

Dados e automação na renderização de visualizações científicas: imagens operacionais na Estação Meteorológica de Hesse

Data and automation in scientific visualization rendering: operational images at Hesse Meteorological Station

Marcio Telles¹
tellesdasilveira@gmail.com

Luiza Carolina dos Santos¹
luizacdsantos@gmail.com

RESUMO

Neste artigo, discutimos as formas de ver por meio de visualizações de software em investigações científicas, examinando os processos que geram visualizações em uma estação meteorológica na Alemanha. Ao elucidarmos a medialidade dessas imagens técnicas, contrariamos o argumento de Chris Anderson de que o computacional teria acesso mais amplo ao real, o que afastaria a investigação teórica das ciências. Com a contribuição teórica de Crary, Farocki, Flusser e Edwards, argumentamos que as imagens computacionais são produzidas algoritmicamente após a coleta de dados, carregando consigo pressupostos teóricos e epistemológicos que ficam ocultos quando não se leva em consideração esse nível de mediação. Consideramos a aquisição de dados, a renderização de imagens e a observação como três processos distintos que, juntos, formam uma “configuração” medial específica para a visualização científica. Concluímos reafirmando a importância dos Estudos de Mídia e das Humanidades Digitais no estudo da visualização mediada por materialidades computacionais.

Palavras-chave: Imagens computacionais. Humanidades digitais. Renderização.

ABSTRACT

In this paper, we discuss the ways of seeing through software visualizations in scientific investigations, examining the processes that generate visualizations in a meteorological station in Germany. By clarifying the mediality of these technical images, we contradict the argument made by Chris Anderson that computational would have broader access to the real, which would oust theoretical inquiry from the sciences. With the theoretical contribution of Crary, Farocki, Flusser and Edwards, we argue that computational images are produced algorithmically after the data collection, carrying with it their theoretical and epistemological assumptions which become concealed when one does not take into account this level of mediation. We consider data acquisition, image rendering and observation as three separate processes that, together, form a specific medial “configuration” to scientific visualization. We conclude by reaffirming the importance of Media Studies and Digital Humanities in the study of visualization mediated by computational materialities.

Keywords: Computational images. Digital humanities. Rendering.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Paulo Gama, 110 – Farroupilha, Porto Alegre (RS).

Introdução

Para os estudos em imagem, os processos que envolvem a visualização de dados nos formatos computacionais (seja em sua captação, tratamento ou visualização) enquanto forma de produção de conhecimento (seja ele científico ou não) sobre o mundo se apresentam como um âmbito não apenas interessante, mas também urgente, de investigação. Na encruzilhada das humanidades digitais², estão aquilo a que o artista e teórico alemão Harum Farocki (2004, p. 17, tradução nossa) nomeou de *operative images*, “imagens que não representam um objeto, mas são parte de uma operação”. Em sua obra *Eye/Machine III*, Farocki (2004) mostra como um computador “vê” e navega uma paisagem, com setas animadas mostrando a trajetória de um míssil e caixas verdes flutuando na tela, apontando a maneira como um sistema automático rastreia objetos móveis em cena.

Dez anos após Farocki apontar a produção computacional de imagens para olhos humanos, outro videoartista notou que, agora, são as máquinas que produzem imagens para outras máquinas sem a necessidade da intervenção dos “olhos-carne” (Paglen, 2014). Para Paglen, é evidente que computadores não precisam de setas animadas nem caixas verdes para enxergar; pois estes são artificios para a visualização humana da visão computacional. Uma mediação de segunda ordem que independe da produção de sentido humana. As verdadeiras “*operative images*” não são apenas alienígenas aos olhos humanos: elas nos são invisíveis (Paglen, 2014).

Nesse sentido, existe uma dobra da utilização das imagens computacionais enquanto método analítico (como forma de conhecer, investigar, analisar e compreender o mundo) sobre as imagens computacionais enquanto objeto de pesquisa (como uma série de técnicas, lógicas e políticas que carecem de investigação nas ciências sociais). Tal dobra replicaria, todavia em um âmbito tecnológico, um velho problema conhecido dos pesquisadores sociais desde a virada linguística: a saber,

que aquilo que é tomado como “real” é expresso na mesma matéria (a língua, os códigos computacionais) na qual é estudado. No nosso entender, este segundo movimento (o computacional *qua* objeto de pesquisa) só é possível após o primeiro (o computacional *qua* método). Ele produz consequências características em áreas de aplicação, como a de visualização de dados – foco deste ensaio.

Ao longo deste trabalho, realizaremos um exercício exploratório de análise dos processos de construção de imagens operacionais para sistematização, tratamento e visualização de dados em espaços de pesquisa científica e produção de conhecimento. Em nosso entender, estão em jogo duas operações: primeiro, a mediação de dados em imagens que, ato contínuo, criam visualizações para que observadores humanos adquiram conhecimento. Nesse sentido, ocorrem ao menos três trabalhos de tradução/mediação: do real aos dados; dos dados às imagens; da observação destas imagens ao observador. Esse percurso é descrito como um acesso “mais real e imediato” (Anderson, 2008; Manovich, 2012; Manovich e Tifentale, 2015) ao “mundo concreto”, todavia dispensa a indagação crítica em torno dos processos de mediação das imagens-técnicas (Flusser, 2008; Farocki, 2004).

Quem aponta um caminho para pensar o papel do cientista enquanto observador de visualizações computacionais é Jonathan Crary (2012). A partir das considerações que Crary faz sobre o “observador” como a inscrição em um conjunto de práticas e dispositivos materiais, desenvolvemos a separação entre três níveis de visualizações/observações/observadores: um primeiro sistema (computacional) que coleta, organiza e visualiza os dados e um segundo sistema, que traduz esses dados para visualizações capazes de ser vistas por humanos que, então, agem sobre a “realidade” dada a ver pelo primeiro sistema.

Como primeiro exemplo dessa imbricação, trazemos as visualizações criadas pelo pesquisador Lev Manovich em seus projetos da “analítica cultural”, mais especificamente o material proveniente das investigações em torno da produção de selfies em capitais pelo mundo,

² De forma genérica, as Humanidades Digitais podem ser definidas como a aplicação de tecnologias baseadas em computação no âmbito das pesquisas em humanidades. Esse tipo de pesquisa teve início há mais de 40 anos atrás e podemos fazer uma divisão de três movimentos, não temporalmente limitados. A primeira, com foco nos processos de digitalização em larga escala, criação de arquivos, e estabelecimento de uma certa infraestrutura tecnológica para as humanidades (Presner, 2010); a segunda, mais preocupada com a criação de ferramentas e técnicas para a exploração de um banco de dados agora disponível graças aos esforços da primeira onda; e uma terceira, onde a tecnologia computacional passa a se tornar a própria condição de possibilidade necessária para se pensar muitas das questões que são levantadas hoje pelas humanidades. O trabalho das humanidades digitais, a partir dessa ideia, se tornaria compreender a cultura através das tecnologias computacionais (e isso implica, invariavelmente, compreender as tecnologias computacionais em si) (Berry, 2012).

denominado *Selfie*³ (Manovich e Tifendale, 2015). Esse material nos provoca a pensar o ponto cego que apontávamos, em que metodologia, instrumento e visualização se confundem. Permite-nos, também, questionar a maneira como estas imagens são incorporadas às nossas práticas científicas enquanto pesquisadores das humanidades, em geral, e da imagem, em específico.

