

# **O LEITOR UNIVERSAL: LER E EXPRESSAR AS ARTES COMPUTACIONAIS**

MIGUEL CARVALHAIS & PEDRO CARDOSO

## RESUMO

Os média computacionais definem-se pela sua capacidade para processar informação. A computação faz deles excelentes simuladores e *solventes universais* de outros média, gerando também novas *affordances* e capacidades que expandem o seu potencial muito para além do dos média tradicionais. A computação é ação, transformação, jogo e brincadeira. A computação é processo, e os média computacionais, mais do que procurarem formas fixas e composições estáticas, usam frequentemente variação, mutação, iteração e renovação, como veículos para a exploração do processo. Por isso, na arte e literatura computacionais, encontramos frequentemente obras que se constituem como sistemas abertos que geram variações potencialmente infinitas. Nestas obras nenhuma forma é final, especial ou única, todas as formas geradas pertencem a séries potenciais que constituem o espaço de fase dos processos. A computação é também geradora de significado, não só porque permite criar formas e signos, mas também porque é em si mesma, signo, significado e significante.

Apesar de termos adotado, quase sem reservas, as remediações computacionais dos média clássicos e os novos média digitais nativos como os videojogos, a nossa relação com estes sistemas continua a ser por vezes difícil. Isso acontece em grande parte pela nossa tendência para narrativizar as nossas experiências e para procurar a *closure*. Com média computacionais abertos e potencialmente infinitos não é evidente como é que estes são atingidos e como é que os leitores conseguem criar significado.

Este texto explora os processos de leitura dos média computacionais, e a forma como permitem a construção de teorias funcionais dos sistemas computacionais, e dos processos esteticamente relevantes nestes. A leitura procedimental conduz à simulação do sistema pelo leitor, à antecipação de comportamentos, morfologias e horizontes de ação, e, finalmente, à compreensão da obra enquanto processo.

## 1. MÉDIA COMPUTACIONAIS

Os média contemporâneos, independentemente das suas modalidades, substratos ou *affordances* são quase universalmente computacionais. Mesmo quando a tecnologia de distribuição de um meio não é (ainda) computacional — como acontece, por exemplo, com o livro impresso — os computadores, redes de computadores e computação são tão ubíquos e essenciais à sua produção que dificilmente poderemos encontrar média que não sejam de alguma forma tocados pela computação.

Os sistemas computacionais baseiam-se no princípio fundamental da emulação e simulação de outros sistemas (Turing 1936). Aquilo que uma máquina computacional faz é apropriar-se de outra máquina, expressando-se através dessa simulação (Sicart 2014, 100). Um computador é uma máquina universal porque tem a capacidade de assumir diferentes estados e de se poder transformar noutras máquinas.

Se historicamente a diferença entre máquinas (incluindo ferramentas) e média era clara, esta natureza proteica dos sistemas computacionais conduziu à confluência das duas. Um sistema computacional pode ser tanto uma ferramenta, com capacidade de transformar informação, como um meio, com capacidade para preservar e comunicar informação no espaço e no tempo (Lévy 1997).

Os média clássicos<sup>1</sup> são, com maior ou menor facilidade, digitalizáveis. Isto não significa que a forma material de um meio seja digitalizável, mas sim que o pode ser a informação que é nele registada e veiculada por média computacionais. A linguagem é simbólica, e sendo linguísticos (McLuhan e McLuhan 1988), todos os média são simbólicos, tal como são também os sistemas computacionais. Sendo dotados de uma incrível capacidade para remediar (Bolter e Grusin 2002) e simular outros média, estes tornaram-se num singular *meio digital* (Murray 2012), um *solvente universal de média* (Hayles 2005) sobre o qual todos os outros convergem (Jenkins 2008), dissolvendo-se num metameio extremamente versátil (Laurel 1993) que contém todos os média já existentes, mas também, potencialmente, todos aqueles que ainda não foram inventados (Alan Kay *apud* Manovich 2013).

## 2. COMPUTAÇÃO

Na sua definição mais simples, uma computação é um processo que obedece a regras descritas de forma finita (Rucker 2005, 11). É um processo através do qual são realizados cálculos de acordo com um modelo bem definido como uma sequência de operações (Oliveira 2017, 18). Embora normalmente associemos a computação a sistemas digitais — como o são a quase totalidade dos computadores atuais — a computação digital é apenas uma das formas de computação. Uma computação é um processo que atua sobre informação (Berry 2011, 10) e que pode acontecer tanto no domínio analógico — com uma quantidade física (como peso, volume, etc.) usada para modelar fenómenos — como no domínio digital — em que são manipuladas representações simbólicas discretas (Oliveira 2017, 18). Em qualquer dos casos, uma computação transforma *inputs* em *outputs*, sendo estes *inputs* e *outputs* estados do sistema que suporta o processo computacional (Rucker 2005, 13; Tegmark 2017, 61).

Uma computação é, por definição, um sistema dinâmico. É um sistema temporal, que depende de ação para a sua existência. Se uma computação é independente do substrato em que é desenvolvida, e se podemos, portanto, falar de *computações equivalentes* e de um *princípio da equivalência computacional* (Wolfram 2002), só o podemos, no entanto, fazer quando operamos no domínio do abstrato. Para todos os efeitos, uma computação é uma máquina física em operação<sup>2</sup>, e é também a forma como estas operações processam informação. Uma computação não pode existir sem uma máquina computacional, embora possa, em princípio, ser transferível entre máquinas computacionais.

Uma computação emerge do seu substrato físico<sup>3</sup> e é independente dele, tendo “vida própria” (Tegmark 2017, 65). Não se trata de defender um tipo simples de dualismo Cartesiano entre *software* e *hardware*, como na crítica feita por Simon Penny (2017), mas sim de conceber a computação enquanto resultado de um fenómeno mais complexo. Em computadores digitais, *hardware* e *software* são duas partes fundamentais da máquina computacional, mas nenhum dos dois é, *per se*, a computação<sup>4</sup>. O *hardware* é o substrato físico no qual a computação é desenvolvida<sup>5</sup>. O *software* fornece o contexto

1 Vamos usar a expressão “clássico” para designar média e tecnologias de distribuição não computacionais — que Lévy classifica como *molares* (1997) —, independentemente de serem analógicos ou digitais, físicos ou imateriais.

2 Seja analógica ou digital, real ou virtual, uma computação pode ser descrita como uma máquina.

3 E pode emergir de uma grande variedade de substratos artificiais ou naturais (Hayles 2005, 17).

4 Em computadores analógicos, o *hardware* e o algoritmo são a mesma entidade, não sendo frequente discutir a noção de *hardware*, mas apenas de *inputs* e *outputs*, i.e., dados.

5 E este nível pode ser também ele simulado computacionalmente, com a computação a ser desenvolvida por uma *máquina virtual*, uma simulação de *hardware* que por sua vez é computada sobre outro *hardware*.

algorítmico, o programa para a computação e os dados que nela serão utilizados<sup>6</sup>. Mas o *software* não é a computação, é apenas a *framework* lógica a partir da qual a computação é desenvolvida. E é algo que, simplificando, podemos conceitualizar como sendo a captura de um estado de um processo computacional. Um estado em que temos informação total sobre o sistema e a partir do qual podemos continuar a computação (Carvalhais 2016).

