

# CONEXÕES SISTÊMICAS NAS REDES: APROXIMAÇÕES ENTRE ARTE E MATEMÁTICA

Hermes Renato Hildebrand  
Andréia Machado Oliveira

**Resumo:** A Teoria das Redes e dos Grafos organizam os espaços de representação de várias áreas do conhecimento humano, em particular das produções matemáticas, artísticas e midiáticas. Os signos definidos por esses modelos também estabelecem relações sociais, ambientais, econômicas, políticas e psicológicas e nos obrigam a discutir valores estéticos, princípios éticos e padrões lógicos. Deixamos de privilegiar os modelos centrados nas geometrias euclidianas e não euclidianas e passamos a dar atenção aos modelos que privilegiam os processos, as conexões, a continuidade e as visões periféricas, das bordas e vizinhanças. De fato, hoje, convivemos intensamente com o paradigma das redes. A perspectiva renascentista e a noção de sujeito único, determinado e estável, estabelecida pelo modelo cartesiano, dão lugar às organizações espaciais e temporais mais livres e dinâmicas, que definem pontos de observação e se estruturam através do espaço de representação das redes e dos grafos.

**Palavras-chave:** Arte. Redes. Matemática. Mídias digitais. Teoria dos Grafos.

Na busca por traçar um diálogo entre extremidades e redes, começamos nos indagando: quais são as extremidades das redes? Elas existem? A própria noção de extremidade não contradiz a de rede, uma vez que a extremidade traz implícita uma ideia de centro determinado? Contudo, centros e extremidades não estão presentes em algumas definições de rede que apresentam modelos a-centrados. Considerando que as redes são dinâmicas e heterogêneas, como podemos considerar as distâncias, intensidades, velocidades e fluxos entre os nós das redes e entre as próprias redes? Os elementos das redes movem-se constantemente e, ao observá-los, verificamos que eles ora são centrais, ora são periféricos, e são, ao mesmo tempo, significativos quando atuam nas extremidades.

Tais questionamentos são levantados não no sentido de afirmar ou negar os centros e as extremidades, pois sabemos que, espacialmente e temporariamente, eles se demarcam com características e necessidades territoriais específicas. Procuramos deslocar nossas noções de extremidade e rede ao problematizá-las a partir de modelos sistêmicos e topológicos. Esses elementos topológicos, ao serem associados às redes, por um lado são relativizados e se alternam em equilíbrios metaestáveis; por outro, são heterogêneos como

as próprias redes, uma vez que não podemos falar em rede, mas sempre em redes heterogêneas e interconectadas formadas a partir das relações entre os nós que se associam aos outros nós por meio das conexões que definem as redes.

É que a rede se baseia na capacidade de os nós, cooperativamente, fazerem emergir sua própria configuração funcional. Afastando-se de qualquer determinismo ou centro de poder, todos somos nós potenciais capazes de reconfigurar a própria trama de nossas relações na sociedade da rede. (OHLENSCHLÄGER, 2009, p. 30, tradução nossa)

Como as redes são constitutivamente relacionais, não existindo *a priori*, “a conectividade é, em primeiro lugar, relacional e plural. Pressupõe uma soma de singularidades intermitentemente entrelaçadas, em movimento e, portanto, unidas somente temporariamente.” (OHLENSCHLÄGER, 2009, p. 20, tradução nossa). Ao abordarmos noções de redes plurais, precisamos fazer alusão às *extremidades sistêmicas* que se incorporam às redes.

E, de fato, diante dessa dinâmica que determina a rede, aquilo que definimos como nós se caracterizam por serem mutáveis e por se *contaminarem* por meio das conexões, que, por sua vez, produzem ressignificações e, por isso, os nós não devem ser concebidos de maneira a admitir apenas um significado. “Os significados não se dispersam, nem se diluem, mas ao contrário, possuem o poder de afetar e contaminar irreversivelmente as áreas em diálogo.” (MELLO, 2017, p. 16). Assim, o que é o centro de nossas atenções, em um primeiro momento, pode perder a importância e se tornar periferia e vice-versa, mantendo-se em constantes transformações.