Nosso segundo objeto advém do material de observação coletado durante uma visita exploratória conduzida por um dos autores deste artigo⁴ como parte das atividades do minicluster de investigação *Operative Images*, do departamento de Estudos em Teatro, Cinema e Mídia da Goethe Universität. Com o objetivo de explorar as *operative images*, as visitas do projeto ocorreram em locais previamente mapeados. Neste artigo, trabalhamos com o material que advém das visitas à Estação Meteorológica do estado de Hesse⁵.

A previsão do tempo é um caso exemplar para esta análise por dois motivos: primeiro, pela riqueza de técnicas de modelagem computacional e visualização de dados que emprega em seu fazer cotidiano. Segundo, a meteorologia é o primeiro caso de uma ciência computacional, remontando ao primeiro computador, o ENIAC, nos anos 1950. Na Estação Meteorológica, a interação entre dois sistemas de informática com funções distintas na criação de visualizações torna evidente a necessidade de um aporte teórico-epistemológico que seja capaz de construir essas visualizações em primeiro lugar, negando afirmações categóricas – como a de Chris Anderson (2008), que trazemos na primeira parte do ensaio – de que a revolução informática nas ciências dispensaria a “teoria”.

A investigação desses objetos (visualizações criadas por computador) interessa aos Estudos de Mídia na medida em que “tudo que as mídias armazenam e medeiam é armazenado e mediado sob condições criadas pelas próprias mídias” (Vogl, 2008, p. 16, tradução nossa). Nesse sentido, como a linguagem o era para Walter Benjamin (2011/1916), a mídia não é um meio para (*Mittel*) comunicar algo, mas sim o meio no qual (*Medium*) se é possível ver, ouvir, conhecer, saber. É por isso que urge compreendermos os modos de ver mediados por

software – uma mediação que é constantemente apagada das considerações dos cientistas. Neste ensaio, portanto, compreenderemos mídia como uma “configuração” (Turquety, 2019) de elementos heterogêneos – aparatos, códigos, sistemas simbólicos, formas de conhecimento, práticas específicas e experiências estéticas (Vogl, 2008, p. 15-16) – e centraremos nossas reflexões nessas articulações e sua relação com o papel do “observador” dentro dessa estrutura. Nos interessa em particular as instâncias de mediação nos processos de coleta, tratamento, análise e visualização de dados estabelecidos como científicos.

Observação e renderização de imagens computacionais

Nos últimos anos, a utilização de métodos computacionais e imagens operacionais vem crescendo, acompanhando o aumento da capacidade de processamento computacional assim como de investimento de recursos em tecnologias deste tipo (Walsh, 2015). Entretanto, as implicações da adoção de métodos científicos cada vez mais computacionais nas formas de produção de pensamento estabelecidas nem sempre é considerada seriamente pelos cientistas que as utilizam. Na medida em que se intensificam os processos e as mediações computacionais, inclusive por meio da produção imagética, intensificam-se também os meios de construção do conhecimento científico. Aquilo que se vê, que se modela, que se calcula e, em última instância, se pensa, depende, atualmente, das mídias (Kittler, 2019).

Um bom exemplo dessa questão são as pesquisas de Lev Manovich (2012; Manovich e Tifendale, 2015). Sua proposta metodológica da Analítica Cultural decorre justamente da centralidade do software enquanto mediador da cultura digital e das potencialidades do mesmo para análises capazes de encontrar padrões em grandes quantidades de dados. A etapa que Manovich irá chamar de ‘visualização’ – da *criação* efetiva de visualizações – pressupõe o olhar mediado da máquina a partir de padrões não perceptíveis ao ser humano. Isso quer dizer que ver um objeto de pesquisa através dessas visualizações é ‘ver

³ O projeto como um todo pode ser explorado no site: www.selfiecity.net/

⁴ As visitas foram realizadas pela Dra. Luiza Santos e organizadas pela Dra. Laliv Melamed, coordenadora do projeto. A visita à Estação Meteorológica do Estado de Hessen, na Alemanha, ocorreu em 2 de novembro de 2018.

⁵ Esta visita durou um total de 4 horas. Durante o período, o grupo conheceu as instalações, equipamentos e formas de trabalho da estação e foi apresentado, através de palestras dos funcionários, aos modelos de previsão do tempo, formas de captação e de análise de dados meteorológicos e softwares e formatos de manipulação e visualização dos dados obtidos.

de outra forma’, ‘ver outra coisa’, ou mesmo ‘não ver para então ver realmente’.

Parece ser justamente esse o ponto de Manovich: aquilo que a máquina pode dar a ver faz parte de um registro distinto do registro humano. Ao olharmos (nós, humanos) o que a máquina é capaz de ver, vemos uma outra coisa – que nem é aquilo que percebemos no contato com o objeto, nem é aquilo que a máquina registra no *seu* contato com o objeto. E, vale ressaltar, nenhum destes correspondem exatamente ao objeto observado. Da mesma forma, os padrões encontrados pela máquina também podem dar a ver, ou evidenciar, formas e questões de maneiras distintas à análise humana – é um processo de ver através da máquina e não de meramente registrar aquilo que a máquina vê.

O desenvolvimento de tecnologias computadorizadas para a análise de dados nos leva a um tipo de olhar específico, capaz de encontrar relações distintas daquelas que somos capazes de fazer sem estas técnicas. Isso se deve, em grande medida, à capacidade computacional: a análise sistemática de um grande número de dados, em detalhe, pode resultar no encontro de padrões para os quais o cérebro humano não possui aparato físico adequado para lidar (por sua limitação em termos de quantidade de informação e fluxo de atenção; não em termos analíticos).

Essa ideia se encontra expressa no ensaio publicado em junho de 2008 na revista *Wired* pelo seu então editor Chris Anderson. Tomando como exemplo a publicidade, Anderson salienta que o *Google* não sabe nada sobre cultura, sociedade ou outras convenções sobre as quais se apoiaram por décadas o conhecimento publicitário. Porém, equipado dos “melhores dados e [das] melhores ferramentas analíticas” (Anderson, 2008, tradução nossa), a multinacional foi capaz de “conquistar o mundo publicitário com nada mais que matemática aplicada” (Anderson, 2008, tradução nossa). Essa espécie de milagre computacional se expande para a tradução de línguas. Através de correlações de dados, o *Google* seria capaz de corrigir a gramática dos usuários – e fazer traduções virtualmente para qualquer língua – sem a necessidade de qualquer *teoria* da linguagem.

