



TEXTO PARA DISCUSSÃO

ISSN 0103-9466

486

Tecnologias da percepção

Eduardo Barros Mariutti

Setembro 2025



ie Instituto de
economia

Tecnologias da percepção

Eduardo Barros Mariutti *

*Para Marcia:
mulher intensa, que em um instante se tornou o centro da minha existência.*

Os seres humanos já não estão apenas utilizando a velocidade relativa do animal ou da máquina; estão usando a velocidade dos pacotes de ondas do domínio eletromagnético, sem sequer perceber que aqui se deparam com uma barreira intransponível – que já não é mais a barreira do som ou do calor, como a que é enfrentada por veículos supersônicos ou hipersônicos, mas sim a barreira da luz, a última fronteira de uma intensidade energética que limita para sempre a ação e a percepção humanas (Paul Virilio).

Resumo

Este texto deve ser lido como um balanço provisório das minhas pesquisas mais recentes, ao mesmo tempo em que aponta para novas perspectivas e indagações que pretendo explorar nos próximos anos. Por conta disto, o texto está um pouco mais extenso do que o habitual. Assim, muito do que aqui se apresenta deve ser visto como um exercício exploratório – até mesmo especulativo – e não como uma formulação definitiva, particularmente no que diz respeito à caracterização e problematização do espaço vetorial n-dimensional.

Palavras-chave: Topologia; Inteligência artificial; Machine Learning.

Abstract

Technologies of perception

This article should be read as a provisional balance of my most recent research, while also pointing toward new perspectives and questions that I intend to explore in the coming years. For this reason, it is somewhat longer than usual. Much of what is presented here should therefore be regarded as an exploratory – if not speculative – exercise, rather than a definitive formulation, particularly with respect to the characterization and problematization of the n-dimensional vector space.

Keywords: Topology; Artificial intelligence; Machine Learning.

Jel Code: Z00.

Introdução

Yann LeCun, vencedor do prêmio Alan Turing em 2018, costuma salientar que as redes convolucionais e os sistemas de Inteligência Artificial operam, antes de tudo, como arquiteturas de *percepção*. Nos primórdios do connexionismo, quando as aplicações principais se concentravam no reconhecimento de imagens por computadores, o grande insight consistiu em distinguir *percepção* de *cognição*. Essa distinção, além de evidenciar que não há percepção *direta* ou “natural”,¹ introduzia

* Professor Associado do Instituto de Economia da Unicamp e do Programa de Pós-Graduação *San Tiago Dantas*. Pesquisador do INCT/Ineu e membro da Rede de Pesquisa em Autonomia Estratégica, Tecnologia e Defesa (PAET&D).

(1) “A percepção mobiliza conhecimento e *expertise* de diferentes maneiras, como fica claramente evidenciado nos trabalhos sobre programas de computador dedicados à interpretação de imagens. Um dos aspectos mais notáveis de tais estudos é a demonstração de que processos computacionais extremamente complexos são necessários para operações que antes eram consideradas habilidades perceptivas elementares, como reconhecer um bloco ou mesmo identificar uma linha reta como linha (...). A percepção é, assim, um processo ativo e construtivo, que se apoia no conhecimento da ‘gramática’

um problema fundamental: como estabelecer mecanismos de tradução entre percepção e cognição sem reduzir um domínio ao outro, preservando com isso as suas respectivas especificidades. A saída foi converter as imagens em matrizes numéricas que expressam uma representação puramente *matemática* do objeto original. Em 1950 e 60 isso parecia algo aberrante, dada a limitação de memória e capacidade de processamento dos computadores da época. Entretanto, no século XXI, o cenário mudou: tornou-se possível instanciar essas representações em espaços topológicos de alta dimensionalidade, nos quais propriedades como continuidade, vizinhança e invariância podem ser formalizadas e exploradas computacionalmente, explicitando com isso propriedades métricas e relacionais antes inacessíveis.²

Como esse espaço representa de forma comprimida o conjunto das relações entre os elementos, e não os elementos isoladamente, tudo se torna potencialmente fungível. Nesse horizonte é possível vislumbrar a manifestação de um terreno cibernético/eletromagnético em que elementos abstratos, linguísticos e visuais coincidem, circulam, são consumidos e trocados em escala global (Crary, 1992, p. 2). Sons, imagens, palavras e praticamente qualquer conteúdo são passíveis de digitalização e codificação, insinuando com isso a emergência um *modo digital de existência* fundado em matrizes numéricas e vetoriais que se inscrevem em um novo regime espacial de correlações, uma topologia destituída de qualquer correlato empírico imediato na nossa experiência sensível que, inclusive, se nutre cada vez mais das dimensões da realidade que não são diretamente observáveis pelo nosso sensorio. À primeira vista, o caráter contraintuitivo e até mesmo inescrutável desses novos espaços e redes de relações pode gerar estranhamento e até certo alarmismo. No entanto, assim como ocorreu com a disseminação dos computadores pessoais na década de 1980, a tendência é que, com o tempo, se desenvolva uma maior familiaridade com essa nova experiência.

A proposta básica deste artigo é analisar como essas experiências teóricas e práticas estão transformando o modo como percebemos e vivemos a realidade. O ponto de partida é a análise “clássica” de Willian M. Ivins, que sugeriu a forte correlação entre a emergência da perspectiva linear na renascença com o naturalismo e a “revolução científica do século XVII”. Segundo Ivins, a racionalização da visão instaurada pela perspectiva, constituiu uma pré-condição essencial para o desenvolvimento da ciência no Ocidente, ao instaurar um regime de representação fundado na homogeneidade e mensurabilidade do espaço. Ainda que sua argumentação possa incorrer em certos exageros, é inegável que a noção de espaço isotrópico derivada da perspectiva linear desempenhou papel decisivo na constituição das modernas máquinas perceptivas, isto é, aparelhos dotados de sensores multiespectrais capazes de detectar, processar e interpretar sinais do ambiente de forma

dos dados sensoriais, por exemplo, o conhecimento das possíveis estruturas das imagens retiniais, o conhecimento dos tipos de entidades representadas por esses dados e o conhecimento dos processos pelos quais os objetos geram dados sensoriais” (Sloman, 1991, p. 143). Logo, desde os primórdios, a visão computacional desafiou a ideia intuitiva de que a percepção é um ato imediato, pois ela depende sempre de camadas de conhecimento nada óbvias, assim como exige *inferências* e interpretação, algo que Paul Virilio costumava destacar pelo menos desde a década de 1980.

(2) Para ser rigoroso, a chave repousa muito mais na *computação* do que nas suas instanciações físicas: “Uma das grandes novidades é que os processos computacionais podem estar marcadamente desacoplados dos processos físicos do computador que lhes serve de base. Computadores com componentes e arquiteturas fundamentais bastante diferentes podem ser equivalentes em um sentido importante: um programa que roda em um deles pode ser feito para rodar em qualquer outro, seja por meio de um segundo programa que simula o primeiro computador no segundo, seja por meio de um compilador ou interpretador adequado que traduza o primeiro programa para um formalismo que o segundo computador possa executar. Assim, um programa pode rodar em uma máquina virtual.” (Sloman, 1991, p. 5)

automática e preditiva (Virilio, 1994). Isso abriu caminho para uma nova transformação, impulsionada pela generalização dos objetos digitais e pela emergência de uma espacialidade vetorial n-dimensional. Nesse novo regime, tanto a percepção quanto o cálculo deixam de estar circunscritos à lógica euclidiana da representação – fundada na homogeneidade, isotropia e projetividade linear – para se organizar em torno de estruturas que privilegiam a multiplicidade de variáveis, a heterogeneidade de escalas e a interdependência de dimensões intrínsecas.

Willian M. Ivins: perspectiva linear, naturalismo e racionalização da visão

Os fundamentos da interpretação de Ivins acerca do papel da perspectiva linear no Renascimento podem ser identificados na seguinte passagem, a qual, devido à sua relevância, merece uma análise mais detalhada:

Para que possamos formar ideias a partir dos dados [returns] que recebemos da natureza através dos nossos cinco sentidos, é necessário dispor de um sistema de símbolos que os represente e de uma gramática ou conjunto de regras que organize esses símbolos de maneira lógica. Na ausência desses símbolos ou de uma gramática para seu uso, o ato de pensar torna-se uma tarefa pesada demais [*too onerous*] para ser levada muito adiante. Um símbolo que não pode ser exatamente duplicado – ou, o que dá no mesmo, um símbolo que necessariamente sofre mudanças aleatórias de significado ao ser repetido ou duplicado – tem pouca utilidade. Um sistema de símbolos sem esquemas lógicos, tanto para suas inter-relações internas quanto, se ele representar fatos externos, para uma correspondência recíproca com esses fatos externos, também é pouco útil. Embora tais símbolos ou séries de símbolos possam ser interessantes para a intuição pessoal, é evidente que eles têm pouco ou nenhum valor para a racionalização (Ivins, 1938, p. 7).