A computação é ação, é ser<sup>7</sup> (Galloway 2010, 4), e nunca existe enquanto algo estático. A computação é *devenir* (Deleuze e Guattari 2004), é algo continuamente a caminho de outro, algo que se transforma e metamorfoseia essencialmente<sup>8</sup>.

O que define então um meio como sendo computacional não é o facto de serem usadas ferramentas computacionais na sua produção. No exemplo acima mencionado de um livro clássico: poderemos ter todo um texto escrito, revisto e composto em computadores, mas se o imprimimos em papel, teremos um meio não computacional<sup>9</sup>, uma vez que este deixa de ser a computação, tornando-se apenas o seu *output*. Se o mesmo texto for registado e comunicado através de um outro sistema computacional — uma página web, um livro digital, etc. — estaremos então perante um meio computacional<sup>10</sup>.

Se uma computação está continuamente em desenvolvimento e a gerar novos *outputs*, estes *outputs* não têm que ser necessariamente sempre diferentes. Os *outputs* de um sistema computacional podem não ser transientes ou dinâmicos (Carvalhais 2016, 229–37), embora o sistema computacional que os produz o seja sempre. Será útil ter em conta a classificação de computações desenvolvida por Stephen Wolfram (2002) a partir da constatação de que os sistemas computacionais desenvolvem quatro tipos básicos de comportamentos: sistemas de Classe 1 entram num estado fixo e aparentemente imutável, com *outputs* que não variam e que, como tal, poderão nem dar sinais de que a computação esteja a acontecer; sistemas de Classe 2 geram *outputs* com padrões repetitivos ou encapsulados que, sendo claramente transientes, tendem a não ser dinâmicos; sistemas de Classe 3 produzem *outputs* confusos, ruidosos e aleatórios ou aparentemente aleatórios; sistemas de Classe 4 produzem *outputs* complexos, que interagem em padrões não repetitivos<sup>11</sup>. Temos assim que um sistema computacional pode facilmente simular *outputs* de média clássicos, através da produção de *outputs* de Classe 1 ou 2, enquanto que os sistemas de Classe 4 terão o potencial para desenvolver média com novas potencialidades.

6 Em computadores digitais, dados e programa são idênticos de um ponto de vista mecânico, sendo ambos fornecidos no mesmo formato.

7 “The computer, however, is not of an ontological condition, it is on that condition. It does not facilitate or make reference to an arrangement of being, it remediates the very conditions of being itself. If I may be so crude: the medium of the computer is being” (Galloway 2010, 4).

8 Até eventualmente parar, se parar, mas nunca podemos saber se irá parar (Turing 1936).

9 Se subscrevermos alguma das teorias pancomputacionalistas poderemos naturalmente pensar o livro impresso como sendo também um sistema computacional, mas para simplificar o argumento não iremos conduzir a discussão nesse sentido.

10 Este poderá tentar simular o livro clássico, tendo consequentemente uma muito baixa *intensidade procedimental* (Crawford 1987), mas continuará a ser computacional e a ter — voluntariamente ou não — algumas *affordances* computacionais.

11 Rudy Rucker descreve os sistemas de Classe 4 como *gnarly* ou (numa tentativa de tradução) *nodosos*, numa analogia às suas configurações complexas e muito dinâmicas (2005, 112–13).

### 3. NOVAS POTENCIALIDADES DOS MÉDIA COMPUTACIONAIS

A computação traz muitas e novas *affordances* aos média. Pela sua versatilidade e plasticidade, a computação não criou um conjunto mais ou menos alargado de média novos, mas deu origem ao que Murray chama de *meio digital* (2012), um complexo de sistemas computacionais, redes e protocolos, que é capaz de fundir todos os média existentes — expandidos por novas propriedades — as técnicas para os criar e manipular — a fusão que Manovich designa por *metameio* (2013) — e ainda de dar origem a inúmeros *novos média*<sup>12</sup>.

Num contraste absoluto com os média clássicos, estes novos média tornam-se *espaços/código*<sup>13</sup>, termo oriundo da Geografia que designa o entrelaçamento da computação com os espaços arquitetónico e urbanístico e a experiência quotidiana, em termos muito particulares, porque a computação não se sobrepõe a estes, mas torna-se, sim, num dos seus componentes essenciais, ao ponto de os espaços e a computação se tornarem codependentes, e impossíveis de operar isoladamente (Bridle 2018, 37).

Por mais que influenciem a produção de mensagens (McLuhan 2006), os média clássicos não são em geral tecnologias para a criação de signos, porque todos os signos neles registados são criados somaticamente (Lévy 1997, 46). Mas sendo os média computacionais tanto média como ferramentas, capazes de preservar, reproduzir, mas também de produzir signos, implicam um potencial generativo que os aproxima da plasticidade e potencialidade das tecnologias somáticas.

Se todos os média são metáforas que transportam, traduzem e transformam os emissores, os recetores e as mensagens (McLuhan 2006, 97), nos média computacionais encontramos, pela primeira vez, em sistemas artificiais, um contexto em que estes podem assumir-se — literalmente — não apenas como veículos, mas também como conteúdo, emissores ou destinatários. Os média computacionais<sup>14</sup> reestruturam a realidade à medida que deixam de ser extensões diretas do ser humano (Wagner 2017, 65) e começam gradualmente a tornar-se extensões técnicas, não empíricas e não somático-dependentes (Flusser 2001, 23).

### 4. CONSEQUÊNCIAS PARA A ARTE E LITERATURA COMPUTACIONAL

Se a ação gera computação, esta poderá, por sua vez, gerar significado. Isto acontece não apenas porque os sistemas computacionais podem gerar formas e signos novos — tanto ao nível da superfície como ao da subfície de um sistema — mas também porque os processos computacionais<sup>15</sup> são em si mesmos signos e significantes.

12 Não consideramos *novos média*, aqui, no sentido clássico, em que uma tecnologia de distribuição permite o desenvolvimento de *media* que instituem uma série de *affordances* e contextos físicos e práticas culturais em que os artefactos são desenvolvidos, mas sim no sentido em que Manovich define o termo (2001), entendendo que cada materialização, cada produto desenvolvido num contexto computacional emerge de articulações num espaço de fase de possibilidades tão vasto que será, potencialmente, único nesse espaço.

13 Do inglês *code/spaces*.

14 Ou *técnicos*, se preferirmos a designação de Flusser (2001).

15 Salvo casos raros e extraordinariamente simples, a computação é múltipla, sendo uma articulação de sistemas e não um sistema uno.

A computação pode ser usada instrumentalmente, como simulador ou como emulador de outros sistemas, substituindo-se a sistemas menos económicos ou acessíveis. Mas a computação pode ser elevada a lugares mais centrais na obra de arte<sup>16</sup>. À medida que a intensidade procedimental aumenta, a obra de arte torna-se cada vez mais capaz de expressar a computação, de se construir a partir da computação<sup>17</sup>. A obra torna-se, então, capaz de ir além de uma expressão metafórica ou simbólica da computação — isto é, da computação enquanto tema narrativo em si — e de a expressar, tornando-a visível na sua superfície e de, como veremos, tornar essa expressão um foco estético essencial.