O sistema opera a partir da criação de modelos matemáticos baseados nos dados coletados dos usuários. Na sequência, os dados enquadram os *inputs* seguintes e os processam de acordo com o modelo estabelecido. Então o processo é reiniciado, em um *looping* recursivo em que o modelo está sempre ao mesmo tempo enquadrando e se ajustando aos novos *inputs* (Broussard, 2018). Elimina-se, assim, a variabilidade diacrônica, levando tanto à reafir-

mação do presente quanto à mediocridade – o “meio” (a média) é a mensagem.

Anderson empolga-se com a perspectiva de que, com um milhão de gigabytes, “correlação [de dados] é suficiente” (Anderson, 2008, tradução nossa). Para navegar neste mar crescente de dados coletados e armazenados em bancos nas nuvens, Anderson aponta que o melhor estado mental é “sem hipóteses a respeito do que eles [os dados] podem [nos] mostrar” (Anderson, 2008, tradução nossa). Isso sugere uma estranha situação: despir-se das pré-concepções (onde se encontra as possibilidades de compreensão), ao mesmo tempo em que se dedica atenção (visual) total aos dados. Dessa maneira, o trabalho científico deixa de responder a um regime de conhecimento e passa ao paradigma escópico da economia da atenção.

Falando sobre o cinema norte-americano no século XXI, Thomas Elsaesser sugere a passagem de uma episteme do voyeurismo, à qual responderia o cinema clássico, para uma da vigilância e do (auto)controle: “[...] a atenção seria [agora] considerada uma reação a um estímulo ou a uma interpelação, e atenção como um estado em suspensão do trabalho, que pode ser parafraseado como ‘esperando enquanto trabalha/trabalhando enquanto espera’” (Elsaesser, 2018, p. 227). A terceirização do pensamento às máquinas – que não pensam – reinscreveria o cientista como mero relé em um sistema fechado computacional, um tipo de servo-eletromecânico cuja atenção ativaria e/ou desativaria o comando para a sistematização dos dados traduzíveis em “conhecimento”. Esperar com atenção, ser chamado à ação, clicar e então observar os resultados. O trabalho científico se tornaria, em sua maior parte, espera, enquanto a observação se bifurcaria: por um lado, observar o sistema para atender ao seu pedido de ação no momento oportuno; por outro, observar o *output* de dados desse sistema.

No que diz respeito à criação de ferramentas de análise e de visualização de dados, cabe ressaltar que o olhar analítico da computabilidade é excessivamente direcionado e, portanto, aponta para outro regime escópico, que parece retrabalhar as “técnicas do observador” (Crary, 2012). Para Crary (2012), um observador é aquele que vê dentro de um determinado conjunto de possibilidades inscritas em um sistema heterogêneo de relações discursivas, sociais, tecnológicas e institucionais que convencioam e restringem o ato da visão. Decorre daí que inexistente um sujeito observador prévio ao campo de observação; e, igualmente, que a visão é sempre exterior ao sujeito que vê. Nessa perspectiva, portanto, o observador é um *efeito* da construção das técnicas e práticas nas quais se encontra

materialmente inscrito. Para as imagens computacionais, o efeito-observador divide-se em três níveis. No primeiro, um sistema computacional que observa a partir de um conjunto de normas e prescrições; no segundo, outro sistema computacional que produz uma imagem capaz de ser vista por um observador humano; então, no terceiro, um sujeito observador – humano, mas não necessariamente – que observa e age. Essa construção opera com os dois sentidos da palavra observador (Crary, 2012, p. 15): não apenas “olhar para”, mas também “conformar as próprias ações, obedecer a”.

Se, na modernidade pesquisada por Crary (2012), a visão é marcada pela quebra de uma conexão direta entre objeto e representação, aqui estamos lidando com um afastamento completo entre esses dois operadores. Ladeira (2019) lista as rupturas identificadas por Crary como a) quebra de conexão direta entre objeto e representação; b) necessidade de mensurar o corpo como meio para compreender a visão; c) acoplamento do ato de ver a dispositivos mecânicos; d) pretensão desses objetos de se constituírem como uma realidade autônoma. A imagem computacional produzida a partir de dados construídos por um sistema é a vanguarda das últimas duas tendências: agora, o dispositivo messiânico (o computador) pode chegar mais profundo ao real - mas um real que existe, a princípio, dentro da máquina.

De novo, tomemos as pesquisas de Manovich como exemplo dessa nova expressão do observador na ciência. Em seu projeto *Selfiecity* (Manovich e Tifentale, 2015), o pesquisador almeja comparar padrões encontrados em selfies publicadas no Instagram em cinco grandes cidades (Berlim, Moscou, Nova Iorque, São Paulo e Banguécoque) a partir de um conjunto gigantesco de imagens capturadas de redes sociais. As diferentes formas de visualização dos dados obtidos possibilitam diferentes comparações entre variáveis (saturação, cor, gênero, idade, localização, expressão facial, ângulo da imagem, etc.). Tais elementos são perceptíveis ao olhar humano para cada foto, entretanto, a comparação desses elementos específicos de forma segregada, para conjuntos de imagens na casa dos milhares, é impossível para o aparato sensorial humano. É preciso recorrer ao computador para, então, observar.

Essa observação ocorre através dos três níveis que descrevemos acima: o mesmo conjunto de dados observado no primeiro é capaz de gerar visualizações distintas no segundo, que serão observadas pelo terceiro observador (o humano). Por exemplo, a entrada a esse conjunto pode ser dada por uma dentre as seguintes

opções: saturação, localização (figura 1) ou tempo de publicação das fotografias (figura 2). As correlações entre imagem e seu objeto, que antes poderíamos dizer entre representação e seu representado, não ocorre na situação do olhar humano, mas apenas dentro da máquina, entre imagem e *dado*. Enquanto apenas dados capturados, as imagens não existem como elemento visual para olhos humanos; ao serem *renderizadas* conforme parâmetros especificados *a posteriori*, as visualizações são geradas – porque esse segundo *input* ocorre depois da coleta de dados, a renderização pode criar diferentes imagens com os mesmos dados.

Renderização é o processo computacional que traduz conjuntos díspares de dados para uma superfície imagética passível de visualização humana. As formas de visualização criadas computacionalmente carregam em si uma mistura de pressupostos epistemológicos em seu desenvolvimento e uma forma que é essencialmente computacional: a forma matemática. A grande novidade da imagem computacional é que esta não é mais uma imagem de reprodução, sequer de produção, mas de pós-produção, pois é nesse momento em que o sentido é criado. Isso é o que Poitras e Steyerl nomeiam de “informação retrospectiva: como ver narrativas após o fato” (Steyerl e Poitras, 2015). Na pós-produção, o dispositivo original da produção imagética é negligenciado, ou mesmo esquecido, e a imagem que dele é fruto guarda marcas de tradução, mais do que de representação. Como notam Steyerl e Poitras (2015), a renderização é a imagem que é produzida algorítmicamente *a posteriori* da coleta de seus dados (primeira camada de mediação).

