quase-signos, conforme esse conceito foi explicitado no tópico anterior (ver C.P. 5473). A quase-semiose interna das máquinas está presente não apenas em máquinas de calcular, mas também em instrumentos muito mais simples, como, por exemplo, num termostato dinamicamente ligado ao aquecimento e resfriamento, que regula automaticamente a temperatura. O autor reforça que, nessa situação, por exemplo, não há produção de um interpretante genuíno, em que o termostato alteraria a consciência do sistema, há apenas uma constatação mecânica da temperatura, uma quase-interpretação, classificada como uma relação diádica, na qual a máquina reage mecanicamente à temperatura do termostato, que funciona como um quase-índice.

Máquinas físicas mais simples funcionam como signos de baixa complexidade. USHER (1993, p.161) afirma que “o equipamento mecânico de uma sociedade consiste, em grande parte, de ferramentas e máquinas.” Ferramentas e máquinas são implementos para a execução direta de certos tipos de trabalho. Ferramentas são instrumentos mais

primitivos, máquinas rudimentares, em que uma medida aproximada do que se pretende fazer com a mesma já é suficiente para que esta seja projetada e implementada com sucesso. Exemplos são os martelos, serras, cortadores, entre outros. Porém, segundo Uscher (ibid., p.165), “baseado numa lógica rigorosa, o termo “máquina” pode ser aplicado a qualquer dispositivo no qual são usadas forças”. Nesse sentido, balanças, teodolitos e afins podem ser reconhecidos com máquinas também. O autor (ibid., p.169-171) lista uma série de máquinas triviais e seus elementos componentes como a alavanca utilizada nos vertedouros de poços, a polia, utilizada também para retirar água de poços, mas também nas embarcações para controle e içamento de velas, as cunhas utilizadas para se cortar pedras e madeiras, guindastes, que combinavam alavanca, polia e sarilho, guindastes de mastro único, prensas para produção de vinho e armas, entre outras.

Algumas máquinas físicas triviais, por exemplo, máquinas de escrever, *scanners* e impressoras apenas replicam os signos que recebem. Os signos produzidos por uma máquina de escrever ou por uma impressora não são interpretantes dessas máquinas e nem os objetos representados por elas são objetos da máquina. Uma máquina impressora é somente a causa eficiente, pois opera “de um modo perfeitamente determinado” (CP. 1.212). Conforme Santaella (1992, p.78) a ação diádica ou força bruta está ligada em parte, para Peirce, ao entendimento Aristotélico de causação eficiente. Peirce aceita em parte essa noção porque a abordagem positivista que afirma, por exemplo, que A causa B implica no entendimento de que, posto isso, que A cause B, então A sempre causará B. Para Peirce proposições expressas já em sua rigidez relacional, como ocorrem nas leis da natureza, são limites de uma tendência comportamental. Tendências brutas, cegas e rígidas, sem abertura para inferência do acaso e com baixíssima possibilidade de mudança. Difere, por exemplo, do humano, onde o entendimento de lei viva produzida por Peirce opera de modo pleno pelas vias da causação final. No humano o poder inferencial é vivo, está sujeito à inferência do acaso e pode avançar na moldagem de seus hábitos para além da reprodução rígida e cega de comportamentos pré-determinados.

Nöth (2007, p.165) aponta para o sentido em que uma impressora é uma máquina signica. É o sentido em que ela é a causa eficiente da reprodução do signo. Outras máquinas semióticas mais simples ou mais complexas no mesmo sentido são a caneta e a tinta do escritor, uma máquina de escrever, uma copiadora ou um computador

peçoal. Mas a causalidade eficiente no processo de produção de signos não está restrita aos dispositivos materiais. Peirce também leva em consideração os pré-requisitos naturais da comunicação. Ar, o canal natural da comunicação vocal, é igualmente uma causa eficiente da comunicação verbal, que não poderia ocorrer sem elas. Assim também são os órgãos de articulação humana, a voz, a língua ou os lábios, quando olhamos para o humano como fisicalidade biológica. Esses tipos de máquinas simples são, portanto, usadas como um agente eficiente na produção de signos, sem exibir propósitos próprios. Executam estímulos mecânicos seguidos de reações automáticas. Portanto, toda relação observada nessas máquinas triviais é fundada em relações de eficiência de uma semiose rudimentar.

O que temos que examinar agora para avançar é se existem máquinas que merecem ser chamadas de máquinas semióticas em um sentido mais profundo, com a capacidade de interpretar signos que, por sua interpretação, crescem em significado. Não sendo meros replicadores de suas entradas.

4.2. A proposta de Barbosa sobre máquinas semióticas

Barbosa (2013, p.40) formula uma proposta sobre máquinas semióticas, chamando-as de máquinas poético-semióticas. O autor propõe o uso dos textos como motor de sentidos, em que o computador é uma máquina manipuladora de sinais, ou uma máquina semiótica. Tal gerador textual automático é baseado em uma estrutura geradora de sentidos e num algoritmo capaz de explorar os campos das possibilidades de semiose. O objetivo de Barbosa é o de elaborar um texto que se mantém em processo recursivo de exploração de possibilidades, seguindo uma vertente de pesquisas artísticas ligadas à literatura generativa, em que a máquina também é um produtor ativo na criação.

A literatura generativa sofre influência em seus fundamentos da gramática generativa de Chomsky. Chomsky procurou aperfeiçoar o desenvolvimento das descrições gramaticais e das sintaxes que regem as regras da mesma, na busca de uma linguagem natural universal. Neste caminho acabou por apresentar técnicas descritivas, insistindo que apenas seu caráter explícito, com sentenças bem definidas e especificadas por um conjunto de regras, seria válido. A gramática seria tão precisa que poderiam ter provas matemáticas para suas capacidades descritivas. Os trabalhos de Chomsky

acabaram por centrar o seu fundamento na linguística descritiva (para maiores detalhes, ver Chomsky, 1957 e 1968).

Barbosa (2013, p.41), para além da linguística descritiva, argumenta que as imagens sintéticas, que estão no fundamento de sua proposta, não são função de uma imagem mental prévia, como uma figura imaginada para depois ser traduzida, ou ainda um referente material, como uma fotografia e sua paisagem. As imagens sintéticas são fundadas sob si mesmas, em sua virtualidade algorítmica e com algum grau de liberdade de ação. Nesse sentido, o autor traça um paralelismo em relação à compreensão da representação em um sentido real e como funcionaria a representação no virtual.

Em sua semiótica, Barbosa (2013, p.41) defende que os objetos reais são transformados em representações como objetos mentais e essas imagens mentais produzem, por sua vez, imagens materiais de seus objetos, que o autor denomina ícones. E, no caso do virtual, as imagens sintéticas assumem o papel dos objetos, manifestando ícones durante seus processos, sendo os ícones os produtores das imagens mentais. O paralelismo de Barbosa afirma ainda que objetos são corpos materiais que produzem sensações e os objetos virtuais são estados energéticos que produzem sensações. Tal separação se justificaria porque a fonte de um corpo material é o átomo e o do virtual um bit.

As explorações de Barbosa acabam por trazer à tona uma discussão importante para a compreensão das máquinas semióticas. A ideia de um algoritmo generativo que opera de modo recursivo explorando as possibilidades de semiose também é um produtor de sentido. Além de processadoras de cálculos formais, ou ainda máquinas tradutórias de processos formais, as máquinas poderiam funcionar como criadoras de novos sinais, quando um algoritmo generativo determina o seu comportamento maquínico. Nadin (2007, p.64-65) aponta para o fato de que toda forma de automação maquínica pode ser considerada uma semiótica generativa. Tal situação ocorre no momento em que um processo se incorpora nos circuitos físicos de uma máquina e esta passa a operar estes processos como um motor semiótico, sem a participação do humano. Tal motor semiótico pode operar produzindo significados semióticos da ordem textual, visual e acústica.

Mas para Peirce o que Barbosa propõe não seria suficiente para chamar a máquina de criativa. A ideia de ícone proposta por Barbosa diverge daquela proposta

por Peirce, pois o primeiro acredita que apenas o funcionalismo de um algoritmo já seria suficiente para a produção de sentido, criando um movimento de representação genuíno e independente da mídia que está operando este movimento, enquanto Peirce atentaria aos aspectos que fundam fisicamente a existência desse movimento de representação icônica. Várias definições de Peirce mencionam a criatividade como uma característica distintiva do signo.

No entanto, Peirce nunca atribui a criatividade ao produtor de signos, mas ao próprio signo. Em sua revisão do livro de Lady Welby *What is Meaning* (1903), por exemplo, ele contrasta a visão de Welby do significado de uma palavra como intenção do seu enunciador (CP. 8.176) com sua própria teoria do signo: “não é o enunciador quem tem o propósito de criar um interpretante; o signo em si mesmo tem esse propósito.” O algoritmo não altera o fundamento da tecnologia, não acrescenta ou retira circuitos e não cria novos componentes físicos. Então como este poderia ser isoladamente responsável por criações genuínas? Como vimos, no capítulo 1, o algoritmo determina o comportamento maquínico, pode explorar seu espaço de possibilidades finitas, mas, à luz de Peirce, é o próprio fundamento do signo que tem o propósito de criar o interpretante. O que Barbosa propõe é um algoritmo que explora textos e os campos de possibilidade e de produção de sentido desses textos, reduzindo a noção do signo a apenas a manipulação dos sinais determinados pelo objeto algoritmo.

Avançando na crítica, não parece fazer sentido separar o material e o virtual, como se o primeiro fosse real e o segundo não. Ambos são reais, cada qual com seus processos de semiose particulares. Não parece um bom caminho também tratar o fundamento do virtual como o bit. O fundamento do signo, como já apontado, está nos trabalhos de Shannon sobre os circuitos elétricos e, depois nos trabalhos de Von Neumann sobre arquitetura de componentes. O fundamento do signo é o todo dos circuitos elétricos organizados como componentes que possuem funções qualitativas no funcionamento da máquina. Nesse contexto, o bit é o objeto imediato. Configura-se como tal porque é o laço de representação atual entre o estado imediato dos circuitos elétricos e o passo de processo algorítmico que está sendo executado. É o momento em que algoritmo e os estados dos circuitos coincidem. Portanto o bit não pode ser o fundamento do virtual, mas apenas o objeto imediato da máquina semiótica. Avançando, as imagens sintéticas não podem estar fundadas apenas sobre si mesmas, ou

como poderiam elas se dinamizar e se manifestar como imagens sem os circuitos que as realizam? Ícones sem os circuitos que os manifestam não podem existir.

Nesse ponto avançaremos para tentar aproximar e avaliar o encontro das máquinas físicas complexas e seus circuitos, com a linguagem e os algoritmos. O que isto pode configurar e o que mais podemos compreender como máquina semiótica.

4.3. A visão de Andersen sobre máquinas semióticas e a presença dos interpretantes

Andersen (1997, p.548) está entre os pesquisadores que iniciaram as discussões sobre a semiose nas máquinas. Para Andersen, a semiose nas máquinas são “processos sígnicos ocorridos no interior das máquinas, entre máquinas e entre máquinas e seus usuários humanos”. Nosso objeto é a discussão dos aspectos internos da semiose das máquinas com o intuito de encontrar e comprovar o maior número possível de elementos que possam fortalecer o entendimento de que máquinas físicas são, em muitos aspectos, máquinas semióticas. O que Andersen pretende é utilizar a semiótica para descrever não apenas o comportamento humano, mas também o comportamento não humano. Nesse sentido, Andersen (1997, p.549) reconhece que as máquinas podem funcionar como objeto para um signo humano. Mas questiona: “...podem elas serem representamens e interpretantes?”

O autor (ibid., p.551) aponta para o fato de que máquinas físicas com o nível de complexidade do computador são uma fusão de linguagens hierárquicas com artefatos físicos. Estes são os ingredientes de uma máquina automática. E defende que, neste ponto, os *softwares*, “complexidade sígnica”, são aqueles que definem o comportamento da máquina, enquanto os *hardwares*, ou máquinas físicas, exercem um papel subordinado. Avança ao exemplificar que conhecer o fato de que uma aplicação é do tipo Microsoft Word e não Word Perfect possibilita ao usuário saber de modo antecipado o que ocorrerá no processo de trabalho com a máquina. Ao passo que este mesmo não acessa a compreensão do trabalho no nível de abstração do sistema operacional. Não sabe se é um sistema Windows, Adroid ou IOS. Isto levou a um deslocamento da visão do processo de trabalho do nível de abstração físico da máquina para um nível de abstração de controle sígnico de ordem simbólica.

Esse encadeamento simbólico do usuário até o nível de máquina não é ignorado por Andersen. O autor dá exemplos de duas máquinas, uma que não pode ser considerada genuinamente semiótica e outra sim. O painel de uma máquina de lavar é um signo cujos objetos são vários tipos de funções: “lavagem quente e intensa; lavagem normal; lavagem de algodão, etc” (ibid., p.552). Mas é um signo que mente, no sentido que o usuário pode apertar o botão que ativa a função de lavagem de algodão e ainda sim obter como resultado uma suéter encolhido para a metade de seu tamanho. Isso ocorre porque a relação entre o painel e o intérprete produz ideias no segundo que não correspondem necessariamente à relação do painel com a máquina e o suéter. O painel ativa, obviamente, os fios, motores e bombas da máquina seguindo uma rotina programada previamente pelo fabricante, mas o painel não carrega relação direta alguma com o suéter, apenas executa a rotina de lavagem. Por isso a máquina de lavar não pode ser um signo genuíno. Ao passo que o usuário ou intérprete carrega uma relação ideal direta com o suéter, o suporte que deveria estender esta intencionalidade do usuário até o suéter não o faz.

No caso do computador, existe uma diferença fundamental. Os computadores têm interpretantes, denominados sistemas compiladores, construtores e de *run-time*. Conforme Andersen (ibid., p.552), “a transição de máquinas físicas para sistemas de informação significa que um signo verdadeiro passa a ocupar a posição prévia das máquinas físicas”. Seguindo os questionamentos do autor (ibid., p.553), podem realmente os computadores ter um interpretante genuíno? Podemos afirmar que um computador interpreta um *input* como um representante de um comando? Ou o correto seria o programador interpreta o *input* do usuário como representação do desejo do usuário de dar um comando; e o usuário interpreta o *output* como a representação de um requisito que o programador solicita ao usuário? Anderson explora as questões através de dois exemplos:

Em ambos os casos se considera que se pode fazer input de dados em uma máquina, seja escrevendo, desenhando ou falando. Um sentido é dado e obtido através da junção do estado inicial, do processo e do estado final. O fundamento da computação seria composto por essas três partes como um único símbolo. Mas o símbolo na semiótica não é fechado em si, ele se relaciona. “Então como e por quem é gerado o interpretante?” No exemplo 1, o usuário manipula o programa diretamente através de uma interface, o mouse, arrastando objetos pela tela. O estado inicial e final será sempre

um *desktop* com certa disposição de pastas e documentos. O estado inicial e o estado final do *desktop* produzem sentido, pois o usuário pode interpretar todo o processo de mudanças, dinamizando interpretantes. E as ações do usuário são interpretadas como uma causa física das mudanças na tela.

No exemplo 2, o usuário faz um questionamento ao sistema e o sistema retorna uma resposta baseado em seu banco de dados. A relação entre *input* e *output* é compreendida de outro modo aqui, pois são “duas inferências lógicas dependentes da base de dados.” Andersen (ibid., p.553). Existe um ponto escuro para a inferência feita pelo usuário no banco de dados neste processo. Este ponto é especificado e processado pelo programa em um nível de abstração que não se manifesta no nível dos aplicativos, mas que acessa e traduz o banco de dados para as aplicações. Esses buracos na visão do usuário são etapas do processo nas quais os códigos da máquina operam de modo autônomo, mas atados à intenção do usuário, buscando uma resposta à pergunta do mesmo. Enquanto no exemplo 1 esses códigos apenas localizam os documentos e pastas de modo espacial na tela e gravando sua posição de modo direto, no exemplo 2 o programa interpreta os dados de entrada como inferências lógicas, formulando uma hipótese e suas premissas. Nesse sentido os programas, que estão distantes da visão do usuário no exemplo 2, são signos que interpretam e expressam as interpretações de uma máquina a partir do processamento de dados e do domínio da aplicação. Fazem inferências no banco de dados buscando respostas e retornam as mesmas para o aplicativo que as apresenta ao usuário.

Nesse ponto se soma a discussão sobre interfaces computacionais: Santaella (2013, p.55-59) identifica que interfaces são agentes de ligação ou de passagem, filtros de tradução de linguagens entre humanos e humanos, humanos e máquinas e máquinas e máquinas. Nesse sentido, os interpretantes podem ser compreendidos em alguns aspectos como interfaces.

No caso de uma máquina física, por exemplo, o interpretante imediato como código semiótico coincide com o estado de saída dos circuitos elétricos ou de qualquer outro circuito, após as operações determinadas já terem sido executadas pelo aparato. O primeiro nível dessa abstração, ainda como linguagem de máquina, é um interpretante imediato. É uma interface em estado estático com informações de saída. O interpretante dinâmico se constitui através dos compiladores e construtores, em que a linguagem

possui um grau de abstração mais alto do que a linguagem de máquina e conecta a linguagem de máquina com a linguagem do usuário e de outros componentes da máquina fazendo traduções. O interpretante dinâmico é uma interface que permite a continuidade da semiose computacional executando novos passos, tomando os dados de saída do componente anterior e gerando novos dados para o próximo componente ou para o usuário. O interpretante final provisório é o resultado interpretativo, elemento apresentado ao final dessa semiose específica. Corresponderia a uma possível coincidência total entre interpretante e objeto dinâmico, mas nunca atingida de fato (Santaella, 2001, p.48-49). Seria o ponto onde uma interface manifestaria de modo perfeitamente idêntico aquilo que o algoritmo pretende. Mas, lembrando, no caso de exemplo das máquinas físicas do tipo computador, apesar de ser possível apontar para alguma presença de interpretantes no processo, todo esse encadeamento de interpretantes são de fato de quase-interpretações, pois ocorrem no âmbito apenas mecânico, sem criatividade. Diferem, por exemplo, de máquinas semióticas como o humano, exemplo genuíno para essas análises, onde os interpretantes podem adquirir caráter evolutivo e criativo.

São interpretantes mecânicos também, porque dos humanos que criam interpretantes baseados em seus sentidos e sua capacidade de refletir ou ainda de ampliar fisicamente os espaços de possibilidades de interpretação, o computador pode produzir transformações físicas sobre os circuitos que fundamentam seus sinais, mas não pode ampliá-los qualitativamente, apesar de poder explorar seus espaços de possibilidades de diversos modos, como vimos nos trabalhos de Barbosa. Reforçando, conforme Andersen (1997, p.554) “são transformações puramente mecânicas”. Circuitos elétricos e cérebros são causas eficientes e necessárias da semiose posto que, sem eles, o signo não poderia transmitir sua mensagem e a máquina não poderia computar. Esses entendimentos também estão em linha com Peirce, que se contrapõe àqueles que estão convencidos de que o cérebro é o fundamento e a função final do signo. O cérebro humano é um agente eficiente na semiose, mas ele não se restringe a isso, pois o cérebro também está ligado à causa final na semiose. A causa final na semiose está ligada também aos signos que crescem fora do cérebro humano e os determinam. Signos genuínos têm propósitos próprios e agem em uma agência semiótica que, até certo ponto, está além do controle daqueles que os usam e interpretam (Nöth, 2009, p.20). O propósito que o signo genuíno tem,

independentemente de seus usuários, é o de criar interpretantes, ou, como Peirce coloca: “O propósito integral do signo é que ele deve ser interpretado em outro signo” (CP. 8.191.)