Se os artefactos clássicos se caracterizam por uma autossuficiência, por serem *seres-em-si* (Sartre 2003), pela permanência e existência, os artefactos computacionais são *seres-para-si* que se caracterizam pela liberdade, pela capacidade de fazerem escolhas e pelo seu potencial autopoietico. Se os artefactos clássicos são invariantes, autocontidos, estáticos e conduzem o nosso olhar para *dentro da obra* (Groys 2016), os artefactos computacionais são dinâmicos, mutáveis, conduzindo o nosso olhar para fora da obra, para um seu contexto muito mais alargado. Eles tornam-se a *nihição* das obras clássicas.

As obras computacionais são sempre potencialmente abertas. Tal como as obras estudadas por Umberto Eco (1989), são caracterizadas por uma certa incompletude e pela possibilidade de serem coexecutadas pelo leitor. Elas manifestam-se em movimentos, locais, dinâmicas coletivas, e não apenas em indivíduos. Mas, sendo computacionais, também se manifestam em mecânicas, em autopoietica, em mutação no processo e na obra e, como veremos, na disseminação e evolução do seu cerne computacional. Se as obras abertas de Eco são obras em progresso, com a tónica no progresso<sup>18</sup>, as obras abertas computacionais são agora *obras em processo* (Carvalhois 2016, 128).

Tal como a arte conceptual se focava numa *ideia* que se torna numa máquina que produz a arte (LeWitt 1969), as obras computacionais partem de ideias, máquinas abstratas, processos de onde esta emerge. Será natural, talvez até inevitável, que mais do que procurar formas fixas e composições estáticas, a arte computacional tente frequentemente explorar variação, mutação, iteração e renovação. Estes recursos tornam possível a exploração e expressão do processo, bem como a denotação dessa exploração.

Frieder Nake (2016), um dos pioneiros da arte computacional, descreve a natureza dos sistemas computacionais como estando assente na dualidade entre uma *superfície* sensual que é gerada por uma *subfície* computacional, que não é diretamente perceptível. Segundo Nake, nunca podemos falar de uma imagem computacional<sup>19</sup> porque todos os *outputs* de um sistema computacional precisam de ser transcodificados e tornados físicos para poderem ser percecionados por humanos. São, portanto, necessários vários processos de conversão de digital para analógico e, se a superfície que destes resulta é absolutamente dependente da subfície, a última também não pode abdicar da primeira, sob pena de os processos não terem interfaces com o mundo molar e somático dos humanos. A imagem é sempre física e sensual. Os processos que a geram, sendo também materiais, são inacessíveis diretamente.

16 Neste texto, para além das artes visuais, focamo-nos também na literatura, na música e noutras formas de expressão artística transformadas pela computação.

17 Ou, como diria Flusser, de se construir a partir do interior do *aparelho* (Flusser 2011, 36).

18 "Work in progress? The accent has now shifted from work to progress" (Lévy 1997, 123).

19 Que Nake designa como "imagem digital". Se é certo que os termos *digital* e *computacional* são muito frequentemente tratados como sinónimos, nós preferimos não o fazer.

Estes dois níveis de um sistema estão entrelaçados e, se a subfície não se pode constituir como a totalidade de uma obra<sup>20</sup>, esta torna-se progressivamente mais relevante e central para as práticas artísticas contemporâneas.

Podemos pensar na superfície relacionando-a com o *ser-em-si* e na subfície como representando as propriedades associadas com o *ser-para-si* e o potencial para a transcendência das obras computacionais (Carvalhais e Cardoso 2017b).

Os sistemas computacionais não são necessariamente modelos ou representações de algo, mas sim entidades cujo comportamento não pode ser descrito como a produção de signos por parte de um humano (Aarseth 1997, 30). Não são necessariamente simulações e não precisam de se reportar a fenómenos externos, podendo produzir comportamento emergente e ser generativos. De um ponto de vista conceptual, da mesma forma que a computação é independente do substrato, podemos especular até que ponto a subfície poderá ser também independente da superfície. A relação entre subfície e superfície não é *trivial* como nos média clássicos (Aarseth 1997, 40). No cinema, por exemplo, a produção secundária de signos — a imagem projetada — é determinada, ou pelo menos dominada, pela autoridade material do primeiro nível — a película. Nos média computacionais a relação entre subfície e superfície é *arbitrária*. Os signos produzidos na superfície não são dominados por uma autoridade material da subfície<sup>21</sup>, e se uma superfície é, em princípio, sempre necessária, o mesmo sistema pode desenvolver-se — ou expressar-se — através de superfícies distintas<sup>22</sup>. Podemos até argumentar que, na ausência de uma superfície específica, a obra continuará a existir e que a aura de uma obra poderá estar presente mesmo quando o objeto está ausente, já que processo e meta-informação do objeto continuam presentes<sup>23</sup>. Como diz Boris Groys, temos uma aura sem objeto (2016, 4).

## 5. COMPUTAÇÃO COMO CRIADORA DE SIGNIFICADO

Os *outputs* gerados por um sistema ou *aparelho*<sup>24</sup> são sempre uma função do seu programa (Flusser 2001). Assim sendo, determinar o programa do aparelho e programar o sistema torna-se fundamental de um ponto de vista poético. Esta determinação pode ser feita programando algoritmos e código, mas pode ser desenvolvida de muitas outras formas, por exemplo construído sistemas físicos — computações analógicas — ou amalgamando sistemas já existentes. Uma nova articulação entre sistemas já existentes — sejam estes de *hardware* ou *software* — é na realidade um novo programa, diferente

20 Podemos argumentar que, em algumas circunstâncias, a subfície se pode constituir como a quase totalidade da obra, mas mesmo nesses casos uma superfície material é indispensável para que aquela seja comunicada ao leitor.

21 Embora seja dependente da subfície e por ela controlada, a transcodificação entre a subfície e a superfície não estará por princípio sujeita a alguma limitação mecânica imposta pelo primeiro nível. Podemos quando muito interrogar-nos se as limitações mecânicas e físicas do meio da superfície não poderão ser tão significativas quanto a subfície para os signos gerados no segundo nível.

22 Aarseth sublinha que quando uma computação está inativa, o código — programa e dados — da subfície, pode ser estudado e descrito como objeto, mas não como equivalente ontológico da superfície (1997, 40).

23 Poderemos pensar em como a Ontologia Orientada a Objetos (OOO) identifica objetos reais e qualidades reais que são inefáveis e com as quais interagimos — nós, humanos, ou outros objetos — através daquilo que a OOO designa como objetos sensuais e qualidades sensuais (Harman 2018). Não sendo esse o objetivo deste texto, não podemos evitar questionar-nos até que ponto a subfície de Nike não poderá ser vista como uma metáfora para os objetos e a superfície, por sua vez, para as qualidades. Esta fratura (*rift*) entre os objetos e as qualidades é o que Harman designa como o hiato entre as coisas (*gap within things*) (2018, 259).