Para os pesquisadores de humanidades, não-versados nem na computação, nem na matemática, a afirmação de que as imagens computacionais “são representações apenas de seus procedimentos operacionais possui um grande grau de mistificação” (Farocki, 2004, p. 15, tradução nossa). Essa mistificação é um desejo antigo de outras tecnologias de observador, como a fotografia, que sempre manteve “a pretensão de apagar os processos que tornaram possível sua gênese” (Ladeira, 2019, p. 159), um traço que dependia da sensação de automatismo ofertada pela fotografia, e que pode ser explicado na “constante expectativa de ver tudo sem que o próprio instrumento que torna essa visão possível venha ele mesmo a ser identificado” (Ladeira, 2019, p. 159).

Em *O gesto de fotografar*, Flusser (2019) aponta três aspectos do gesto fotográfico: 1) encontrar uma posição da qual observar; 2) adaptar a situação à posição; 3) avaliar o sucesso desse posicionamento relativo. A ligação



Figura 1. Mapa da localização de 212,242 fotos em um período de três meses, classificadas por hora.

Figure 1. Plot of location 212,242 photos over a three months period, sorted by hour.

Fonte: selfiecity.net.



Figura 2. Montagem com 57,983 fotos de Nova Iorque, classificadas por tempo.

Figure 2. Montage of 57,983 photos from NYC sorted by time.

Fonte: selfiecity.net.

entre os três aspectos produz uma superfície na qual a duplicação da posição do observador não é nem mera duplicação, nem a incorporação de uma das posições pela outra, mas algo mais complicado. Enquanto o fotógrafo acreditava estar posicionando a câmera para encontrar o melhor ponto de vista para sua fotografia, ele na verdade performava o gesto fotográfico, em busca de uma posição que melhor corresponderia à situação movente que tenta capturar. Nesse sentido, a fotografia é também uma observação da observação (de segunda ordem), pois tanto a posição do observador fora da situação, quanto a do fotógrafo em relação a ela são, recursivamente, suas partes constitutivas. Esse modelo não apaga a máquina fotográfica da cena fotografada, mas insere-a como o dispositivo essencial para que a fotografia aconteça. Mas, em uma era de proliferação de tecnologias de observação de imagens computacionais criadas com pontos de vista múltiplos e móveis, tanto a recursividade, quanto o apagamento da materialidade da máquina imagética, se tornam ainda mais complexas. Agora, a observação torna visível não a situação, mas a maneira pela qual a fotografia cria (renderiza) uma superfície. Day e Lury (2017), partindo da mesma leitura de Flusser, acreditam que este processo não se resume apenas à fotografia, mas é compartilhado por um vasto número de tecnologias de observação contemporâneas.

Como lembra Ladeira (2019, p. 159), “Um universo de intensa visualidade oferece a sensação de que aquilo que não reside nessas imagens se encontra inacessível”, ou mesmo inexistente. Os sistemas informáticos, capazes de registrar até variações microscópicas no ar e transformá-las em visualizações, é a última certeza de tornar visível aos olhos um outro mundo. A visualização, a partir do século XIX e de maneira acelerada até o XXI, torna-se o ato de trazer à visão aquilo que não estava à vista (Halpern, 2015). Visualização é o que faz surgir novas relações e produz novos objetos e espaços para a especulação. Como ressalta Rosa (2019, p. 164), “a imagem não é um documento, aquilo que atesta um ocorrido, mas ela própria é o fato, o acontecimento autonomizado”. A imagem computacional, criada enquanto renderização de dados computacionais, não é um documento do real externo à máquina; ao contrário, é ela mesma quem produz sentido e se torna, em consequência, o próprio acontecimento.

É por isso que, para um biólogo, é possível “descobrir” milhões de espécies novas, ainda que não saiba

nada sobre elas (Anderson, 2008): são códigos de DNA possíveis de existência – informação latente –, montados a partir de um modelo algorítmico rodando dentro do computador. Se elas existem “no mundo”, pouco importa para o biólogo e para Chris Anderson – na verdade, a inexistência destas espécies é tida como impossível; “descobri-las” é uma questão de tempo. Em uma inversão surpreendente do quarto chinês de Searle⁶, é como se o mundo “lá fora” replicasse o mundo “dentro” do computador.

Isto coloca uma consequência ética curiosa para o pensamento científico. Se *teoria* é o ponto de vista de observação adotado para que o sujeito (o teórico) melhor observe seu objeto (como o fotógrafo de Flusser), a observação computacional impede a adoção desse ponto de observação por um ser humano. Para a ciência baseada em algoritmos computacionais, o humano é incapaz, por limitações físicas, de *ver*: tomar uma posição teórica é impossível. Os drones de que fala Farocki e o Big Data de que fala Anderson são observadores sobre-humanos porque as imagens que observam são produzidas de maneira fechada em uma circularidade “dentro do quarto”, ao qual o humano não tem mais acesso. Imagens, do ponto de vista computacional, são nada mais que dados que criam o próprio acontecimento observável. A seguir, veremos como essa estrutura de observação opera na ciência computacional por excelência, a meteorologia.

Modelos de previsão climática e os processos de visualização de dados

Não é por coincidência que a meteorologia é considerada a primeira ciência computacional. No começo do século passado, os modelos complexos desenhados para a previsão do tempo necessitavam de alto poder de cálculo, o que exigia grandes esforços humanos. Mas, em meados do século, a promessa em plena Guerra Fria de que a previsão do tempo poderia culminar no condicionamento do tempo e a necessidade de encontrar um uso civil para o recém-criado computador elétrico direcionaram o interesse do governo norte-americano para essa ciência. Assim, “a predição numérica do tempo se tornou a exibição civil para uma máquina inventada no período de guerra, especificamente para dar suporte às necessidades

⁶A “teoria do quarto chinês” de John Searle (1980) relata a capacidade de um computador exercer atividades para os quais é requisitado mesmo sem compreendê-las, ou seja, a sua incapacidade de atingir estados cognitivos genuínos (i.é, humanos).

militares” (Edwards, 2010, p. 111, tradução nossa).

A empreitada foi encabeçada pelo matemático húngaro John Von Neumann que, já em 1945, havia se decidido pela meteorologia como o caso ideal a ser explorado no âmbito civil da computação. A despeito dos limites de processamento e memória, os primeiros experimentos foram realizados no ENIAC a partir de 1949: modelos de predição climática foram decupados em guias passo-a-passo para o computador. Os desafios de computabilidade desse período guiaram os esforços científicos das décadas seguintes, como a criação de novas técnicas de tratamento de dados e de métodos matemáticos para analisar as observações realizadas. Ao longo das décadas, foi possível refinar os modelos de previsão do tempo (Edwards, 2010).

O conhecimento humano em torno do clima e do tempo se deve a três tipos de modelos diferentes: modelos de simulação, modelos de reanálise e modelos de análise de dados. O primeiro é puramente matemático; o segundo inclui dados empíricos para checagem dos resultados matemáticos; e o terceiro é um composto de técnicas matemáticas, algoritmos e ajustes empiricamente derivados da leitura de instrumentos. Os três casos trabalham com a compreensão do clima enquanto sistema físico, para o qual é preciso encontrar e relacionar adequadamente as variáveis.