Nesse sentido, os limites são vulneráveis, “a ambição de trabalhar sem limites, além das categorias de aprendizagem, de construir novas realidades, nova linguagem e novas práticas redefine o trabalho do artista e dá a essas práticas relevância no contexto social” (ASCOTT, 2003, p. 371, tradução nossa). Atualmente, podemos estender essas considerações para todos que pensam as redes, particularmente para os matemáticos e os artistas que se convertem cada vez mais em criadores de ciberespaços de comunicação. “Suas propostas já não consistem na construção de objetos, senão na elaboração temporal de novas estruturas e canais participativos de produção e distribuição.” (OHLENSCHLÄGER, 2009, p. 23, tradução nossa). A prática de compartilhar alimenta a rede, “Significa a potência do colaborativo, em

que a experiência é compartilhada em rede.” (MELLO, 2017, p. 16), tornando o isolamento uma ideia vaga e abstrata. Cabe nos perguntar: que rede constituímos, o que compartilhamos, para que colaboramos?

## REDES NO CONTEXTO CONTEMPORÂNEO

Muitas áreas do conhecimento humano são organizadas através de modelos abstratos topológicos que se relacionam por meio de nós e conexões: as redes. Hoje, podemos dizer que vivemos o paradigma das redes. Elas estruturam-se através de elementos que são considerados, por suas características dialógicas, com acentuados níveis de liberdade. Operam em contextos limítrofes, nas bordas e vizinhanças, determinando, assim, estruturas e sistemas semióticos que levam em consideração a intuição, as emoções e a consciência. Tais elementos são multifacetados e estão baseados em espaços topológicos que se organizam com apenas dois elementos estruturais (dois axiomas), ou seja, matematicamente as redes ou os grafos podem ser definidos pelos seus nós e conexões ou fixos e fluxos, segundo Milton Santos (1994).

Aqui, iremos tratar dos modelos dos espaços de representação topológicos que são redes ou grafos e que se encontram distribuídos em todos os campos do conhecimento humano, particularmente quando tratamos das similaridades entre os aspectos matemáticos, artísticos e midiáticos estruturados por esses modelos.

Começemos, então, pela matemática, onde os signos organizados pela Teoria das Redes e dos Grafos são considerados um ramo dessa disciplina que estuda as relações entre os objetos de um determinado conjunto. A rede pode ser definida, matematicamente, como um subconjunto dos grafos, que, por sua vez, é definido formalmente como um conjunto  $(V)$  não vazio, de objetos denominados vértices (nós), que possuem uma relação  $(A)$  denominada aresta (conexão). Portanto, as redes e os grafos são subconjuntos de pares não ordenados  $(V, A)$  de um conjunto dado. Tanto as redes quanto os grafos são modelos do tipo a-centrado.

É claro que esses modelos não organizam apenas os elementos matemáticos, mas também estruturam as redes sociais, de comunicação, de informação, de relacionamentos, de colaboração, de água e esgoto, de transporte, de saúde, de transmissão de doenças, a internet, as redes eletrônicas, as redes neurais, as redes de filas de espera, as redes formadas

pelas produções artísticas e midiáticas, isto é, existe uma infinidade de estruturas em rede que vão das ciências ditas exatas às ciências das humanidades. As redes existem há muito tempo, no entanto, no contexto contemporâneo, elas se destacam pelas suas características mais desprovidas de regras e leis e estão estruturadas a partir de dois axiomas apenas.

Por outro lado, podemos identificar a existência de muitos outros espaços topológicos abstratos de representação que se organizam com maior número de axiomas. Entre eles, encontramos as Geometrias Euclidianas, que são organizadas por cinco axiomas (ponto, reta, plano, ângulo e ângulo reto ou o axioma das paralelas), e as Geometrias Não Euclidianas – elípticas, hiperbólicas e parabólicas –, que se organizam por quatro axiomas (ponto, reta, plano e ângulo). Atualmente, identificamos, ainda, as estruturas topológicas matemáticas, que são aquelas que mais nos interessam: redes, grafos, cordas, labirintos, mapas, enfim, modelos matemáticos que organizam os espaços topológicos contemporâneos.

Na dinâmica dos processos mediados por esses modelos cada vez mais densos e complexos, também vamos tratar de interfaces e sistemas digitais que abrem espaços para uma grande variedade de possibilidades de conexões, que, ao serem consideradas nas extremidades dos pensamentos matemáticos, *desconstroem* as estruturas cristalizadas, *contaminam* os modelos pela capacidade de se relacionarem e *compartilham* tudo ao nosso redor, conectando elementos e objetos nunca antes associados. Assim, voltemos à matemática, a fim de identificar essas extremidades.