24 *Apparatus* no inglês original (Flusser 2001).

das suas partes constituintes.<sup>25</sup> Até a interação com um sistema computacional pode ser vista como um ato que determina o programa do aparelho, já que cada passo numa computação é também um primeiro passo numa nova sequência computacional. E se o sistema aceita *inputs* que influenciam o seu estado, as fontes destes, humanas ou não, são agentes na sua programação.

Para ler e compreender uma obra computacional, precisamos de compreender o programa do aparelho. Se relativamente a obras clássicas nos posicionamos esteticamente tentando perceber a proposta artística através da inferência das escolhas subjetivas feitas pelo seu autor<sup>26</sup> (Penha e Carvalhais 2018), com uma obra computacional tentamos, para além das escolhas de um autor que presumimos ser humano na maioria dos casos, perceber as escolhas feitas pelo sistema. Essa compreensão permite-nos inferir os nossos horizontes de ação<sup>27</sup>, perceber quais as oportunidades decorrentes destes e deduzir horizontes de intenção para cada ponto<sup>28</sup> (Upton 2015).

De um ponto de vista estético, a compreensão do programa do aparelho é fundamental, porque nos permite acrescentar ao nosso repertório estético os “prazeres da computação” (Anderson 2017, 87). Estes já estavam presentes nos média clássicos, quer em casos em que uma superfície computacional era acoplada com uma superfície não computacional — i.e. que não produzia *outputs* computacionais — como em muitos dos trabalhos realizados por pioneiros da arte computacional. Nestes casos, a computação é muito frequentemente expressa através da geração de múltiplos ou de variações que permitem ilustrar claramente a exploração metódica do espaço de fase<sup>29</sup> de um sistema. Ilustrando as variações de *outputs* de um sistema, uma série de múltiplos consegue comunicar de forma mais ou menos explícita o processo computacional na superfície e iterar todos ou alguns dos *outputs* possíveis do sistema. Se a obra parte da criação de um processo e da sua execução, não podendo esta ser realizada de forma dinâmica, é representada em sucessivas iterações. O processo gera nova informação e representa-a<sup>30</sup>.

Nestes casos, tal como Nike também argumenta, nenhuma das formas representadas é especial em si mesma. Todas as formas são partes de uma série, porque todas são consequências diretas da superfície e dos processos nela computados. Mesmo em casos em que é gerado um único *output*, como uma impressão, que é posteriormente apresentado em termos análogos aos da circulação de uma obra

25 E este novo programa será, em princípio, capaz de desenvolver um espaço de fase correspondente, no mínimo, à soma dos espaços-fase dos sistemas prévios, mas poderá também ser potencialmente muito diferente destes.

26 Escolhas essas que presumem sempre a existência de um ou vários autores, com quem, apesar de podermos pouco ou nada saber, partilhámos muita informação como consequência de uma natureza humana partilhada. Enquanto leitores de uma obra artística conjecturamos intenções por trás das escolhas percebidas do autor — ou dos resultados percebíveis dessas escolhas — e presumimos que essas escolhas sejam livres. Lemos os comportamentos pela lente da nossa própria experiência e emoções de maneira a construir um modelo plausível das intenções por trás da obra. E na medida em que tomamos a obra como sendo o resultado de escolhas subjetivas, também a interpretamos como sendo uma consequência direta ou indireta dos comportamentos de outros humanos. Este processo é estudado detalhadamente em Penha e Carvalhais (2018; 2019).

27 O *horizonte de ação* é definido como o conjunto de todos os estados no espaço de fase que podem ser ocupados no futuro imediato por um jogador/leitor. Este horizonte é determinado pelo conjunto de todas as condições associadas ao estado atual do sistema (Upton 2015, 74).

28 O *horizonte de intenção* é o conjunto de todos os estados que o jogador/leitor acredita serem válidos, atingíveis e desejáveis num futuro próximo. Este horizonte é definido pelas condições internas do jogador/leitor; é um produto do jogo tal como ele é percebido, enquanto que o horizonte de ação é um produto do jogo tal como ele é encontrado (Upton 2015, 79).

29 O *espaço de fase* de um sistema é definido pelo conjunto dos seus estados possíveis. Este termo é definido de diferentes formas nos contextos da mecânica clássica, estatística e quântica ou da termodinâmica, mas neste contexto podemos defini-lo enquanto sentido mais geral usado na mecânica clássica, para designar um espaço multidimensional que representa todas as configurações de um sistema computacional.

30 Para um estudo mais aprofundado desta dinâmica, recomendamos a tese de Rodrigo Hernández-Ramírez (2018).



clássica, esse *output* único é o resultado de um processo que poderia ter gerado qualquer outra configuração latente no espaço de fase da computação. Este *output* particular é selecionado entre vários produzidos pelo sistema, ou por decisão do sistema<sup>31</sup>, mas é sempre uma parte de uma série potencial de configurações alternativas. E, pelo menos em teoria, o mesmo processo poderia ser reinicializado sucessivas vezes, para explorar o espaço de fase do algoritmo e produzir a série de *outputs*.

Noutros média clássicos, a computação está presente, não sendo instanciada pelo meio, mas pelo leitor. Se o suporte codifica e comunica o processo, mas, pela sua natureza e pelas limitações das suas *affordances*, não o pode efetivamente executar, os leitores, cujos cérebros são, em termos de repertório computacional, *universais* (Deutsch 2011, 60), poderão desenvolver o processo. Um exemplo destes sistemas pode ser encontrado em *Composition N° 1* de Marc Saporta. Este livro é composto por 150 páginas não encadernadas e não numeradas, cada uma contendo um excerto narrativo que se combina com os restantes para formar a narrativa total a que cada leitor tem acesso. O livro contém também uma informação impressa na capa: *as páginas deste livro podem ser lidas em qualquer ordem*; a esta segue-se uma instrução explícita: *pede-se ao leitor para as baralhar como se fossem cartas de jogar*. A informação explica-nos um dos princípios mecânicos da obra — que cada uma das 150 páginas contém textos previamente ordenados pelo autor, não sendo a articulação do total das páginas por si pré-definida. A instrução define como é que a articulação das 150 páginas é definida não através de escolhas do leitor, feitas inicialmente ou passo a passo<sup>32</sup>, nem por determinações do sistema, mas sim recorrendo a um único ato de aleatorização das 150 partes da obra. O processo da leitura começa com o ato de baralhar as páginas. É esse o ato computacional que precede a leitura. Se a obra se transforma computacionalmente no primeiro passo, daí em diante comporta-se como uma obra clássica — transforma-se numa estrutura clássica — e é lida linearmente. A leitura termina com a leitura da 150ª página, qualquer que esta seja. Uma releitura da obra implicará um novo baralhar das páginas e uma nova articulação das partes<sup>33</sup> que resultará numa nova narrativa. *Composition N° 1* é, portanto, uma obra em muitos aspetos clássica e estática, que a inclusão de um simples ato computacional no início da sua leitura torna quase absolutamente indeterminável. É importante sublinhar que o meio em que *Composition N° 1* foi distribuído não permitia instanciar este ato computacional diretamente, tendo que ser o leitor, seguindo a instrução dada pelo autor, a executar o processo<sup>34</sup>.