É um dos desafios mais complexos que a ciência já enfrentou, uma vez que envolve muitos sistemas interligados, incluindo a atmosfera, os oceanos, a criosfera (gelo e neve), superfícies da terra (solo e refletância) e a biosfera (ecossistemas, agricultura, etc). Você não consegue estudar sistemas globais de forma experimental: eles são muito grandes e complexos (Edwards, 2010, p. XV, tradução nossa).

Não existe apenas um modelo de previsão climática, mas vários - entre os mais complexos e populares são os *General Circulation Models* (GCM). No âmbito da meteorologia tanto as formas de coletar os dados necessários quanto seu processamento a partir de modelos analíticos (constantemente em disputa entre os cientistas) são ações complexas e de difícil execução. Entretanto, a partir da computação da meteorologia contemporânea,

novas camadas de complexidade são adicionadas a esse fazer, a partir da adoção de softwares especificamente programados para o tratamento dos dados no cotidiano das estações meteorológicas.

Durante a visita realizada por um dos autores deste trabalho à Estação Meteorológica do estado de Hessen, na Alemanha, localizada na cidade de Offenbach, além de circular e conhecer equipamentos, funcionários e estações de trabalho, fomos introduzidos aos dois principais softwares utilizados: o NinJo e o TriVis. Suas funcionalidades são opostas: enquanto o NinJo é utilizado pelos meteorologistas para realizar as previsões do tempo, o TriVis possibilita a criação de uma comunicação visual para o público em geral. Além de suas funções comunicacionais distintas, esses softwares nos apontam problemáticas diversas para serem analisadas. Por um lado, com o NinJo, a construção e manipulação dos dados a partir de representações visuais e modelos de predição matemáticos são centrais; por outro, com o TriVis, o foco se dá no processo de tradução para uma linguagem imagética produzida computacionalmente e veiculada por canais televisivos. Da relação de ambos é instaurado um fato científico capaz de agir sobre o futuro, influenciando decisões rotineiras (levar ou não um casaco na bolsa) ou de trabalho (sair para a pesca), procedimentos de colheita ou plantio, etc.

A seguir, explicitamos brevemente alguns dos mecanismos relevantes de funcionamento do NinJo que, conforme argumentaremos, são indissociáveis do conhecimento que o software é capaz de gerar. Ainda, no caso da previsão do tempo e do clima, a obtenção dos dados também está imbricada com o local, a condição, o momento e o tipo de instrumento utilizado em sua coleta, assim como ao(s) modelo(s) matemático(s) e de análise de dados utilizados para sua compreensão, que adicionam camadas ao sistema de software para a manipulação de ambos (de modelos e de dados).

O NinJo é um software de visualização de dados georreferenciados em Java que funciona como uma estação de trabalho para a análise de dados referentes à previsão meteorológica⁷. A funcionalidade principal do NinJo é fornecer suporte computacional visual para o trabalho dos cientistas, viabilizando assim manipulações e combinações de camadas diversas de dados que são necessárias para a produção de uma previsão do tempo. O NinJo não se destina à criação de visualizações para o

⁷ Produto de um consórcio entre a Suíça (MeteoSwiss), Dinamarca (Danish Meteorological Institute) e o Canadá (Metereological Service of Canada), capitaneado pela Alemanha (Deutscherwetterdiens), o software apresenta mudanças significativas na forma como os dados podem ser trabalhados pelos cientistas.

público (Joe e Falla, 2004). Os dados obtidos são compartilhados entre os países que integram o consórcio de utilização do NinJo: os modelos computacionais para a previsão do tempo e do clima requerem a utilização de dados globais. Isso impõe, de fato, inúmeros desafios, que levam à criação e à utilização de procedimentos específicos: a “aquisição de dados com velocidade suficiente demandou técnicas de automação para o input de dados, controle de dados, interpolação e falseamentos para entradas de dados faltantes em regiões esparsamente cobertas” (Edwards, 2010, p. 111, tradução nossa). Desde o início dos anos 1960, essa necessidade por diversidade de dados em localidades do planeta dá origem ao “World Weather Watch”, que funciona como um sistema global de observação, comunicação, processamento de dados e previsão do tempo.

No *layout* do *software* NinJo, cada variável climática obtida em uma região global compõe camadas que podem ser sobrepostas, arranjadas e rearranjadas conforme a necessidade do usuário. Essas camadas são armazenadas em seu formato original, o que mantém a integridade da resolução dos dados obtidos: “a renderização da tela da imagem é sempre feita diretamente dos dados” (Joe e Falla, 2004, p. 550, tradução nossa). Os dados obtidos a partir de radares podem ser combinados visual e matematicamente com outros dados meteorológicos, em outras camadas a serem manipuladas pelos meteorologistas. Nesse sentido, ele possibilita a combinação de dados de diferentes variáveis formando uma visualização integrada, conforme a figura 3.

Além de possibilitar a recombinação dos elementos necessários, o NinJo torna possível o detalhamento e a aproximação de cada camada de dados, individualmente, a partir de uma localização geográfica específica e preservando sempre a qualidade dos dados acessados. Assim, é possível analisar em detalhes os fatores relevantes para um evento meteorológico que está sendo monitorando: “o usuário pode visualizar uma variedade de produtos compostos do radar e fazer uma busca detalhada, por meio de postagem e clique, em produtos de radar único ou para visualizar tempestades específicas (células) que contêm uma visualização de vários produtos das especificidades da tempestade” (Joe e Falla, 2004, p. 551, tradução nossa). A figura 4 apresenta uma visualização do funcionamento de uma “*cell view*”, com a diversidade de elementos que auxiliam a análise e o diagnóstico da severidade de uma

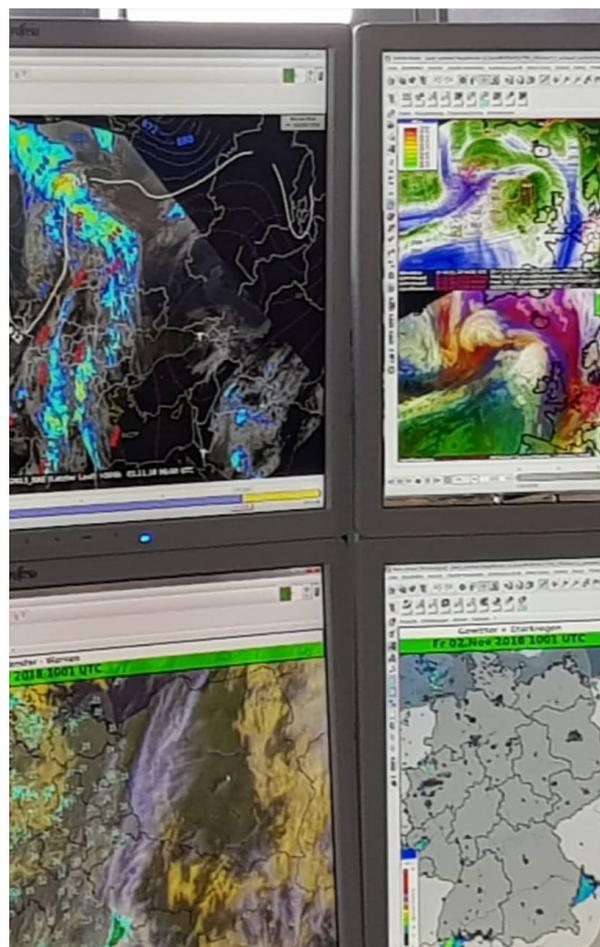


Figura 3. Diversas camadas em telas no NinJo.
Figure 3. Several layers on screens in NinJo.