Criatividade semiótica não é apenas uma agência do objeto do signo isoladamente ou dos fundamentos dos signos isoladamente; também é inerente ao signo em si. Para Peirce a mente é viva e cresce (C.P. 6.21), sendo o símbolo um signo mental genuíno: “Todo símbolo é algo vivo, em um sentido muito estrito que não é uma mera figura de linguagem. O corpo do símbolo muda vagarosamente, mas seu significado inevitavelmente cresce, incorpora novos elementos e descarta os velhos” (CP. 2.222). Como ocorre com o humano. Os símbolos têm como propósito de existência, o representar de seu objeto e ser interpretado. Uma máquina semiótica genuína deve operar como um símbolo genuíno.

4.4. Mais questões para as máquinas semióticas genuínas

Vimos que máquinas processadoras de símbolos físicos podem ser compreendidas também como máquinas processadoras de quase-semiose. Uma semiose rígida com seus objetos, seus fundamentos e seus interpretantes. Nöth (2007, p.160) aponta para o fato de que máquinas que processam números e máquinas que processam símbolos não são distintas em seu paradigma operacional, pois, para Peirce, números são uma classe de símbolos, não possuindo estatuto ontológico de classes distintas. E avança, “embora nem todo raciocínio seja computação, é certamente verdadeiro que computação é um raciocínio.” Nöth também coloca em dúvida se meros computadores podem ser considerados máquinas semióticas genuínas. “Mas se é uma máquina que envolve não apenas processos sígnicos, mas também a capacidade de criar processos de produção e interpretação de signos (ou semiose) então pode haver dúvidas se meros computadores podem ser chamados de máquinas semióticas.” (NÖTH, 2007, p.159)

Para tentar avançar tais questões, Nöth indica pontos para discussão. Segundo esse autor (2007, p.178), para Peirce (CP. 2.302) “uma semiose genuína não é mecanicamente determinística, mas abre espaço para correção, criatividade e crescimento simbólico.” Seguindo Peirce, Nöth (ibid., p. 173) busca em seus trabalhos os limites da discussão sobre as condições necessárias para uma semiose genuína. “... por um lado, existe uma (quase)-mente não apenas no cérebro, mas também na máquina, e, por outro, que ela é apenas uma condição necessária, mas ainda insuficiente

de semiose genuína.” Para chegarmos a uma condição suficiente de semiose, por exemplo, a máquina precisa atender algumas condições: ter autocontrole é uma delas. Pattee (1997, p.29) complementa que o controle ambiental também tem um papel relevante.

Controles são lógicos e condicionais. A vida se originou com controles semióticos. Controles semióticos requerem medida, memória e seleção, nenhum dos quais pode ser totalmente descrito por leis físicas que, ao contrário de sistemas semióticos, são baseados em energia, tempo e taxas de mudança. (...) Para funcionar eficientemente, controles semióticos, em todos os níveis, devem prover descrições simples do comportamento dinâmico complexo dos sistemas de entrada e saída, que chamamos de sensores, detectores de características, reconhecedores de padrões, dispositivos de medida, transdutores, construtores e atuadores.

Como exemplo de autocontrole, mísseis atuais são capazes de acertar alvos em movimento, não tendo, portanto, extrema rigidez em seu comportamento. Conseguem se referenciar no ambiente e corrigir seu rumo sem seguir um trajeto previamente programado. Busca o objetivo através de seu caráter geral, construindo os caminhos particulares no desenrolar de sua ação, uma ação passível de modificação algorítmica. Além do autocontrole, tocamos no ponto de discussão sobre autocorreção. Trabalhos recentes na área da Inteligência Artificial e Ciência Cognitiva apontam para caminhos que pesquisas de Peirce também já buscavam, em que possivelmente as máquinas físicas poderiam se autocorrigir e até evoluir de algum modo. Por exemplo, as discussões sobre sistemas dinâmicos de Tim van Gelder:

Um sistema dinâmico para fins atuais é um conjunto de variáveis quantitativas trocando continuamente, paralelamente e interdependentemente ao longo de quantidades temporais em acordo com a lei dinâmica descrita por um conjunto de equações. Segue pari passu com essa primeira premissa a crença de que a dinâmica prove as ferramentas adequadas para se compreender os processos cognitivos... O insight central da teoria dos sistemas dinâmicos é a de que o comportamento pode ser compreendido de modo geométrico, quer dizer, é uma questão de identificar posição e mudança de posição no espaço de possibilidades de todos os estados possíveis de um sistema. O comportamento pode ser descrito

em termos de atratores, transições, estabilidade, acoplamentos, bifurcações, caos, e assim por diante – questões amplamente invisíveis a abordagem clássica (da matemática). (VAN GELDER, 1999, p. 244-245)

Mas a autocorreção referida não é suficiente, como vimos, para afirmar que houve uma mudança de hábito genuína no agente, afinal a mudança de hábito não pode ser reduzida apenas ao algoritmo, pois temos a questão de sua fisicalidade como fundamento de seu espaço de possibilidades. Uma máquina cujos circuitos e componentes são fixos, acabam por possuir um fundamento rígido, o que implica a capacidade da máquina mudar seu comportamento apenas de acordo com as possibilidades de manifestação já pré-determinadas por seus circuitos e componentes, seu ambiente, diferente, por exemplo, de um corpo biológico cujo fundamento genético permite essa expansão criativa em todos os aspectos da semiose.

A autopoiese, ou capacidade de um organismo permanecer e se reproduzir por conta própria também é destaque. Nöth pontua que a distância clássica entre engenharia e biologia é cada vez menos clara, com entendimentos cada vez mais aproximados. Afirma (ibid., p.176) que “Vida artificial está sendo criada em telas de computador e a possibilidade de produzir robôs capazes de automanutenção e até autorreprodução, está sendo explorada.” Destaca ainda a previsão de Kawade (1999, p.373) sobre um possível ponto de encontro futuro entre sistemas autopoieticos e alopoieticos, quando conseguirmos desenvolver sistemas moleculares autorreprodutíveis; referencia ainda o trabalho de Von Neumann (1966, p.64) que buscava um projeto de um autômato com capacidade de autorreprodução baseado na compreensão do sistema nervoso.

Portanto, apesar do grande avanço nas pesquisas sobre máquinas e na visão de uma linha cada vez mais tênue que separa o comportamento das mesmas do comportamento de outras entidades, não existe um ponto claro que afirme a existência de uma máquina semiótica genuína a partir da compreensão das máquinas físicas. O comportamento parece ser similar, mas os fundamentos ainda parecem distantes. Nesse ponto, um avanço na discussão só será possível se aceitarmos a premissa de que outras entidades podem ser chamadas de máquinas, mesmo que seus fundamentos não carreguem a rigidez das máquinas físicas.

4.5. Considerações finais

De modo geral, toda a discussão sobre máquinas semióticas apresentadas carregam referências à busca de Peirce concernente ao seu projeto lógico, assim como as pesquisas e desenvolvimentos de pesquisadores da semiótica de C. S. Peirce.

...não encontramos indicações seguras da existência de uma consciência não conectada a um organismo nervoso; e quanto mais complexo o organismo, mais alta é a sua consciência. Se a alma existe como uma substância independente ou não, certo é que a inteligência, tal qual nós a conhecemos, reside no sistema nervoso; de modo que as leis da primeira necessariamente correspondem às leis deste último. Rastrear com cuidado científico essas correspondências aonde quer que se encontre... embora não esteja livre de erros, não deixará de lançar uma forte luz sobre a teoria da lógica. (W, 1986, p. 40)

A busca das discussões sobre as máquinas semióticas, naturalmente, não foi a da compreensão dos traços mais gerais do humano ou do sistema nervoso, mas sim da compreensão mais geral da semiose presente na realidade das máquinas semióticas. Os seus circuitos e componentes compõem o fundamento do signo, dando qualidades operativas ao mesmo, doam suas qualidades e possibilidades de manifestação. As linguagens como objeto dinâmico contemplam todo o processo que os circuitos devem executar, determinando a execução um passo por vez; e as interfaces que manifestam o comportamento do signo no ambiente operam como interpretantes nesses processos. Mas, numa tentativa de avanço nas discussões, o que implicaria questionar a máquina como ser em um sentido mais geral? Além de observar os traços físicos e os traços gerais de seu tecido semiótico, de seus processos, de sua lógica, o que essa discussão pode nos mostrar para as confrontações pretendidas nesta tese? O que uma ontologia das máquinas teria a nos dizer?

4. MÁQUINAS ONTOLÓGICAS

No primeiro capítulo, exploramos a concepção das máquinas físicas que tem seus exemplares mais legítimos nos computadores cuja tendência é crescer em inteligência. No segundo capítulo exploramos o que são máquinas semióticas, uma expressão que vem chamando atenção dos estudiosos das máquinas inteligentes, observando no decorrer da argumentação o exemplo do computador entendido como máquina semiótica. Chegamos ao ponto em que o avanço depende da compreensão do computador como máquina ontológica e, se aceitando a ideia de que existe uma ontologia orientada às máquinas, neste caso, que tipo de inteligências maquínicas poderiam existir? Para responder essa questão, este capítulo terá início com a apresentação do movimento filosófico denominado realismo especulativo. Isto porque o autor, Levy R. Bryant, que veio desenvolver a proposta das máquinas ontológicas localiza-se sob o guarda-chuva desse movimento filosófico. A seguir, será discutida a origem da noção de máquinas ontológicas propostas por Bryant (2014). Essa noção pode ser considerada como um embrião para os estudos sobre a ontologia orientada às máquinas, apresentada na sequência. Após familiarizar o leitor com os conceitos sobre ontologia e a ontologia das máquinas, discutiremos a fenomenologia das máquinas proposta pelo mesmo autor e as consequências dessa compreensão para o estudo das máquinas inteligentes e possíveis associações maquínicas.

1. O pensamento de Bryant no contexto do realismo especulativo

Esta seção visa introduzir ao leitor o movimento filosófico denominado realismo especulativo e contextualizar o pensamento de Bryant. Para tal será descrito em linhas gerais o pensamento dos principais pensadores, suas influências, temas que atam as discussões e divergências de caminhos de pesquisa. Após essa contextualização será apontado o caminho do pensamento de Bryant até o estágio atual de suas pesquisas.

1.1. Introdução ao Realismo Especulativo

O movimento filosófico, denominado realismo especulativo, nasceu na Goldsmiths College em Londres. Estavam presentes neste Graham Harman, Iain Grant Hamilton, Quentin Meillassoux e Ray Brassier, autores que escrevem sob a tutela de filósofos e pensadores já consagrados como Heidegger, Whitehead, Badiou, Zizek,

Latour, Deleuze, De Landa. Desde então as publicações e simpósios desse grupo de pesquisadores cresceu, ocupando espaço relevante em meios de discussão filosófico, artístico, científico e político, atraindo progressivamente a atenção de muitos. Segundo Harman (2013, p.1):

O realismo especulativo é tópico de livros que estão prosperando em uma grande universidade, é objeto de ao menos um quarto das monografias em elaboração. É parte de políticas editoriais de uma série de jornais científicos. Está nas discussões do estado de arte da arquitetura, arqueologia, geografia, artes visuais e até história... É tópico de uma série de pós-doutorados oferecidos nos Estados Unidos esse ano. É tópico e matéria letiva de semestres nas universidades francesas, assim como está presente em trabalhos de monografias em Paris.

O extravasar dessa nova tendência “cruzou as fronteiras nacionais americanas facilmente e é com certeza tema central nas discussões crescentes sobre filosofia continental na blogosfera.” (ibid., p.1)

Dentre diversos autores do realismo especulativo como Graham Harman, Quentin Meillassoux, Levy Bryant, Ray Brassier e Iain Hamilton Grant, o destaque desse capítulo se situará nos trabalhos de Bryant (2011b e 2014a), mas não sem antes passar brevemente pelo pensamento de alguns desses autores.

De início se destaca o filósofo francês, discípulo de Badiou, Quentin Meillassoux, que é considerado o estopim para o desenvolvimento do realismo especulativo, aquele que trouxe o conceito central que ata os interesses desses pesquisadores e suas ideias diversas. Meillassoux (2008) propõe uma atitude filosófica que se contrapõe àquilo que denomina correlacionismo. O correlacionismo resume uma posição filosófica que coloca o sujeito como centro do mundo e os objetos como entes passivos para a ação desses sujeitos sobre os mesmos.

Correlacionismo consiste em desqualificar que seja possível considerar a realidade subjetiva e objetiva de modo independente. Não é apenas necessário insistir na ideia de que nunca podemos alcançar o objeto em si, em isolamento de suas relações com o sujeito, mas também se torna necessário manter que nós nunca conseguimos chegar a um sujeito que já não esteja sempre relacionado a um objeto... um pode dizer que a filosofia até Kant sempre se preocupou em

pensar a substância, enquanto a partir de Kant, a filosofia passou a se preocupar com a correlação. (MEILLASOUX, 2008, p.6-7)

Lemos-Moraes (2011, p.74) aponta que o correlacionismo apresenta a visão de mundo pós-kantiana, que questiona a metafísica clássica e sua distinção entre as qualidades primárias e as qualidades secundárias. Nesse sentido, o que Meillassoux chama de correlacionismo é o pensamento que se opõe a qualquer distinção entre qualidades primárias e secundárias, bloqueando assim qualquer forma de ontologia material. Aceitar a noção de qualidades primárias permite que aceitemos a existência de uma Coisa-em-si, algo que existe independentemente da percepção de um sujeito, seguindo um caminho diferente de Kant, para o qual não pode haver conhecimento da Coisa-em-si, pois esta será sempre antes uma Coisa-em-nós: "Não conseguimos representar o 'em-si' sem que ele se torne 'em-nós'" (Meillassoux, 2008, 3-4).

O caminho proposto pelo correlacionismo foi o de deslocar a discussão clássica centrada na oposição entre sujeito e objeto para uma primazia do Ser como uma correlação, sendo o próprio pensamento desse Ser o objeto. Pensar o correlato passou a ser a principal preocupação da filosofia pós-Kant: "até Kant, um dos principais problemas da filosofia era pensar a substância, mas, desde Kant, este problema consiste em pensar a correlação" (Meillassoux, 2008, p.6). Como síntese, o correlacionismo para Meillassoux significa que o ser existe apenas como um correlato entre a mente e o mundo, o Ser é uma correlação. Se as coisas existem, elas existem apenas para nós (Bogost, 2012, p.5).

Ao criticar o correlacionismo Meillassoux está, de certo modo, retornando aos escolásticos. O autor defende a possibilidade de conhecer o Absoluto, mas não o Absoluto entendido como uma essência ou unidade divina, mas sim a cognoscibilidade do Absoluto no mundo contemporâneo, que se daria através da ciência e da matemática. Meillassoux sugere uma realidade composta por objetos cujas propriedades são matematizáveis, estas propriedades matemáticas seriam o em si do objeto e independeriam de qualquer correlação (2008, p.3). Meillassoux diferencia, por exemplo, uma projeção de um edifício, onde a matemática é utilizada para construir algo, dos trabalhos da arqueologia (ibid., p.9), onde a matemática é utilizada para descobrir algo absoluto, que já estava lá e não foi construído pelo pensamento humano. Suas

discussões decorrem também a partir das influências dos trabalhos de Alain Badiou (1996) sobre a teoria dos conjuntos de Cantor.

Como afirma Bogost (2012, p.5), “proceder como um filósofo hoje exige a rejeição do correlacionismo, deve-se abandonar a crença de que o acesso humano encontra-se no centro do ser organizando-o e regulando-o como um relojoeiro ontológico”. E esse também é o questionamento que segue Harman. Mas antes de apresentarmos Harman, iremos discutir brevemente sobre o que é Ontologia.

1.2. A Ontologia Orientada aos Objetos

As discussões sobre filosofia clássica de Vita (1964, p.24) apontam para um entendimento da ontologia como “outro nome da metafísica”. Seria ainda o estudo do ser enquanto ser, independente de suas determinações recebidas dos diversos campos do saber seja ele científico, artístico ou filosófico. Mas não de qualquer metafísica, ou estudo da realidade como divindades, mas sim das metafísicas que tratam a realidade como composta por seres ou entidades objetos. Todos os campos do saber que lidam com objetos acabam por ser, por consequência, uma forma de restrição e determinação dessa ontologia mais geral, pois recortam os objetos dentro de seus modos específicos.

Como aponta Heidegger (1995, p.7-8) os termos ontologia e ontológico são um questionar e um determinar dirigido para o ser enquanto ser, mas que ser é este e de que modo o é permanece eternamente indeterminado. A ontologia busca o caráter objetual de um ente enquanto tal, sua objetualidade de caráter formal. A ontologia sempre vai possuir regiões objetuais não acessíveis para o ente, pois ao mesmo tempo em que a ontologia significa essa objetualidades, “ela bloqueia o acesso ao ente que é decisivo para a problemática filosófica, isto é, ao ser-aí, a partir do qual e para o qual a filosofia é” (ibid., p.9)

A ontologia não equivale a toda realidade, mas procura entender e estudar essa totalidade, seus traços genéricos, o ser e os modos do vir a ser e as características particulares dos existentes. Seguindo os questionamentos de Vieira (2008), quais seriam então as discussões comuns para o tema ontologia? São vários: substância, forma, propriedade, coisa, estado, possibilidade, probabilidade e acaso, mudança, evento e processo, espaço, tempo, evolução, para ser mais exato, uma coleção de conceitos que normalmente são pressupostos pelas ciências e cientistas, mas que continuam

pertencendo à filosofia e, muitas vezes, nunca sendo discutidos ou devidamente avaliados por muitos cientistas. (VIEIRA, 2008, p.26)

Como consequência, muitos usam e aplicam esse conceito de modo equivocado. Sem dúvida uma perda, pois grandes inovações de campos específicos dependem destes questionamentos, um exercício filosófico de ordem mais ampla e geral. Trabalho que vem sendo exercido de modo bastante profícuo pelos filósofos contemporâneos que têm explorado o tema.

Harman, assim como Meillassoux, rejeita a ideia de que o conhecimento humano seja o centro do mundo nas análises, posto que não concorda com um privilégio das relações humanas com o mundo sobre as demais formas de relações, sejam elas a dos animais, vegetais, minerais, objetos tecnológicos e outros possíveis tipos de objetos. A proposta de Harman (2002, 2011a e 2011b) aponta, de modo especulativo, para uma realidade constituída por objetos reais, qualidades reais, objetos sensíveis e qualidades sensíveis.

Harman funda a constituinte dos objetos reais e das qualidades reais a partir da releitura e análise do Ser-ferramental de Heidegger (2011a, p.49-50). E os objetos sensíveis e qualidades sensíveis a partir de uma releitura e análise da fenomenologia de Husserl (2011a, p.49-50). Os objetos propostos por Harman constituem essa realidade toda composta de objetos em constante tensão relacional. Objetos reais são a essência, são os objetos disponíveis a mão. Qualidades reais são objetos reais fraturados para o mundo, indisponíveis ao manuseio. Objetos sensíveis são os objetos da experiência. E as qualidades sensíveis são os objetos da linguagem. Como ficam então as cogitações e os objetos? Para Harman cogitações não são epifenômenos, mas sim infrafenômenos dessas relações entre os objetos constituintes do real (Harman, 2002, p.226). Por exemplo, a tensão entre os objetos qualidades sensíveis e os objetos da experiência produzem o epifenômeno do pensamento temporal (Harman, 2011a, p.99-102), onde a relação do objeto experiência com o objeto qualidades sensíveis se encadeiam em um fenômeno interno, presente em cada um dos objetos em conformidade com suas particularidades. Isso pode ser entendido também como a tensão ou diálogo entre o que pode ser descrito pelas qualidades sensíveis e aquilo que é indescritível, apenas experiência dos objetos sensíveis.