Com o aparecimento da informática e a velocidade de processamento dos computadores, surge a possibilidade de resolução de problemas matemáticos que antes não conseguiam ser demonstrados, porque envolviam uma grande quantidade de cálculos, maior do que nós humanos conseguimos realizar. São antigos problemas, como o Teorema de Fermat, o Teorema das Quatro Cores e o Teorema dos Seis Graus de Separação. Os dois últimos são de mais fácil compreensão e nos remetem ao conceito de grafos e, portanto, ao conceito de rede.

O Teorema das Quatro Cores é definido do seguinte modo: dado um mapa plano que está dividido em regiões, é preciso apenas quatro cores para colori-lo por inteiro, de modo que as regiões vizinhas não possuam a mesma cor. A demonstração deste teorema, através de passos lógicos, é muito complexa e necessita de muitos cálculos computacionais para ser realizada, enquanto a solução visual pode ser facilmente percebida. Basta produzir vários mapas com delimitações diferentes, que podemos verificar, intuitivamente, que quatro cores

são suficientes para colorir qualquer mapa plano. Porém, demonstrar esse aspecto topologicamente é muito complicado.

Ele foi formulado em 1852 por Francis Guthrie, e só foi demonstrado em 1976 por Kenneth Appel e Wolfgang Haken, utilizando um computador que teve que realizar bilhões de cálculos para constatar sua veracidade. Em 1994, obtivemos uma prova mais simplificada de tal teorema, que foi realizada por Paul Seymour, Neil Robertson, Daniel Sanders e Robin Thomas, e também precisou de muito processamento computacional para ser solucionado.

Outro problema topológico interessante, que atinge as redes sociais e o conceito de *compartilhamento*, é o das configurações das amizades, dos matrimônios ou das afinidades eletivas. Esse é um problema que pode ser solucionado por meio de lógica combinatória e permite observar as redes e seus relacionamentos a partir de relações de comportamento baseadas no modelo dos grafos. As redes da internet, como Facebook, Twitter, YouTube e Instagram, utilizam os conceitos de vizinhanças que foram formulados pelo psicólogo Stanley Milgram. Para ele, a Teoria dos Seis Graus de Separação, que afirma que são necessários no máximo seis laços de amizade para que duas pessoas se relacionem, em um conjunto finito de elementos, opera com a organização das redes sociais.

Também podemos encontrar as redes presentes nas produções artísticas e midiáticas quando utilizamos as Tecnologias Emergentes ou as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC), como são mais conhecidas. Elas dão origem às produções interativas, participativas, *compartilhadas*, que possibilitam realizar ações nas quais artistas e espectadores estão imersos nas obras, por exemplo, a *action painting*, a *body art*, os *happenings* e as instalações artísticas e midiáticas atuais. Trata-se de manifestações que utilizam os corpos dos indivíduos em interação e *compartilhamento* com as máquinas, ora como suporte, ora como entrada de informação para atuar de forma dialógica com os sistemas computacionais, propondo *desconstruções* das narrativas que atuam entre o real e ficcional.

Nessa interação com as tecnologias emergentes, os corpos expandem suas funções biológicas, físicas e mentais, adquirindo outras maneiras de sentir, agir e pensar. Segundo Claudia Giannetti (2006), vivemos em uma era pós-biológica, e, “atualmente, o que tem sentido já não é a liberdade de ideias, mas a liberdade de formas: a liberdade de modificar e mudar o corpo. São pessoas montadas por fragmentos – comenta [o artista e performer] Stelarc – são experiências pós-evolutivas.” (GIANNETTI, 2006, p. 13). Práticas artísticas e

mediáticas híbridas, nas quais “A contaminação é um tipo de procedimento em que uma relação de troca se potencializa a partir de seus contágios.” (MELLO, 2017, p. 14). Entendo que não falamos mais em um corpo puro, como Bruno Latour nos alerta em seu livro *Jamais fomos modernos* (1991), mas em um corpo mestiço em seus contágios.

O realismo produzido por uma imagem de computador, quando busca representar as profundidades e os ilusionismos das produções, não se diferencia em quase nada daquele de uma imagem fotográfica ou de uma representação renascentista. Segundo Lev Manovich (1995), a imagem individua-se com algumas distinções: antes dos meios informáticos, a realidade centrava-se no domínio da aparência visual; agora, a fidelidade visual é um fator entre outros, sendo a participação corporal (audição e tato) muito ativa nas obras artísticas digitais. Além da visualidade, buscamos modelar com realismo a maneira como os objetos e os seres humanos atuam, reagem, movem-se, crescem, pensam e sentem; as imagens são construídas de forma híbrida quando observadas pelos modos analógicos, mecânicos e digitais de produção.