Fonte: Os autores.

tempestade convectiva⁸.

Entre os principais benefícios desse tipo de *software*, podemos citar: “(i) a capacidade de visualizar vários dados pela adição, subtração ou ocultação de camadas; (ii) a capacidade de alterar a ordem das camadas; (iii) transparência que permite que os dados sejam vistos através de outros dados e (iv) acesso a dados” (Joe et al., 2005, sem paginação, tradução nossa). A mudança principal que o NinJo insere nesse cenário é a possibilidade de manutenção da qualidade e da resolução dos dados, capaz de preservar a percepção situacional e de evitar registros equivocados de geolocalização. Ou seja, “dentro

⁸ São aquelas que ocorrem em função da diferença de umidade, temperatura e pressão, sendo mais frequentes no verão.

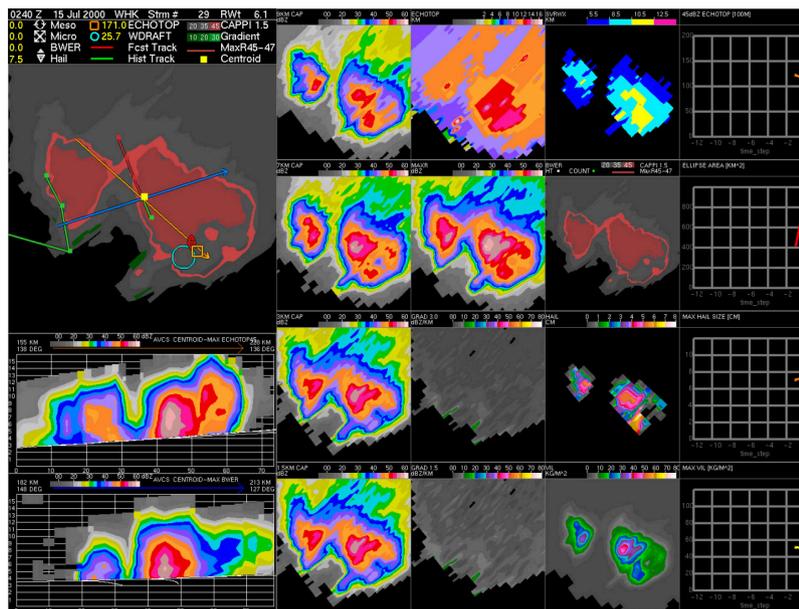


Figura 4. Funcionamento das cell view no NinJo.

Figure 4. Cell views in NinJo.

Fonte: Joe e Falla, 2004.

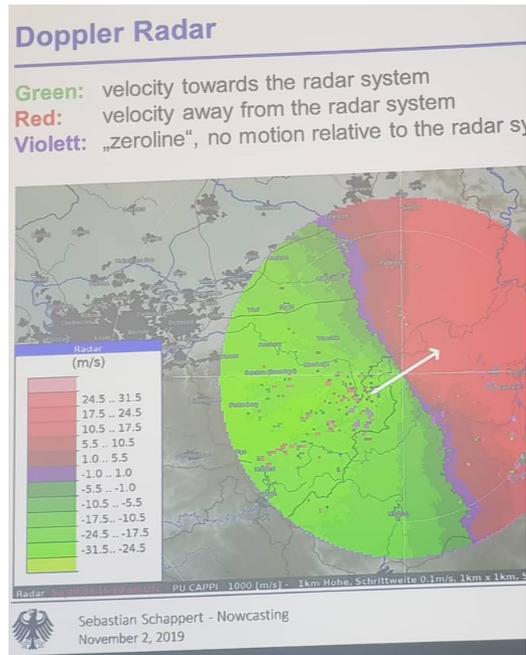


Figura 5. Imagens de dados de um Radar Doppler.

Figure 5. Data images of a Radar Doppler.

Fonte: Os autores.

do conceito NinJo, dados bidimensionais, dados de seção vertical, o objeto da célula é exibido e as funcionalidades interativas são visualizadas em camadas separadas” (Joe et al., 2005, sem paginação, tradução nossa). A possibilidade de sobrepor e de visualizar através de uma camada de dados é considerado um “método poderoso para acessar a meteorologia da situação” (Joe et al., 2005, sem paginação). Dados de satélite, relacionados à altura de uma tempestade, podem ser combinados com os dados de um radar *echo*, de um nível mais baixo, e também com dados de superfície, como a baixa umidade do ar e outros fatores que podem influenciar no seu crescimento em potencial. Na linguagem dos meteorologistas, o NinJo é um elemento essencial para “acessar” as condições temporais de formas diversas⁹. A palavra denota a percepção de que, através do software, é possível abordar e examinar fenômenos da realidade e, a partir da manipulação, combinação e análise dos dados gerados, acompanhar, compreender e prever o desenrolar da realidade no futuro. Dados, nesse contexto, não seriam partes extraídas deliberadamente a partir de técnicas específicas que compõem informações referentes a um fenômeno, mas sim uma parcela do real que poderia ser acessada mediante as tecnologias adequadas.

Necessário pontuar que mesmo os dados que chegam para utilização no NinJo, obtido de formas variadas (como diferentes tipos de radares) já são “tratados” anteriormente, utilizando modos diversos (entre os receptores) de processamento, de hardware e de software (figura 5). Ou seja, cada dado é um “produto final diferente, em formatos diferentes de arquivos e operando com diferentes estratégias” (Joe et al., 2005, sem paginação, tradução nossa). Não é apenas a forma de obtenção e de tratamento dos dados iniciais que variam, mas também sua temporalidade, que também impacta nas modelações: “sistemas de observação se modificaram tanto e tão frequentemente que você só pode combinar registros de longo prazo ao modelar os efeitos de diferentes instrumentos, de práticas de coleta de dados, mudanças de locais de estações de meteorológicas e centenas de outros fatores” (Edwards, 2010, p. XV, tradução nossa).

O software possibilita também o monitoramento automático de dados específicos, capazes de gerar alertas pré-programados em caso de detecção de uma combinação de fatores que podem estatisticamente levar a um resultado previsível, como uma tempestade convectiva. Ou seja, quando baseado em um modelo determinado, o

software gera alertas sempre que o modelo apontar uma previsão previamente marcada.