Logo, pensar racionalmente – i.é. de forma lógica a analítica – pressupõe a existência de *símbolos estáveis e reprodutíveis* (palavras, números etc.) e, também, *regras lógicas* (uma gramática) que permitam combiná-los de forma coerente e congruente com o que precisa ser por eles representado.

Símbolos irrepitíveis, que mudam de significado aleatoriamente ou que não possuem uma correspondência clara com a realidade são inúteis para fins de compreensão objetiva, mesmo que possuam algum valor subjetivo ou intuitivo. A ciência natural (*natural science*)³ só opera de forma eficaz porque utiliza símbolos padronizados (como fórmulas matemáticas, convenções, termos técnicos etc.) e um sistema lógico para testá-los e organizá-los. Ivins argumenta que nem toda forma de arte ou de representação do mundo pode conter em si o germe das ideias científicas, pois o uso subjetivo de símbolos que possuam significado apenas para o indivíduo (i.é, fruição ou contemplação) é diferente de *racionalização*, que envolve necessariamente a construção lógica de ideias compartilháveis e experimentos reprodutíveis.

O segundo passo do argumento – extremamente controverso – consiste em explorar a diferença entre a tradição grega, que teria se fundamentado na intuição tátil-muscular e, por isso, preservava uma forte relação com questões métricas e de congruência, e a modernidade,

(3) Ivins só emprega esse termo uma vez, dando a entender que sempre que ele se refere à ciência (e à racionalização da visão) ele está se referindo ao naturalismo. Esta seria a *differentia specifica* da ciência – ocidental, ele deixa isso explícito – frente a outras formas de compreensão do real.

“oculocêntrica” e orientada pela racionalização da visão (*sight*).⁴ Para ele, isto fica explícito no postulado euclidiano sobre as linhas paralelas. Se percebermos as linhas paralelas pelo tato, tateando um corrimão por exemplo, não há nenhum retorno sensorial que nos leve a pensar que estas linhas podem se cruzar em algum ponto. Contudo, se olharmos para uma linha de trem ou uma longa sequência de colunas, somos levados a pensar que, se a distância for suficientemente grande, as linhas podem convergir. (Ivins, 1938, p. 8).

Ivins afirma que a pintura foi uma das primeiras formas desenvolvidas pelo homem para registrar a sua percepção visual. No entanto, durante muito tempo, os símbolos pictóricos revelaram-se uma forma ineficaz de representação simbólica, por duas razões principais: nenhuma imagem podia ser exatamente duplicada e “não havia nenhuma regra ou esquema gramatical capaz de garantir, dentro do sistema de símbolos pictóricos, relações lógicas internas ou uma correspondência lógica bidirecional – ou recíproca – entre as representações pictóricas das formas dos objetos e a localização desses objetos no espaço” (Ivins, 1938, p. 8). Logo, a impossibilidade da duplicação exata decorre do fato de que, sem métodos técnicos de captura e de reprodutibilidade, cada imagem é única porque expressa a habilidade e a subjetividade de quem a produziu. Já a ausência de uma “gramática” impossibilitava o estabelecimento de uma correspondência lógica entre a forma dos objetos e sua localização no espaço.

Palavras ou símbolos linguísticos podem ser repetidos com exatidão de forma incessante, conservando o mesmo significado. Já a reprodução da imagem sempre envolvia algum grau de variação, o que torna a diferença entre o original e suas cópias perceptível. Além disso, ao menos até o desenvolvimento da perspectiva linear, as imagens careciam de um sistema normativo que regulasse as relações lógicas e espaciais entre os elementos representados, o que limitava a previsibilidade e a coerência de sua organização interna. “Até o final do século XIV, essa era a condição da capacidade do homem de simbolizar sua percepção sensível da natureza. A ela pode ser atribuída grande parte do fracasso da ciência natural clássica e medieval” (Ivins, 1938, p. 9).

Ivins reforça que a relação entre símbolo e significado nem sempre é fixa ou unidirecional. Em alguns casos o símbolo se define pelo que representa e, em outros, ocorre o contrário: aquilo que é representado só passa a ter sentido por causa do símbolo que o expressa. A isso se liga o contraste entre domínios altamente conceituais, como a matemática, e domínios mais concretos e sensoriais, como a percepção visual. Na matemática os símbolos são definidos de forma tão precisa e abstrata que sua forma física (como letras, números, sinais) pode variar bastante sem alterar seu significado. Já em campos como a arte ou outras formas de percepção visual, a aparência concreta do símbolo (como uma imagem ou um desenho) está intimamente ligada ao que ele representa e, portanto, pequenas variações podem mudar o seu significado. Contudo, a despeito da dificuldade de reproduzir e de transmitir símbolos pictóricos, eles não podem ser desprezados como uma inspiração importante para o desenvolvimento da ciência e da racionalização, dada a sua efetividade em estabelecer conexões imediatas e intuitivas com aquilo que representam: eles ensejam a possibilidade de

(4) Martin Jay relembra que este argumento não é consensual: pelo contrário, embora com muitas nuances (a ideia platônica de que vemos através dos olhos e não pelos olhos e a parábola da caverna, os mitos sobre a medusa, Orfeu e narciso expressam uma desconfiança sobre a acuidade da visão), a percepção dominante das interpretações contemporâneas é que os gregos privilegiavam a visão em detrimento dos demais sentidos (2005, p. 22; 28; 1993, p. 33 e segs.).

reconhecer *similaridades* entre os elementos representados que podem ser *traduzidas* para uma forma científica de conhecimento.

É precisamente na transposição desse fosso que a perspectiva linear é valorizada pelo autor:

A perspectiva pode ser considerada como um meio prático de garantir uma relação métrica rigorosa e recíproca entre as formas dos objetos conforme estão localizados no espaço e suas representações pictóricas. Por mais importante que isso seja para a criação de imagens no sentido mais estrito é, sem dúvida, ainda mais importante para o pensamento em geral, porque as premissas em que se baseia estão implícitas em toda afirmação feita com seu auxílio. Ou as relações externas dos objetos, como suas formas para a percepção visual, mudam com suas mudanças de localização, ou, então, suas relações internas mudam. Se fosse este o caso (mudança nas relações internas), não poderia haver homogeneidade do espaço nem uniformidade da natureza, e a ciência e a tecnologia, como hoje as concebemos, deixariam necessariamente de existir. Assim, a perspectiva, por reconhecer logicamente as invariâncias internas em meio às transformações causadas por mudanças de localização espacial, pode ser considerada a aplicação, no campo pictórico, das duas suposições básicas que fundamentam todas as grandes generalizações científicas, ou leis da natureza (Ivins, 1938, p. 9).

Assim, a perspectiva opera não somente como uma técnica artística, mas como *um modelo de pensamento*, dado que ela envolve um sistema lógico baseado em relações espaciais e proporções que vai além da arte, influenciando como organizamos e compreendemos o mundo visualmente. Em sua visão, o conhecimento científico só é possível se os objetos mantiverem as suas características internas inalteradas quando mudam de lugar. A perspectiva reconhece essas invariâncias e, por isso, reflete os princípios fundamentais que sustentam as leis científicas. Em outras palavras, Ivins argumenta que a perspectiva aplica visualmente os mesmos pressupostos que tornam a ciência possível.

Logo, sua importância para a arte e para a racionalização reside em grande medida na combinação entre o *naturalismo* (o esforço de tentar representar as experiências visuais do mundo com o máximo de fidelidade possível) e o emprego de convenções esquemáticas e lógicas nas representações:

As características mais marcantes da representação pictórica europeia desde o século XIV têm sido, por um lado, o seu naturalismo cada vez mais acentuado e, por outro, suas extensões puramente esquemáticas e lógicas. Defende-se aqui que ambos se devem, em grande parte, ao desenvolvimento e à disseminação de métodos que forneceram símbolos – repetíveis em forma invariável – para representar percepções visuais, além de uma gramática da perspectiva que tornou possível estabelecer relações lógicas não apenas dentro do sistema de símbolos, mas também entre esse sistema e as formas e localizações dos objetos que ele simboliza (Ivins, 1938, p. 12).

As regras formais implícitas nas práticas artísticas da renascença passaram a ser encapsuladas em dispositivos que permitiam a reprodução das imagens com menos esforço e com baixo requerimento de aptidão.