As tecnologias emergentes redefinem os próprios conceitos de representação, ilusão e simulação. Manovich afirma que nosso objetivo na produção de uma imagem computacional, hoje, deve ser idêntica à de uma fotografia, sendo que as imagens fotográficas digitais são mais realistas que as tradicionais. Segundo ele, “se a fotografia tradicional aponta para o passado, a fotografia digital aponta para o futuro.” (MANOVICH, 1995, p. 17-18, tradução nossa)<sup>1</sup>.

No ilusionismo do computador, o sujeito não é mero espectador passivo, mas um agente, um espectador ativo que interfere nas transformações a serem realizadas nas representações. A alternância entre as ilusões e as interações obriga o usuário a trocar diferentes atitudes mentais entre classes distintas de atividades cognitivas. A ilusão fica subordinada à ação, profundidade e superfície, é uma janela aberta a um universo imaginário subordinado a um painel de controle.

As imagens digitais possibilitam a criação de uma realidade construída e calculada, portanto, sem a preocupação com a semelhança; uma realidade que é um cálculo mental em imagens estabelecidas por leis. Assim, a visão da perspectiva com um ponto de fuga, com base

---

<sup>1</sup> Do original: “The synthetic image simply represents the future. In other words, if a traditional photograph always points to the past event, a synthetic photograph points to the future event”.

na Geometria de Euclides, torna-se uma entre tantas outras formas de representação. Uma obra de realidade virtual como *Osmose*” (1995), de Charlotte Davies, pode proporcionar uma experiência sem contiguidade com o referente real e com outras situações espaço-temporais. Segundo Grau (2007, p. 222):

[...] enquanto ambientes virtuais anteriores apresentavam portais que resultavam em transições abruptas, no mundo das imagens de *Osmose* o observador vivencia transições osmóticas de uma esfera a outra, vendo uma esfera esmorecer lentamente antes de se amalgamar à próxima.

O espectador atinge um estado de imersão nas transformações das paisagens digitais, experimentando sensações de leveza, ausência de gravidade e movimentos multidirecionais. *Osmose* utiliza um capacete de realidade virtual, recursos da computação gráfica 3D e sons interativos explorados sinestésicamente.

De fato, os ambientes virtuais oportunizam vivências sinestésicas. Precisamos, no entanto, questionar até que ponto essas experimentações inserem nossos corpos na obra artística e, se o fazem, que estrutura determinam ou, ainda, se essas vivências têm a capacidade de nos hipnotizar pelo fascínio do ilusionismo e, assim, anestesiarem nossos corpos (OLIVEIRA, 2010).

O evento artístico internacional denominado arte#ocupaSM (junho de 2012), que foi realizado na cidade de Santa Maria, RS, teve como proposta a ocupação dos prédios da Vila Belga (Patrimônio Histórico), que pertenceu à Viação Ferroviária Belga no Rio Grande do Sul. Esse local foi privatizado e ficou abandonado desde 1997.

As intervenções artísticas que integraram o evento foram realizadas por 40 artistas brasileiros e estrangeiros, que estabeleceram propostas poéticas que problematizaram questões sobre a preservação do patrimônio imaterial, a cidadania e a memória do lugar, ao elaborar cartografias urbanas propondo a revitalização e ativação dos espaços invisíveis da Vila Belga.



**Figura 1:** Imagem do ambiente interativo da ocupação física e virtual da instalação *AirCity* no evento arte#ocupaSM<sup>2</sup>.

Fonte: Foto realizada pelos autores.

Destacamos a proposta artística *AirCity: arte#ocupaSM*, realizada por Andréia Machado Oliveira, Hermes Renato Hildebrand, Daniel Paz, Tatiana Guerche, Efraín Foglia e Jordí Sala no prédio da administração da ferrovia, que representava, em si, a Vila Belga. A metáfora utilizada foi a de navegação na rede de internet (virtual) e nas redes urbanas (físicas). Essa “ocupação”, como uma intervenção artística, tinha como objetivo cartografar os espaços físicos da Vila Belga e o território urbano de Santa Maria ao incorporá-los às tecnologias digitais locativas e aos sistemas computacionais desenvolvidos especificamente para essa obra, que disponibilizava um ambiente colaborativo e criativo, apresentando vídeos, sons e histórias contadas pelos moradores da Vila Belga nas redes computacionais, buscando ocupar e revitalizar os espaços e as memórias do lugar.