No âmbito da Estação Meteorológica, a representação visual da enorme quantidade de dados coletados é o que permite aos cientistas a criação do sentido. Sem a possibilidade de visualizar e rearranjar, a quantidade de dados para cada fator relevante torna virtualmente impossível a organização e a predição a partir dos modelos que calculam a previsão do tempo. De fato, foi a computabilidade eletrônica e sua capacidade de criação de imagens operacionais que possibilitou a execução dos modelos de previsão do tempo que temos hoje. Novas visualizações são geradas na medida em que as diversas camadas de fatores relevantes vão sendo combinadas e recombinadas: velocidade dos ventos, umidade do ar, temperatura, massas de ar e etc. Para cada fator que influencia o clima de um ponto específico do globo (sempre capaz de repercutir em outros pontos), existe uma camada diferente, que pode ser explorada em profundidade ou em combinação.

A importância de um software adequado é reconhecida entre os cientistas da área, atestada pelas publicações dedicadas ao assunto e pelo esforço supranacional dedicado ao NinJo. Entretanto, nem todos os aspectos de mediação envolvidos no processo cotidiano de previsão do tempo e do clima são perceptíveis aos meteorologistas na execução de suas tarefas, como: a) coletas de dados variados, em diversos países, compartilhadas em formatos e a partir de técnicas de extração e manipulação diferentes entre si; b) chegada desses dados na interface do NinJo, que permite funcionalidades específicas, a partir de parâmetros e de formas também específicos; c) alertas de automação das predições possibilitados pela computabilidade dos modelos matemáticos que guiam as dinâmicas de previsão do tempo. Tudo isso antes de chegarmos a qualquer tipo de visualização da previsão (*forecasting*) para o público leigo, que implica uma nova camada de construção imagética computacional.

É necessário também considerar o emaranhado entre dados e modelos nos sistemas de previsão do tempo: os modelos não são ‘teorias puras’, baseadas em observação. Por isso, são os dados que ligam os modelos a realidades mensuráveis, de forma que, atualmente, é possível dizer que não existe conhecimento climático relevante fora desses modelos (Edwards, 2010). Ou seja, os dados ‘do mundo real’ não estão livres da teoria como

⁹ No texto de Joe et al. (2005), através do NinJo “can be used to assess the storm morphology” ou “assess the relationship of the storm with respect to low level moisture sources”, entre outros exemplos do uso da palavra neste contexto.

gostaria Anderson (2008), mas estão impregnados pelos modelos teóricos que geraram as formas de predição. Fugir dos *modelos* de análise de dados é, nesse campo, virtualmente impossível. E *modelos* pressupõem visões, quadros conceituais e epistemológicos:

Se você utiliza muitos sensores, irá precisar de uma modelagem de dados para transformar o seu sinal em uma informação significativa. Se você quer minerar dados criados por outra pessoa e misturá-los com os seus próprios, você irá precisar modelar os dados. Se você quer experimentar com escalas as quais você não tem acesso ou envolvendo materiais que você não pode manusear, você irá usar um modelo de simulação. Se você quiser olhar para grandes escalas de tempo, misturando dados coletados em muitos locais e épocas por muitos investidores em um data set em comum, você irá precisar de modelos para reconciliar as diferenças (Edwards, 2010, p. XIX e XX, tradução nossa)

A análise dos dados meteorológicos é ainda permeada pela discussão e troca entre os pares: uma vez que os fatores para análise vêm de outras estações de captação e que previsões e dados de um local influenciam previsões e dados futuros de outros locais, os cientistas dialogam constantemente para verificar e compreender as visualizações através do telefone. As convenções imagéticas e de cores estabelecidas entre cientistas para fazer funcionar uma linguagem compreensível são parte integrante do trabalho e, assim como os métodos e as variáveis de análise, são indissociáveis dos resultados obtidos em si. Tudo isso para dizer que, na ciência, as minúcias técnicas que possibilitam captação, sistematização, análise e visualização de dados são indissociáveis das análises finais: em última instância, opções metodológicas desenharam horizontes epistemológicos que, se nem sempre reconhecidos abertamente, estão ao fundo de qualquer investigação.

Considerações finais

Se, por um lado, pesquisadores vêm se voltando para a utilização de softwares e algoritmos especificamente desenvolvidos como método de investigação visual (como a Analítica Cultural de Manovich); por outro, pesquisadores do mesmo campo (às vezes, os mesmos pesquisadores) têm-se dedicado ao estudo de softwares e algoritmos cuja finalidade é automatizar as atividades humanas, como processos sociais e econômicos ou mesmo

atividades de pesquisa (nas humanidades ou nas chamadas ‘ciências duras’). Abre-se uma brecha entre uma apropriação a-crítica da imagem computacional enquanto método de pesquisa e o questionamento crítico desse mesmo processo de criação em outros âmbitos sociais. É isso que nos leva a concluir que a investigação humana das humanidades hoje se faz ainda mais necessária, bem como o desenvolvimento de quadros teóricos capazes de compreender os dados e seus usos por acadêmicos de ciências humanas e sociais.

Primeiro, porque os tipos de visualização de dados são técnicas desprovidas de neutralidade em relação ao seu objeto, ou seja, não nos permite “conhecer” o objeto de uma forma isenta e afastada, uma vez que o desenvolvimento das técnicas e lógicas desses mecanismos pressupõem visões teóricas e de mundo que informam a construção computacional do objeto e de sua representação aos olhos humanos (o processo que acima definimos de *renderização*). Ou seja, se Anderson (2008) deseja pensar os métodos de aferição de dados *sem* teoria, reiteramos que tal desejo é impossível de um ponto de vista epistemológico, uma vez que não existe instrumentos (métodos) construídos na ausência da reflexão sobre a técnica (tecnologia é teoria). A utilização de técnicas e lógicas computacionais na produção científica através das imagens estaria longe de representar o fim da teoria. Nesse sentido, a oportunidade é o próprio renascimento da teoria e do pensamento crítico (Fazi, 2020), com questões que só moldurações muito específicas podem colocar, que deslocam o ponto de vista da teoria para outros processos.

Segundo, porque a análise humana segue sendo um passo imprescindível da análise desses dados gerados – mesmo quando essas análises forem quantitativas e computacionais. Sem ela, é impossível criar sentido e realizar abstrações, a não ser se estas duas instâncias (significar e abstrair) sejam reduzidas a operações matemáticas. Dados não dizem nada por si só: eles dizem aquilo que narramos enquanto histórias possíveis a partir de um quadro epistemológico maior.

Portanto, a criação e adoção de novos métodos, tais como análises estatísticas baseadas em computador e visualização de dados, leva, invariavelmente, a um questionamento da posição e do potencial destas ferramentas nos resultados obtidos pela ciência. Essa questão não é, evidentemente, uma novidade: os Estudos de Ciência e Tecnologia vem explorando a relação entre ciência, tecnologia e sociedade há décadas, com estudos e métodos consolidados no campo (como Latour, 2011 e Kristin et al., 2007, entre outros).