Com o tempo, estes princípios implícitos nas práticas dos pintores e nas engenhocas passaram a ser formalizados matematicamente e transpostos para áreas do saber como, por exemplo, a

geometria descritiva, abrindo caminho para um imbricamento cada vez maior entre percepção, teoria e aplicações práticas:

Do ponto de vista imediatamente prático, dificilmente seria exagero dizer que, sem a conversão da perspectiva em geometria descritiva (...) em geometria projetiva por Poncelet (...), a engenharia moderna – especialmente o desenvolvimento de máquinas – não poderia existir. Muitos motivos são apontados para explicar a mecanização da vida e da indústria durante o século XIX, mas o desenvolvimento matemático da perspectiva foi absolutamente essencial para isso. O professor A. N. Whitehead observou, em algum lugar, que a grande invenção do século XIX foi a técnica de fazer invenções. As invenções de Monge e Poncelet estiveram entre as mais importantes das ferramentas intelectuais que tornaram essa grande invenção possível (Ivins, 1938, p. 12).

Em suma: a influência cada vez mais incisiva do naturalismo e a tendência a representar o mundo de forma abstrata e lógica – a “gramática” que ordena os elementos no espaço – ajudou a desencadear uma profusão de máquinas e ferramentas que remodelaram as formas de vida ocidental.⁵

Ele conclui o seu argumento destacando que a renascença deu o primeiro passo no processo de racionalização *da visão*, isto é, de deixar de concebê-la meramente como uma forma de percepção sensorial de “qualidades secundárias”⁶ para situá-la no “principal canal da percepção sensível sobre o qual se baseia o pensamento sistemático acerca da natureza”. O desenvolvimento de aparatos e de métodos capazes de converter fenômenos antes acessíveis apenas pelos sentidos do tato, audição, paladar e olfato em *dados visuais* passíveis de reconhecimento, aferição e simbolização lógica foi fundamental para o desenvolvimento da ciência natural. O renascimento pode ser definido como a descoberta inicial das primeiras formas dessas gramáticas e técnicas que, no futuro, desembocaram na modernidade e, particularmente, do conceito de espaço *isotrópico*: suas propriedades são iguais em todas as direções. Não há, portanto, uma direção ou um plano preferencial, pois o espaço não afeta os objetos quando mudam de posição ou são rotacionados. Se essas invariâncias não existissem – ou seja, se as “relações internas” dos objetos se alterassem apenas por terem mudado de posição – a

(5) “É digno de nota que, assim como as primeiras gravuras europeias datáveis foram produzidas durante a vida de Alberti (1404-1472), Monge (1746-1818) e Poncelet (1788-1867) foram contemporâneos de Niépce (1765-1833) e Fox Talbot (1800-1877), cujas inovações deram origem à fotografia – uma modalidade de produção imagética caracterizada não apenas pela reprodutibilidade precisa, mas também pela incorporação intrínseca da perspectiva geométrica. Essa característica tornou a câmera um instrumento não apenas de registro visual, mas também de mensuração e levantamento topográfico. Além disso, a fotografia possibilita a geração de imagens dotadas de qualidades visuais únicas, cuja descrição extrapola os limites das convenções notacionais tradicionais, sendo particularmente relevante em processos de atribuição autoral no âmbito da expertise histórica e estética. A presença das imagens fotográficas se enraizou de tal forma na percepção visual no Ocidente que atualmente é comum o estranhamento diante de representações visuais modernas que se afastem de forma evidente da perspectiva fotográfica” (Ivins, 1938, p. 12). Não resta dúvida de que a câmera rapidamente assumiu uma função técnico-científica além do mero registro visual, desempenhando um papel significativo na objetivação e matematização do espaço. Mas ela também representa uma *ruptura* com o naturalismo e as concepções associadas à renascença, na medida em que ela se associa à uma “nova economia cultural de valor e troca”, em que o observador deixa de ser externo e se torna imanente e os valores e signos se tornam cada vez mais fluidos e efêmeros (Crary, 1992).

(6) O argumento é bastante sinuoso. A diferença entre qualidades primárias e secundárias ocupou uma posição de destaque na presumida revolução científica do século XVII. O argumento é naturalista: as qualidades primárias são inerentes às coisas (*res extensa* em Descartes; grandeza, figura (forma geométrica) e movimento para Galileu etc.) e, supostamente, independem dos seres que são capazes de percebê-las. Logo, as qualidades secundárias – odor, gosto, cor, temperatura etc. – são subjetivas e não possibilitam um conhecimento preciso da natureza (Abrantes, 2016, p. 104). Contudo, para Ivins, o Renascimento deslocou para a *visão* – matematizada e racional – o sentido prioritário para se apreender as coisas e a natureza.

realidade se tornaria caótica e imprevisível. Nesse cenário, a ciência, compreendida como um sistema baseado em leis universais e repetíveis, simplesmente não seria viável. Assim, preservar graficamente as invariâncias dos objetos representados é análogo ao modo como a ciência descreve o mundo: por meio de um sistema ordenado, coerente e regido por leis universais.

Para Além da Visão: tempo e percepção multispectral

Antoine Bousquet, de forma precisa e sucinta, destaca que a perspectiva linear tem como fundamento uma concepção geométrica da visão, capaz de estimar com relativa precisão o conteúdo do campo visual. Esse princípio abriu caminho para a emergência de uma variedade de técnicas matemáticas e instrumentos destinados a auxiliar o olho humano na aferição das posições relativas dos objetos a partir de um ponto de vista. (Bousquet, 2018, p. 21). Por conta disto, os primeiros aparatos sociotécnicos tentavam expandir o alcance ou replicar de forma artificial os sentidos humanos, particularmente a visão. Mas, curiosamente, isto mudou significativamente desde o final do século XX, dado que os “sentidos humanos, que originalmente inspiraram a busca por sua replicação artificial, são cada vez mais rebaixados ou até completamente substituídos por dispositivos aos quais são, frequentemente de forma desfavorável, comparados” (2018, p.11). Curiosamente, ao ser expandida por tais “órgãos exosomáticos”, a visão humana perdeu a sua antiga primazia (Jay, 1993, p. 18).

Mas há uma tensão curiosa: ao ordenar o espaço visual por meio de um sistema abstrato de coordenadas lineares, a perspectiva tornou possível a conexão entre a percepção subjetiva e a extensão espacial “objetiva” por meio de regras matemáticas de conversão (Bousquet, 2018, p. 22). Em um livro clássico, John Berguer destacou essa característica de forma elegante e condensada:

A convenção da perspectiva, que é exclusiva da arte europeia e que foi estabelecida pela primeira vez no início da Renascença, centra tudo nos olhos de quem vê. É como um feixe de um farol – só que em vez de a luz viajar para fora, as aparências viajam. As convenções chamaram essas aparições de realidade. A perspectiva torna o olho único o centro do mundo visível. Tudo converge para o olho como para o ponto de fuga do infinito. O mundo visível é organizado para o espectador como o universo já foi pensado para ser organizado para Deus (Berguer, 2008 [1972], p. 23).

O aspecto curioso é que nesta convenção não há *reciprocidade visual*, pois ela “estrutura todas as imagens da realidade para se dirigir a um único espectador que (...)só poderia estar em um lugar de cada vez” (Berguer, 2008).⁷ Logo, é como se o espectador fosse o centro do mundo. Além disso, o “olho” que apreende a cena é *focado*: solitário (ao contrário da visão binocular), estático

(7) Martin Jay destacou isto à sua maneira: “Igualmente problemática é a posição do sujeito na epistemologia do perspectivismo cartesiano. Isso porque o olho monocular no vértice da pirâmide do observador poderia ser concebido enquanto transcendental e universal – ou seja, exatamente igual para qualquer sujeito que ocupasse o mesmo tempo e espaço – ou contingente unicamente dependente da visão particular e individual de diferentes observadores e de suas próprias relações concretas com a cena defronte deles. Quando o primeiro foi explicitamente transformado no segundo, as implicações relativistas do perspectivismo puderam ser facilmente traçadas. Mesmo no século XVII, tal potencial era identificável em teóricos como Leibniz, embora este geralmente buscasse escapar de suas implicações mais problemáticas. Estas só foram declaradamente destacadas e então exaltadas no final do século XIX por pensadores como Nietzsche. Se cada um tivesse sua própria câmera obscura, cada uma com o orifício de observação num lugar diferente – ele concluía, satisfeito –, então nenhuma perspectiva transcendental do mundo seria possível” (Jay, 2020, p. 337).

(incapaz de movimentos sacádicos) e fadado a produzir um único ponto de vista incorpóreo (Jay, 2020, p. 334).