Portanto, para além das vias clássicas que buscavam na metafísica esse conhecimento e nas vias modernas que se apoiavam na correlação do ser com o mundo, Harman propõe baseado em seus estudos de Husserl e Heidegger, uma orientação do estudo do ser para objetos. Para o autor (2011b, p.1), o humano continua relevante e concorda com Kant no sentido de que o conhecimento é limitado, aceitando a ideia de que as coisas-em-si podem ser pensadas, mas nunca inteiramente conhecidas. Difere, por exemplo, de Meillassoux em sua atitude perante o pensamento de Kant. Meillassoux, como vimos, aceita a ideia da existência de um objeto em si. Mas Harman aceita que as coisas em si podem ser pensadas, mas não no sentido de um sujeito que pensa objetos, mas, como vimos no parágrafo anterior, de objetos que se relacionam com objetos, onde cogitações são tensões que emergem entre esses objetos, sendo que um objeto nunca poderá conhecer inteiramente o outro objeto.

De modo geral as discussões são diversas, mas há um centro em torno do qual todas gravitam. Este está nas discussões que vão contra o correlacionismo iniciado por Kant. Antes de avançarmos para Bryant, cuja Ontologia Orientada às Máquinas também gravita em torno dos questionamentos de Meillassoux e carrega influências de Harman, vamos apresentar mais pensamentos que têm surgido nessa nova versão da filosofia.

1.3. Uma miríade de abordagens sobre o real na virada especulativa

Avançando, a virada especulativa pode ser compreendida como uma abordagem contra a redução da filosofia a uma análise de linguagens textuais ou ainda contra a ideia de que a consciência estrutura a realidade. Portanto, contra a virada linguística que caracterizou grande parte das discussões da filosofia no século XX, através de trabalhos como os de Bergmann (1964), Rorty (1967) e Saussure (ver Stawarska 2015). Segundo Bryant, Srnicek e Harman (2011a, p. 4), Deleuze e Guattari foram precursores das abordagens ontológicas atuais, ao postular uma “visão ontológica de um reino assubjetivo do devir”. As ontologias atuais são justamente as abordagens sobre o real que procuram contrapor a filosofia da linguagem do século XX, procurando lançar novas bases para o entendimento do real.

Conforme Bryant, Srnicek e Harman (2011a, p.5), Žižek também é considerado um dos influenciadores de destaque das novas tendências do pensamento. Em sua obra *The Parallax View* (2006), o autor discorda da ideia de sujeito como algo positivo e físico no mundo objetivo. Influenciado pelo pensamento de Heidegger, Žižek acredita

em um materialismo cujo significado é o de um real não completo. Existe sempre um ponto cego no mesmo, um buraco constituinte da própria realidade. Nesse sentido, para Zizek, só podemos nos tornar verdadeiramente materialistas se atentarmos para esse vazio.

Conforme Harman (2007, p.2), Latour desenvolve um pensamento que contrapõe todas as formas de reducionismo ao propor suas ideias sobre actantes, irreduções, traduções e associações. Sejam actantes os objetos físicos, estruturas culturais, sistemas de poder, textos, discursos ou fenômenos na consciência. Para Latour todas as entidades são reais, diferindo quanto a sua força, na medida em que agem umas sobre as outras.

Portanto é essa tendência que emerge como uma seriação de novas ontologias, inspiradas em diversos pensadores e filósofos já mencionados. São ecologias do pensamento da virada desse século que se dão em meio à descrença e conseqüente abandono da virada linguística do pós-estruturalismo. As novas abordagens buscam, no combate ao correlacionismo, encontrar a constituinte dos objetos por trás das qualidades que os mesmos manifestam. Um olhar para além dos nomes das coisas com o intuito de resgatar a materialidade e a vitalidade fundante.

O termo objeto tem sido usado de modo bastante amplo, podendo qualquer entidade como uma galáxia, um humano, uma célula, um computador ser considerado um objeto. Assim como nasceu a já referida ontologia orientada ao objeto de Harman, os trabalhos de Meillassoux acerca do estudo do Ser, outros exemplos podem ser enumerados.

Bogost (2012) propõe uma fenomenologia alienígena, questionando o que seria ser uma coisa que não seja coisa humana. Este trabalho específico será abordado nas discussões das máquinas ontológicas, pois tem um papel fundamental no pensamento elaborado por Bryant.

Morton (2010, 2013) propõe a existência dos hiperobjetos. São objetos massivamente distribuídos no espaço e no tempo que transcendem especificidades espaciais e temporais diretamente observáveis. Alguns exemplos seriam os objetos aquecimento global, radiação de plutônio, exsudação de petróleo, supernovas, entre outros.

Conforme Bryant, Srnicek e Harman (2011a, p.7), Ray Brassier apresenta uma abordagem entusiasmada sobre as limitações que o pensamento possui para alcançar a natureza do real. Em seu trabalho Brassier desconstrói de modo paulatino a falsa sensação de que o mundo é a casa do humano, chegando a um projeto de eliminação nihilista que destrói os significados positivistas do mundo.

Iain Hamilton Grant retorna à filosofia de Schelling, cujo propósito é o de construir uma natureza transcendental capaz de prover os fundamentos ontológicos para a ciência. Busca mover o projeto de uma natureza transcendental para além do projeto idealista de Kant, chegando em um campo escuro de pura produção, fundante de todos os produtos da fenomenologia.

Cohen (2014) organizou o livro *Inhuman Nature* que busca mapear a atividade de objetos, coisas, forças, elementos e relações que se sustentam em si e operam de modo indiferente ao humano. Essa busca procura apontar as qualidades dessas entidades e estabelecer a natureza das relações que essas qualidades podem produzir.

Clemens e Nash (2015) propõem uma ontologia digital em seu artigo *Being and Media: Digital ontology after the event of the end of the media*. Seguem a ideia de que:

...tudo é digital e o digital é tudo. Os dados. Tudo é dado digitalizado, e depois modulado entre memórias e apresentado em uma infundável rede baseada em protocolos de negociação... criando uma interminável e crescente quantidade de dados que são estranhamente relacionados a, mas ontologicamente distintos de, aquilo que originou o próprio dado. (IBID., p.1)

Lash (1999) propõe um parlamento das coisas, baseado na ideia de Latour de que nunca fomos modernos (1994). O autor segue a ideia de uma discussão sobre o direito dos objetos que foram sistematicamente ignorados pela modernidade.

Em meio a essa diversidade de projetos, observando uma miríade emergente de ontologias e outras formas de pensamento acerca do real, mais especificamente, procurando entender o que são as máquinas ontológicas, o que elas desvelam e o que elas bloqueiam, cabe agora estudar o que emerge das entranhas do ente maquínico a partir dos trabalhos de Bryant. As máquinas ontológicas emergem também como um rebento da era das máquinas, onde as tecnologias físicas tomaram conta de todo o cotidiano, de toda ciência e influenciam largamente a arte e as discussões filosóficas

atuais. A ontologia das máquinas nasce para explorar as objetualidades que as ciências exatas não captam do assunto e busca expressar de modo amplo um aspecto maquínico, um traço presente em todos os entes existentes, de modo que a MOO de Bryant emerge como uma convergência do retorno da filosofia aos objetos num mundo tomado pelas máquinas físicas.

1.4. No percurso do pensamento de Bryant

Ligado aos pensadores da virada especulativa, Levi Bryant é professor de filosofia na Collin College em Dallas. Carrega influências iniciais de autores como Lacan, Deleuze, Rancière, Žižek, dentre outros, em diversos trabalhos escritos sobre pós-estruturalismo e teoria da cultura.

Com o intuito de posicionar seu projeto ontológico e diferenciar seu pensamento de seus precursores, classifica o pensamento de Harman como uma filosofia orientada ao objeto, enquanto chama suas próprias pesquisas, desenvolvidas inicialmente em seu livro *Democracia dos Objetos* (2011b), de ontologia orientada ao objeto (Bryant 2010a).

A ontologia orientada ao objeto, chamada por vezes também de ontologia, está nas bases de seus trabalhos posteriores. A ontologia busca desprivilegiar o papel central do humano no ato de conhecer o mundo, reposicionando os objetos como os atores centrais desse movimento, deixando de tratar os mesmos como entes conformado pelo pensamento humano. A ontologia parte de três pontos centrais: As coisas para existir devem fazer diferença. A produção da diferença não é uma prerrogativa exclusiva humana. A condição mínima da existência de uma coisa é a de que ela produza uma diferença mínima. (Bryant, 2010b). Nesse ponto Bryant mostra a influência de Meillassoux, ao procurar combater o correlacionismo e firmar sua posição contra Kant, mas segue em linha com Harman, pois Bryant aceita a ideia de que objetos podem pensar outros objetos, mas nunca conhecer os mesmos de modo absoluto. A ontologia significa qualquer coisa que possa produzir diferença: plantas, sinais, animais, pedras etc. São todas reais e possuem escalas distintas. Se uma coisa faz diferença para outra, então ela é real, mesmo que aquilo que faz a diferença não possa ser inteiramente conhecido. Basta que o afeto ocorra.

A ontologia de Bryant avança e propõe que os objetos existem sempre em dois domínios. O domínio da virtualidade em si e o domínio da atualidade. O domínio da virtualidade em si define a topologia do objeto contendo os poderes e potenciais de cada objeto segundo sua capacidade generativa. Bryant (2011b, p.77) aponta que a topologia, ou virtualidade em si do objeto, pode variar através de ações de esticar, torcer, espremer e dobrar. Mas o objeto nunca pode ser rasgado, pois o rasgar alteraria a identidade originária do mesmo. Cada objeto tem sua virtualidade e nenhum objeto pode encontrar a virtualidade do outro. A atualidade de um objeto se refere ao modo como este está se manifestando em uma determinada localidade e segundo certa relação de afetos. Conforme Bryant (2011b, p.75-76), qualidades são os elementos manifestos e descritíveis da ação de um objeto por outro objeto. Enquanto a virtualidade em si de um objeto não é conhecível por outro objeto, as qualidades manifestas através de sua ação sim, pois os objetos se colocam em relação através de seus encontros qualitativos na superfície.

Nesse ponto Bryant se mostra preocupado também com a questão do Ser-ferramental. Como os objetos se relacionam? Como os objetos recuam? Como avançar nas premissas postas por sua ontologia? A resposta de Bryant veio através do desenvolvimento de sua Ontologia Orientada às Máquinas e, extraída a partir desta ontologia, sua fenomenologia maquinica, cria um universo dos processos relacionais e contingentes, em que toda a realidade é permeada por máquinas. Bryant denomina ainda sua abordagem de maquinismo, reforçando seu caráter pela escolha do termo como uma retórica, uma metáfora que se preocupa com a concepção original das máquinas físicas, reconhecendo, por exemplo, seu caráter rígido. Mas faz isso também para se aproveitar do sentido processual que a ideia de máquina carrega para produzir e estimular o leitor no seu caminho de estudo e compreensão do real e suas entidades, extrapolando o sentido original que o termo máquina carrega (Bryant, 2014b).

2. A concepção das máquinas ontológicas

As seções a seguir compõem a apresentação de modo progressivo dos trabalhos de Bryant sobre máquinas ontológicas. Por se tratar de uma proposta recente e ainda em desenvolvimento, não há uma bibliografia ampla a respeito do tema, exceto aquelas construídas pelo próprio autor. Portanto o trabalho ficará necessariamente concentrado

nessa apresentação, com estabelecimento de alguns paralelos em relação ao computador, de modo a se atingir o objetivo deste capítulo, que é o de observar o que um projeto como o proposto por Bryant pode nos dizer acerca das máquinas.

Bryant (2014a, p.15) afirma que o início da existência das máquinas não está necessariamente atrelado às invenções de Arquimedes, pois todos os seres são, antes de qualquer outra coisa, constituídos por máquinas. São como camadas de máquinas envolvendo umas às outras, inundadas pelo fluxo material de outras máquinas e produzindo novos fluxos, com renovadas formas como resultado de sua operação. Para Bryant o ser é “um conjunto ou uma coleção de máquinas”. O autor pauta sua concepção em uma das definições do dicionário inglês de Oxford OED, que afirma a constituição das máquinas como estruturas materiais e imateriais que operam como o tecido do mundo.

Bryant afirma que máquina é o nome para qualquer entidade corpórea ou incorpórea que existe: “entidade, objeto, existente, substância, corpo e coisa são todos sinônimos de máquina” (ibid., p.15). Ele justifica o uso do termo máquina porque a mesma captura a essência das entidades como seres que funcionam ou operam. Argumenta ainda contra a ideia de que o objeto pode evocar a conotação de uma oposição com o sujeito, ponto de que os realistas especulativos têm procurado se distanciar. O termo máquina evitaria essa associação. Bryant (ibid., p.15-36) elenca alguns supostos preconceitos relacionados à existência das máquinas. São eles: todas as máquinas são máquinas rígidas; todas as máquinas são projetadas por humanos; máquinas têm um propósito ou uso; existe uma variedade de tipos de máquinas; existe uma ecologia midiática pós-humana. Vamos apresentar brevemente cada ponto.

2.1. Todas as máquinas são rígidas?

Contra o preconceito de que todas as máquinas são rígidas, Bryant (2014a, p.15-17) aponta que a noção de máquinas rígidas não exaure toda a concepção do conceito de máquina. Máquinas rígidas seriam apenas aquelas compostas por partes materiais fixas, funcionando de modo rotineiro, incapazes de aprender, crescer e evoluir. Cita como exemplo os automóveis, computadores primitivos, telefones celulares, lâmpadas, pedras, planetas mortos, cometas e partículas atômicas. Seguindo a racionalidade do autor, máquinas rígidas não conseguem alterar suas próprias operações.

Mas, para que a tese de que todos existentes são máquinas seja válida, máquinas rígidas devem ser apenas uma parte dos tipos de máquinas existentes. Plantas crescem e evoluem. Isso ocorre também com insetos, planetas e crianças. Organizações são capazes de aprender e mudar seu comportamento e suas operações como consequência do aprendizado. Então, para que as entidades apontadas também possam ser chamadas de máquinas, precisamos compreender em que medida podem existir máquinas plásticas.

Mais adiante, para Bryant nem todas as máquinas têm sua materialidade na natureza. Enquanto todas as entidades linguísticas requerem um corpo material na forma de discurso ou escrita para existir, estas possuem ao mesmo tempo uma dimensão incorpórea que permite que as mesmas permaneçam dormentes por longos períodos, espreitando uma oportunidade de agir sobre outros seres em algum momento no tempo. Como exemplo o autor toma a constituição nacional, que não é composta de partes materiais rígidas como um celular, mas mesmo assim é uma máquina. Isso valeria ainda para uma receita, que não tem os ingredientes em si, mas existe como uma máquina para operar os ingredientes; uma novela, que não contém em si pessoas, pedras, animais e bombas, mas ainda assim age sobre outras máquinas como pessoas, instituições e economias; pensamento que valeria ainda para a noção de débito como máquina, que organiza a vida de milhares de pessoas.

Para Bryant, uma árvore é uma máquina, assim como um avião e a constituição e, sendo assim, máquinas rígidas são apenas um tipo de máquina, dentro muitos outros tipos de máquinas. Máquinas não são apenas aquelas compostas de partes rígidas que operam fluxos de matéria em um modo rotineiro. O autor propõe, nesse sentido, uma revisão substancial no conceito de mecanismo e mecânica maquinica, em que os mesmos não devem ser entendidos de modo oposto à ideia de criatividade e apartados da plasticidade. Em sua crítica, Bryant pretende capturar a natureza dos diferentes tipos de máquinas como as vivas, as incorpóreas, as artísticas e as políticas.

2.2. Todas as máquinas são projetadas por humanos?

Para Bryant (*ibid.*, p.17-23) máquinas não são necessariamente projetadas. O preconceito usual relacionado ao entendimento de que máquinas são projetadas estaria ligado à ideia de que alguma inteligência racional, seja ela humana ou divina, seriam os projetistas. Contra a ideia de um projetista divino que seria descoberto através da

observação da organização e da teleologia na natureza, o autor recorre a Darwin e sua revolução. E para opor a ideia de que o ser humano é o projetista, o autor faz uma analogia com a criticada distinção entre objetos e sujeitos em comparação com máquinas e projetistas.

Máquinas escapam de associações antropocêntricas, chamando atenção para os seres que operam como corpos independentes. Seguindo a racionalidade de Delanda (2011), são máquinas que emergiram de outras máquinas sem nenhuma intencionalidade humana guiando as mesmas. Árvores, planetas e átomos de cobre seriam todas instanciações de máquinas do tecido do universo, sendo que nenhuma dessas máquinas foi projetada por alguém. E, nesse sentido, apenas um pequeno subconjunto das máquinas é composto por aquelas projetadas por humanos ou seres inteligentes. Mesmo em relação a esse subconjunto do que é fabricado pelo humano, Bryant recobra as discussões sobre *techne*, quando, por uma perspectiva hilomorfista, se assume que primeiro o artesão desenvolveria o modelo do que quer construir em sua mente, criando uma forma, e depois forçaria a mesma sobre a materialidade que quer transformar. Mas tal abordagem pode diferir da atividade do artesão em si, pois o mesmo acaba por elaborar e desenvolver seu projeto no ato da confecção do mesmo, tendo apenas uma vaga ideia ou intenção do que quer fazer no início de suas atividades. É mais uma negociação entre artesão e obra do que uma imposição do primeiro ao segundo.

Um exemplo utilizado por Bryant (2014a, p.19) é o de uma fábrica de máquinas a vapor. A máquina a vapor demanda constante manutenção em suas partes, assim como engenheiros, o que acabou por levar a uma tendência de construção de fábricas com grandes plantas. As fábricas de maior porte seriam mais eficientes em suas operações e teriam custos competitivos no processo de manutenção dos motores a vapor. Para Bryant, a máquina a vapor em si existia como intenção de criar energia e girar uma serra para cortar madeira. Seu projeto inicial não implicava a necessidade e a ideia de uma enorme fábrica, mas sua existência e seus modos de operar forçaram sua evolução sobre as intenções dos projetistas, agenciando seus pensamentos. Evoluindo esta lógica, Bryant aponta que a materialidade impõe obrigatoriedades aos projetistas em diversos níveis. O trem, suas rodas, seu tamanho e seu motor são função dos materiais existentes e dos locais onde vão operar. O trem e o projetista acabam por se engajar em um moldar

recíproco, em que existe uma intencionalidade do humano, mas existe também uma intencionalidade técnica que emerge das coisas em si.

As tendências em permanecer e mudar das coisas resulta de um encontro dessas intencionalidades, com suas propriedades e formas que visam a um alvo. Bryant (ibid., p.20) desenvolve ainda mais essas ideias apoiado em Sartre (2004, p.159). Não apenas as ferramentas impõem suas técnicas sobre o homem, mas também o ambiente. “Em primeiro, uma ferramenta ou um ambiente estruturam de modo habitual um corpo.” Uma caneta tinteiro sugere o modo pelo qual deve ser pego, afetando os movimentos dos músculos, dos ossos e os esquemas mentais de quem lida com ela. O mesmo ocorre com o ambiente que molda as estruturas que nele habitam. As ferramentas também geram exigências sociais às quais devemos nos adaptar. Bryant cita o exemplo da invenção dos relógios, principalmente os pessoais, que moldaram toda a vida social em pedaços de tempo. As estações do tempo, o dia e a noite, os momentos de trabalho, os momentos para encontros e outros acabaram por ser substituídos pelas abstrações do tempo do relógio e de suas representações em horas. Essas análises poderiam ser estendidas ainda para a invenção da eletricidade, do jornal, da televisão, dos automóveis, celulares e internet. Seriam tecnologias que geram conjuntos de normas pertinentes às relações sociais. Em suma, os artefatos não são meramente uma construção intencional do artesão a partir de um modelo prévio. As exigências da materialidade, os materiais e os ambientes impõem sua presença contribuindo para o produto final. A concepção central de mídia para Bryant repousa nessas discussões. Mídias são formativas da ação humana, das relações sociais e se projetam de diversas formas, não restritas apenas ao projetista humano.