Entretanto, é o olhar para esses métodos nas humanidades digitais que nos possibilita pensar o caráter mediado da ciência – daí o interesse especial para a comunicação e os estudos de imagem, dado que a construção de formas de visualizações de dados integra cada vez mais o campo científico. Se existe um caminho rumo a uma crescente importância das tecnologias computacionais tanto na ciência quanto na vida cotidiana, compete às ciências humanas e sociais estudar e compreender esse imbricamento entre técnica computacional e tecnocultura, e colocar questões que não são postas no momento do desenvolvimento destas tecnologias – e, tantas vezes, nem da sua utilização.

Se essas questões não são levantadas pelos próprios cientistas imersos em seus afazeres cotidianos, é lugar da terceira onda das humanidades digitais investigar. Para a comunicação em específico, a compreensão dos elementos de mediação na produção científica (e não apenas na divulgação científica) se apresenta como foco profícuo de pesquisa. Para que seja possível estabelecer pontos de contato e diálogo entre técnicas computacionais e os processos culturais que as envolvem, se faz necessário um aprofundamento do conhecimento técnico da área da computação e da produção imagética. As técnicas computacionais apresentam maneiras muito específicas de leitura do mundo e modos de ação sobre este. Ao mesmo tempo, não é preciso saber programar para que seja possível estabelecer uma compreensão das questões relacionadas à cultura, ciência e sociedade quando mediadas pela imagem computacional. Ao contrário, se as tecnologias digitais são caixas pretas, ou seja, fechadas e opacas aos usuários (muitas vezes tanto em termos de hardware quanto em termos de software), o domínio de linguagens de programação pouco auxiliaria em uma empreitada crítica destes dispositivos.

Referências

- ANDERSON, C. 2008. The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete. *Wired*. Disponível em: <https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/>. Acesso: 22/06/2020.
- ASDAL, K., BRENNAN, B.; MOSER, I. M.. 2007. The Politics of Interventions. A History of STS. In: Asdal, Kristin, Brita Brenna and Ingunn Moser (eds.). *Technoscience. The Politics of Interventions*. Oslo: Oslo Academic Press / Unipub Norway, p. 7-53.
- BENJAMIN, W. 2011. Sobre a linguagem em geral e sobre a linguagem do homem [1916]. In: *Escritos sobre mito e linguagem (1915-1921)*. São Paulo: Duas Cidades / Editora 34, p. 49-73, 176 pp.
- BERRY, D. 2012. Introduction: Understanding the digital humanities. In: BERRY, D. (Org.). *Understanding Digital Humanities*. Londres: Palgrave Macmillan, p. 1-20.
- BROUSSARD, M. 2018. *Artificial Unintelligence: how computers misunderstand the world*. Cambridge: MIT Press.
- CRARY, J. 2012. *Técnicas do Observador: visão e modernidade no século XIX*. Trad. Verrah Chamma. Rio de Janeiro: Contraponto.
- DAY, S.; LURY, C. 2017. *New Technologies of the Observer: #BringBack, Visualization and Disappearance*. *Theory, Culture & Society*, 34(7-8):51-74.
- EDWARDS, P. 2010. *A vast machine: computer models, climate data and politics of global warming*. Cambridge: The MIT Press.
- ELSAESSER, T. 2018. *Cinema como Arqueologia das Mídias*. São Paulo: SENAC.
- FAROCKI, H. 2004. *Phantom Images*. *Public*, 29:12-22.
- FAZI, M.B. 2020. O fim da teoria da mídia. *Intexto*, 49:305-318.
- FLUSSER, V. 2008. *O Universo das Imagens Técnicas: elogio da superficialidade*. São Paulo: Annablume.
- _____. 2019. O gesto de fotografar. Trad. Nélío Rodrigues Conceição. *Artefilosofia*, 26:41-51.
- HALPERN, O. 2015. *Beautiful Data: A History of Vision and Reason since 1945*. Durham, NC, Estados Unidos: Duke University Press.
- JOE, F; FALLA, M. 2004. Radar Visualization in the NinJo Project. In: *Proceeding of European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology*. RAD. Disponível em: http://www.ninjo-workstation.com/fileadmin/files/downloads/publications/Pub_ERAD04_P_550.pdf. Acesso: 22/06/2020.
- JOE, Paul; KOPPERT, Hans-Joachim; HEIZENREDER, Dirk et al. 2005. Severe Weather Forecasting Tools in the NinJo Workstation. In: *Anais do World Weather Research Symposium on Nowcasting and Very Short Range Forecasting*. Disponível em : http://www.meteo.fr/cic/wsn05/resumes_longs/7.13-502.pdf
- LADEIRA, J.D.M. 2019. *Disciplina, Fantasmagoria, Espetáculo: Jonathan Crary e sua Arqueologia da Visão*. *Lumina*. 13(3):152-167.
- LATOURE, Bruno. *Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora Unesp, 2011
- MANOVICH, L. 2012. How to compare one million images? In: BERRY, D. (Org.). *Understanding Digital Humanities*. Londres: Palgrave Macmillan, p. 249-278.
- MANOVICH, L.; TIFENTALE, A. 2015. *Selfiecity: Exploring*

- Photography and Self-Fashioning in Social Media. In: BERRY, D.M; DIETER, M. (Orgs.). *Postdigital Aesthetics: Art, Computation and Design*. Londres: Palgrave Macmillan, p. 109-122.
- PAGLEN, T. 2014. Operational images. *e-flux*, n. 59. Disponível em: <https://www.e-flux.com/journal/59/61130/operational-images/>. Acesso: 22/06/2020.
- PRESNER, T. 2010. *Digital Humanities 2.0: a report on knowledge*. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.469.1435&rep=rep1&type=pdf>. Acesso 22/06/2020.
- ROSA, A.P. 2019. Imagens em espiral: da circulação à aderência da sombra. *MATRIZES*. 13(2):155-177.
- STEYERL, H.; POITRAS, L. 2015. Techniques of the Observer: Hito Steyerl and Laura Poitras in conversation. *Artforum*. Disponível em: www.artforum.com/inprint/issue=201505&id=51563. Acesso: 01/02/2020.
- TURQUETY, B. 2019. *Medium, format, configuration: the displacements of film*. Lüneburg: meson press, 58 p.
- VOGL, J. 2008. *Becoming-media: Galileo's Telescope*. Grey Room, 29:14-25.
- WALSH, T. 2015. *Education: Future Frontiers Occasional Paper Series*. Australia: NSW Department of Education Intelligence.

Agradecimentos

Para a realização deste trabalho, foi imprescindível a participação, entre 2018 e 2019, no Mini-cluster *Operative Images*, da Goethe Universität, coordenado pela Dra. Laliv Melamed. Aos membros do grupo, os doutorandos Andrea Polywka, Antoine Prévost-Balga, Philipp Roeding, Nicole Braidia e a Dra. Laliv Melamed, agradecemos pelas discussões profícuas durante os encontros e visitas realizados. Agradecemos também aos pareceristas anônimos pela leitura, comentários e considerações e aos editores pela acolhida ao texto.

Financiamento

A estadia de pesquisa na Goethe Universität foi possibilitada pelo financiamento recebido da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) através de concessão de bolsa de doutorado sanduíche (PDSE), entre setembro de 2018 e março de 2019.