Nossa atenção desloca-se para os processos inacabados em vez das produções finalizadas; tudo se transforma em processo e, como tal, em contínuo desenvolvimento. Passamos, por meio da linguagem e da cultura, a dar ênfase às conexões e à fluidez das bordas,

---

<sup>2</sup> A pintura foi realizada por Ricardo Garlet.

aos espaços vazios e invisíveis e ao sujeito mediado pelo “Grande Outro”<sup>3</sup>, por meio da linguagem e da cultura. Todos esses conceitos deixam de enfatizar a ideia de fixos, de tempos e lugares determinados e de sujeitos e objetos como identidades bem definidas. Santaella afirma que a noção de sujeito e de subjetividade como algo íntegro e único foi forjada na época de Descartes. No entanto:

[...] esta ideia de sujeito começou a perder seu poder de influência para ser sumariamente questionada há duas ou três décadas, quando, nas mais diversas áreas das humanidades e das ciências, alardeia-se que estamos assistindo à morte do sujeito. Sob as rubricas “crise do eu” ou “crise da subjetividade”, critica-se e rejeita-se a definição de sujeito universal, estável, unificado, totalizado e totalizante, interiorizado e individualizado. (SANTAELLA, 2004, p. 46)

Buscamos, sim, a multiplicidade das formas que se interconectam e são *compartilhadas*. As produções e os problemas matemáticos descrevem dinamicamente um grande número de unidades cooperantes, embora individualmente livres, e ainda tratam das simulações dos sistemas complexos e de uma infinidade de temas onde o paradigma das redes, dos grafos e dos modelos limítrofes se *desconstroem* e se *contaminam*, dando lugar a novas formulações.

## GEOMETRIA MÉTRICA DE EUCLIDES

A perspectiva renascentista estruturada na Geometria Euclidiana, a Secção Áurea e a Série de Fibonacci, que definem as proporções do Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci, dá lugar à diversidade de pontos de observação que permitiram criar as Geometrias Não Euclidianas. Hoje, as formas de representação que sempre estiveram apoiadas nos modelos renascentistas, em unidades discretas de espaço e tempo, na identidade de um objeto e de um sujeito dão lugar ao *compartilhamento* nas redes e à multiplicidade de conexões que são criadas pelos dispositivos sensórios dos quais dispomos. Assim, as diferentes formas de se

---

<sup>3</sup> Segundo o psicanalista Jacques Lacan, a partir do “Grande Outro” descobre-se a importância da linguagem como condição e meio de produção de sujeitos, relações de poder, formas de ideologia e modalidades de desejo. Pela linguagem somos constituídos e, assim, o “Outro” é quem faz a mediação entre a tensão do que é o real e o que a linguagem tenta capturar do real. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=AbHNb1C8znM>>. Acesso em: 08 de jul. 2019.

compreender o espaço-tempo na matemática, na física e nas produções artísticas e midiáticas podem ser pensadas, a partir de agora, por meio de vários sistemas lógicos criados, como os Grafos Existenciais elaborados por Peirce, a Lógica Paraconsistente de Newton Costa (1980) ou, ainda, a Lógica Fuzzy utilizada por Solomon Marcus para analisar questões relativas à identidade humana (MARCUS, 1997, p. 7-12).

A noção de identidade forjada pelo modelo cartesiano, que exige um distanciamento entre o sujeito que observa e aquilo ou aquele que é observado, é substituída pela noção de identidade multifacetada do ciberespaço (SANTAELLA, 2004, p. 46-504). O ciclo materialista industrial ocidental está fundamentado na matéria e na forma de produção de nossa cultura e pode ser classificado em três ciclos: período pré-industrial, industrial mecânico e industrial eletroeletrônico e digital.

No primeiro, foram construídas várias formas de se pensar a matemática, todas elas baseadas em uma visão geométrica intuitiva fundada na observação e em um padrão de percepção espacial euclidiano. As produções desse período devem ser consideradas por suas características artesanais e pelas marcas individuais de cada criador deixadas nos objetos criados.