2.3. Todas as máquinas têm propósito?

Segundo Bryant (2014a, p.23-25) o terceiro preconceito relacionado às máquinas é o de que as mesmas têm um propósito ou uma utilidade intrínseca. Esse paradigma estaria atrelado necessariamente à noção de máquinas rígidas. Por exemplo, o propósito ou uso de uma faca elétrica é cortar frango ou pão e esse seria o motivo de sua existência. Diferentemente disso, para Bryant, entidades diversas como buracos negros, neutrinos, sementes e coelhos são máquinas, mas não teriam propósito como a faca elétrica ou o computador, que são máquinas projetadas pelo humano. Seriam entidades que funcionam de um modo específico, mas sem nenhuma meta particular, uso ou

propósito para além de si mesmo. Para Bryant, no tecido de uma realidade maquínica, não existe um propósito específico a uma máquina para servir necessariamente a outra máquina.

Nesse sentido, máquinas podem contingencialmente servir umas às outras, mas tal uso não é parte delas como ser. Se considerarmos o humano como uma máquina, então mesmo as máquinas rígidas, que foram desenvolvidas para ter algum propósito, deixam de ter um propósito em si e passam a ser colocadas a tal serviço por outras máquinas de modo contingente. Isso ocorre porque, segundo o autor, todas as máquinas são pluripotentes, ou seja, têm a capacidade de ser, funcionar e se atualizar para uma série de coisas, para além de ideia de um propósito de concepção primordial. Mas, apesar da plenipotência de uma máquina ser ilimitada, esta não pode vir a ser nenhuma outra máquina. Elas podem dar gênese a uma série de formas e funções que seu alcance de máquina permite. Pedras podem assumir vários estados de modo dependente às condições do clima, desde o magma até o carvão. Também podem ser usadas com pesos para prender papel, segurar portas, armas, aquecedores, entre outros. Avança na argumentação apresentando o conceito de exaptação. Exaptação é um conceito da biologia evolucionária proposto por Gould e Vrba (1982, p.4), em que os mesmos tratam tal abordagem como um ponto cego do campo. Afirmam que, em muitas situações, a evolução não é guiada pela experiência do organismo no ambiente, mas sim pela apropriação de objetos disponíveis no ambiente por um organismo. Por exemplo, um caramujo que adota uma carapaça como seu casco protetor. A exaptação seria responsável pela formação de novos tipos de existentes numa realidade maquínica, permitindo que uma máquina possa funcionar com um uso diferente daquele para o qual se originou. Um pulmão, em seus primórdios, não tinha a função de respiração, este era um órgão de flutuação para muitos organismos marítimos.

A história das tecnologias, nesse sentido, poderia ser compreendida como a história das exaptações, em que o potencial de várias tecnologias é explorado e os problemas que emergem, quando essas tecnologias são colocadas em situações de uso renovado, clamam por novas soluções. Máquinas não teriam um propósito ou uso, seriam colocados em tal situação quando acopladas estruturalmente com outras máquinas. Baseado na teoria de Maturana e Varela (1998, p.75-80), entidades em regime de acoplamento estrutural produzem uma relação e se desenvolvem em um modo relacional, seja ela uma relação unidirecional ou bidirecional. Relações

unidirecionais são aquelas como a do sol com uma flor. A flor reage intensamente ao seu regime de acoplamento com o sol, enquanto o sol não reage à sua existência. Um acoplamento bidirecional, por exemplo, na evolução da natureza, uma entidade acaba por desenvolver capacidade de proteção, camuflagem e velocidade de modo a fugir de seu predador, que por sua vez desenvolverá caminhos e reformas em si para lidar com essas novas situações. Portanto, para Bryant, o propósito e o uso de uma máquina são contingentes ao seu regime de acoplamento.

2.4. O que seria uma ecologia das máquinas?

Bryant (2014a, p.25-30) aponta para a existência de uma variedade de tipos de máquinas, misturadas de diversas formas. Podem existir máquinas que são constituídas de partes corpóreas e incorpóreas, com diferenças em grau. A noção de máquina corpórea está ligada a sua materialidade, ocupa um espaço discreto no espaço e no tempo e tem certa duração como existente. Exemplos seriam pedras, grama, corpos humanos, instituições, refrigeradores. Máquinas incorpóreas são caracterizadas por sua interação, perpetuidade potencial e a capacidade de manifestar a si mesmas de diversos modos diferentes na espacialidade e no tempo, no mesmo instante, sem perder sua identidade. Podem ainda existir sem se manifestar de modo concreto por muito tempo, permanecendo em estado dormente, sem atividade. Receitas, notações musicais, números, equações, teorias científicas e filosóficas, identidades culturais e novelas são exemplos de máquinas incorpóreas.

Bryant (ibid., p.26) discute que máquinas incorpóreas não se referem a um idealismo platônico de máquinas que habitam outro reino. São máquinas que dependem de corpos para existir no mundo, como a linguagem que depende de cérebros ou computadores. Máquinas incorpóreas têm uma característica material de poder habitar diversas partes do mundo ao mesmo tempo. Podem ser instanciadas e copiadas de modo múltiplo sem perder sua identidade. O número 5 poderia ser pensado e copiado simultaneamente em diversos lugares, mas não deixaria de ser ele mesmo. São máquinas com uma materialidade repetitiva. É a capacidade de repetição sem perder a identidade que as torna incorpóreas. A causalidade das máquinas incorpóreas diverge das corpóreas.

As máquinas corpóreas funcionam dentro do regime da mecânica de causa e efeito, enquanto as incorpóreas podem afetar sem serem afetadas e podem atuar de

modo não sequencial em uma cadeia de relações de máquinas. O passado remoto, por exemplo, pode ser preservado em algum tipo de mídia e influencia o presente. Máquinas corpóreas e incorpóreas se relacionam de diversos modos. A aritmética, a geometria e o cálculo dependem de suas notações para evoluírem. Apenas no discurso minguariam. Máquinas de escrever são combinações de máquinas corpóreas e incorpóreas, compostas de símbolos, sintaxes e regras de combinação são partes incorpóreas. Enquanto o papel, lápis, a tinta e os grafites inscritos são corpóreos. Baseado em Clark (2003, p.7), Bryant afirma que máquinas corpóreas têm sua contribuição cognitiva, por exemplo, substituindo e expandindo a memória biológica, limitada em sua capacidade de armazenagem e processamento de dados complexos e sua mortalidade biológica. O lápis e o papel contribuem e permitem que problemas relacionados à escrita sejam resolvidos. Com a evolução da escrita pelas vias de uma parte corpórea de uma máquina, uma máquina incorpórea como a matemática também evolui. Máquinas incorpóreas também podem impactar de modo significativo as corpóreas: currículos educacionais, conselhos, receitas são todas máquinas incorpóreas que, quando ativas e em regime de acoplamento com máquinas corpóreas, agem e modificam as mesmas.

Tanto máquinas incorpóreas quanto as corpóreas variam das mais plásticas às mais rígidas (Bryant, 2014a, p.29). Funções matemáticas são máquinas incorpóreas rígidas, por exemplo. Mas regras da burocracia, procedimentos e códigos morais podem ser modificadas e atualizadas, tendo uma maior flexibilidade que funções matemáticas. E músicas, novelas, cultura e teorias tem alta plasticidade. Bryant aponta ainda que máquinas corpóreas podem ser divididas em inanimadas, animadas e cognitivas. Máquinas inanimadas não se engajam ativamente em operações para se organizar e persistir, apenas participam e são levadas por relações com outras máquinas. Máquinas animadas se engajam em operações para se organizar. Máquinas cognitivas são aquelas corpóreas capazes de dirigir suas próprias ações, têm intencionalidade. Essas distinções também podem formar uma composição. Por exemplo, golfinhos, humanos, instituições são ao mesmo tempo máquinas cognitivas e máquinas animadas. São capazes de aprender e de agir em função de metas. Seus corpos também têm capacidade de se curar e, por isso, são máquinas animadas. São ainda habitados por diversos tipos de máquinas incorpóreas com leis, diretrizes, procedimentos, entre outras.

2.5. O que seria uma mediação não humana?

Bryant (2014a, p.30-35) avança nos referidos preconceitos relacionados à concepção de máquinas, construindo seu argumento para uma ecologia midiática pós-humana. Nesse sentido máquinas não têm necessariamente uso ou propósito, adquirem tal estado apenas quando colocadas em acoplamento estrutural com outras máquinas. Uma capivara isolada de um leopardo é apenas uma capivara, mas, quando colocada em relação a um leopardo, passa a ter a função de alimento. A caneta não tem o propósito da escrita, adquire tal uso apenas em acoplamento estrutural com uma pessoa. Bryant avança em sua análise baseado no pensamento de Varela e o associa à noção de meios de comunicação como extensão do homem de McLuhan (1998, p.viii). Nesse ponto, quando uma entidade é colocada em relação à outra, ela passa a ter a função de mediar essa segunda entidade por estender e ampliar as faculdades orgânicas da mesma. A escrita estende o discurso e a escuta permite ouvir a fala do outro sem a presença do mesmo. Carros estendem os pés como locomoção e a câmera fotográfica estende a visão.

Uma máquina pode ser também uma mídia quando colocada em acoplamento estrutural com outra máquina, por ela mediada, estendendo seus poderes e capacidades de alguma forma. Mídia é um intermediador de coisas, que avança para todo o tipo de materialidade. Cada qual tem suas características que ampliam ou diminuem certas coisas. Por exemplo, a máquina da lei é grandemente afetada em seus modos de funcionar pelas mídias nas quais fluem. Na oralidade tendem a persistir por pouco tempo, desaparecendo no tempo da fala e seu refluxo no pensamento. Já na escrita a lei adquire um estado de permanência, um estatuto próprio que lhe dá autonomia para sobreviver de modo independente de quem a profere. Uma existência alienígena, não humana, que se força sobre a mente de quem vai ler e proferir a mesma em diversos espaços e momentos temporais diferentes ou simultâneos.

A materialidade da mídia, composta por suas propriedades e poderes, afeta e altera substancialmente a atividade humana. A energia elétrica permitiu, por exemplo, vida noturna nas cidades e múltiplos turnos nas fábricas. Bryant sugere um avanço na concepção de mídia de McLuhan ao afirmar: “Uma máquina funciona como uma mídia para outra máquina não apenas quando amplifica ou estende os órgãos dos sentidos, mas toda vez que modifica a atividade ou o vir a ser de qualquer outra máquina.”

(Bryant, 2014a, p.33) O cigarro é uma mídia para as células pulmonares por alterar seus modos de crescer e reproduzir, a temperatura de um ninho de passarinho funciona como uma mídia para o desenvolvimento dos ovos neles depositados, telefones inteligentes funcionam como mídia para o humano por alterar seus modos de se comunicar e agir. Portanto, para Bryant, não se trata apenas de se estender o humano, mas coisas podem estender outras coisas. Estudar a mídia é estudar acoplamentos estruturais entre máquinas que modificam os movimentos, os sentidos, as ações e o vir a ser de outras máquinas. Não basta estudar apenas tecnologias, ferramentas, artefatos e formas de comunicação. Para Bryant (2014a, p.30), uma ecologia midiática pós-humana deve, necessariamente, estudar todas as formas de relações das máquinas constituintes do real e como elas se acoplam, mediando suas atividades e evolução, não restrita apenas a análise da máquina humana.

2.6. Entidades maquínicas e suas operações

Para Bryant (2014a, p.37-41) o mundo é tecido por máquinas. Não apenas máquinas rígidas projetadas e com propósito, mas seriam elas as próprias camadas constituintes do real. Máquinas dispõem de um entendimento que nos ajuda a escapar da epistemologia tradicional, dependente sempre de sujeitos atados a objetos. Objetos não seriam apenas um aglomerado de qualidades para um sujeito. E o sujeito não é responsável pela existência dos objetos. Uma árvore pode variar em termos qualitativos para um ou mais sujeito, mas ela continua sendo uma árvore, independentemente de suas qualidades. Essas propriedades invariantes da árvore seriam sua essência constituinte, enquanto suas qualidades, seus acidentes. Nesse sentido, ao entender a árvore como uma máquina, deixamos de nos preocupar com seus acidentes e passamos a focar o que a mesma é como operação. Uma operação, segundo Bryant (2014, p. 38), é um processo básico que toma um ou mais *inputs* e performa uma transformação neles, produzindo um *output*. Bryant afirma que *inputs* podem emergir de dentro ou de fora da máquina. De dentro de meu corpo uma célula pode produzir um agente químico que afetará outra célula. Essa célula efetua um conjunto de operações que produz os químicos que são absorvidos por outra célula. Um exemplo de *input* externo é uma flor absorvendo água do solo. Em uma perspectiva da ontologia maquínica, a pergunta principal se desloca da busca da compreensão sobre o que uma coisa tem para a interrogação de como ela age. De certo modo, Bryant busca uma filosofia da ação e da mediação, um fluxo processual composto por categorias da existência maquínicas.

Em uma ontologia orientada às máquinas, entidades são entendidas como máquinas e seres são compostos por máquinas em todos os seus níveis de existência. Como exemplo, uma receita seria uma máquina que performa operações no ato do cozinhar, que por sua vez performa operações sobre outros ingredientes utilizados no processo. Seguindo Deleuze (1987, p.6), Bryant dá o exemplo de que o livro é em si uma máquina, chamando a atenção do leitor para o fato de que um livro não é dotado apenas de significado, mas é também uma função. Uma função cujas leis estão estabelecidas nas relações entre os conjuntos de personagens, linguagens, eventos, leitores e instituições sociais. E assim a lógica se sucede para outros exemplos, como um artigo acadêmico. Máquinas que propõem formas de observação ou construção de órgãos como telescópios, colisores de partículas e medidores de radiação. Um sapo seria uma máquina que come insetos. Seria ainda uma máquina capaz de autoprodução. Máquinas não são representações, mas sim produções. Em sua reflexão sobre máquinas, Bryant segue em larga monta a concepção de máquinas desejanter de Deleuze e Guattari (1983), concordando com a ideia de que a grande descoberta da psicanálise é a concepção da produção do desejo. Produção do inconsciente como uma fábrica. Deleuze busca resgatar os primórdios dessa fábrica o como inconsciente. Nesse sentido, as formações do inconsciente seriam função de novos desejos socialmente guiados. Máquinas então seriam também um teatro de produção de uma fábrica social.

Para Bryant (2014a, p.40), o ser de uma máquina não é definido por suas qualidades e propriedades, mas sim por suas operações. E, nesse sentido, máquinas devem ser decompostas em suas operações e nos produtos (*output*) de suas operações. Máquinas adquirem assim duas dimensões em sua existência: Operações puras de sua existência formal, o que elas seriam capazes de fazer, e os resultados produzidos por suas operações quando operam. Nesse sentido máquinas podem ter capacidade de fazer operações, mesmo que não estejam executando as mesmas. Para a existência formal das máquinas Bryant dá o nome de “virtualidade em si do ser” (para mais detalhes ver também Bryant, 2011b, p.87), enquanto para suas operações ativas e seus resultados o autor denomina “manifestações locais”. O ferro, por exemplo, tem a virtualidade de produzir ferrugem, mas só o faz se estiver em determinadas condições específicas que demandam, por exemplo, oxigênio. O ferro não tem como manifestar essa propriedade virtual em um local como o espaço, fora de uma atmosfera que contenha oxigênio.

2.7. O poder maquínico e sua constituinte

Em linha com o pensamento de Molnar (2006, p.57-58), Bryant (2014a, p.41) apresenta ainda sua ideia de poder. Este é um sistema virtual de propriedades que pode ser possuído por qualquer máquina. Tal sistema, ou noção de poder, tem cinco atributos, dos quais se destacam dois: *Direcionamento*: o produto resultante da operação é particular de uma operação específica. Por exemplo, uma planta produz oxigênio a partir do carbono através das operações da fotossíntese. Nesse ponto Bryant afirma que o modelo de poder é análogo a funções matemáticas: Uma função $f(x) = x^2 - 3$ é direcionada a um produto particular quando operando sobre um *input* particular. Se o *input* é $x = 2$ o produto é 1. O produto para o qual uma operação ou poder é direcionado é chamado de sua manifestação. O poder de uma operação sempre será mais amplo que suas manifestações locais. Outro *input* nessa função levaria a operação a um *output* diferente. Por isso o poder é caracterizado pela virtualidade.

Em segundo, poder é caracterizado pela independência em relação a suas manifestações. O poder não pode ser exaurido por suas manifestações, sempre as supera. O poder pode inclusive nem se manifestar. Fósforo tem o poder de queimar, mesmo que não queimem. Nesse sentido, manifestações são sempre dependentes do poder, mas o poder não é dependente das manifestações. Máquinas possuem poder mesmo dormentes ou suprimidas. Um poder virtual não exercido. Como consequência o poder só pode ser caracterizado por sua atualidade. A atualidade se refere às características virtuais possuídas pela máquina. Então o poder é intrínseco as máquinas que os possuem. Por exemplo, um fósforo não pode queimar no vácuo, mas seu poder de produzir fogo é intrínseco. Como consequência dessa reflexão, Bryant chega a sua noção de objetividade. O poder, a propriedade virtual das máquinas, é a objetividade da mesma. Independente de um sujeito observar, ou de uma manifestação ocorrer, o poder é constituinte da máquina.

Nesse momento Bryant (ibid., p.42) faz uma importante distinção em seu pensamento entre o conceito de poder e operação. Enquanto a operação evoca um exercício de manifestação do poder, o poder é a capacidade possuída pela máquina em seu sentido mais largo. Em suma, uma manifestação é produto da operação de um poder, dentro de suas possibilidades, direcionado por um *input* específico. Esse direcionamento como *input*, lembrando passagem anterior, pode vir de dentro ou de

fora da máquina. Os pensamentos como máquina, por exemplo, podem nascer de um pensamento anterior ou de um estímulo externos aos órgãos sensórios motores.

2.8. Manifestações maquínicas

Avançando nos entendimentos sobre manifestações, Bryant (ibid., p.43-45) afirma que estas não ocorrem para um observador, mas sim como resultado das operações. Manifestações, produtos ou *outputs* podem ser classificados em três formas: Manifestações qualitativas são aquelas que ocorrem da transformação de alguma qualidade de uma máquina como cor, forma e textura. Por exemplo, quando uma pessoa toma sol, uma manifestação qualitativa ocorre na alteração da cor da pele da mesma. Para Bryant, a cor não é uma propriedade pertencente a um objeto, mas é sim o resultado de uma operação que ocorre sobre uma superfície sob o efeito de ondas. Portanto, qualidades de cor como vermelho, azul, verde são manifestações que uma superfície pode efetuar, mas que não pertencem ao objeto superfície em si. É sim uma função ativa resultando em uma série de operações qualitativas.

Em segundo existem as manifestações por agência. Estas são transformações que a máquina pode sofrer em seu modo de se comportar como consequência do direcionamento de *inputs* não usuais. Por exemplo, uma pessoa com febre altera seu comportamento usual. O mesmo ocorre quando uma pessoa está apaixonada. Novas formas de manifestação da máquina emergem em função de novas formas de agência.

Por último, o autor aponta as manifestações materiais. Trata-se de uma manifestação física do produto de uma operação de uma máquina. Um aluno que adquire um diploma no final de seus estudos é uma manifestação material de uma determinada máquina educacional. Esta começou como um *input*, que passou por operações educacionais, que o transformou em um *output* de um estudante diplomado.