Contudo, instrumentos e técnicas criadas originalmente para dar assistência aos sentidos humanos começaram a se autonomizar e, com isso, a própria ideia de sujeito e de observador começou a ser transformada, em congruência com o processo de *automação da percepção*, que é integrado por Bousquet da seguinte forma:

É indiscutível que o humanismo nascente da época foi acompanhado por uma maior capacidade de controle sobre um mundo dessacralizado. No entanto, a noção de que esse controle emanava diretamente de um sujeito humano soberano é problematizada quando consideramos que esse mesmo sujeito estava sendo simultaneamente transformado em um novo objeto do saber racional, localizado no mesmo espaço homogêneo e matematizado, tendo sua percepção corporal agora subordinada a leis abstratas da visão. A partir deste ponto, um desencaixe [disembedding] incremental, porém inexorável, da percepção em relação ao organismo vivo foi impulsionado por meio da instauração – inicialmente parcial e depois cada vez mais abrangente – de seus mecanismos em aparatos técnicos. No entanto, esse desenraizamento não deve ser entendido meramente como a aplicação material de uma abstração mental já estabelecida. Ao contrário, a mediação técnica e a apropriação da percepção estiveram entrelaçadas com sua conceitualização teórica desde o início (Bousquet, 2018, p. 29).

Curiosamente, no afã de se tornar o centro racional e controlador do mundo, o homem acaba sendo submetido a uma percepção encarnada em máquinas e agenciamentos sociotécnicos, regida por leis abstratas emanadas originalmente da visão, as quais tendem a reconfigurar⁸ de modo radical “as relações entre o sujeito que observa e os modos de representação” (Crary, 1992, p. 11).

Em suma, a partilha da perspectiva entre o ser humano e os dispositivos maquínicos se intensifica tanto pela referida automação da percepção realizada pelas máquinas quanto pela sua capacidade de ultrapassar os limites da visão humana. Esses sistemas não se limitam à faixa da luz visível, estendendo sua capacidade de detecção a todo o espectro eletromagnético, bem como a outros domínios sensoriais, como a variação térmica e todo o espectro das frequências acústicas. Logo, por encobrir praticamente a totalidade das capacidades sensoriais detectáveis – inclusive reconhecendo padrões⁹ – esses agenciamentos vão muito além da visão em sentido estrito: trata-se, na verdade, de

(8) Artur Kroker é mais radical: ele crê que a década de 1990 acelerou a *dissolução* da imagem do indivíduo que alimentou o liberalismo desde o seu nascedouro: a sociedade tecnológica por eles celebrada devorou a carne dos homens, transformando o indivíduo possessivo em um indivíduo *possuído* por um poder tecnológico invasivo que encerra (enfold) a vida na linguagem da realidade virtual (Kroker, 2001, p. 2).

(9) “Esta aplicação da análise computadorizada de padrões às massas de dados coletados pelo sensorio de satélites e drones atualmente é sintomática de uma mudança no foco da percepção militarizada. A perspectiva vertical que transformou a guerra nos primórdios da aviação militar agora é ampliada por uma “visão aérea” que não se limita mais aos meios ópticos, mas busca os padrões e esquemas que emergem das populações humanas – ou melhor, de seu duplo [double]: as massas de dados. Essa mudança não é incidental; ela resulta de concepções em transformação da guerra, que deixam de entendê-la como um “evento de massa” para concebê-la como um exercício de policiamento global, no qual comportamentos suspeitos são visados da mesma forma que combatentes inimigos claramente identificáveis.” (Franz, 2017, p. 112). Isto me parece ser algo digno de nota: a percepção se baseia em *padrões de comportamento* detectados por sensores multiespectrais, algo que vai muito além da identificação de alvos individuais.

uma *visão sem o olhar*, isto é, da formação de imagens *sem um suporte aparente*, “nenhuma permanência além da memória visual mental ou instrumental” (Virilio, 1998, p. 59).¹⁰

Trata-se de imagens sintéticas que são produzidas por máquinas e para máquinas e, portanto, não necessitam de nenhuma saída capaz de ser detectada pelos nossos sentidos. Jonathan Crary destaca como isto favorece a transformação de categorias que pareciam ser estáveis:

Tal reconfiguração invalida a maior parte dos significados culturalmente estabelecidos para os termos observador e representação. A formalização e a difusão das imagens geradas por computador anunciam a implantação onipresente de “espaços” visuais fabricados, radicalmente diferentes das capacidades miméticas do cinema, da fotografia e da televisão. Pelo menos até meados da década de 1970, estes três últimos eram, em geral, formas de mídia analógica que ainda correspondiam aos comprimentos de onda ópticos do espectro e ao ponto de vista, estático ou móvel, localizado no espaço real. O design feito com auxílio do computador, a holografia, os simuladores de voo, a animação computadorizada, o reconhecimento automático de imagens, o rastreamento de raios, o mapeamento de texturas, o controle dos movimentos [*motion control*], os capacetes de realidade virtual, as imagens de ressonância magnética e os sensores multiespectrais são algumas das técnicas que estão deslocando a visão para um plano dissociado do observador humano (Crary, 1992, p. 11).

Logo, Crary destaca a ruptura com as percepções convencionais que ligavam a imagem à experiência humana direta de um mundo físico supostamente “objetivo”. A emergência das imagens geradas por computador rompe com a lógica mimética das mídias analógicas – como a fotografia, o cinema e a televisão – que preservavam alguma referência direta à realidade sensível e à posição corporal do sujeito. Com isso, a visão desloca-se, desvincula-se da figura de um observador humano estável e se inscreve em um novo plano, habitado pelas máquinas perceptivas.

É importante destacar que a noção de imagens sintéticas – apreensões probabilísticas, instrumentais e virtuais – produzidas por máquinas para máquinas é utilizada por Virilio para se discutir a pertinência de se falar em *objetos mentais*.

Na França, estudos em neurofisiologia levaram a uma mudança considerável no status da imagem mental. J.-P. Changeux, por exemplo, em um trabalho recente, não fala mais de imagens, mas de objetos mentais, chegando ao ponto de afirmar que não demorará muito até que esses apareçam na tela. Em duzentos anos, o próprio debate filosófico e científico deslocou-se, de modo semelhante, da questão da objetividade das imagens mentais para a questão de sua realidade. O problema, portanto, já não diz mais respeito apenas às imagens mentais da consciência. Ele diz respeito, essencialmente, às imagens virtuais instrumentais da ciência e à sua paradoxal factualidade (Virilio, 1994, p. 60).

(10) Essa passagem é ainda mais incisiva: “Não se pode esquecer, no entanto, de que ‘imagem’ é apenas uma palavra vazia nesse contexto, já que a interpretação feita pela máquina nada tem a ver com a visão normal (para dizer o mínimo!). Para o computador, a imagem eletrônica oticamente ativa é apenas uma série de impulsos codificados, cuja configuração sequer conseguimos começar a imaginar, pois, nesse processo de ‘automação da percepção’, o retorno visual da imagem deixa de estar garantido. E essa é, evidentemente, a ideia central” (Virilio, 1994, p. 73). De fato, para as máquinas a imagem codificada digitalmente não precisa mais retornar à dimensão do visível. Suas representações internas são meramente numéricas.

Dado o seu pendor ensaísta, esse parágrafo suscita diversas interpretações. Mas a ideia – recebida com muito ceticismo no fim da década de 80 – é que os “objetos mentais”¹¹ já estão perto de se tornarem *visíveis* por meio de instrumentos. Atualmente, técnicas como espectroscopia por ressonância magnética (ERM) e ressonância magnética funcional (fMRI) permitem não apenas visualizar a atividade cerebral e suas alterações, mas também investigar os substratos neurais dos objetos mentais, revelando como representações internas se formam e se modificam.

Disso se desdobra a referência à “factualidade paradoxal”. Naturalistas vão insistir que a “natureza” é objetiva e o problema do descompasso entre realidade e interpretação se radica nas limitações do observador. Virilio, como se sabe, confronta frontalmente essa ideia:

Na minha opinião, este é um dos aspectos mais cruciais do desenvolvimento das novas tecnologias de imagem digital e da visão sintética proporcionada pela óptica eletrônica: a fusão/confusão relativa entre o factual (ou operacional, se preferir) e o virtual; o predomínio do “efeito de realidade” sobre um princípio de realidade já amplamente contestado em outros campos, particularmente na física (1994, p. 60).

O mundo que inspirou o demônio de Laplace, plenamente determinista, em que o futuro é sempre integralmente determinado pelo presente, passou a ser contestado pelos próprios físicos já no final do século XIX. A invenção da fotografia em alta velocidade complicou ainda mais a questão, pois entranhou o *tempo* na formação das imagens¹².

A percepção sintética – formada por máquinas e para máquinas – ultrapassa a limitação da nossa profundidade temporal, i.é., de nossas tomadas fisiológicas das imagens. A questão é, precisamente, a velocidade e a predição. Máquinas que “percebem” a realidade não possuem a nossa limitação visual e temporal no campo da interpretação. Logo, elas operam uma velocidade que não podemos conceber, e isso comprime radicalmente o tempo.