Nesse momento, os modelos matemáticos nos ajudam a estabelecer os padrões de representação da natureza e das produções humanas organizados apenas através de nossos aparelhos perceptivos naturais: olhos e mãos. A perspectiva linear, muito utilizada pelos matemáticos e artistas plásticos do período renascentista, resume uma situação na qual o objeto é observado por uma percepção particularizada dos indivíduos, e os modelos de representação são estruturados a partir da subjetividade de nossas visões. Nas palavras de Albrecht Dürer, e parafraseando Piero della Francesca, “primeiro é o olho que vê; segundo, o objeto visto; terceiro, a distância entre um e outro.” (PANOFSKY, 1979, p. 360).

Focando no Renascimento – momento que solidifica o pensamento ocidental greco-romano –, percebemos uma procura pelo domínio e mensurabilidade do espaço por meio da razão humana. Essa ambição pode ser visualizada na arte pela lei da perspectiva que domina as medidas de todos os espaços representados, dando uma ilusão espacial para a realidade, pelas leis da proporção que colocam o homem como centro e medida de todas as coisas, pelos estudos científicos da anatomia humana e da natureza em geral e pela composição espacial que localiza o homem criador e observador como centro composicional da obra. Na ciência,

por sua vez, pelas leis de Newton e de outros físicos que formularam leis dando conta de explicar, mensurar e determinar a realidade exterior como sendo a única existente.

Observamos um pensamento recursivo voltado a atingir uma realidade dada *a priori*, ficando o ser humano com o papel de observador de algo já existente, de contemplador da obra, interagindo primordialmente via sentido do olhar e preso à mimese de um real absoluto, como acontece na obra *Escola de Atenas* (1511), de Rafael Sanzio. A paisagem renascentista surge como um gênero artístico reconhecido.

O que importa, no momento, é que a pintura de paisagens era percebida como uma verdadeira descoberta, pois a distinção entre as paisagens em segundo plano e as Paisagens, como “uma Arte absoluta e integral”, talvez tenha se tornado um tanto indistinta. (GOMBRICH, 1990, p. 142)

Tal valorização da paisagem ocorre devido ao anseio de domínio da própria paisagem, uma crença no domínio da natureza, na apropriação de uma realidade absoluta por meio de um racionalismo métrico. Para Anne Cauquelin:

[...] a perspectiva formaliza a realidade e faz dela uma imagem que será considerada real: operação bem-sucedida para além de toda esperança, porque permanece oculta, porque ignoramos seu poder, sua própria existência, e acreditamos firmemente perceber, segundo a natureza, aquilo que formalizamos por meio de um “hábito perceptual” implicitamente. (CAUQUELIN, 2007, p. 114)

A paisagem renascentista surge como uma exigência do olhar perspectivo, uma vez que projeta diante de nós um “plano” (CAUQUELIN, 2007, p. 78). A paisagem é um decalque na parede, uma narrativa que fala de um outro, uma visão unilateral de uma realidade múltipla; presa na moldura, ela corta o real e, ao subtrair o excedente, o confuso, visa aproximar a ilusão do dito real idealizado. De fato, essa paisagem é uma representação estabelecida por axiomas e leis do espaço euclidiano.

## **GEOMETRIA PROJETIVA E OS MODELOS PARADOXAIS**

No final do século XIX, os alicerces sustentados pelas verdades absolutas, em uma lógica primada pela racionalidade e em um sistema de percepção centralizador e cartesiano,

começam a ser abalados por uma crise das representações. Nas artes visuais, estas vão perdendo suas formas e contornos nítidos, como podemos ver nas obras artísticas de William Turner (1775-1851); com o surgimento da máquina fotográfica, rompem-se as barreiras da representação figura-fundo e iniciam-se as modificações na materialidade das obras. Começamos a dar ênfase aos efeitos da luz, abandonando o rigor mimético das produções artísticas através dos movimentos impressionistas, pontilistas e de todos aqueles que derivam desses modelos. Não podemos esquecer que, segundo Vilém Flusser, em *Filosofia da caixa preta*, a máquina fotográfica incorpora a lógica de representação das imagens a partir da perspectiva linear e do ponto de fuga (FLUSSER, 1985).

Voltando ao processo de *desconstrução* dos modelos que estão cristalizados, Cézanne, um artista pós-impressionista, rompe com as leis da perspectiva, possibilitando uma imersão na paisagem “ausentes de si”, como ele próprio mencionava, ofertando uma perspectiva oriunda dos sentidos da percepção, como se observa em sua obra *La Meule* (1900), na qual ele busca não a representação da realidade, mas a estrutura dessa mesma realidade.