Conforme Bryant (ibid., p.46) as manifestações de uma máquina são locais porque o modo pelo qual ela manifesta suas propriedades, atividades e materialidades, é variável em função das condições dessa localidade. As cores, por exemplo, variam de acordo com as condições do vento e de luz dos locais onde se manifestam. E, nesse sentido, vento e iluminação são também máquinas operando em manifestações locais, possibilitando e alterando as manifestações de outras máquinas existentes. Bryant afirma que seria um erro acreditar que o poder constituinte da propriedade virtual do ser

é fixo. Muitas máquinas possuem sistemas de poder estáveis ao longo do tempo gerando manifestações locais estáveis. Mas outras têm seu poder aumentando e diminuindo mais facilmente, tendo seu limite no colapso de seu próprio sistema operacional, que acarreta em sua destruição. Como exemplo temos o corpo humano, que ganha ou perde poder em função da qualidade do sono, da alimentação, com manifestações observáveis no comportamento e nas ações desse corpo.

Máquinas também podem ganhar ou perder poder dependendo do modo que se acoplam com outras máquinas, estendendo sua existência e formando sistemas mais complexos. Seres humanos, para adquirirem capacidade matemáticas, esportivas ou de arte precisam se desenvolver conjuntamente a outras máquinas que já dispõem desse poder, de modo que absorvam o mesmo e expandam seu poder próprio. O poder de uma máquina pode mudar em função de seu acoplamento estrutural com outras máquinas, reformando seu sistema operacional. O aço, por exemplo, em temperaturas extremamente frias perdem seu poder de resistência e passam a ser quebráveis.

Para Bryant (*ibid.*), todas as máquinas são plásticas em algum grau, mesmo as mais rígidas são atualizáveis. Por outro lado, nenhuma máquina é completamente plástica, a ponto de poder tornar-se outra máquina. Uma pedra não pode se transformar em uma borboleta e nem a borboleta em um carro. A plasticidade da máquina é uma propriedade particular de cada uma, sendo a mesma atestada pela variação de manifestações locais que a máquina pode produzir através de suas operações e através de seus produtos associados ao poder de outras máquinas. Só pode se descobrir o ser de uma máquina, seu poder, agindo sobre a mesma e variando suas relações com outras máquinas, para discernirmos que tipos de manifestações locais e novidades aparecem como consequência.

Manifestações são locais porque o modo como as máquinas manifestam seus produtos como propriedades, atividades e materialidade é função das operações performadas pelas máquinas, assim como dos inputs direcionadores que fluem pelas máquinas. Nesse sentido Bryant (2014a, p.49) apresenta seu entendimento de máquinas binárias. O autor traz a ideia de que máquinas são binárias obedecendo a uma lei binária de conjunto de regras que governam associações, quando uma máquina está sempre acoplada a outra máquina, onde a produção sintética é sempre resultado da produção de

outra produção de um modo naturalmente conectado. Uma máquina sem conexões não flui.

2.9. Mediação e máquinas transcorpóreas

Avançando, Bryant (2014a, p.49-53) adentra seu conceito de mediação. Uma máquina que provém através de seu produto um *input* para uma segunda máquina, seja esse qualitativo, ativo ou material, essa primeira máquina adquire também a condição de mediadora da segunda máquina. Uma árvore está acoplada ao sol, ao solo, à chuva e a uma variedade de microrganismos, onde todos são provedores de fluxo para as funções metabólicas da árvore. A árvore depende de *inputs* de uma série de outras máquinas para que possa operar. Nesse sentido, os circuitos de um computador estariam atados a um algoritmo, provendo fluxos de energia para que o mesmo possa se manifestar em uma localidade específica. Observar os modos como as máquinas se acoplam e modificam seus acoplamentos implica a observação de como as máquinas se manifestam e criam. Para Bryant a relação de acoplamentos e mediação maquinica é sempre externa às máquinas. O fato das relações de acoplamento ser externo implica a ideia de que os objetos não têm propriedades manifestas em si, mas estes, entendidos como máquinas, têm relações situacionais que podem se alterar, ampliar ou diminuir, gerando manifestações locais mutáveis e específicas segundo um determinado contexto.

Bryant apresenta ainda o conceito de transcorporealidade. Quando um *input* que flui por uma máquina emerge de fora da máquina, por exemplo, o ar da respiração, essa máquinas tem características transcorpóreas. Esse princípio explora os modos como os corpos estão misturados, afetando-se mutuamente. São máquinas operando e fluindo através de outras máquinas. E nesse processo forma-se uma determinação recíproca entre as máquinas. São muitas as instâncias nas quais uma máquina flui por outra máquina e produz modificações na mesma.

Por final, o autor entra com a ideia de que máquinas podem variar em rigidez. Máquinas rígidas são praticamente impermeáveis ao fluxo de outras máquinas. Bryant exemplifica máquinas incorpóreas como as que possuem tais características: equações matemáticas é o maior destaque. Na outra ponta, o autor afirma existirem máquinas altamente plásticas: destaque para as partículas subatômicas que são altamente instáveis em sua existência. Na escala de máquinas rígidas até as plásticas, uma larga gama de outras máquinas aparece. Fábricas, teologias, movimentos políticos, neuroses, tendem a

uma classificação mais rígida e uma manifestação mais estável. Corpos orgânicos, trabalhos de arte, movimentos anarquistas, cérebros e partículas têm características mais moldáveis por sofrerem maior efeito do fluxo de *inputs* que atravessam. Modificam-se mais facilmente e alteram suas manifestações por consequência.

2.10. Considerações parciais acerca das máquinas ontológicas

Pudemos observar até o presente que a discussão proposta por Bryant faz um uso do termo máquina de um modo metafórico. Quando o autor versa sobre um mundo permeado por máquinas, ele se refere às entidades materiais e não materiais que chamava de “objetos” em seu livro anterior, *A Democracia de Objetos* (2011b). Renomeadas “máquinas” em seu livro de 2014: *Entidade*, “objeto”, “existente”, “substância”, “corpo” e “coisa” são todos sinônimos de máquina, declara Bryant agora (2014a, p.15). Por uma máquina, Bryant não significa um “estratagema”, um “dispositivo enganoso” e muito menos um “instrumento de opressão dos seus usuários”.

Quando o autor questiona os preconceitos relacionados às máquinas, se as mesmas podem ser apenas rígidas, se as mesmas tem propósito, se as mesmas são sempre projetadas e assim por diante, o caminho principal que a pesquisa busca é o do desbloqueio ontológico da discussão do tema através da exploração de autores e argumentos pouco usuais. Nessa tentativa de romper fronteiras, independente de discutir o eventual sucesso que o autor possa ter obtido até o presente, Bryant acaba por reintroduzir a compreensão de máquinas físicas nesse contexto do universo maquinico. Nessa reintrodução, onde, por exemplo, o autor classifica o computador como uma máquina rígida, a obra acaba por trazer elementos interessantes para esta tese, cujo objeto central de análise tem sido o computador como máquina inteligente. E são nesses pontos que a análise presente deve focar, tendo já colocado parte do quadro amplo da ontologia das máquinas em perspectiva. Discussões filosóficas são importantes, mas não centrais para esse trabalho. Portanto, vamos nos ater agora às análises parciais do computador como máquina semiótica.

Vimos nas análises das máquinas físicas que estas são constituídas por elementos como circuitos elétricos e componentes, por onde uma força flui, observamos ainda que um algoritmo determina o comportamento dessas máquinas, restrito as possibilidades abertas pelo ambiente arquitetônico da mesma e vimos ainda que as interfaces são responsáveis pela relação delas com o meio. O caráter mais geral, aquele

que primeiro salta aos olhos, para classificar as máquinas físicas no projeto de Bryant está ligado à ideia de rigidez, mas não se restringe apenas a isso. O computador seria também uma entidade maquinaica composta por outras entidades maquinaicas. Vejamos alguns pontos a seguir.

As entidades maquinaicas constituintes do computador como máquina ontológica, a partir do olhar das máquinas físicas, seriam: uma máquina ambiental incorpórea que descreve como devem ser os circuitos e componentes da mesma, por exemplo, a arquitetura Von Neumann. Uma máquina corpórea correspondente com circuitos e componentes que implementam essa arquitetura ambiental; o segundo ponto seria outra máquina incorpórea, um algoritmo. O algoritmo também se transforma em uma máquina corpórea quando implementado em um ambiente arquitetural corpóreo, assumindo o corpo como estados dos circuitos elétricos segundo uma determinada posição específica de padrões de ativação de conexões. Nesse ponto temos então as máquinas como operações puras, em sua existência formal e também aquilo que elas podem fazer como corpos que operam resultados.

Pode se afirmar também que o poder, ou as possibilidades de ação de um computador como máquina ontológica, são determinados por estes componentes descritos acima. O direcionamento do funcionamento do computador é resultado da operação específica executada por algoritmo e ambiente computacional, levando as manifestações locais do aparato. Mais adiante, o poder de produção de manifestações computacionais sempre supera as manifestações locais que a máquina está produzindo num determinado momento. Um computador não pode manifestar todas suas possibilidades em um único instante.

Outro ponto apresentado sobre os trabalhos de Bryant está relacionado aos tipos de manifestações que uma máquina ontológica pode efetuar. No caso do computador é certo que as manifestações do tipo qualitativas ocorrem, pois esta é resultado em uma superfície, no caso de um computador como uma máquina física numa interface, sob o efeito de algum tipo de onda. Já as manifestações por agência podem ser reconhecidas apenas nos agentes inteligentes preparados para lidar com situações diversas quando posto em realidade com o meio. A manifestação por agência demanda capacidade adaptativa da entidade, sendo que essa capacidade pode ser apenas parcial, algorítmica, no caso das máquinas físicas. Por fim as manifestações do computador são sempre

materiais, pois demandam essa materialidade para que possam apresentar seus comportamento e resultados.

Um computador também pode ser reconhecido como uma máquina transcorpórea. Ao mesmo tempo em que este possui uma existência incorpórea, através de sua arquitetura ambiental e através do algoritmo, reprodutivo amplamente e simultaneamente em diversos tipos de corporeidade no mesmo instante. Muitos computadores podem existir com a mesma arquitetura e muitos podem executar o mesmo algoritmo ao mesmo tempo. Mais adiante, as relações entre algoritmo e ambiente computacional são sempre situacionais. A existência de um excede a do outro, mas há encontros em momentos específicos. Por exemplo, o algoritmo como máquina possui vários passos de processo, mas o ambiente computacional só pode executar um por vez, sendo este o momento de coincidência. E o ambiente computacional como máquina também possui uma ampla e determinada gama de possibilidades de manifestações, mas também manifesta apenas uma possibilidade por vez. Nesse sentido, computadores como máquinas ontológicas são transcorpóreas.

As análises produzidas até aqui trazem entendimentos interessantes para o computador como máquina ontológica, quando colocado em perspectiva com as análises das máquinas físicas. Mas até este ponto da obra não se encontraram elementos apresentados diretamente por Bryant no tocante à questão das máquinas semióticas. É necessário, então, retomarmos a exploração dos trabalhos do autor em busca de mais conceitos que falem sobre as máquinas ontológicas, atentos também a aparição de discussões específicas sobre máquinas semióticas.

3. Fenomenologia das máquinas

Neste tópico vamos seguir a apresentação dos trabalhos de Bryant de modo progressivo, ainda num caráter exploratório, para que, ao final, possamos destacar aquilo que é relevante na continuidade da análise do computador como máquina ontológica. Vamos observar também como Bryant compreende aquilo que ele chama de máquinas semióticas.

3.1. Máquinas como sistemas e estruturas

Após elaborar as premissas básicas de sua ontologia orientada às máquinas, Bryant avança em seu projeto com o intuito de desenvolver uma filosofia da ação, ou uma fenomenologia das máquinas. Tal fenomenologia é um dos pilares principais da Onto-cartografia e seu objetivo é apresentar os modos como as máquinas se relacionam entre si e com o real. Para tal Bryant estuda os fluxos para os quais as máquinas estão abertas, como a organização e a estrutura maquinica atuam e Bryant descreve ainda os modos como os fluxos máqunicos se estabelecem.

Bryant aponta que as máquinas são estruturalmente abertas e operacionalmente fechadas. Mas a abertura estrutural das máquinas não é total. Enquanto entidades que interagem por meio de *inputs*, *outputs* e fluxos, as máquinas estão abertas a apenas um subconjunto de fluxos existentes, levando à situação de que máquinas se relacionam sempre de modo incompleto. “Isto se dá pela simples razão de que as máquinas não são estruturalmente abertas a todos os fluxos possíveis emitidos por outras máquinas” (Bryant, 2014, p. 54). Um dos exemplos apresentados pelo autor é a espécie de camarão mantis. Tal camarão é capaz de enxergar cores que são imperceptíveis para outras entidades, como a humana. A estrutura perceptiva do humano difere da estrutura perceptiva destes camarões e, nesse sentido, camarões estão abertos aos fluxos de eletromagnetismo, se relacionando com entidades desta ordem do real, enquanto os humanos não.

Outro exemplo apresentado pelo autor é o da burocracia. As pessoas que estão aptas a operar com burocracias estão abertas a estes fluxos. Mas, para tal, apenas as mentes devidamente equipadas conseguirão atuar nessa realidade. Um humano, por exemplo, deve conhecer necessariamente a linguagem dos formulários, que se configuram como um instrumento máqunico de mediação. Para as mentes não equipadas, os formulários são estruturas não compreensíveis, como uma linguagem estrangeira.

Podemos adicionar ainda a realidade estrutural de um agente inteligente. Um agente inteligente computacional será estruturalmente aberto para um campo de relações máqunicas da ordem computável. Todo tipo de sinal computável que a realidade emitir, se a estrutura de sensores deste agente estiver apta a captar, então um fluxo de relações

maquínicas se estabelecerá. Será sempre uma relação restrita à capacidade de interpretação de sinais desta máquina-agente inteligente.

Mas as máquinas não são constituídas apenas por suas estruturas. Segundo Bryant máquinas possuem também um fechamento operacional, responsável por sua virtualidade em si, sua identidade.

O complemento de abertura estrutural é o fechamento operacional. Abertura estrutural refere-se aos fluxos para o qual a máquina é aberta, enquanto fechamento operacional refere-se ao modo em que uma máquina funciona ao longo de um fluxo que passa através dela. O fechamento operacional significa que uma máquina nunca se relaciona com um fluxo em si, mas sempre transforma esse fluxo de acordo com suas operações particulares e processam esses fluxos seguindo sua estrutura interna maquínica (BRYANT, 2014, p. 56).

Como fechamento operacional se entende o modo particular da máquina de operar mediante um fluxo captado por sua estrutura. A organização interna da máquina carrega suas possibilidades de manifestação. Um fluxo, ao entrar em uma máquina, assume um valor funcional diferente daquele que tinha anteriormente. É traduzido para uma nova realidade. Bryant aponta como exemplo um submarino que, através de seu sonar emite um sinal. Esse sinal flui como uma onda sonora que se propaga pela água, batendo em objetos opacos para o mesmo. Após bater em um objeto opaco, parte do sinal retorna para o submarino, cujos sensores interpretam ondas sonoras e as traduzem em mapas digitais do ambiente oceânico.

Em linha com as relações vicárias propostas por Harman, Bryant aponta para o fato de que a mente humana não é um espelho do mundo. O mundo afeta a mente humana através de uma miríade de fluxos e sinais. A mente humana traduz esses fluxos em termos da sua própria estrutura interna, portanto altera a imagem. Nós não nos relacionamos com as coisas em si, pois a causação vicária de Harman já nos diz que as coisas nunca se tocam, apenas se tencionam. Se olharmos para qualquer relação em nível atômico, veremos que uma coisa nunca está tocando outra coisa de fato, pois os próprios átomos são feitos muito mais de espaço do que de matéria (para mais detalhes ver Harman, 2005, p.91). O acesso humano enquanto máquina cognitiva é restrito por sua abertura estrutural e por seu fechamento operacional. Outras máquinas (rochas, neutrino, companhias de seguros, animais) trabalham com os fluxos que passam por

elas, cada uma segundo sua estrutura e organização. Nesse ponto Bryant apresenta sua ideia de que todas as máquinas acabam por se relacionar entre si por meio de *firewalls*. Nenhuma máquina acessa diretamente a outra, apesar das máquinas afetarem umas às outras em suas relações. Este *firewall* permite o fenômeno do fechamento operacional das máquinas, sendo ele um traço geral de todas as máquinas (Bryant, 2014, p. 58).

Os fluxos para os quais uma máquina está estruturalmente aberta são invisíveis para as demais. Quando duas máquinas estão abertas para o mesmo tipo de fluxo, estas podem ter diferentes tipos de fechamento operacional. Nesse ponto as causas e significados produzidos são distintos em função de seus códigos implementados (Bryant, 2014, p. 59). Um computador, por exemplo, pode ter um sistema operacional *Windows* ou *IOS*, fazendo com que tenham estruturas de circuitos e componentes similares, porém comportamentos distintos no nível de aplicação.

Em síntese, cada máquina está aberta estruturalmente para diferentes tipos de realidade e só tem acesso aos fluxos operacionalmente transformados pelo seu mundo interno, criando registros históricos distintos de sua atividade (Bryant, 2014, p. 60). Cada máquina só opera segundo seu sistema de códigos particular, traduzindo aquilo que sua estrutura consegue captar de sinais do mundo.

3.2. Fenomenologia alienígena

A fenomenologia em seus primórdios foi concebida por autores como Husserl (2001) e Merleau-Ponty (1994) e procura investigar a experiência humana no mundo. Outras formas de fenomenologia vêm surgindo na virada especulativa. Niklas Luhmann (2002) sugeriu uma abordagem de segunda ordem, em que o intuito é tentar especular sobre como o mundo é apresentado para as entidades de acordo com a estrutura e a capacidade operacional de cada uma. Esta abordagem está próxima também das preocupações da etologia pós-vitalista do biólogo Jakob von Uexküll (2010), que procura compreender o meio em que as estruturas biológicas vivem e como se dá seu processamento de sinais e comportamento. A fenomenologia alienígena de Bogost examina como entidades não humanas experimentam o mundo ao seu redor (Bryant, 2014, p.62).

A concepção de uma fenomenologia alienígena é utilizada por Bryant para fortalecer seu argumento sobre a fenomenologia das máquinas. Tal conceito foi

desenvolvido por Bogost (2012) cujo foco de pesquisas está ligado também a críticas e design de games. Bogost também segue influências de autores como Harman, Badiou e Meillassoux na construção de seu projeto. Em linhas gerais, uma entidade para Bogost é sempre um conjunto, no sentido de que é um grupo de unidades que agem conjuntamente como um sistema. De modo sintético, Bogost propõe o que ele denomina uma ontografia, ou método para estudo dos entes ou conjuntos como sistemas. Tal método é constituído de três pontos: descrever os conjuntos e as relações que compõem o sistema, não buscando compreender a ordenação do conjunto, mas para produzir um catálogo de sua complexidade (ibid., 2012, p.35-60); o segundo ponto é o do metaforismo, em que a compreensão é de que qualquer coisa pode perceber o mundo e, nesse sentido, o metaforismo é necessário na busca da compreensão da relação dos componentes do conjunto e de sua ação como sistema (ver Bogost 2012, p.61-84); o terceiro ponto é a carpintaria. A carpintaria se refere ao modo de construir objetos usando os princípios anteriores, a descrição e o metaforismo, com o intuito de se elaborar novos objetos no mundo (p.85-112).