O problema da objetivação da imagem deixa assim de se apresentar em grande parte em termos de algum tipo superfície de suporte de papel ou celuloide – isto é, em relação a um espaço de referência material. Ele agora surge em relação ao tempo, ao tempo de exposição que permite ou edita o ver (*seeing*) (Virilio, 1994, p. 61).

Isso inaugura o que Virilio chama de *lógica paradoxal*, que se manifesta “quando a imagem em tempo real domina o objeto representado, o tempo real acaba prevalecendo sobre o espaço real, a virtualidade domina a atualidade e inverte completamente o próprio conceito de realidade” (Virilio, 1994, p. 63).¹³

(11) Changeux chamava de *objetos mentais* as representações internas formadas no cérebro por meio da atividade neuronal que, uma vez estabilizadas, podem ser rememoradas, manipuladas e recombinadas sem a presença direta dos objetos externos que geraram a representação. Ele insistia que os objetos mentais não são entidades metafísicas, mas a base da imaginação, do raciocínio, da linguagem e da própria capacidade de abstração humana. De certo modo, tais objetos conectam a dimensão biológica (sinapses e redes neurais) do cérebro com a *mente* (simbolismos e “cultura”).

(12) “Com a fotografia, ver o mundo torna-se não apenas uma questão de distância espacial, mas também de tempo-distância [*time distance*] a ser eliminada: uma questão de velocidade, de aceleração ou desaceleração” (Virilio, 1994, p. 21).

(13) O leitor atento de Walter Benjamin não teria muita dificuldade em notar que, bem ao seu modo, ele já tinha antecipado esta tendência ao discutir o modo como a fotografia e o cinema aceleram a emancipação da imagem do seu suporte.

Isso ocorre por dois motivos conexos: uma transformação no espaço e uma no tempo. A noção de espaço começou a mudar com o advento das novas tecnologias da informação que possibilitaram a telepresença. Por meio de dispositivos de comunicação instantânea uma pessoa pode estar presente simultaneamente em múltiplos lugares, enquanto esses diferentes ‘espaços’ se projetam, concomitantemente, em um mesmo campo de percepção.¹⁴

Neste caso, o evento não ocorre em um 'lugar'. Ou, mais exatamente, ocorre duas vezes: a unidade de tempo e espaço é dividida entre a transmissão e a recepção dos sinais – aqui e ali ao mesmo tempo – graças à magia [wizardry] da interatividade eletromagnética (Virilio, 2013, p. 29).

A telepresença promove uma desconexão entre a presença física das pessoas e suas interações sociais. Já a transformação no tempo se radica na partilha da perspectiva entre o homem e as máquinas perceptivas.¹⁵ Os sensores multiespectrais operando em uma velocidade muito superior à capacidade de percepção humana possibilitam a virtualização de corpos e objetos, multiplicando assim suas representações. De certo modo, a imagem em tempo real passa a preponderar sobre o objeto representado. Na prática, o virtual – o feixe de possibilidades – se impõe sobre o atual, perturbando com isso tanto o espaço-tempo quanto a própria noção de realidade.¹⁶ Logo, passado, presente e futuro tendem a ser substituídos por *dois tempos*: o tempo real e o *delay*, em que o primeiro “contém simultaneamente um pouco de presente e um pouco de futuro imediato” (Virilio, 1994, p. 66).

Podemos marcar a diferença entre essa seção e a anterior pela referência ao tempo ou, mais precisamente, à velocidade. Não resta dúvida que a matematização do espaço constitui uma condição lógica para as transformações associadas às máquinas perceptivas, que apreendem de forma estatística e preditiva o sentido dos acontecimentos ao seu redor (*situational awareness*). A diferença significativa é que a perspectiva linear depende de um observador situado em uma posição específica, pois só deste modo é possível experimentar a profundidade em uma superfície em duas dimensões. Virilio discute um cenário fundamentalmente diferente, em que a *visão sem o olhar* produz imagens incorpóreas, que não dependem de um referencial fixo, e que integram a *temporalidade* no ato de ver. O tempo e a expansão da visão para além dos referenciais apreensíveis pelo sensorio humano marcam a peculiaridade desta nova forma de percepção da realidade. Contudo, Virilio explicitamente afirma que suas concepções se fundamentam no *espaço minkoviskiano*, ou seja, um espaço-tempo relativista baseado em quatro dimensões, 3 espaciais e uma temporal, que não são independentes (Virilio, 1994,

(14) A telepresença é uma forma muito peculiar de *mediação* que envolve sistemas computadorizados de quadros e janelas que conectam pessoas e lugares em uma espécie de *continuum* que, ao conectar espaços diferentes, favorece a dissolução da “clássica divisão entre sujeitos e objetos” que ancorava a ideia de fixidez, distância e perspectiva que marcou os primórdios da modernidade (Lury; Parisi; Terranova, 2012, p. 9). Sobre o modo como os computadores herdaram da pintura e do cinema o enquadramento, mas o transformam radicalmente, possibilitando o extravasamento de um espaço que transcendem suas fronteiras, ver Manovich (2001, p. 78-81).

(15) “Se dois interlocutores se comunicam graças às tecnologias interativas – em ‘tempo real’ –, é a velocidade absoluta das ondas que possibilitará seu encontro face a face, e isso ocorrerá independentemente dos intervalos de tempo ou espaço que os separem” (Virilio, 2013, p. 29).

(16) “Diante de uma liberdade representacional tão irrestrita, as questões filosóficas de plausibilidade e implausibilidade sobrepõem-se àquelas relativas ao verdadeiro e ao falso. O deslocamento do interesse da coisa para sua imagem – e especialmente do espaço para o tempo, para o instante – conduz a uma mudança de polaridades: da antiga dicotomia preto e branco, real-figurativo para a mais relativa dicotomia atual-virtual” (Virilio, 1994, p. 70). Logo, frente a imagens digitais fabricadas por máquinas em uma sociedade marcada pela comunicação instantânea, o efêmero se sobrepõe, assim como o que parece verossímil ou plausível prepondera sobre as concepções clássicas de verdadeiro e falso.

p. 62). Contudo, a elevação da capacidade de processamento dos computadores possibilitou um novo método de análise e de entrelaçamento de dados que está impactando de forma ainda mais radical a nossa percepção do espaço: o espaço vetorial n -dimensional, tema da próxima seção.

Objetos Digitais e o espaço vetorial n -dimensional

A generalização das infovias mediadas por computadores que marcou a passagem do século XX para o XXI possibilitou a existência de *objetos digitais*, isto é, entidades produzidas diretamente em ambientes digitais, nos quais eles podem ser armazenados, reproduzidos, transformados exibidos e transmitidos. Tais objetos consistem em informações codificadas e estruturadas digitalmente que não existem de forma direta no que se costumava chamar de “mundo físico” ou “real”. Neste sentido são *intangíveis* e interoperacionais (podem ser manipulados por diferentes dispositivos e sistemas). Logo, eles não podem ser pensados estritamente nos termos filosóficos amparados na noção de substância e aparência das coisas (hilomorfismo), pois “esses esquemas conceituais, quando aplicados à compreensão de um objeto técnico, como uma máquina, simplesmente o tratam como se fosse um objeto natural, como uma árvore no jardim” (Hui, 2016, p. 2). Por outro lado, como a sua existência depende de suportes ou instanciações físicas (telas para serem exibidos, data centers, torres de transmissão, fibra ótica etc.), os objetos digitais não podem ser reduzidos à noção de informação, como se tais objetos consistissem *somente* em dados estruturados e padrões.

Como já estamos inseridos em um mundo permeado por objetos digitais, hoje é impossível marcar uma ruptura radical entre natural e artificial, real e virtual. Seu *modo de existência* nos força a formular novas questões e, sobretudo, reavaliar as tradições filosóficas prévias ao advento das máquinas perceptivas e da digitalização:

Para compreender o “real”, precisamos compará-lo com o que é comumente entendido como virtual. A ideia de virtual, que foi popular há alguns anos como um termo para descrever certos tipos de comunidade e interação dependentes de mídias digitais – como fóruns online e cibersexo –, desde então recuou para o segundo plano, já que hoje não se pode mais dizer que alguém que usa o Facebook ou o Second Life está vivendo em um mundo virtual (considerando que essa pessoa está interagindo com amigos reais e realizando atividades como fornecer seu número de cartão de crédito e informações pessoais para solicitar um visto sueco online). A introdução e a convergência de tecnologias como Bluetooth, Wi-Fi e GPS permitem detecções contextuais e geográficas mais precisas, conduzindo-nos ao REAL. Como podemos abordar esse meio digital? Trata-se de outro mundo, um mundo estranho, ao mesmo tempo artificial e natural. É tão complexo quanto aquilo que costumávamos chamar de “mundo real” e, mais importante, é um mundo no qual já estamos inseridos (Hui, 2016, p. 48).