## 6. OLHAR ALGORÍTMICO

Sendo a computação tão importante, a relação estética com os meios computacionais é, em vários casos, difícil. Em primeiro lugar porque esperamos *closure*. Numa obra como *Composition N° 1* é a conclusão da leitura que nos conduz à experiência de *closure* porque lemos todo um arco de 150 páginas, uma experiência que exige um investimento considerável por parte do leitor e que não será seguramente facilmente repetido. À medida que progredimos na leitura exaurimos as páginas, eventualmente atingin-

31 O que aqui entendemos por “decisão” não é necessariamente um processo formal ou consciente por parte do sistema, mas sim a casualidade que conduz a que uma configuração seja favorecida em relação a outras no curso de uma computação específica, aquela que produz o *output* em questão.

32 Como poderiam ser feitas num hipertexto ou num livro-jogo.

33 150 páginas podem ser articuladas de  $5,7133839564 \times 10^{262}$  formas distintas.

34 A edição inglesa de *Composition N° 1*, publicada em 2011 pela Visual Editions foi distribuída num formato impresso análogo ao original francês e também numa versão *e-book* como uma aplicação iOS. Esta versão, tirando partido das *affordances* do meio, assume a aleatorização das páginas, encarregando-se de criar a nova sequência de leitura à medida que o leitor vai progredindo no texto.

do um final na 150ª página. Mesmo sabendo que não esgotamos as articulações possíveis, e que o final que nos foi apresentado é apenas um de entre 150 possíveis, temos uma sensação de *closure* de uma leitura<sup>35</sup>. Mas uma obra que continuamente gera novos *outputs*, uma obra que seja para todos os efeitos infinita<sup>36</sup>, levanta-nos o problema de como atingir a *closure* quando não nos é oferecido um final explícito, que não precisa de ser um final narrativo, mas sim um final do conteúdo. Talvez isto aconteça por causa da nossa longa habituação aos média clássicos e às convenções que nos levaram a favorecer estruturas lineares. Talvez porque tendemos a narrativizar as nossas experiências (Floridi 2014; Gazzaniga 2011), olhando para os resultados finais dos processos de uma forma narrativa (Costikyan 2013; Shermer 2011) e procurando explicações causais para os fenómenos que testemunhamos. E a narrativa conduz-nos à procura de uma *gestalt*, da oclusão e da *closure*. O objetivo do sujeito da narrativa é a sua conclusão na contemplação de uma narrativa completa, de *closure* e de fixidez (Cubitt 2004)<sup>37</sup>.

Se a computação é o cerne estético dos média computacionais, talvez seja importante concentrarmos aí os nossos esforços. Mais do que exaurir todas as variações formais que um sistema possa potencialmente criar, a *closure* poderá ser atingida através de uma leitura que se foque não tanto na superfície de uma obra, mas sim na sua subfície. Este é um processo que podemos designar como *leitura computacional ou interpretação virtuosa* (Carvalhais e Cardoso 2018a). Uma leitura que, como Vilém Flusser apontava, procura significado não na superfície, mas sim no que ela projeta. O significado de uma obra computacional é algo que emana do seu interior para o exterior, por isso as obras computacionais — tal como as imagens técnicas de Flusser — precisam de ser decodificadas não através do significante, mas sim do significado. Não pelo que nos mostram, mas sim *pele que mostram ser*. A decodificação de uma obra computacional não depende do que ela mostra, mas sim de uma leitura do seu programa (Flusser 2011, 48). Só assim podemos extrair significado da subfície, e só assim as conseguimos criticar, porque só assim conseguimos analisar as suas trajetórias, os seus espaços de fase, os seus horizontes, e as intenções — tanto humanas como maquínicas — por trás das obras. Flusser vai ainda mais longe ao afirmar que as imagens técnicas — um conceito com o qual os artefactos computacionais têm muito em comum — têm vetores de significado invertidos. Eles têm um significado sem precedentes, porque não significam nada, apenas indicam uma direção (Flusser 2011, 50)<sup>38</sup>.

Para ler a computação precisamos de desenvolver um *olhar algorítmico* (Groys 2016), um olhar orientado do interior para o exterior da obra. Um olhar que precisamos de conciliar com o olhar humano, que infunde de significado a obra e a computação.

## 7. LER A COMPUTAÇÃO

Como é que o ato de leitura nos pode permitir perceber a subfície? O que entendemos por leitura? E o que nos é útil perceber?

35 Embora não, necessariamente, de todas as possíveis articulações da obra.

36 Ou que, mesmo podendo não ser de facto infinita, o seja para efeitos práticos, gerando mais variações do que as que possa ser sensato conseguir aceder em tempo útil por um leitor humano.

37 As narrativas podem ter finais em aberto e, por isso, não atingirem nunca uma *closure* narrativa. A *closure* a que nos referimos neste texto é relativa à subfície da obra e não à sua superfície, ou seja, não estamos atentos à estória em si e ao que ela representa, mas sim à estrutura e ao processo que a constrói.

38 "This is because technical images, with their inverted vectors of meaning, have an unprecedented meaning: they don't signify anything: they indicate a direction" (Flusser 2011, 50).

Salvo algumas exceções, não teremos normalmente acesso direto ao código de uma obra. Nos casos em que a obra explicitamente apresenta o seu código — ou em que a obra é código, seja numa linguagem de programação como nos *Microcodes* de Pall Thayer<sup>39</sup> ou em linguagem natural como na *Composition 1960 #10* de La Monte Young — o leitor pode mentalmente interpretar o código — em todos os sentidos da palavra — extraindo significado através da antevisão dos seus *outputs* morfológicos, comportamentais ou outros.

Não podemos presumir que os leitores de uma obra tenham a capacidade para descodificar programas escritos em linguagens de programação, por mais simples que estes sejam. Essa será muito provavelmente uma das razões pelas quais encontramos obras que, pretendendo descrever processos, não o fazem apresentando código, mas sim pseudocódigo, uma descrição não-computacional e não-compilável que preserva alguns dos aspetos formais e lógicos do código, podendo ser total ou parcialmente estruturada em linguagem natural, para que seja mais facilmente legível por humanos (Berry 2011, 52).

Mesmo que o leitor consiga ler o código, muito rapidamente atingirá o limite da sua capacidade para integrar informação e executar mentalmente o programa, que foi provavelmente escrito para ser executado por um computador digital e não por um humano. Por isso, se o acesso ao código pode ser útil, apenas o será em circunstâncias muito particulares.

Mas em geral, aquilo que procuramos perceber não é a totalidade do código de uma obra. Se a totalidade do código é fundamental para que a obra possa ser executada por um computador digital, aquilo que, enquanto humanos, valorizamos na sua operação exclui muitos dos processos efetivamente programados e foca-se num conjunto mais limitado de processos que podemos definir como *esteticamente relevantes*.