Baseado em Bogost, Bryant avança em suas explicações sobre máquinas ontológicas apoiado na fenomenologia alienígena. Para ele, a fenomenologia alienígena auxilia no estudo e compreensão dos fluxos para os quais as máquinas não humanas são abertas, assim como a forma como estes fluxos passam através das mesmas. Catalogar as manifestações das máquinas é uma medida necessária para mapear o funcionamento das mesmas como entidades e suas relações como sistemas. Os metaforismos ajudam na compreensão geral presente no funcionamento desses sistemas e a carpintaria é necessária, pois como uma máquina nunca pode compreender outra máquina de modo pleno resta às máquinas criativas projetarem seu entendimento sobre as demais máquinas.

Para Bryant, a máquina humana também produz suas diferenças e tem suas distinções. Apesar de um humano, um morcego, um chip de computador ou uma corporação experimentarem o mundo de modo distinto, a máquina humana pode especular sobre os tipos de inferências que outras máquinas praticam (Bryant, 2014, p. 63). Em seu processo de criação e expansão maquínicas, a máquina humana explora diversos tipos de fluxos existentes no mundo perceptível e imaginado. À medida que o mundo imaginado se mostra existente através de um experimento ou de uma nova tecnologia, a máquina humana cresce. As tecnologias tradutórias de fluxos apresentam o

invisível para a estrutura corporal do humano. Por exemplo, a luz ultravioleta, a radiação e o raio-x. Essas traduções feitas por outras entidades maquínicas transformam fluxos que a máquina humana não acessa em outros fluxos acessíveis. Isso decorre também do conhecimento maquínico das coisas físicas, como as máquinas ópticas e fisiológicas. A máquina humana pode se ampliar, conjugar, estando apta também a deduzir sobre fluxos a que as máquinas não-humanas estão abertas.

De modo geral, a fenomenologia sugere a suspensão do juízo para que novas compreensões possam se manifestar acerca da experiência geral do mundo. Tal atitude foi denominada por Husserl de epoché (ver Husserl, 1991, p.102-03 e Husserl 2001, p.75). Segundo Bryant, para a prática da fenomenologia estrangeira o cientista é convidado a suspender seus objetivos iniciais de análise de modo que o traço geral maquínico constituinte do tecido do real possa se mostrar. Bryant (2014, p.65) identifica uma série de fenomenologias pós-humanas já disponíveis.

Em *Animals in Translation*, Grandin adota a perspectiva de vários animais de modo a nos envolvermos com eles e procurar compreender essas entidades (Grandin, 2005). Outro exemplo de fenomenologia alienígena citado por Bryant está no estudo *The Botany of Desire*, de Michael Pollan (2002).

Ao adotar o ponto de vista das plantas, tais como maçãs, batatas, tulipas e maconha, Pollan mostra como esses vegetais desenvolveram estratégias para seduzir os seres humanos, de modo a maximizar a sua própria sobrevivência e aptidão reprodutiva (Bryant, 2014, p. 65).

Pollan acredita que o design evolutivo das espécies pode ocorrer por meio de processos como variação aleatória, seleção natural e hereditariedade. As variações aleatórias dão sobrevida ou vantagens reprodutivas para um organismo particular, possibilitando que este se reproduza e avance com mudanças para a geração seguinte (ibid., p. 66). Variações aleatórias de diversos vegetais também produziram elementos prazerosos ou valiosos aos humanos. Quando isso foi identificado, os humanos passaram a se organizar para cultivá-los. Desenvolvendo, por exemplo, infraestruturas para plantações, culturas e construindo sociedades ao redor.

Mais um exemplo apontado por Bryant é o de Kevin Kelly em *O que quer a tecnologia?* (2011). Kelly argumenta que a tecnologia evolui segundo vetores e

tendências que não seguem necessariamente os propósitos pretendidos pelos humanos. Sob um ponto de vista alienígena, Bryant nos dá um exemplo da própria tecnologia, a criação do motor a vapor.

Talvez ninguém tenha tido a inclinação ou o desejo de construir grandes motores à vapor, mas certas exigências da tecnologia, tais como a necessidade de trabalho intensivo, favoreceram a produção de grandes motores à vapor, ao invés de pequenos, abrindo caminho para a produção em larga escala nas fábricas (BRYANT, 2014, p. 69)

A fenomenologia alienígena é um fator fundamental para as revelações que as máquinas ontológicas trazem. Por razões analíticas, éticas e políticas (ibid., p. 69). No plano analítico se torna importante determinar quais máquinas interagem entre si e como respondem aos fluxos a que são submetidos. No plano ético, a fenomenologia alienígena abre caminho para formas mais solidárias de relacionamento com os demais humanos e não humanos (ibid., p. 70). No nível político, pode compreender melhor o comportamento maquínico das coisas e explorar buscar maior eficácia nas intervenções (ibid., p. 72). Seguiremos na tese focando o plano analítico das máquinas ontológicas, de modo que as análises não percam de vista as máquinas físicas e semióticas.

3.3. Conjuntos maquinais

Bryant sugere ainda outro conceito que emerge do estudo das máquinas ontológicas. A ideia de conjuntos maquinais. Para Bryant máquinas são, ao mesmo tempo, uma unidade ou entidade individual e um complexo conjunto de outras máquinas. Seguindo também a noção de Harman de que “todo objeto é tanto uma substância como um complexo de relações” (Harman 2005, p.85). Algumas máquinas acopladas a outras podem desempenhar determinadas funções que individualmente não fariam. Para Bryant máquinas podem performar relações internas, ou endo-relações, e também relações externas, ou exo-relações. Um exemplo utilizado pelo autor é uma TV. Esta necessita ser conectada a uma tomada para funcionar. Além de demandar uma tomada elétrica, a TV é um aglomerado de outras máquinas operando de modo acoplado. Cabos elétricos, fusíveis, placas gráficas etc são exemplos de endo-relações da TV. A usina elétrica que provê eletricidade através da tomada é uma exo-relação da TV.

H₂O, ou água, é uma máquina constituída por três outras máquinas: dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio.” Se uma molécula de H₂O constitui uma máquina distinta e não é apenas um agregado de máquinas, é porque as endorelações formadas entre essas máquinas menores geram poderes ou capacidades que não podem ser encontrados em suas partes.” (BRYANT, 2014, p. 77).

Acoplamentos máqunicos criam outras máquinas. São uniões que podem ser reversíveis ou irreversíveis. Os acoplamentos reversíveis se referem às máquinas compostas que podem ser divididas de forma que suas partes retenham as propriedades originais. No caso das associações irreversíveis, as máquinas acopladas para dar função a uma nova máquina composta são destruídas, as estruturas originais são rasgadas, despedaçadas, perdendo suas características topológicas iniciais. São transformações que ocorrem durante o processo de acoplamento destes entes. Por exemplo, uma reação química irreversível que transforma dois elementos em um novo elemento. O processo de determinação do tipo de gênese máqunica é empírico, e só pode ser respondido observando cada caso. Por exemplo, quando uma madeira pega fogo está passando por um processo de transformação irreversível, perdendo suas características originais.

Como as máquinas são compostas de outras, cada uma delas é assombrada por problemas máqunicos. Enquanto as máquinas que compõem a máquina são frequentemente destruídas ou transformadas no processo de gênese máqunica, elas ainda mantêm, mesmo que apenas por período, sua própria abertura estrutural e fechamento operacional. Como consequência, essas peças são apenas seletivamente abertas aos fluxos e operam de maneira própria. Assim, as peças de uma máquina nunca se harmonizam. Cada máquina é, simultaneamente, uma unidade e uma multidão. (BRYANT, 2014, p. 79)

No campo da Ciência da Computação não convencional podemos citar um exemplo recente de associações máqunicas. Em artigo publicado na *Science*, Nielsen (2016) propõe um método para construir uma linguagem de programação computacional para automatizar o design de circuitos computacionais em células biológicas. Segundo os autores as células respondem ao seu ambiente, tomam decisões, constroem estruturas e coordenam tarefas. Por trás desses processos existem operações computacionais exercidas por uma rede de proteínas regulatórias que integram sinais e controlam o sequenciamento temporal da expressão genética. Os autores utilizaram uma

linguagem computacional para descrever a célula como um *hardware*, especificando seus sensores, atuadores, definindo o organismo e sua estrutura como uma tecnologia e suas condições de operação. Utilizando abordagens da Ciência da Computação para controlar o comportamento da célula, os autores concluíram, com 92% de sucesso em seus testes empíricos, que a computação pode ser performada em células vivas através de circuitos codificados como DNA que processam informações sensoriais e controlam funções biológicas.

Portanto conjuntos maquinais podem ocorrer de diversos modos. Máquinas rígidas não precisam necessariamente se associar a máquinas rígidas, como nas relações de um agente inteligente computacional com o mundo, ou as partes de uma TV. Vimos que, identificado um traço geral rígido em uma entidade plástica, é possível associar uma máquina rígida a essa máquina plástica, de modo que as estruturas rígidas se associem a estruturas plásticas de modo parcial. Isso permite que um fluxo ou mediação possa ser transportado ou traduzido através de diversas realidades.

3.4. Transformações maquinicas

Máquinas como as de natureza social e orgânica podem tentar transformar suas partes em corpos obedientes, direcionando o comportamento de suas partes. Mas o fato de suas partes possuírem um ser maquinico próprio pode acarretar em conflitos, possivelmente introduzindo a desordem nessas relações. Tais falhas na ordenação não devem ser erradicadas, estas fazem parte da criatividade do ser maquinico.

Para que as máquinas possam se transformar e evoluir, estas necessariamente devem ser afetadas por outras máquinas, de modo que sofram diferenças definitivas em suas estrutura e organização. Bryant (2014, p.82) recorre a Deleuze e Guattari e explora a concepção de afeto, pois o autor acredita que as máquinas devem ser classificadas em termos de suas competências e capacidade, seus afetos, e não por gênero e espécie. São dois tipos de afeto possíveis: o passivo e o ativo. A classificação pelo afeto está preocupada em olhar o que as máquinas estão fazendo comportamentalmente, observar o que estão manifestando localmente. Também procura compreender o que elas podem fazer a partir de suas potencialidades. É uma classificação que ocorre em função da ação maquinica e de suas possibilidades de agir e afetar o mundo. Assim, ao observarmos uma emergência de novas potências, podemos dizer que também existe ali o surgimento

de uma nova entidade ou máquina. Uma entidade que passa a se manifestar no mundo e afetar outras entidades do mundo de um novo modo.

Um exemplo dessa transformação é o cavalo de corrida e o cavalo de batalha. São diferentes máquinas resultantes de associações maquinicas. O conjunto homem-cavalo-estribo-lança existe como associação das potências de cada um dos componentes maquinicos que o integram. Enquanto o sistema homem-cavalo permite o cavalo de corrida, o acréscimo da lança muda completamente a situação, criando o cavalo de batalha. São transformações ontológicas decorridas de associações maquinicas. Relações que formam novas máquinas. Entidades são individualizadas por seus poderes. As máquinas que compõem um conjunto têm uma existência particular, mas quando colocadas em relação sistêmica criam novas formas de afetar o mundo, manifestam novos poderes.

Bryant desenvolve também uma importante argumentação sobre as mentes e corpos estendidos, como modo de reforçar essa ideia das transformações maquinicas. Baseado nos trabalhos de Andy Clark e sua abordagem da mente estendida. (Clark e Chalmers, 2011) Esta abordagem é utilizada inicialmente para compreender o funcionamento da mente, uma vez que “Clark desafia a hipótese de que a mente é primeiramente representacional e um conjunto de funções que ocorrem exclusivamente no cérebro” (Bryant, 2014, p.84). Clark não concorda com a linha do funcionalismo mental uma vez que humanos são também seres biológicos, possuem fundamentos e existem em um ambiente físico e precisam sobreviver no mesmo. Para Clark a mente não seria também o cérebro por si só, mas sim uma relação entre cérebro, corpo e mundo físico. Problemas cognitivos ocorrem também para o humano, como por exemplo, os problemas matemáticos complexos, cuja mídia biológica tende a ter maior dificuldade em guardar e executar as etapas do processo sem um apoio externo. As mídias físicas de cálculo acabam por operar como uma mente física externa ao humano, substituindo as limitações do cérebro biológico. Para Clark todos os meios de comunicação desempenham um papel fundamental em nossa cognição, exercendo trabalhos de cálculo, quando implementados em uma calculadora, ou ainda uma tarefa de geolocalização, quando for um GPS, ou uma computação através de um computador.

Outro ponto importante desta teoria é que a mente estendida abrange, para além dos processos cognitivos estendidos em mídias físicas, outros tipos de mídias. As

crenças e memórias também podem existir fora de nossos cérebros, se materializando em meios físicos e semióticos. Tal hipótese implica que podemos possuir crenças das quais não temos conhecimento e que existe em mídias externas a nós, um texto escrito há tempos que pode ser confrontado com o pensamento atual do escritor, por exemplo. Nesse sentido, Bryant (2014, p.91-93) acredita que as máquinas também se estendem para o mundo através de outras máquinas. Não apenas máquinas humanas podem se associar para resolver problemas particulares, mas máquinas podem se associar umas as outras e se transformar em novas máquinas com o intuito de resolver novos problemas, avançar e sobreviver.

3.5. Ecologia das máquinas e a questão do símbolo

No contexto de uma ecologia das máquinas temos as máquinas físicas como papel, lápis e máquina de escrever. Mas Bryant assume também que símbolos não são meras abstrações. Símbolos também são um tipo de máquina dentro da ecologia de máquinas. Para chegar nessa ideia, Bryant se apoia em exemplos dos afetos e crenças, que também formam parte de ecologia de mídias. O símbolo, nesse contexto, poderia ser o fluxo do afeto codificado na parede de uma caverna, num aparato computacional através de seus sensores, numa planta como o girassol que sempre busca se posicionar em direção ao sol, ou na maquinaria corpórea do humano. Mas temos também exemplos como o de Zizek, apontado por Bryant, cujo exemplo significa um afeto exteriorizado. Em seu *Sublime objeto da Ideologia* (1989), Zizek explora o fenômeno das risadas gravadas em programas de televisão. Nesses programas, ao invés de nos lembrarmos de rir em momentos cômicos, o próprio programa os faz com uma risada de fundo, nos aliviando dessa obrigação.

Aqui, estranhamente, apesar de não sentir de modo direto o afeto, os sentimentos de diversão e prazer, no entanto, eram nossos. Acontece que o afeto, neste caso, está lá fora, no mundo, no programa de televisão, ao invés de dentro de nós (BRYANT, 2014, p.89).

Bryant está convencido de que é razoável, em acordo com a Ciência Cognitiva, a ideia de que possuímos crenças, afetos e símbolos dos quais não somos conscientes, e que podem ser estendidos e exteriorizados. Emerge aqui uma seriação de máquinas éticas e políticas que também podem ser analisadas. Segundo Bryant, Zizek nos diz que a crença se faz mais presente nos atos de nosso cotidiano do que nas teorias ou

conceitos sobre alguma coisa. Um exemplo é a igreja, uma máquina de afeto atuando sobre a máquina humana.

Se frequentarmos, e participamos da rotina de uma igreja que defende uma tese criacionista, que promove a homofobia e tem atitudes depreciativas em relação a mulher, somos responsáveis por estas crenças, mesmo não acreditando nelas” (Bryant, 2014, p.91).

A reflexão sobre uma ecologia das máquinas, para além das máquinas físicas, se instala nesse processo. As consequências principais observadas nessa seção apontam para aspectos também analíticos das máquinas ontológicas. O símbolo, como máquinas ontológicas, está na base de seus entendimentos sobre máquinas semióticas. Ao partirmos da premissa de que todas as máquinas são reais, se relacionam e se transformam, temos então que as máquinas ontológicas encampam de algum modo discussões sobre máquinas físicas e máquinas semióticas. Mas qual é o entendimento de Bryant sobre máquinas semióticas?

3.6. Máquinas como conteúdo e expressão e a presença das máquinas semióticas

Bryant segue as noções de conteúdo e expressão de Deleuze e Guattari (1986, p. 3-8), que afirmam os mesmos como domínios distintos e autônomos. Ambos possuem suas próprias organizações. O plano do conteúdo refere-se às máquinas corporais, “... ações e paixões, uma mistura de corpos reagindo entre si...” (ibid.), enquanto o plano da expressão refere-se às máquinas imateriais, “... atos e declarações..., transformações incorpóreas atribuídas aos corpos” (ibid).

Para Bryant o conteúdo tem tanto uma forma quanto uma substância, por exemplo. Cada um destes domínios tem a sua própria forma de organização e seus próprios objetos, o que caracteriza certa autonomia, eles podem mudar enquanto o outro permanecerá o mesmo. Segue exemplo dado por Bryant “A prisão pode ser demolida e uma nova arquitetura construída no seu lugar (conteúdo), enquanto os regulamentos que regem a prisão permanecem os mesmos (expressão)” (Bryant, 2014, p.126). O plano do conteúdo é composto inteiramente de corpos e máquinas corporais que afetam e são afetados entre si, enquanto o das expressões é composto por máquinas incorpóreas.

Assim como no plano corporal, um marinheiro, ao passar a vida em embarcações, adapta seu caminhar às ondulações da relação entre barco e mar, no plano da expressão, temos as máquinas semióticas e transformações incorpóreas, que podem se alterar sem afetar a materialidade. Se encontrarmos a pessoa na rua e não tivermos conhecimento de seu governo, não conseguiríamos observar qualquer propriedade qualitativa que marcasse tal pessoa como um presidente. “Transformações incorpóreas não transformam a coisa em si, mas sim como as outras máquinas se relacionam com ela” (Bryant, 2014, p. 129). Tais transformações trazem consigo uma “gramática”, no sentido de estrutura ou forma de operações que regulam as ações, historicamente informada, e um sistema de categorização.

Para Bryant (ibid., p.269) as máquinas semióticas se resumem as máquinas de expressão, sendo alguns exemplos de máquinas semióticas as leis, normas, identidades e ideologias. É importante destacar neste ponto a leitura equivocada que o autor faz sobre a semiótica de Peirce, reduzindo a mesma a uma semiótica funcionalista (Bryant, 2013, p.16). Com isso as discussões sobre máquinas semióticas de Bryant certamente são bastante restritas. Retomando, planos de expressão e conteúdo existem em um único plano imanente nos mundos em que aparecem. Embora interajam, o plano de conteúdo de um mundo particular não determina o plano de expressão, nem o plano de expressão define o conteúdo (Bryant, 2014, p. 132). Da mesma forma, transformações materiais e tecnológicas podem ultrapassar transformações expressivas. Na Segunda Guerra Mundial, por exemplo, enquanto os homens iam para a batalha, as mulheres assumiram as fábricas, e passaram a executar trabalhos que tradicionalmente seriam incumbidos aos homens, como cuidar das finanças, disciplinar e criar os filhos e tomar decisões. A dimensão de conteúdo mudou por um período antes mesmo de se efetivarem no plano expressivo.

Planos de expressão seriam a princípio limitados a mundos integrados por agentes humanos, no entanto, observamos competências e capacidades no reino animal que evidenciam diferentes tipos de máquinas expressivas. Animais que mudam de cor para sinalizar, abelhas que dançam para indicar onde está o néctar, o canto da baleia, o canto dos pássaros (ibid., p. 134). Com a evolução dos dispositivos tecnológicos, estes também parecem atuar em planos de expressão. Indicações em sites de compras, por exemplo, onde programas de computador promovem uma triagem de gostos com base em hábitos de compras dos consumidores.