Em suma: a experiência digital contemporânea não pode ser pensada como algo destacado ou secundário em relação a vida outrora definida como “real”. Nesse mundo os objetos digitais afetam e sistematicamente assumem *formas materiais*, o que nos obriga a pensar em novos tipos de materialidade.

Luciano Floridi (2010; 2011) desenvolve essa ideia, ao sugerir que vivemos a passagem de uma metafísica materialista, na qual os objetos físicos são os protagonistas, para uma metafísica informacional que desmaterializa os objetos e os processos, na medida em que seus suportes se multiplicam em redes intercomunicantes, nas quais os objetos se tornam cada vez mais efêmeros e

seriais. Algo digitalizado – como uma música em formato mp3 – ou uma criação digital direta abole a diferença entre o original e a cópia, fato que tende a diminuir a importância da instância material (o termo que ele usa é *de-materialization*). A fungibilidade deste tipo de bem faz com que os direitos de uso ou acesso se tornam pelo menos tão importantes quanto os direitos de propriedade. Consequentemente, altera-se também o critério que define seu status ontológico: a *capacidade de interação* passa a constituir o principal parâmetro de existência tanto para objetos tangíveis quanto intangíveis.

Estes objetos, em meio à ampla difusão de dispositivos de *machine learning* e a generalização de objetos digitais estão favorecendo uma nova transformação na noção de *espaço*. Embora isto se alastre por diversas especialidades e campos do saber, este fenômeno tem sido tematizado com acuidade nos estudos de cultura digital e nas artes visuais:

A relevância atual do conceito de espaço n-dimensional para a análise e interpretação cultural deve estar relacionada, em primeiro lugar, com a transformação «ontológica» que os objetos culturais vêm sofrendo há décadas como resultado de sua digitalização ou produção digital direta: os objetos culturais, independentemente de sua natureza (imagens, palavras, sons etc.), em seu modo digital de existência são essencialmente matrizes ou conjuntos de dados numéricos. É precisamente essa transformação que torna possível sua computação. Do ponto de vista computacional, imagens ou textos nada mais são do que uma superfície espacial de informações numéricas da qual é possível extrair (também) características numéricas usando sistemas computacionais. Portanto, essa transformação ontológica implica também uma transformação epistemológica na medida em que os objetos culturais que são transformados em formas digitais tornam-se um problema de ordem computacional e matemática (Rodriguez-Ortega, 2022, p. 3).

Logo, para se compreender a cultura na era digital é necessária uma mudança de perspectiva. Ao tornarem-se essencialmente dados, os objetos perdem parte de sua materialidade e passam a ser tratados como estruturas inscrita em uma *superfície contínua* manipuláveis por máquinas. Isso desloca o eixo da análise sociocultural: compreender cultura digitalizada não é apenas interpretar significados, mas entender como a informação é estruturada, processada e transformada, levando em consideração a dimensão matemática e computacional da questão, algo que sequer se colocava como problema.

Um espaço n-dimensional é uma abstração matemática que tenta dar conta de um espaço composto por n direções ou eixos independentes, isto é, um espaço geralmente muito maior que as 3 ou 4 dimensões que estamos acostumados a visualizar. Ele possibilita representar matematicamente múltiplos objetos complexos como entidades comensuráveis, combinando inclusive noções distintas de espaço e de geometria. Por conta disto, essa espacialidade é *contraintuitiva*:

Mas geralmente, para nós, seres humanos, o único espaço geometricamente intuitivo é o espaço euclidiano. Simplesmente não temos a capacidade mental de pensar espacialmente em algo acima de $n = 3$ (ou $n = 4$, se incluirmos o tempo). Consequentemente, para conseguir pensar espacialmente sobre um espaço maior, precisamos encontrar uma forma de mapear esse espaço maior no espaço euclidiano, ou, em outras palavras, visualizar o espaço maior (Offer, 2017).

Isto é, a estruturação dos dados em um espaço n-dimensional possibilita estabelecer comensurabilidades entre elementos, características e estruturas que nos parecem totalmente

heterogêneas e desconexas. Mas a representação interna nas máquinas não é visual.¹⁷ Além disto, ela só pode ser produzida por meio de modelos matemáticos e algoritmos que exigem uma elevada capacidade de computação. Por conta disto, o seu resultado é *opaco*.

A expressão opacidade, muito frequente na bibliografia, pode ser interpretada de diversas maneiras, fato que costuma gerar muita confusão. De forma geral, “opacidade tende a ser vista como sinônimo de segredo, antônimo de transparência e, por implicação, um obstáculo ao entendimento” (Selbst & Barocas, 2018, p.1090), tendência que favorece a confusão de problemas de ordens diferentes. No caso, trata-se de uma forma peculiar de opacidade, que se manifesta de formas distintas, isto é, como *inescrutabilidade* e *não intuitividade*:

Inescrutabilidade e não intuitividade foram confundidas no passado: onde a propriedade da inescrutabilidade sugere que os modelos disponíveis para inspeção direta podem desafiar a compreensão, a não intuitividade sugere que, mesmo onde os modelos são compreensíveis, eles podem se basear em relações estatísticas aparentes que desafiam a intuição (Selbst; Barocas, 2018, p.1091).

A inescrutabilidade deriva do fato do aprendizado de máquina basear-se em algoritmos que reconhecem padrões em um universo gigantesco de dados, detectando relações sutis que escapam aos humanos, gerando uma situação em que as regras que baseiam o resultado são tão complexas, numerosas e interdependentes que desafiam a inspeção prática e resistem à compreensão” (Selbst; Barocas, 2018, p.1094).

A não intuitividade¹⁸ é diferente, pois o problema não reside na impossibilidade de entender a operação do modelo, mas no fato do resultado fundamentar-se em relações estatísticas que impossibilitam o raciocínio baseado na intuição, uma faculdade que muitos presumem ser fortemente associada à condição humana. Frente a esta situação a crítica mais óbvia é afirmar que correlação não é causalidade. Tal objeção não resolve o problema, pois a ideia tradicional de causalidade não é compatível com uma nova forma de racionalidade em vias de consolidação: a racionalidade difratada, isto é, correlações automatizadas produzidas em um universo de dados que ultrapassa a cognição humana que se alimentam da generalização das redes neurais e do espaço n-dimensional. (Pasquinelli; Joler, 2020, p. 2).

(17) A estrutura do espaço vetorial pode ser visualizada por nós, por exemplo, mediante tabelas que expressam as posições dos pontos mais próximos ordenadas pelas dimensões. “Contudo, os espaços vetoriais, tornam-se inteligíveis de forma mais intuitiva quando a metáfora espacial é mantida, ou seja, quando os espaços vetoriais são exibidos visualmente como uma forma ou estrutura espacial. Para isso, algoritmos específicos de redução de dimensionalidade são aplicados” (Rodríguez-Ortega, 2022, p. 7). Esses esforços deram origem a um novo conjunto de técnicas, geralmente denominadas como *visual analytics*. “A ideia da análise visual é mostrar como um sistema de visão de máquina percebe o mundo e, portanto, como ele toma suas decisões. As explicações, na análise visual, portanto, assumem a forma de imagens, não de números ou frases. Em outras palavras, a análise visual é a visualização de sistemas de aprendizado de máquina por uma questão de interpretabilidade” (Offer; Bell, 2021, p. 1136).

(18) A escolha do termo pelos autores não é fortuita: “Usamos intencionalmente o termo ‘não intuitivo’ em vez da palavra ‘pouco intuitivo’ [unintuitive] ou ‘contraintuitivo’ [counterintuitive]. Em nossa visão, ‘pouco intuitivo’ implica um resultado que não seria esperado, mas que é facilmente compreendido uma vez explicado, enquanto ‘contraintuitivo’ sugere um fenômeno oposto às expectativas. Em vez disso, queremos nos referir a um fenômeno sobre o qual o raciocínio intuitivo não é possível” (Selbst; Barocas, 2018, p. 1091).

Como argumenta Nuria Rodriguez-Ortega, a racionalidade difratada nos permite *ver de forma diferente*.

Neste sentido, minha posição é baseada em uma postura estratégica e pragmática. Considero que um cenário definido pela ubiquidade e prevalência da inteligência artificial nos obriga a buscar estruturas produtivas para expandir nossa compreensão de fenômenos e processos culturais. Considero essencial explorar as possibilidades de "ver" que a inteligência artificial oferece, tendo em mente que se trata de uma visão difratada. Em resumo, penso que é mais interessante pensar que a IA nos ajuda a ver de maneira diferente do que pensar que nos ajuda a ver mais e melhor. É nesse modo diferente de ver que, na minha opinião, reside o potencial heurístico e epistemológico dessas tecnologias (2022, p. 9).