As peças que usam pseudocódigo dão-nos algumas pistas sobre estes processos. Em *Every Icon*, de John F. Simon Jr., não encontramos o conjunto das instruções necessárias para iterar sucessivamente todas as 1.024 células da matriz, nem instruções detalhadas sobre a dimensão da matriz, ou a velocidade da iteração, ou toda uma panóplia de comportamentos que, ao programar a peça, precisamos de gerir. Encontramos, sim, informações sobre aqueles processos que são conceptualmente fundamentais para a realização da obra: 1) a definição de uma matriz de  $32 \times 32$  células; 2) a exploração sucessiva de todas as formas em que essa grelha pode ser composta com células preenchidas ou vazias; 3) o objetivo final de apresentar *todos os ícones*. Tudo o resto na peça não nos é comunicado explicitamente. Pelo contrário, Simon espera que possamos rapidamente inferir pela observação da obra aspetos como a velocidade das iterações, o sistema e orientação da interação, etc.

Ao ler uma obra fazemos uso do que Espen Aarseth chama de *funções do utilizador* (1997, 65). Estas funções descrevem a forma como os leitores contactam com o texto e a natureza das suas ações durante este contacto. Se todos os textos exigem uma função *interpretativa* — que, contudo, não domina as restantes — os textos que Aarseth classifica como *ergódicos* são aqueles em que a função interpretativa não é exclusiva, sendo associada a pelo menos uma das restantes funções como a exploratória — em que o leitor decide que espaços explorar numa obra — ou a *configurativa* — em que a superfície

39 <http://pallthayer.dyndns.org/microcodes/>

da obra é parcialmente escolhida ou criada com intervenção do leitor. A interação, caso seja possível, poderá ter um papel importante no processo. Caso seja possível pela natureza do sistema, mas não acessível diretamente, a interação indireta<sup>40</sup> também poderá contribuir fortemente para este processo, porque ao observar outros humanos interagindo com a obra, conseguimos deduzir muitos dos seus aspetos funcionais.

## 8. TEORIA DO SISTEMA

Esta interpretação (Carvalhais e Cardoso 2015a; 2015b) conduz o leitor ao desenvolvimento do que temos vindo a chamar de uma *Teoria do Sistema* (Carvalhais e Cardoso 2016; 2017a; 2018a; 2018b), um processo de dedução progressiva, de criação de modelos e de simulação da superfície de uma obra.

Este processo pode ser descrito de uma forma análoga àquela que as ciências cognitivas usam para descrever o desenvolvimento de uma *Teoria da Mente* (TdM) que nos permite ver o mundo pela perspectiva de outros, criando modelos mentais dos pensamentos complexos e das intenções de outros humanos, um modelo a partir do qual podemos prever (e manipular) os seus comportamentos (Ramachandran 2011). Pensa-se que esta capacidade seja fruto de uma adaptação durante a fase de evolução neurocognitiva<sup>41</sup> dos humanos como uma resposta evolucionária aos desafios sociais que eram colocados aos nossos ancestrais (Zunshine 2012). Pensa-se também que a TdM seja única dos humanos (Dehaene 2009; Ramachandran 2011)<sup>42</sup>, permitindo-nos criar simulações mentais de terceiros (Metzinger 2009, 176) que, mais do que entrar na pele, implicam entrar na sua mente. Para além de uma experiência subjetiva do mundo, a TdM permite-nos perceber a verdade fundamental de que não somos apenas nós que experienciamos a consciência (Humphrey 2011, 151), mas também a descoberta do mundo de uma forma intersubjetiva.

A TdM é desenvolvida de forma largamente subconsciente, embora o seu esforço de construção possa ser suportado reflexivamente, através da análise consciente de comportamentos ou da psicologia de terceiros. Aquilo que propomos é que na nossa relação com obras computacionais, a análise da sua superfície é usada para a construção de uma Teoria do Sistema (TdS) que é também desenvolvida primariamente de forma subconsciente.

Uma TdS é um modelo funcional da superfície da obra, não o sendo necessariamente da implementação do sistema (Cooper et al. 2014). É, sim, um modelo mental simplificado, um conjunto de heurísticas que nos permite compreender o comportamento do sistema da obra. E foca-se apenas nos processos computacionais que são esteticamente relevantes — o que naturalmente simplifica bastante o seu desenvolvimento e validação.

Uma TdS parte da observação e interação, através dos quais o leitor identifica padrões de comportamento na superfície da obra. Este processo faz uso de mecanismos que nos ajudam a procurar

40 A que Golan Levin chama de *interação vicária* (*vicarious interaction*) (Gottschall 2012; Kwastek 2013; Levin 2000; Zielinski 2006).

41 Entre 1,8 milhões e 10.000 anos atrás.

42 Uma dedução que não é unânime, como nos relembra Michael Gazzaniga (2011, 158) quando descreve a formulação inicial de TdM por David Premack em 1978 e que, como ele, se questionou se outros animais não podem desenvolver processos semelhantes.

padrões na informação que nos chega sensorialmente<sup>43</sup>, o que posteriormente permite infundir com significado esses dados<sup>44</sup> (Shermer 2011, 5). Os nossos cérebros evoluíram para identificar padrões com significado, padrões que nos possam ajudar a compreender as causas dos vários fenómenos com que nos confrontamos. Por isso atribuímos significado, intenção e agência a esses padrões. É-nos inevitável fazê-lo. Eventualmente, esses padrões carregados de significado tornam-se crenças e essas crenças moldam a nossa percepção da realidade (Shermer 2011, 87).

Este processo permite-nos encontrar na obra mecânicas que já nos sejam familiares de outros contextos ou, se não for esse o caso, desenvolver hipóteses de raiz, o que é bastante mais custoso. Em sistemas complexos, em que várias mecânicas sejam articuladas, isso também nos permite iniciar a tentativa de dedução da articulação das partes. Ao deduzir causas e efeitos na subfície da obra, construímos hipóteses, modelos parciais ou totais da obra que podemos confrontar com o sistema, comparando as suas evoluções temporais e os *outputs* gerados por ambos. Isto permite-nos validar ou invalidar as hipóteses, que podem ser refinadas e iteradas para se aproximarem dos *outputs* efetivos do sistema, num processo de aprendizagem contínua.

Desenvolvendo uma TdS, os leitores conseguem antecipar os comportamentos do sistema, as suas morfologias, os seus horizontes de ação, os seus processos. Compreendendo a obra, os leitores desenvolvem um certo nível de empatia com o sistema, não só desenvolvendo conhecimento interobjetivo (Morton 2013; 2017) como também, podemos argumentar, um certo grau de conhecimento intersubjetivo, já que o sistema deixa de ser visto apenas como um objeto — na aceção corrente do termo —, como algo passivo, desprovido de agência e metas, para passar a ser observado enquanto processo que se aproxima do da interpretação subjetiva da obra. À medida que compreendemos e apreendemos o sistema, começamos a intuir a sua *umwelt* (Lee 2018) e a conseguir perceber o mundo pelo seu ponto de vista, mesmo que de forma inevitavelmente imperfeita e incompleta<sup>45</sup>, tentando procurar causas e escolhas não apenas nos processos dos autores humanos, mas também no sistema. Estas escolhas, sendo mecânicas, podem também ser lidas como livres e independentes, quasi subjetivas<sup>46</sup>, sem, no entanto, isso nos obrigar a antropomorfizar o sistema<sup>47</sup>.