Planos de conteúdo e de expressão têm dimensões sincrônicas e diacrônicas. “A dimensão sincrônica de conteúdo e expressão refere-se à forma como estes planos estão organizados em um determinado ponto no tempo e espaço” (ibid., p. 135) Já a dimensão diacrônica, refere-se a como as máquinas operam umas sobre as outras. Um algoritmo, por exemplo, é sincrônico aos circuitos que o executam, quando ambas as máquinas se encontram no mesmo passo de processo. Mas a máquina algoritmo como um todo, assim como os circuitos e componentes de um computador em suas possibilidades existem de modo diacrônico.

3.7. Entropia e o destino das máquinas

Bryant leva a apresentação de sua fenomenologia para uma discussão sobre o destino das máquinas. A solução que o autor oferece está ligada ao conceito de entropia. A entropia nasceu como uma lei da termodinâmica e procura medir como a energia está distribuída em um dado estado de um sistema. Como exemplo, uma garrafa de Coca Cola fechada possui um estado neguentrópico, pois o gás carbônico e o líquido se encontram separados por alta pressão. A possibilidade de se encontrar o gás distribuído pelo líquido é muito baixa, pois a pressão exerce um trabalho que mantém o sistema em estado de baixa entropia. Quando a pressão é liberada ao se abrir a tampa da garrafa, o líquido e o gás se misturam, migrando o sistema para um estado de alta entropia. Sem a força exercida pela pressão o sistema não tem como se manter no estado de baixa entropia e, após a mistura, a possibilidade de se encontrar o gás espalhado por todo o líquido se torna bastante alta.

Para Bryant (Bryant, 2014, p. 93) as máquinas também lidam necessariamente com o problema da entropia. Como vimos na passagem do primeiro capítulo sobre Shannon, o mesmo aplicou o conceito de entropia para discutir a transmissão de informação. Bryant utiliza o exemplo de Luhmann (1995) para afirmar que um sistema é entrópico se a informação sobre um elemento não permite inferência sobre os outros. Se o gás não está misturado com o líquido, então gás e líquido não estão produzindo inferências entre si. Estão separados.

Sistemas de baixa entropia possuem uma organização em um dado momento do tempo, mas podem se alterar para um modelo de alta entropia. Nesse sentido, para um sistema se manter estável em seu estado inicial, este realiza operações para manter sua configuração ao longo tempo. A máquina depende de esforço, dispêndio de energia,

através de movimentos que permitam que seu estado não se altere. Bryant (ibid., p. 95) cita alguns exemplos: As células de um organismo se renovam, ao morrer e se reproduzir continuamente. Esse movimento permite que o corpo mantenha uma organização estável por mais tempo. Se as células deixam de morrer e continuam a se reproduzir, o corpo tenderá a perder sua organização estável. Um computador para operar demanda que uma força flua através de seus circuitos e componentes. Enquanto a força está fluindo, a organização computacional se torna possível ao longo do espaço e do tempo. No momento em que a força deixa de fluir, a computação cessa.

Bryant (2014, p.95-96) nos diz que baixa entropia é o mesmo que uma improbabilidade. Isso porque em um sistema de baixa entropia é improvável encontrar os elementos que formam o sistema igualmente distribuídos ao longo do mesmo. Afirma ainda que máquinas são improbabilidades, pois são necessariamente sistemas nequentrópicos, sistemas que gastam energia para se manter operando de modo estável. Nesse sentido máquinas sofrem uma ameaça constante de desintegração. Máquinas se organizam ao longo do tempo, ao longo do qual a máquina necessita se renovar, como o exemplo da máquina corpo humano, com o intuito de manter suas operações e estruturas estáveis.

Pelo fato do tempo ser uma determinante na ordenação de uma máquina em sua existência, então ela necessariamente deve ser compreendida como um processo. Cada máquina possui um tempo particular. Nas associações máquinicas, sincronias temporais ocorrem para que as máquinas possam operar de modo conjunto, mas em muitos casos isto pode ser uma ameaça, pois tempos distintos de operação impossibilitam que máquinas operem de modo conjunto, como um mesmo sistema.

Alguns exemplos podem ser apontados: máquinas corpóreas inorgânicas como rochas resistem à entropia porque as moléculas que as constituem são mantidas juntas através de forças físicas e químicas. O estado de baixa entropia é mantido através de operações físicas e químicas; Máquinas orgânicas, cognitivas e sociais atuam em operações constantes para reproduzir suas partes e manter sua organização. Como vimos, corpos orgânicos reproduzem células para se manterem vivos, o pensamento produz mídias para que possa fluir, avançar e se manter, uma cultura produz e preserva símbolos para manter seu estado vivo e pulsante. Para Bryant (ibid., p.104) a entropia e

a neguentropia são fenômenos que integram o ser, são constituintes do mesmo enquanto existente.

A exploração dos trabalhos de Bryant se encerra neste momento. Esse avanço em meio às especulações filosóficas permitiu que mais alguns elementos a análise do computador como máquina semiótica sejam adicionados. Assim com abriu caminho para uma breve discussão sobre máquinas semióticas proposta pelo autor se apresente.

3.8. Considerações sobre máquinas ontológicas

Retomando as análises do computador como máquina ontológica, podemos reconhecer nestes a ideia de que máquinas são estruturalmente abertas e operacionalmente fechadas. São estruturalmente abertas, pois suas interfaces permitem que outros tipos de estruturas, externas ao computador, se acoplem ao mesmo e deem comandos buscando resultados. E são operacionalmente fechados porque os operadores que gerenciam a estrutura interna da máquina são específicas para os comandos daquele equipamento, transformando os *inputs* externos através de seus próprios códigos internos.

Sobre os processos fenomenológicos nos quais um computador pode se engajar, obviamente o mesmo, como máquina ontológica, só consegue se relacionar com realidades computáveis. Todas as entidades que tenham traços computáveis em sua constituição serão passíveis de serem interpretadas e sofrerem ações computacionais de agentes computacionais específicos. Nesse sentido, falar de uma fenomenologia da máquina inteligente equivale a falar de uma fenomenologia do computável.

O computador também pode ser compreendido como um conjunto maquinal, pois este é composto por uma série de máquinas. Se tomarmos o algoritmo como uma máquina incorpórea, com fundamento próprio, e associarmos a uma arquitetura de circuitos e componentes, sendo este outra máquina com fundamento próprio, teremos uma associação maquínica que permitirá que ambas as máquinas sejam implementadas fisicamente como uma única substância, executando funções que não poderiam fazer de modo individual. Então, como máquina ontológica, o computador é um aglomerado de máquinas, onde cada parte sempre retém suas propriedades originais, caso sejam desconstruídas, mas que juntas formam uma máquina com potência maior do que suas partes individuais.

Os pontos sobre ecologia das máquinas e entropia têm pouco a contribuir para a análise do computador como máquina ontológica. São discussões importantes para o encadeamento de ideias apresentadas por Bryant, no sentido de fazer pontes para sua argumentação, mas que para uma análise objetiva sobre os computadores como máquinas ontológicas não faz sentido.

Por final, Bryant apresenta seu entendimento para máquinas semióticas, bastante distinto daqueles discutidos no capítulo anterior. Máquinas semióticas, de acordo com Bryant, seriam máquinas de expressão, máquinas incorpóreas, como o algoritmo ou uma arquitetura abstrata de uma máquina qualquer que possua uma gramática própria. Seguindo a lógica de Bryant, um computador seria, então, uma associação entre máquinas semióticas incorpórea, com as máquinas de conteúdo, que são as máquinas físicas. Mas seriam máquinas de expressão e conteúdo mecânico, rígidos, e não plásticos como o humano. Mais adiante, Bryant reconhece um momento sincrônico e um diacrônico para associações entre máquinas de expressão e de conteúdo. O modo sincrônico se dá quando a organização de ambos se encontra num mesmo ponto dentro do espaço e do tempo, por exemplo, num passo de processo de um algoritmo em execução. Já o modo diacrônico se refere aos modos como as máquinas existem e operam de modo independente.

Destacados os pontos objetivos para a análise do computador como máquina ontológica, colocando em perspectiva alguns entendimentos de capítulos anteriores, é chegado o momento de concluir a tese. A conclusão pretende mostrar um quadro sintético sobre as máquinas físicas, as semióticas e as ontológicas e confrontar suas continuidades e descontinuidades.

5. CONCLUSÃO

A hipótese colocada para esta pesquisa foi a de que existe uma continuidade para as discussões sobre máquinas, sejam elas físicas, semióticas ou ontológicas. Existem também descontinuidades nessas mesmas confrontações. A partir das apresentações, discussões e análises aplicadas ao computador como máquina física, semiótica e ontológica, vamos observar essas continuidades e descontinuidades e produzir as revisões nas ideias iniciais e propor um novo argumento como conclusão.

Vimos que as máquinas físicas na figura do computador são compostas pelos algoritmos que determinam o comportamento, pelas arquiteturas de circuitos e componentes que executam essas determinações e pelas interfaces que manifestam o comportamento apresentando efeitos colaterais ou resultados no ambiente.

Observamos que as máquinas semióticas na figura do computador são compostas pelo objeto dinâmico, nova perspectiva de compreensão para o algoritmo, por seus fundamentos, nova perspectiva de compreensão para a arquitetura dos circuitos e componentes, e pelos interpretantes, cujo sentido é o de atar os pontos cegos das tarefas executadas pela máquina de seu nível físico ao seu nível de aplicação, dando um novo sentido à ideia de interface na relação das máquinas com o ambiente. Interfaces têm intencionalidade programada.

Verificamos que máquinas ontológicas na figura do computador é um aglomerado de máquinas transcórpóreas. O algoritmo se transfigura em uma máquina incorpórea que pode se relacionar com uma máquina corpórea. A arquitetura dos circuitos e componentes é um aglomerado de máquinas corpóreas que podem se relacionar com máquinas incorpóreas, como a arquitetura que determina sua organização, ou como a máquina algoritmo que determina seu comportamento. E as interfaces são elementos que compõem a estrutura das máquinas e que permitem que as mesmas se acoplem com outras máquinas, formando seu fechamento operacional e permitindo uma abertura estrutural.

A continuidade mais evidente observada na discussão sobre máquinas na figura do computador reside na noção de rigidez. Máquinas físicas são necessariamente rígidas. Os algoritmos, circuitos e interfaces, mesmo que possam manifestar mudança e adaptação de comportamento, são sempre construções rígidas, determinísticas. O

mesmo vale para as máquinas semióticas. O algoritmo na figura do objeto dinâmico não perde sua rigidez, segue o paradigma computável. A arquitetura de circuitos e componentes como fundamento do signo também não perde sua rigidez. Mesmo os interpretantes encontrados no computador como máquina semiótica são interpretantes rígidos, já determinados pelos programas que executam funções entre a linguagem de máquina e as aplicações. Rigidez também é característica de uma das classes de máquinas ontológicas, que podem variar entre rígidas e plásticas. Um algoritmo como máquina ontológica é rígido. Os circuitos e componentes como máquina ontológica tem uma topologia rígida. E as interfaces do computador como máquina ontológica também são rígidas.

No que tange às discontinuidades, quando comparamos as máquinas físicas e semióticas na figura do computador, temos discontinuidades no sentido de que um algoritmo, uma arquitetura maquina e uma interface são sempre projetados por um humano no caso das máquinas físicas. Enquanto no caso das máquinas semióticas estes são sempre interpretantes degenerados do signo da inteligência. Um algoritmo é um interpretante degenerado da inteligência em forma de um código computável. Os circuitos e componentes são interpretantes degenerados das possibilidades de uma ação inteligente em forma rígida e as interfaces são intencionalidade em forma dedutiva, produzindo traduções previamente programadas entre linguagens computáveis e componentes físicos.

No que tange às discontinuidades, quando comparamos as máquinas físicas e ontológicas na figura do computador, enquanto no primeiro todos os projetos são do humano, no segundo caso não temos projetos, mas sim fraturas e relações maquinaicas. Um algoritmo como máquina só pode ser fruto de uma máquina de expressão topologicamente adaptada a uma linguagem computável fruto de algum encontro maquinaico. Os circuitos e componentes também são fruto de encontros maquinaico, onde uma máquina incorpórea adaptada se manifesta como corpo local através de circuitos e componentes físicos. E as interfaces são elementos constituintes de cada uma dessas máquinas.

As discontinuidades entre máquinas semióticas e ontológicas foram identificadas no ponto em que máquinas ontológicas aceitam a concepção das máquinas semióticas apenas como máquinas expressivas, reduzindo máquinas semióticas apenas a

uma ideia algorítmica. Máquinas semióticas vão muito além de seu funcionalismo como vimos. E diferem também porque máquinas semióticas são rígidas em seus aspectos. Mesmo se máquinas semióticas puderem evoluir em seus fundamentos, e não apenas em suas funções, será ainda uma evolução rígida dos fundamentos. Ao passo que máquinas ontológicas aceitam uma ampla gama de entidades como máquinas que podem se moldar e evoluir a partir virtualidades em si não acessíveis de modo absoluto pelo pensamento humano.

Os três pontos gerais que se encontram nessas discontinuidades é que máquinas físicas são projetos humanos, máquinas semióticas são interpretantes do signo da inteligência e máquinas ontológicas rígidas existem em função de colisões, adaptações e relações entre máquinas. É primeiro uma diferença no entendimento das origens. Em segundo, máquinas físicas carregam o propósito do humano que as programa. As máquinas semióticas são dotadas apenas de propósito degenerado, eficiente, pois são um signo degenerado da inteligência genuína. E as máquinas ontológicas não têm propósito necessário, mas apenas contingente. O propósito nas máquinas ontológicas surge nos encontros e nas relações maquinais e desaparecem quando essa relação cessa. É um propósito contingente. Terceiro, as máquinas ontológicas divergem em larga monta das máquinas físicas e semióticas, pois aceitam uma ideia muito ampla sobre o que é uma máquina. Todas as máquinas ontológicas não rígidas, que são a grande maioria das mesmas, são descontínuas em relação às máquinas físicas e semióticas.

Como síntese, se compreendia antes que todas as máquinas são projetadas segundo alguma forma de representação; todas as máquinas são implementações dessas representações em forma de arquiteturas de circuitos, interfaces e códigos; todas as máquinas têm o propósito de executar uma tarefa determinada pelos códigos como sistemas. Mas podemos falar agora de uma compreensão para além daquelas propostas pelos estudos das máquinas físicas:

Vimos que para o caso das máquinas físicas: são sempre projetadas por um humano; todas as máquinas são implementações dessas representações em forma de arquiteturas de circuitos, interfaces e códigos; todas as máquinas têm o propósito de executar uma tarefa determinada pelos códigos do programador.

Para o caso das máquinas semióticas a compreensão muda em relação a máquinas físicas: máquinas semióticas são sempre um quase-signo, nascido de um

signo genuíno que é a inteligência; máquinas semióticas não são implementações de representações humanas, mas são sim interpretantes degenerados do signo da inteligência. As arquiteturas de circuitos são o fundamento enrijecido deste signo; as interfaces são os interpretantes desse signo e os códigos são os objetos desse signo; as máquinas semióticas têm o propósito eficiente de executar o que seu objeto dinâmico determina.

Sem entrar no mérito da concordância ou discordância das pesquisas de Bryant, pois esta análise não é objetivo desta tese, podemos apontar que as máquinas ontológicas, conforme propostas pelo autor, apontam realmente para a possibilidade de uma realidade constituída e mediada por máquinas. Nesse sentido, todas as entidades adquirem um comportamento maquínico, em que o algoritmo, os circuitos e as interfaces são, cada um, uma máquina em si.

Reconsiderando a compreensão final, o entendimento mais geral atual para se referir as pesquisas sobre máquinas é: Todas as máquinas tem alguma origem de concepção, seja esta uma origem humana, semiótica ou maquínica; todas as máquinas podem existir em alguma forma: física, semiótica ou ontológica; todas as máquinas têm o propósito de operar e manifestar seu comportamento segundo seu modo atual de existência.

BIBLIOGRAFIA

AMINI, Majid. Logical Machines: Peirce on psychologism. *Disputatio*, Vol.II, nº24, May 2008.

ANDERSEN, Peter Bøgh, HASLE P. e P. A. Brandt. Machine semiosis. In Posner R., K. Røbering, T. A. Sebeok, eds. *Semiotics: A Handbook about the Sign Theoretic Foundations of Nature and Culture*, vol.1. Berlin: Walter de Gruyter. 1997.

ARTSTEIN, Zvi. *Mathematics and the real world: the remarkable role of evolution in the making of mathematics*. Translated by Alan Herberg. New York. Prometheus Book. 2014.

AVERY, John. *Information Theory and Evolution*. World Scientific. University of Copenhagen, Denmark. 2003.

BADIOU, Alain. *O ser e o evento*. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed.; Ed. UFRJ. 1996.

BARBOSA, Pedro. O computador como Máquina Semiótica. Em *Ciberliteratura, Inteligência Computacional e Teoria Quântica (coletânea de ensaios dispersos)*, p.40-56. Bubok Publishing S. L.. Portugal. 2013.

BERGMANN, G. *Logic and Reality*. University of Wisconsin Press. Wisconsin. 1964.

BERNSTEIN, Richard J. A sedução do ideal. *Face* 3, n.2. São Paulo, 195-206. 1990.

BLOCK, G. *Readings in the Philosophy of Psychology, Volume 1 e 2*. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1980.

BODEN, A. Margaret. *Computer Models of Mind: Computational approaches in theoretical psychology*. Cambridge. Cambridge University Press. 1988.

BOGOST, Ian. *Alien phenomenology, or What it is like to be a thing*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2012.

BROOKS, A. Rodney. Elephants Don't Play Chess. *Robotics and Autonomous Systems* 6 p.3-15. 1990.

BRYANT, Levi. Brief SR/OOO tutorial. July 23, 2010. Disponível em <https://doctorzamalek2.wordpress.com/2010/07/23/brief-srooo-tutorial/> Acesso em 02/05/2016. 2010a.

BRYANT, Levi. A Lexicon of Onticology. May 22, 2010. Disponível em <https://larvalsubjects.wordpress.com/2010/05/22/a-lexicon-of-onticology/> Acesso em 02/05/2016. 2010b.

BRYANT, Levi. *The Democracy of Objects*. Open Humanities Press. University of Michigan, Ann Arbor. 2011b.

BRYANT Levi, SRNICEK Nick, HARMAN Graham (eds.). *The Speculative Turn: Continental Materialism and Realism*. Melbourne. Australia. re.press. 2011a.

BRYANT, Levi. *Toward a machine-oriented aesthetic: On the power of art*. Limousine. França. 2012.

BRYANT, Levi. Politics and Speculative Realism. Em *Speculations IV*, p.15-21. Punctum Books. Brooklyn. NY. 2013.

BRYANT, Levi. *Onto-Cartography: An Ontology of Machines and Media*. Edinburgh University Press Ltd. Edinburgh. 2014a.

BRYANT, Levi. Machinism. Disponível em <https://larvalsubjects.wordpress.com/2014/09/16/machinism/> Acesso em 02/05/2016. 2014b.

BUCKLEY, J. *From RFID to the Internet of Things: Pervasive networked systems*. European Union Directorate for Networks and Communication Technologies. 2006.

BURCH, R. "Charles Sanders Peirce", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2001 Edition), Edward N. Zalta (ed.), URL <<http://plato.stanford.edu/archives/fall2001/entries/peirce>>. 2001.

BURGE, T. *Individualism and the mental*. Midwest studies in philosophy. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1979.

BURKS, W. Arthur. Burks. *Bulletin of the American Mathematical Society. Volume 84, number 5, p.913-918*. September, 1978.

BURKS, W. Arthur e BURKS, R. Alice. The history of early computer switching. *In Internationale Zeitschrift für Analytische Philosophie*. Vol.32, p.3-36. 1988.

BURKS, W. Arthur. In PEIRCE and the year of computer. *Peirce Project Newsletter*; Volume 2, No. 2, Winter 1995-1996.