A ideia de *ver melhor* – i.é. de forma mais precisa, mais próxima à coisa em si – é um resquício do velho naturalismo que precisa ser visto com desconfiança.¹⁹ Afinal, há sempre um *trade off*. Os padrões e características implícitas detectadas pelas redes neurais e demais métodos de *machine learning* que até então eram inimagináveis descartam certas características da realidade, tanto as que os modelos ignoram deliberadamente quanto a dimensão que ultrapassa os limites da visão computacional.²⁰

Neste caso me refiro à zona fronteira – porosa e dinâmica – entre a visão humana e a computacional. É verdade que os sensores multiespectrais são capazes de acessar zonas que não produzem ressonância em nosso sensorio, mas as máquinas perceptivas não podem ver tudo.

Numa espécie de contraponto a tal onividência, contudo, um dos traços mais evidentes dos agentes computacionais de visão talvez sejam justamente os dispositivos desenvolvidos visando seus limites: os CAPTCHA. Diante de uma figura ruidosa de letras e números distorcidos, somos solicitados a identificar os caracteres para seguir adiante na navegação. Enquanto um teste cujo objetivo é distinguir, entre aqueles que acessam determinada página na web, os humanos dos *bots* (literalmente, robôs), os CAPTCHA jogam com uma espécie de fronteira da visibilidade computacional: visíveis para humanos, mas não para máquinas. (...)A falha dos dispositivos de visão contemporâneos, portanto, longe de um não dito desta tecnologia, integra a dinâmica de seu desenvolvimento, apontando para a complexidade do trânsito de fronteiras entre o humano e a máquina que ela parece inicialmente sugerir” (Mintz, 2015, p. 26).

(19) A seu modo, Paul Virilio já tinha notado isto: “A meu ver, este é um dos aspectos mais cruciais do desenvolvimento das novas tecnologias da imagem digital e da visão sintética oferecida pela ótica eletrônica: a fusão/confusão relativa entre o factual (ou operacional, se preferir) e o virtual; a ascendência do ‘efeito de realidade’ sobre um princípio de realidade já amplamente contestado em outros campos, particularmente na física” (1994, p. 61). A erosão do determinismo clássico posta em marcha pelo menos desde o final do século XIX entrou em sinergia com a partilha da perspectiva evidenciada pelas máquinas perceptivas, abalando a ideia de um mundo “natural” totalmente externo aos observadores.

(20) Além disso, Peter Bell e Fabian Offer sugerem que a forma topológica específica de representação também é suscetível de produzir vieses: “Concretamente, definimos *topologia perceptiva* como o conjunto daqueles vieses indutivos em sistemas de visão computacional que determinam sua capacidade de representar o mundo visual. *Viés perceptivo*, então, descreve a diferença entre os ‘modos de ver’ assumidos de um sistema de visão computacional, nossas expectativas razoáveis quanto à sua forma de representar o mundo visual e sua topologia perceptiva efetiva. Pesquisas em ciência da computação têm mostrado que as topologias perceptivas de muitos sistemas de visão computacional comumente utilizados são surpreendentemente não intuitivas, e que, por isso, seu viés perceptivo é surpreendentemente elevado” (2021, p. 1134).

Logo, a “falha” da visão computacional não é apenas – ou exatamente – uma deficiência, mas parte integrante do seu próprio funcionamento, fato que evidencia a complexidade das fronteiras entre a percepção humana e a percepção maquínica.

Isso posto é possível agora apresentar mais uma vez o argumento central dessa seção. Qualquer objeto – sons, imagens, texto etc. – ou padrão pode ser *representado digitalmente* e encapsulado no espaço vetorial multidimensional. Durante a estruturação dos *datasets*, um processo que exige um intenso trabalho humano e computacional, os elementos são convertidos em vetores organizados em múltiplas dimensões de acordo com sua vizinhança matemática. Ao serem convertidos em vetores e inseridos em um espaço topológico – uma espécie de taquigrafia do conjunto de dados e suas relações mais frequentes – os objetos digitais, a despeito de suas particularidades, se tornam integralmente comensuráveis. Isto é, eles passam a fazer parte de uma rede multidimensional de relações, em que a proximidade dos vetores é espacialmente estabelecida pelo cálculo do cosseno do ângulo entre eles (*cosine similarity*).

Essa espacialidade não se ancora em coordenadas externas como na geometria euclidiana; ela se constitui a partir de sua própria estrutura, dispondo unicamente de dimensões intrínsecas, com propriedades métricas e topológicas próprias (DeLanda, 2005, p. 11-13). Trata-se, assim, de uma superfície n-dimensional que é um espaço em si mesmo, e não algo imerso em um espaço-tempo maior, uma moldura ou suporte *externo* que, enquanto continente do mundo, lhe forneceria a referência e a medida (Lury; Parisi; Terranova, 2012, p. 7). Em termos simples: trata-se de um espaço que não precisa de uma exterioridade para ser compreendido.²¹ Para resumir: o espaço deixa de ser um recipiente neutro, uma referência exterior que possibilita o ordenamento dos elementos a partir de um ponto de vista estático, para tornar-se um “lugar topológico” não diretamente observável que, por ser comprimido, organiza as possibilidades de configuração dos dados (espaço latente), considerando não apenas coordenadas e distâncias, mas também as relações de continuidade e deformação.

Superfícies que são espaços em si mesmos, ou melhor, superfícies contínuas de relações heterogêneas possuem propriedades emergentes, as quais favorecem a transformação das relações entre o ser (*being*), o saber, a ontologia e a epistemologia, favorecendo o que se costuma chamar de “cultura topológica”²² (Lury; Parisi; Terranova, 2012, p. 25 e segs.). Neste caso, a própria noção de

(21) Neste sentido, a topologia difere da topografia. “É amplamente reconhecido que a topologia é, em primeiro lugar, menos temporal do que espacial. A topologia nos leva para além do objeto clássico e, de fato, para além do sujeito clássico. O objeto clássico com o qual nos deparamos – delineado de forma mais contundente e poderosa por Kant – é uma forma em algo como um “espaço contêiner”. Nesse sentido, ele é “topográfico”. A topologia nos levará para além desse objeto e dessa forma clássicos. No entanto, permanecerá geométrica e espacial e, como tal, não nos leva para além da figura. Na verdade, ela nos oferecerá um novo paradigma de figura e objeto que está além da forma: um processo de figuração, um objeto em constante deformação. Enquanto espaciais, enquanto figurais, os objetos topológicos parecem particularmente inclinados a se relacionar, a se “acoplar” a um modo específico de subjetividade. Trata-se de um modo de subjetividade no qual o imaginário, mais do que o real ou o simbólico, é a dimensão mais proeminente” (Lash, 2012, p. 261). Logo, objetos e sujeitos passam a ser pensados nos termos das suas relações e transformações topológicas, abandonando a sua forma estática (inserida em um espaço contêiner) em favor de um processo de figuração em contante deformação, e é esse processo – o espaço topológico em sua autotransformação – é que evoca a temporalidade (Lash, 2012, p. 262).

(22) O ponto decisivo é que, na “cultura topológica” o foco se desloca das unidades discretas e dos processos lineares para uma reflexão assentada na *multiplicidade* e *variedade* de elementos e, sobretudo, das *formas* ou modos de relação que os conectam estruturalmente em um *espaço de possibilidades* (DeLanda, 2005, p. 10). Isso dissolve a alegada “concepção tradicional de espaço”, isto é, uma espacialidade homogênea e isotrópica, baseada na geometria euclidiana que toma os

fronteira deixa de ser compreendida apenas em termos de separação ou de delimitação rígida. A fronteira não se reduz a um traço que divide ou opõe, mas aparece como um operador de conexão, capaz de articular elementos distintos e até mesmo incompatíveis, sem que essa articulação implique sua redução a uma forma unitária ou homogênea. A topologia permite pensar esse tipo de junção, na medida em que introduz modos de comensurabilidade que não passam pela equivalência métrica ou pela identidade formal, mas por relações que podem se dar entre dimensões, escalas ou temporalidades diferentes. Contudo, essa comensurabilidade topológica não dissolve a heterogeneidade: ela a conserva e, de certo modo, a intensifica. Não se trata, portanto, de buscar um ponto de síntese que apague diferenças, mas de compreender como diferenças se conectam sem se anular. Trata-se algo próximo do que Foucault chamou de *lógica estratégica*, isto é, a lógica de combinar o heterogêneo que *permanece heterogêneo*, compondo um jogo relacional de forças que não é totalmente centralizado e nem puramente espontâneo (Foucault, 2008, p. 59).²³ No caso da cultura topológica, “invariância e mudança intrínseca (entendida como deformação) não são incompatíveis; ao contrário, estão rigorosamente inter-relacionadas” (Lury; Parisi; Terranova, 2012, p.8). Assim, pensar fronteiras topologicamente é pensar as condições de possibilidade de um espaço relacional que articula o heterogêneo *enquanto heterogêneo*, favorecendo a emergência de arranjos instáveis, móveis e policêntricos que, contudo, se diferenciam da pura aleatoriedade ou mera dispersão.