Percebendo o sistema, desenvolvendo esta empatia com ele, podemos atingir um estado análogo ao da *closure*. Isto não acontece porque esgotamos todos os *outputs* potenciais do sistema, mas sim porque percebemos o seu espaço de fase e conseguimos perceber qual é o potencial generativo da obra. Ao desenvolver modelos e simulações do sistema da obra, vamos expandir o seu campo dos três níveis originais de *Mecânica*, *Dinâmica* e *Estética* (Hunicke, LeBlanc, e Zubek 2004) para dois novos níveis para além da obra e internos ao leitor: uma *Dinâmica Simulada* e uma *Mecânica Simulada*. Estes

43 Mecanismos que Michael Shermer descreve como de *patternicity*.

44 O mecanismo descrito como *agency*. Mas como Shermer (2011) nos avisa, temos também a tendência a infundir de significado tanto informação com significado potencial como informação insignificante, o que cria uma série de problemas.

45 De acordo com Thomas Nagel, podemos aproximar-nos da *umwelt* de um outro ser, mas nunca conseguiremos ver e sentir o mundo de outra forma que não a humana (1974).

46 Ao desenvolver uma interpretação subjetiva procuramos algo análogo a uma *mente* no sistema. Este termo é, claro, bastante radical. Mas os processos que desenvolvemos são, senão idênticos, pelo menos suportados pelos mesmos processos que usamos para identificar e perceber mentes (humanas e não-humanas).

47 É certo que é praticamente inevitável antropomorfizar o sistema (Hayles 2005, 193; Morton 2013, 23), porque da mesma forma que narrativizamos o mundo, também o antropomorfizamos, sendo uma das consequências deste processo o chamado *efeito Eliza* (Hofstadter 1995, 157; Carvalhais 2016, 277).

dois níveis aumentam, em muito, a complexidade do sistema, gerando também um papel ativo para os leitores humanos no processo da obra — independentemente de esta ser ou não interativa.

**Mecânica ↔ Dinâmica ↔ Estética ↔ Dinâmica Simulada ↔ Mecânica Simulada**

Figura 1. Expansão do modelo MDE.

Estes dois novos níveis expandem o que entendemos por *obra*. Permitem-nos descolar da sua subfície, replicando os seus processos em nós, usando a nossa mente para instanciar novas ocorrências que partem para viver connosco. Replicamos a obra e fazemo-la evoluir através da criação de uma meta-subfície. Em suma: deixamos que a obra se exprima através de nós.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos Nacionais através da agência Portuguesa FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito do projeto UIDP/04395/2020.

## OBRAS MENCIONADAS

- Saporta, Marc. *Composition N° 1*. Paris: Éditions du Seuil, 1962.  
Saporta, Marc. *Composition N° 1*. Translated by Richard Howard. London: Visual Editions, 2011.  
Simon, John F., Jr. “Every Icon.” 1997.  
Thayer, Pall. “Microcodes.” 2009-2014. <http://pallthayer.dyndns.org/microcodes/>  
Young, La Monte. “Composition 1960 #10.” 1960.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aarseth, Espen J. 1997. *Cybertext: perspectives on ergodic literature*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.  
Anderson, Steve F. 2017. *Technologies of Vision: The War between Data and Images*. Cambridge, MA: The MIT Press.  
Berry, David M. 2011. *The Philosophy of Software Code and Mediation in the Digital Age*. London: Palgrave Macmillan UK. <http://link.springer.com/book/10.1057/9780230306479>.  
Bolter, J. David, e Richard A. Grusin. 2002. *Remediation: Understanding New Media*. Cambridge, MA: The MIT Press.  
Bridle, James. 2018. *New dark age: technology, knowledge and the end of the future*. London; Brooklyn, NY: Verso.  
Carvalhais, Miguel. 2016. *Artificial Aesthetics: Creative Practices in Computational Art and Design*. Porto: U. Porto Edições.  
Carvalhais, Miguel, e Pedro Cardoso. 2015a. «Beyond Vicarious Interactions: From Theory of Mind to Theories of Systems in Ergodic Artefacts». Em *xCoAx 2015 Proceedings of the Third Conference*

- on *Computation, Communication, Aesthetics & X.*, editado por Miguel Carvalhais, Pedro Cardoso, e Mario Verdicchio, 139–50. Glasgow. <http://2015.xcoax.org/xcoax2015.pdf>.
- . 2015b. «What Then Happens When Interaction Is Not Possible: The Virtuoso Interpretation of Ergodic Artefacts». *Journal of Science and Technology of the Arts*, 55–62. <https://doi.org/10.7559/CITARJ.V7I1.144>.
- . 2016. «Searching Meaning Through Procedurality In Computational Artefacts». Em *Designa 2016 - Proceedings: Searching Meaning Through Procedurality in Computational Artefacts*, 247–56. Universidade da Beira Interior: Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1119047>.
- . 2017a. «Creation of Meaning in Processor-Based Artefacts». Em *ISEA 2017: International Symposium on Electronic Arts*, 408–14. Manizales: Department of Visual Design.
- . 2017b. «On Procedural Dissemination and Artificial Aesthetics (Notes Towards a Philosophy of Computational Media)». Em *DIGICOM International Conference on Digital Design & Communication*, 25–34. Barcelos: IPCA: Instituto Politécnico do Cávado e do Ave.
- . 2018a. «Empathy in the Ergodic Experience of Computational Aesthetics». Em *ISEA 2018 Intersections*, 220–26. Durban: Faculty of Arts and Design, Durban University of Technology.
- . 2018b. «Narrative games in ergodic media». *Communication Studies* 2 (27): 55–65. <https://doi.org/10.20287/ec.n27.v2.a04>.
- Cooper, Alan, Robert Reimann, Dave Cronin, e Christopher Noessel.** 2014. *About face: the essentials of interaction design*. 4.ª ed. Indianapolis, IN: John Wiley and Sons.
- Costikyan, Greg.** 2013. *Uncertainty in Games*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Crawford, Chris.** 1987. «Process Intensity». *Journal of Computer Game Design* 1 (5). <http://www.erasmatazz.com/library/the-journal-of-computer/jcgd-volume-1/process-intensity.html>.
- Cubitt, Sean.** 2004. *The Cinema Effect*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Dehaene, Stanislas.** 2009. *Reading in the brain: the science and evolution of a human invention*. New York, NY: Viking.
- Deleuze, Gilles, e Félix Guattari.** 2004. *A Thousand Plateaus: Capitalism and Schizophrenia*. Traduzido por Brian Massumi. London: Continuum.
- Deutsch, David.** 2011. *The beginning of infinity: explanations that transform the world*. London: Allen Lane.
- Eco, Umberto.** 1989. *The Open Work*. Traduzido por Anna Cancogni. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Floridi, Luciano.** 2014. *The 4th revolution: how the infosphere is reshaping human reality*. New York, NY; Oxford: Oxford University Press.
- Flusser, Vilém.** 2001. *Towards a Philosophy of Photography*. London: Reaktion Books.
- . 2011. *Into the Universe of Technical Images*. *Electronic Mediations*, v. 32. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Galloway, Alexander R.** 2010. «The Anti-Language of New Media». *Discourse* 32 (3): 277–84.
- Gazzaniga, Michael S.** 2011. *Who's in charge? Free will and the science of the brain*. New York, NY: Ecco.
- Gottschall, Jonathan.** 2012. *The storytelling animal: how stories make us human*. Boston, MA: Houghton Mifflin Harcourt.
- Groys, Boris.** 2016. *In the Flow*. London: Verso.
- Harman, Graham.** 2018. *Object-oriented ontology: a new theory of everything*. London: Pelican - Penguin Books.
- Hayles, N. Katherine.** 2005. *My mother was a computer: digital subjects and literary texts*. Chicago, IL: University of Chicago Press.