As tendências artísticas da modernidade mostram as possibilidades do perspectivismo nietzschiano – cada perspectiva definindo-se a partir do lugar de onde se olha –, da coexistência de múltiplos espaços, da diversidade de caminhos de observação das obras artísticas, do inacabado, da existência de paradoxos, da inclusão do acaso, por exemplo, no *Grande vidro*, de Marcel Duchamp (1887-1968), enfim, nas noções espaciais, temporais e significantes desse momento histórico. Verificamos a quebra da realidade externa que antes era absoluta e única; abre-se a percepção para outras realidades existentes; abalam-se as dicotomias, e encontramos a preponderância do sentido visual sobre os demais.

No início do século XX, o artista plástico Maurits Cornelis Escher (1898-1972) apresenta, por meio de suas gravuras, a relatividade de nossas observações com modelos que questionam a verdade das representações baseada nos modelos e contextos estabelecidos. A partir da geração de imagens paradoxais sobre a realidade, Escher estrutura conceitos, que, efetivamente, irão cristalizar-se na contemporaneidade. A multiplicidade de pontos de vista e as imagens impossíveis produzidas por ele são, de certa forma, precursoras das representações em redes. Escher introduz a representação de novos espaços imagéticos, que são, no campo da matemática, as Geometrias Projetivas ou as Geometrias Não Euclidianas. Elas representam as deformações das imagens em três dimensões representadas no plano,

que são invenções imagéticas realizadas nos espaços topológicos matemáticos com base nos modelos geométricos parabólico, elíptico e hiperbólico.

Walter Benjamin, no livro *Magia e técnica, arte e política* (1987), fala sobre as obras de artes na era da reprodutibilidade técnica e questiona alguns conceitos tradicionais vigentes no século XIX. Entre esses conceitos, caem por terra a genialidade e a validade eterna dos estilos, formas e conteúdos. Segundo Didi-Huberman, em seu livro *O que vemos, o que nos olha* (2010), a concepção de aura, em Walter Benjamin, apresenta duas posturas distintas: uma na qual ela é vista como um discurso legitimado e instituído, e outra como ela estabelece uma atmosfera da obra.

Com o surgimento da máquina fotográfica e, conseqüentemente, da reprodução em série das imagens, o conceito de autenticidade escapa à reprodutibilidade técnica ao perder a referência com o original, isto é, com aquele objeto igual e idêntico a si mesmo, com o legítimo como verdadeiro e com a aura que envolve a obra de arte como um discurso consagrado.

A unidade e durabilidade dão lugar à transitoriedade e repetição. Com a evolução tecnológica, as representações dos espaços fundem-se com as representações do tempo e se camuflam, gerando movimentos contínuos que são estudados pelos matemáticos através das séries infinitas, das funções e do cálculo diferencial e integral. Como vimos, também podemos perceber essas transformações no processo de geração de imagens realizadas nas fotografias, no cinema e nas representações realizadas pelas artes plásticas.

Marcel Duchamp representa o movimento através do *Nu descendo a escada* (1912) e, a esse respeito e sobre esse trabalho, ele escreveu que não era uma pintura, mas sim uma organização de elementos cinéticos que expressavam o tempo e espaço através das representações abstratas do movimento. Para ele, devemos ter em mente que os movimentos representados no espaço mostram signos intimamente relacionados com a matemática e com as geometrias.

Duchamp instituiu a dúvida na arte, contestou categoricamente todos os valores e ocasionou rupturas e *desconstruções* nas artes retinianas, como ele denominava as representações imagéticas miméticas. No entanto, sua concepção de arte estava baseada na lógica do ato, do contexto, do sujeito e do acaso. Para ele, o que é expresso sem intenção e o que fica na intenção e não é expresso. Ausência de certezas e de respostas prontas é o que libera a arte para sua real necessidade. Ela deve formular perguntas, abrir espaços e gerar

outras representações do tempo. Duchamp produz percursos de deslocamentos e desencadeia desestabilizações (*desconstruções* e *contaminações*) ao criar os *ready-made*, que são objetos construídos a partir de outros de uso cotidiano, que, vistos em outros contextos, eliminam as qualidades individuais das obras de artes.