Considerações finais

A difusão dos computadores transformou não apenas a nossa vida material, mas também o nosso imaginário e o modo como concebemos a realidade. Esse processo se acentuou com a miniaturização e o aumento expressivo da capacidade de processamento e de interatividade dos dispositivos contemporâneos, que deixaram de ficarem restritos a mesas e escrivaninhas para se mesclarem aos celulares, automóveis, relógios, vestíveis e diversos outros aparelhos que utilizamos cotidianamente. Contudo, uma das principais transformações qualitativas decorreu do surgimento das *máquinas perceptivas*, isto é, sistemas computadorizados capazes de “compreender” o sentido dos acontecimentos ao seu redor, engendrando uma percepção multiespectral e preditiva da realidade. Isso explicitou a constituição de uma fronteira simultaneamente tensa e porosa entre a visão humana e a computacional da qual emanam, por um lado, dispositivos de vigilância e de controle destinados a preservar a institucionalidade contemporânea (a sistemática “regeneração do velho”) e, por outro, inaugura possibilidades de transformação radical do nosso imaginário e da própria dinâmica da sociedade.

objetos como entidades internamente estáveis, regulares e posicionadas linearmente no tempo e no espaço, aqui exemplificada na discussão sobre a perspectiva linear. Desse modo, as distâncias, comprimento, áreas e volume sempre são expressas de forma fixa: o espaço é *métrico*. “Existem, no entanto, outros espaços em que distâncias fixas não podem determinar proximidades, já que as distâncias não se mantêm constantes. Um espaço topológico, por exemplo, pode ser esticado sem que as vizinhanças que o definem alterem sua natureza. Para lidar com esses espaços “exóticos”, os matemáticos desenvolveram maneiras de definir a propriedade de “proximidade” sem recorrer a nenhum conceito métrico, mas apenas conceitos não métricos, como a “proximidade infinitesimal” (DeLanda, 2005, p. 22).

(23) Logo, deste prisma, o “real” (a diferença entre real e realidade é, na prática, sublimada) deixa de ser uma exterioridade absoluta (embora não dependa de nós, como sugere Deleuze, em sua recusa do relativismo *tout court*) para se tornar o resultado fugaz de estratégias que se enfrentam e se estabilizam. Neste caso, formas de sujeitos, regimes de verdade e modos de governar *emergem* em condições específicas que se transformam a todo momento.

Um dos aspectos centrais da disputa que se desenrola na zona fronteira entre a visão maquínica e a humana diz respeito à generalização daquilo que, na ausência de um termo mais preciso, tem sido designado como *cultura topológica*. Neste caso as formas de representação, experiência e interação deixam de se organizar a partir da lógica métrica e perspectivista típica da geometria euclidiana, para se reconfigurar em um espaço de correlações variáveis, contínuas e n-dimensionais. Nesse horizonte, a topologia não opera apenas como um formalismo matemático, mas como uma espécie de matriz cultural que orienta modos de percepção, de cálculo e de inteligibilidade, produzindo uma espacialidade em que elementos visuais, linguísticos e numéricos se tornam equivalentes e intercambiáveis. Contudo, essa comensurabilidade topológica não implica a dissolução da heterogeneidade; antes, ela a reinscreve em um campo no qual a diferença não é suprimida, mas até mesmo realçada e intensificada. Assim, ela se afasta da busca por totalizações homogeneizadoras, privilegiando o reconhecimento de uma superfície de multiplicidades, onde as diferenças coexistem em uma rede policêntrica de relações.

Sem descuidar da crítica, este artigo não é alarmista. Inicialmente, o caráter contraintuitivo e até mesmo inescrutável desses novos espaços e redes de relações tende a provocar estranhamento e inquietação, na medida em que desafia e ameaça dissolver formas de percepção e hábitos já bem sedimentados. No entanto, assim como ocorreu com a disseminação dos computadores pessoais na década de 1980 – que geraram desconfiança e incompreensão sobre suas possibilidades sociotécnicas – a tendência é que, com o tempo, esses espaços topológicos e a racionalidade difratada (um termo provavelmente provisório) se tornem progressivamente mais familiares. E é exatamente neste ponto que se deve concentrar a crítica e a ação política mais imediata. Esse futuro ainda este em disputa. O “capitalismo de vigilância” e o regime corporativo de controle e de extração de dados ainda não venceu. Quando o velho está desaparecendo a tarefa mais difícil é tentar divisar o *novo* que, em momentos de transição, é múltiplo e polimórfico. Em situações como esta sequer temos as palavras para descrever o que está em curso. Por isso o recurso a termos elusivos como “cultura topológica” e racionalidade difratada que, embora apontem para uma ressignificação, ainda preservam alguma relação de familiaridade.

Referências bibliográficas

- BERGUER, John. *Ways of Seeing*. London: Penguin Books, 2008.
- BOUSQUET, Antoine. *The eye of war: military perception from the telescope to the Drone*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2018.
- CRARY, Jonathan. *Techniques of the observer – On vision and modernity in the Nineteenth Century*. Massachusetts: MIT Press, 1992.
- DeLANDA, Manuel. *Intensive science and virtual philosophy*. London: Continuum, 2005.
- FORIDI, Luciano. *Against digital ontology*. *Synthese*, 168, 2009.
- FORIDI, Luciano. *Information*. Oxford: Oxford U. Press, 2010.
- FORIDI, Luciano. *The philosophy of information*. Oxford: Oxford U. Press, 2011.
- FOUCAULT, Michel. *Nascimento da biopolítica*. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

- FRANZ, Nina. Target killing and pattern-of-life analysis: weaponized media. *Media, Culture & Society*, v. 39, n. 1, p. 111-121, 2017.
- HUI, Yuk. *On the existence of digital objects*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2016.
- IVINS JR., William M. *On the rationalization of sight*. New York: Metropolitan Museum of Art, 1938.
- JAY, Martin. Regimes escópicos da modernidade. *ARS*, São Paulo, v. 18, n. 38, 2020.
- JAY, Martin. *The denigration of vision in Twentieth-century French thought*. Berkeley: Univ. of California Press, 1993.
- JOHNSTON, John. Machinic vision. *Critical Inquiry*, n. 26, 1999.
- KROKER, Arthur. *The possessed individual: technology and the French postmodern*. Montreal: New World Perspectives, 2001.
- LASH, Scott. Deforming the figure: topology and the social imaginary. *Theory, Culture & Society*, n. 29, v. 4/5, 2012.
- LURY, Celia; PARISI, Luciana; TERRANOVA, Tiziana. Introduction: the becoming topological of culture. *Theory, Culture & Society*, n. 29, v. 4/5, 2012.
- MANOVICH, Lev. *The language of new media*. Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- MINTZ, André Góes. *Visão computacional e visualidades contemporâneas: composições do ver e do visível entre a técnica, a ciência e a arte*. Dissertação (Mestrado)—Belo Horizonte: UFMG, 2015.
- OFFERT, Fabian. *Intuition and epistemology of high-dimensional vector space*. 2017. Available online: <https://zentralwerkstatt.org/blog/vsm>.
- OFFERT, Fabian; BELL, Peter. Perceptual bias and technical metapictures: critical machine vision as a humanities challenge. *AI & Society*, n. 36, 2021.
- PASQUINELLI, Matteo; JOLER, Vladan. *The nooscope manifested: artificial intelligence as instrument of knowledge extractivism*. KIM research group (Karlsruhe University of Arts and Design) and Share Lab (Novi Sad), 1 May, 2020.
- RODRÍGUEZ-ORTEGA, Nuria. Techno-concepts for the cultural field: n-dimensional space and its conceptual constellation. *Multimodal Technologies and Interaction*, v. 29, n. 6, 2022.
- SELBEST, Andrew; BAROCAS, Solon. The intuitive appeal of explainable machines. *Fordham L. Rev.*, n. 87, 2018.
- SLOMAN, Aaron. *The Computer revolution in philosophy: philosophy science and models of mind*. Harvester Press, 1991.
- VIRILIO, Paul. *The vision machine*. Bloomington: Indiana U. Press, 1994.
- WIENER, Norbert. *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine*. Cambridge: MIT Press, 1985.
- WIENER, Norbert. *The human use of human beings: cybernetics and society*. London: Free Association Books, 1989.