BURRIS, S. The Laws of Boole's Thought. *Manuscript*. 2000. Acessado em 03/09/2015.

<http://www.math.uwaterloo.ca/~snburris/htdocs/MYWORKS/PREPRINTS/aboole.pdf>

CHOMSKY, N. *Syntactic Structures*. Mouton, The Hague. 1957.

CHOMSKY, N. *Language and Mind*. Harcourt, Brace and World. New York. 1968.

CLARK, A. e CHALMERS, D. J. The extended mind. Oxford: Oxford University Press, 2002.

CLARK, Andy. *Natural-Born Cyborgs: Minds, Technologies, and the Future of Human Intelligence*. Oxford. Oxford University Press. 2003.

CLEMENS, Justin e NASH, Adam. Being and Media: Digital ontology after the event of the end of the media. *The Fibreculture Journal*. Issue 24. Images and Assemblages. 2015.

COHEN, Jeffrey Jerome ed.. *Inhuman Nature*. Oliphaunt Books. Waschingotn DC. 2014.

CRAGON, Harvey G. *Computer architecture and implementation*. Cambridge University Press. Cambridge. 2000.

CRUMP, Thomas. *The anthropology of numbers*. Cambridge. Cambridge University Press. 1990.

DA COSTA, Newton. *Introdução aos fundamentos da matemática*. Ed. Hucitec. São Paulo. 1992.

DA COSTA, Newton. *Ensaio sobre os fundamentos da lógica*. Ed. Hucitec. São Paulo. 2008.

DADDESIO, Thomas C. *On minds and symbols: the relevance of cognitive science for semiotics*. New York. Mouton de Gruyter. 1995.

DALAKOV, Georgi. Charles Peirce and Allan Marquand. Artigo no *History of Computers – Hardware, Software, Internet*. Disponível em: <http://history-computer.com/ModernComputer/thinkers/Peirce.html> 2015.

DE LANDA, Manuel. *Intensive Science and Virtual Philosophy*. London & New York: Continuum. 2002.

DE LANDA, Manuel. Emergence, Causality and Realism. In Levy, R. Bryant, Nick Srnicek, and Graham Harman (eds.) *The Speculative Turn: Continental Materialism and Realism*. Melbourne: Re.Press, p.381-392. 2011.

DELEUZE, Gilles and GUATRARI Felix. *Anti-Oedipus: Capitalism and Schizophrenia*. Trans. Robert Hurley, Mark Seem, and Helen R. Lane. Minneapolis. University of Minnesota Press. 1983.

DELEUZE, Gilles e GUATTARI, Felix. *Kafka: Toward a Mirror Literature*, trans Dana Polan. Minneapolis. University of Minnesota Press. 1986.

DELEUZE, Gilles and GUATRARI Felix. *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. Trans. Brian Massumi. Minneapolis. University of Minnesota Press. 1987.

DUPUY, Jean-Pierre. *Nas origens das Ciências Cognitivas*. São Paulo: FUNDUNESP, 1994.

DYSON, George. *Turing's Cathedral: the origins of digital universe*. New York. Pantheon Books. 2012.

EISELE, Carolyn (ed.). *The New Elements of Mathematics*. The Hague: Mouton, v.III, pt.1, p.625-32. 1976.

FISCH, Max H. Peirce's general theory of sign. *Sight, sound and sense*. Thomas A. Sebeok (ed.) Bloomington. Indiana University Press, p.31-70. 1978.

FONSECA FILHO, C. *História da computação: O Caminho do Pensamento e da Tecnologia*. Porto alegre. EDIPUCRS. 2007.

GARDNER, Martin. *Logical Machines and Diagrams*. New York, NY. McGraw-Hill, 1958.

GLEICK, James. *A Informação: Uma história, uma teoria, uma enxurrada*. Tradução Augusto Calil. São Paulo. Companhia das Letras. 2013.

GOULD, Stephen J., VRBA, Elisabeth S. Exaptation – A Missing Term in the Science of Form. *Paleobiology*, Vol.8, Nº1, p.4-15. 1982.

GRANDIN, Temple. *Animals in Translation: Using the Mysteries of Autism to Decode Animal Behaviour*. New York. A Harvest Book. 2005.

HALMOS, R. Paul. The legend of John von Neumann. *American Mathematical Monthly* vol. 80. 1973.

HARMAN, Graham. *Tool being: Heidegger and the metaphysics of objects*. Illinois: Carus Publishing Company. 2002.

HARMAN, Graham. *Guerrilla metaphysics: phenomenology and the carpentry of things*. Carus Publishing Company. Open Court. Chicago and La Salle. Illinois. 2005.

HARMAN, Graham. The importance of Bruno Latour for Philosophy. *Cultural Studies Review*. Vol.13, Nr1, Mar. 2007.

HARMAN, Graham. *The Quadruple Object*. Winchester, UK, Zero Books. 2011a.

HARMAN, Graham. The Road to Objects. *Continent*.3.1, 171-179. 2011b.

HARMAN, Graham. Current state of Speculative Realism. *Speculations IV*, p. 22-27. Punctum Books. Brooklyn, NY. 2013.

HARPER, Robert. *Practical Foundations for Programming Languages*. Carnegie Mellon University. Cambridge University Press. 2012.

HEIDEGGER, Martin. *Being and Time*. Trans. John Macquarrie and Edward Robinson. New York: Harper & Row, Print. 1962.

HEIDEGGER, Martin. *Ontologia. Hermenêutica da facticidade*. Renato Kirchner (trad.). Petropolis. Vozes. 1995.

HOOPEs, James (ed.). *Peirce on signs. Writings on semiotics by Charles Sanders Peirce*. The University of North Carolina Press. 1991.

HUSSERL, Edmund. *Idées directrices pour une phénoménologie*. Trad. P. Ricoeur. Paris: TEL-Gallimard, Tomo 1: Introduction générale à la phénoménologie. 1991.

HUSSERL, Edmund. *Meditações Cartesianas: Introdução a Fenomenologia*. São Paulo. Madras. 2001.

ITU. International Telecommunication Union. *Internet Reports 2005: The Internet of Things*. 2005. Disponível em <http://www.itu.int>. Acessado em 01/06/2013.

KANT, Immanuel. *Crítica da Razão Pura*. São Paulo. Editora Martin Claret. 2006.

KAWADE, Y. The two foci of biology: Matter and sign. *Semiotica* 127, p.369-384. 1999.

KELLY, Kevin. *What Technology Wants*. New York. Penguin Books. 2011.

KENT, Beverly. *Charles S. Peirce – logic and the classification of sciences*. Kingston and Montreal. McGill-Queens University Press. 1987.

KETNER, Nenneth Laine. The early history of computer design: Charles Sanders Peirce and Marquand's logical machines. *Princeton University Library Chronicle*, v.45, n.3., p. 186-224. 1984.

LAIRD, P. N. Johnson. *The Computer and the Mind: An introduction to cognitive Science*. Cambridge. Harvard University Press. 1988.

LASH, Scott. Objects that Judge: Latour's Parliament of Things. 1999. *Instituto Europeu para políticas culturais progressivas*. Acessado em 09/06/2015: <http://eipcp.net/transversal/0107/lash/en>

LATOURL, Bruno. *Jamais fomos modernos: ensaio de antropologia simétrica*. Trad. Carlos Irineu da Costa. Editora 34. Rio de Janeiro. 1994.

LEMOS-MORAES, Renata. O sublime nanotecnológico. Tese de doutorado. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. 2011.

LUHMANN, Niklas. *Social Systems*. Traduzido por John Bcdnarz Jr. e Dirk Baecker. Stanford University Press. Stanford, California. 1995.

LUHMAN, Nikls. Deconstruction as Second-Order Observing, in *Theories of Distinction: Redescribing the Descriptions of Modernity*, ed. William Rash. Satanford. Stanford University Press, p.94-112. 2002.

MATURANA, Humberto R., VARELA, Francisco J. *The Tree of Knowledge: The Biological Roots of Human Understanding*. Boston. Shambhala. 1998.

MCCULLOCH, S. Warren and PITTS, H. Walter. A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, Vol.5, p.115-133. 1943.

MCLUHAN, Marshall and MCLUHAN Eric. *Laws of Media: The New Science*. Toronto. University of Toronto Press. 1998.

MEILLASSOUX, Quentin. *Après la finitude*. Paris: Seuil. Tradução para o inglês: *After finitude*, Ray Brassier (trad.). London. Continuum. 2008.

MEREOLOGY in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*: seção Mereology (<http://plato.stanford.edu/entries/mereology/>), acessado em 16/09/2015.

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da Percepção*. São Paulo. Martins Fontes, 1994.

MOLNAR, Georg. *Powers: A Study in Metaphysics*. Oxford. Oxford University Press. 2006.

MORTON, Timothy. *The Ecological Thought*. Cambridge, MA. Harvard University Press. 2010.

MORTON, Timothy. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*. University Of Minnesota Press. 2013.

NADIN, Mihai. Semiotic Machine. *The Public Journal os Semiotics 1(1)*, January, p.57-75. 2007.

NEGNEVITSKY, Michael. *Artificial Intelligence: a guide to intelligent systems*. Edinburgh Gate. Pearson Education Limited. England. 2005

NEUMANN, J. V. *The Theory of Self-reproducing Automata*. Arthur W. Burks (ed.). Illinois University Press. 1966.

NEWELL, Allen and SIMON, Herbert. Computer Science as Empirical Inquiry: *Symbols and Search*. *Communications of the ACM*. vol. 19, No. 3, pp. 113-126, March, 1976. Disponível em: http://www.rci.rutgers.edu/~cfs/472/html/AI_SEARCH/PSS/PSSH1.html

NIELSEN, A. K. Alec, DER, S. Bryan, SHIN Jonghyeon, VAIDYANATHAN, Prashant, PARALANOV, Vanya, STRYCHALSKI, A. Elizabeth, ROSS, David, DENSMORE, Douglas, VOIGT, A. Christopher. Genetic circuit design automation. *Science*, vol.352, issue 6281, 01 Apr 2016.

NÖTH, Winfried. *Handbook of Semiotics*. Bloomington. Indiana University Press. 1990.

NÖTH, Winfried. *Panorama da semiótica. De Platão a Peirce*. São Paulo. Annablume. 1995.

NÖTH, Winfried. Semiotic machines. In *Semiotics, Evolution, Energy, and Development* (Toronto) 3.3 = http://www.library.utoronto.ca/see/pages/SEED_Journal.html 2004.

NÖTH, Winfried. Máquinas Semióticas. *Computação Cognição Semiose*. UFB, 1859-183. 2007.

NÖTH, Winfried. On the instrumentality and semiotic agency of signs, tools, and intelligent machines. *Cybernetics & Human Knowing* 16.3-4: 11-36. 2009.

NÖTH, Winfried. Machines of cultures and cultures of machines. In *Analisi delle Culture – Culture dell’analisi*, M. Leone (ed.) (=Lexia: Revista di Semiótica, nuova serie [Università di Torino, Centro Interdipartimentale di Ricerche sulla Comunicazione] 5-6), 41-58. 2010.

NÖTH, Winfried. From Representation to Thirdness and Representamen to Medium: Evolution of Peircean Key Terms and Topics. In *Transactions of The Charles Sanders Peirce Society*, Vol. 47, No.4, p. 445-481. 2011.

NÖTH, Winfried; GAZONI, Ricardo; CESTARI, Guilherme. Tradução comentada de “Máquinas Lógicas” de Charles Sanders Peirce. DOSSIÊ – TECCOGS. Nº10, p.20-47, jul-dez, 2014.

OXFORD English Dictionary: The definitive record of the English language. *OED Third Edition*, March 2000.

PARNAS, D. L. On the criteria to be used on decomposing systems into modules. *Communications of the ACM*, volume 15, number 12, Carnegie Mellon University. 1972.

PARRET, Herman. La semiotique est-elle une science cognitive? *S: European Journal for Semiotic Studies* 2.3: 483-500. 1990.

PATTEE. H. H. The physics of symbol and the evolution of semiotic controls. Em: *Control Mechanisms for Complex Systems*. 1997.

PEIRCE, C. S. Logical Machines. *American Journal of Psychology*. 1.1, S. 165-167, 1887.

PEIRCE, Charles Sanders. *Collected Papers*, vols. 1-8, ed. C. Hartshorne, P. Weiss, A. W. Burks, Cambridge, MA: Harvard Univ. Press. (citado como C.P.). 1931-1958.

PEIRCE, C. S. *Selected Writings* (Values in a Universe of Chance), ed. Philip Wiener, Dover Publications, New York, 1958.

PEIRCE, C. S. *The Essential Peirce, Selected Philosophical Writings*, Indiana University Press, 1992.

PEIRCE, Charles Sanders. *Essential Peirce*, Vols. 1-2. N. Houser & C. Kloesel (Eds.) Indiana University Press: The Peirce Edition Project. (citado como E.P). 1992-1998.

PEIRCE, C. S. *Writings of C. S. Peirce: A Chronological Edition*. Vols. 1-6. Indiana University Press: The Peirce Edition Project. (citado como W). 1982-2000.

PEIRCE, C. S. *Writings of Charles S. Peirce*. PEIRCE EDITION PROJECT (Orgs.) Bloomington, IN: Indiana University Press, 1981-2009, 8. Vols (obra citada como W seguido pelo número do volume e número de página).

PEIRCE, C. S. *Philosophy of Mathematics: Selected Writings of Charles Sanders Peirce*. Edited by Matthew E. Moore. Indiana University Press. Indiana. 2010.

PETITOT, Jean. Semiotics and Cognitive Science: The morphological turn. *Semiotic Review of Books* 1.1: 2-4. 1990.

PETZ, Dénes. Entropy, von Neumann and the von Neumann entropy. In *John von Neumann and the Foundations of Quantum Physics*, eds. M. Rédei and M. Stöltzener, Kluwer, 2001.

POLLAN, Michael. *The Botany of Desire: A Plants Eye View of the World*. New York. Random House. 2002.

PUTNAM, H. The meaning of 'meaning'. In (K. Gunderson, ed.) *language, mind and knowledge*. Minneapolis: University of Minnesota Press. 1975.

QUEIROZ, Joao, MERRELL, Floyd. Semiosis and pragmatism: Toward a dynamic concept of meaning. *Sign Systems Studies*. V.34.1. 2006.

RORTY, Richard (ed.). *The Linguistic Turn: Recent Essays in Philosophical Method*. The University of Chicago Press, Chicago and London. 1967.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. *Artificial Intelligence: A modern approach*. Tradução. 3rd. ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc., 2010.

SANTAELLA, Lucia. *A Assinatura das Coisas: Peirce e a Literatura*. São Paulo, Imago. 1992.

SANTAELLA, Lucia. *Cultura das Mídias*. São Paulo. Experimento. 1996.

SANTAELLA, Lucia. *A percepção: uma teoria semiótica*. SP: Experimento. 1998.

SANTAELLA, Lucia. *A teoria geral dos signos*. São Paulo, SP: Pioneira Thomson Learning. 2000.

SANTAELLA, Lucia. *Comunicação e Pesquisa: Projeto para mestrado e doutorado*. São Paulo. editora Hacker. 2001a.

SANTAELLA, Lucia. *Matrizes da linguagem do pensamento: sonora, visual, verbal*. São Paulo: Iluminuras. 2001.

SANTAELLA, Lucia. *O Método Anticartesiano de C.S. Peirce*. São Paulo: Editora UNESP. 2004a.

SANTAELLA, Lucia. *Navegar no ciberespaço: O perfil cognitivo do leitor imersivo*. São Paulo: Paulus. 2004b.

SANTAELLA, Lucia. *Percepção: Fenomenologia, Ecologia, Semiótica*. São Paulo: Cengage Learning. 2012.

SANTAELLA, Lucia. *Comunicação ubíqua: repercussões na cultura e na educação*. São Paulo: Paulus. 2013.

SARTRE, Jean Paul. *Critique of Dialectical Reason: Volume One*. Trans. Alan Sheridan-Smith. New York. Verso. 2004.

SAVAN, David. C. S. Peirce and american semiotics. The Peirce seminar papers. An annual of semiotic analysis, v.2. Providence and Oxford; Berghahn Books, p.179-208. 1994.

SEBEEK, Thomas Albert. *Semiotics in the United States*. Bloomington & Indianapolis. Indiana University Press. 1991.

SEARLE, John. Minds, Brains and Programs. *Behavioral and Brain Sciences* 3: 417-457. 1980.

SHANNON, C. E. A symbolic analysis of relay and switching circuits. Transaction American Institute for Electrical Engineers, vol. 57, p. 38-80. 1938.

SHANNON, C. E. e WEAVER, W. *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press. 1949.

SILVEIRA, Lauro F. Barbosa. *Curso de semiótica geral*. São Paulo. Quartier Martin. 2007.

STANFORD ENCYCLOPEDIA OF PHILOSOPHY. verbete Functionalism. 2004 e revisado em 2013. Acessado em 02/02/2016. <http://plato.stanford.edu/entries/functionism/>

STAWARSKA, Beata. *Saussure's philosophy of language as a phenomenology: undoing the doctrine of the course in general linguistics*. New York. Oxford University Press. 2015.

TEIXEIRA, João Fernandes. *Mentes e Máquinas: uma introdução à ciência cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas. 1998.

TOULMIN, Stephen. *The Uses of Argument*. Cambridge University Press, 1958.

TRIBUS, M., MCIRVINE E.C.. Energy and information. *Scientific American*, 224, September 1971.

TURING, Alan. On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem. Proceedings of the London Mathematical Society, ser. 2, vol. 42: 230. 1936.

TROSSEN, Dirk. Turing, the Internet and a Theory for Architecture: A (Fictional?) Tale in Three Parts. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Volume 42, Number 3. 2012.

UEXKÜLL, Jacob von. *A Foray into the Worlds of Animals and Humans, with a Theory of Meaning*. Minneapolis. University of Minnesota Press. 2010.

USHER, Abbott Payson. *Uma história das invenções mecânicas*. Tradução Lenita M. Rimolli Esteves. Campinas. Papirus. 1993.

VAN GELDER, J. Tim. Dynamic Approaches to Cognition. in R. Wilson, and F. Keil (eds.), *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*, pp. 244-246. Cambridge MA: MIT Press. 1999.

VEGA, I. S, NETO, J. J. e RAMOS, M. V M. *Linguagens formais: teoria, modelagem e implementação*. Ed. Bookman, Porto Alegre. 2009.

VENUGOPAL, Gayatri. Claytronics. *International Journal of Computer Applications* (0975-8887). Volume 81 – nº8, November 2013.

VIEIRA, Jorge Albuquerque. *Metaciência como caminho de pesquisa: Uma proposta semiótica e sistêmica*. São Paulo. Mérito, 2008.

VITA, Luiz Washington. *Introdução à filosofia*. Rio de Janeiro. Melhoramentos. 1964.

VON NEUMANN, J. First draft of a report on the EDVAC. *Annals of the History of Computing* 15, 1993, p. 27-75. Referenda de Von Neumann. editada por Michael D. Godfrey. 1945.

VON NEUMANN, J. First draft of a report on the EDVAC. *Annals of the history of Computing*, 15, p. 27-75. Editadopor Michael D. Godfrey. 1993.

WARTAK, S. Marek. *Computational Photonics: An introduction with MATLAB*. Cambridge. Cambridge University Press. 2013.

WELBY, Victoria L. *What Is Meaning? Studies in the Development of Significance*. John Benjamins. 1903.

ZIZEK, Slavoj. *The Sublime Object of Ideology*. New York. Verso Books. 1989.

ZIZEK, Slavoj. *The paralaxe view*. Cambridge, Mass.: The Mit Press. 2006.