- Hernández-Ramírez, Rodrigo.** 2018. «Aesthetic informational systems: towards an ontology of computer-generated aesthetic artifacts». Tese de Doutoramento, Lisboa: Faculdade de Belas-Artes - Universidade de Lisboa. [https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/35109/2/ULFBA\\_TES\\_1130.pdf](https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/35109/2/ULFBA_TES_1130.pdf).
- Hofstadter, Douglas R.** 1995. *Fluid Concepts and Creative Analogies: Computer Models of the Fundamental Mechanisms of Thought*. London: Allen Lane.
- Humphrey, Nicholas.** 2011. *Soul dust: the magic of consciousness*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Hunicke, Robin, Marc LeBlanc, e Robert Zubek.** 2004. «MDA: A Formal Approach to Game Design and Game Research». Em *Challenges in Game Artificial Intelligence: Papers from the AAAI Workshop*, editado por Dan Fu. Menlo Park, CA: The AAAI Press. <https://aaai.org/Papers/Workshops/2004/WS-04-04/WS04-04-001.pdf>.
- Jenkins, Henry.** 2008. *Convergence Culture: Where Old and New Media Collide*. Updated and with A new afterword. New York, NY: New York Univ. Press.
- Kwastek, Katja.** 2013. *Aesthetics of interaction in digital art*. Cambridge, Massachusetts, MA: The MIT Press.
- Laurel, Brenda.** 1993. *Computers as theatre*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Lee, Rosemary.** 2018. «The Limits of Algorithmic Perception: Technological Umwelt». Em *Proceedings of EVA Copenhagen 2018, Denmark*. Copenhagen. <https://doi.org/10.14236/ewic/evac18.44>.
- Levin, Golan.** 2000. «Painterly Interfaces for Audiovisual Performance». Master Thesis, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. <https://acg.media.mit.edu/people/golan/thesis/thesis300.pdf>.
- Lévy, Pierre.** 1997. *Collective Intelligence: Mankind's Emerging World in Cyberspace*. Traduzido por Robert Bononno. Cambridge, MA: Perseus Books.
- LeWitt, Sol.** 1969. «Paragraphs on Conceptual Art». *Art-Language* 1 (1): 11–13.
- Manovich, Lev.** 2001. *The Language of New Media*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- . 2013. *Software Takes Command*. New York, NY: Bloomsbury Academic.
- McLuhan, Marshall.** 2006. *Understanding Media: The Extensions of Man*. London: Routledge.
- McLuhan, Marshall, e Eric McLuhan.** 1988. *Laws of Media: The New Science*. Toronto: Univ. of Toronto Press.
- Metzinger, Thomas.** 2009. *The Ego Tunnel: The Science of the Mind and the Myth of the Self*. New York, NY: BasicBooks.
- Morton, Timothy.** 2013. *Hyperobjects: Philosophy and Ecology after the End of the World*. Posthumanities 27. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- . 2017. *Humankind: Solidarity With Non-Human People*. London: Verso.
- Murray, Janet Horowitz.** 2012. *Inventing the Medium: Principles of Interaction Design as a Cultural Practice*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Nagel, Thomas.** 1974. «What Is It Like to Be a Bat». *The Philosophical Review* 83 (4): 435–50.
- Nake, Frieder.** 2016. «The Disappearing Masterpiece». Em *xCoAx: Proceedings of the Conference on Computation, Communication, Aesthetics & X*, editado por Mario Verdicchio, Alison Clifford, André Rangel, e Miguel Carvalhais, 11–26. Bergamo: Universidade do Porto. <http://2016.xcoax.org/pdf/xcoax2016-Nake.pdf>.
- Oliveira, Arlindo.** 2017. *The Digital Mind: How Science Is Redefining Humanity*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Penha, Rui, e Miguel Carvalhais.** 2018. «Will Machinic Art Lay Beyond Our Ability to Understand It?». Em *Proceedings of the 24th International Symposium on Electronic Art*, editado por Rufus Adebayo, Ismail Farouk, Steve Jones, e Maleshoane Rapeane-Mathonsi, 22–30. Durban: Faculty of Arts and Design, Durban University of Technology.



- . 2019. «If Machines Want to Make Art, Will Humans Understand It? – Rui Penha & Miguel Carvalhais | Aeon Ideas». Aeon, 2019. <https://aeon.co/ideas/if-machines-want-to-make-art-will-humans-understand-it>.
- Penny, Simon.** 2017. *Making Sense: Cognition, Computing, Art, and Embodiment*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Ramachandran, V. S.** 2011. *The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist's Quest for What Makes Us Human*. New York, NY: W.W. Norton.
- Rucker, Rudy.** 2005. *The Lifebox, the Seashell, and the Soul: What Gnarly Computation Taught Me about Ultimate Reality, the Meaning of Life, and How to Be Happy*. New York, NY: Thunder's Mouth Press.
- Sartre, Jean-Paul.** 2003. *Being and Nothingness: An Essay on Phenomenological Ontology*. London: Routledge.
- Shermer, Michael.** 2011. *The Believing Brain: From Ghosts and Gods to Politics and Conspiracies-How We Construct Beliefs and Reinforce Them as Truths*. New York, NY: Times Books.
- Sicart, Miguel.** 2014. *Play Matters. Playful Thinking*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Tegmark, Max.** 2017. *Life 3.0: being human in the age of artificial intelligence*. New York, NY: Alfred A. Knopf.
- Turing, Ana Mathinson.** 1936. «On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungs Problem». *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2, 43-Part 7: 544–46.
- Upton, Brian.** 2015. *The Aesthetic of Play*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Wagner, Sophie-Carolin.** 2017. *Poetry: Challenging Solitude and the Improbability of Communication*. Edition Angewandte. Berlin: Walter de Gruyter.
- Wolfram, Stephen.** 2002. *A New Kind of Science*. Champaign, IL: Wolfram Media.
- Zielinski, Siegfried.** 2006. *Deep Time of the Media: Toward an Archaeology of Hearing and Seeing by Technical Means*. Electronic Culture: History, Theory, Practice. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Zunshine, Lisa.** 2012. *Why We Read Fiction: Theory of Mind and the Novel*. Columbus, OH: Ohio State University Press.