Com a obra *Viúva imprudente* (1912), que é uma janela em miniatura pintada de azul com oito retângulos de couro polido no lugar dos vidros, instaura-se um jogo de ver ou não ver. Já com a obra *Fonte* (1917), mictório assinado por um autor de nome desconhecido, ele questiona se tudo que está assinado passa a ter valor artístico ou adquire reconhecida legitimidade institucional. Em *L.H.O.O.Q.* (1919), que em português pode ser traduzido por “ela tem um rabo quente”, Duchamp intervém sobre os valores indiscutíveis e canônicos até aquele momento, ao colocar bigodes e cavanhaque na *Gioconda* de Leonardo da Vinci. Provoca o público ao contestar a aura da obra artística, a veneração passiva e hegemônica. Giulio Argan tece um paralelo entre a *Gioconda* e o *ready-made*:

Se, com a *Gioconda* de bigodes, apresenta-se como destituído de valor algo a que geralmente atribuía-se um valor, com o *ready-made* apresenta-se como dotado de valor algo a que geralmente não se atribui valor algum. Em ambos os casos, não há um procedimento operativo, e sim uma alteração do juízo, intencionalmente arbitrária [...]. Retirando-o [*ready-made*] de um contexto em que, por serem todas as coisas utilitárias, nada pode ser estético, situa-o numa dimensão na qual, nada sendo utilitário, tudo pode ser estético. Assim, o que determina o valor estético, já não é um procedimento técnico, um trabalho, mas um puro ato mental, uma atitude *diferente* em relação à realidade. (ARGAN, 1992, p. 360)

A contribuição de Duchamp para a história da arte é incontestável, uma vez que nos libertou da arte como entidade sagrada e distante do cotidiano, do domínio da habilidade manual sobre a mental, do direcionamento restrito na leitura de signos e significados e da passividade do observador diante da obra. “Duchamp é uma espécie de rito de passagem: ponto em que a era mecânica industrial sai de seu apogeu, dando início à era eletrônica e digital, pós-industrial.” (SANTAELLA, 2003, p. 144).

Os modelos matemáticos de representação, na modernidade, passam a ser organizacionais pelas Geometrias Não Euclidianas e pela Teoria dos Conjuntos Não Cantorianos. As representações matemáticas, assim como as artes, agora mediadas pelas máquinas, estruturam-se a partir de novas perspectivas de observação. No período industrial mecânico, a racionalidade é levada ao extremo e produz um pensamento calcado no

inconsciente humano, que, em um primeiro instante, parece ser paradoxal, porém, em outro momento, passamos a admitir que os sonhos dizem muito a nosso respeito, mais do que poderíamos perceber conscientemente.

O artista gráfico Escher, através das imagens deformadas pelas lentes ou construídas por representações consideradas paradoxais, mostra que os signos espaciais visuais podem ser organizados por uma multiplicidade de pontos de vista e por outras perspectivas de nosso olhar. O ponto de fuga que fundamentou os espaços de representação renascentistas, com base na Geometria Euclidiana, definidos por cinco axiomas, são substituídos por quatro axiomas e pelas geometrias projetivas. Assim, em vez de consideramos o axioma das paralelas, devemos efetivamente abandoná-lo para mostrar a existência de outras geometrias: parabólica, hiperbólica e elíptica ou as geometrias projetivas.

As obras visuais de Escher apresentam esses espaços e mostram que, quando realizamos a representação de um objeto em terceira dimensão, por meio de uma representação no plano, temos uma imagem em duas dimensões. Estamos, simbolicamente, criando um modo de representar a terceira dimensão a partir de uma imagem em duas dimensões, que, por isso, torna-se paradoxal. Em sua litogravura denominada *Queda d'água* – roda d'água que traduz um moto-contínuo –, vemos um movimento perpétuo no qual a água que cai sobre ela parece andar por uma trilha que vai para o topo da cachoeira e que fica em constante movimento de queda. A imagem é uma reprodução realizada em 1961, que representa uma máquina hipotética que reutiliza, indefinidamente, a energia gerada por seu próprio movimento. Nesse caso, é uma queda d'água que cai indefinidamente, desafiando a lei da gravidade. Se fosse possível realizá-la, ela iria gerar energia, continuamente, por meio de uma roda d'água, o que é um paradoxo.

O homem vê que a máquina passa a ser um importante meio de produção e de comunicação e, conforme Benjamin, consolida-se a industrialização mecânica e a “reprodutibilidade técnica” (BENJAMIN, 1987, p. 170). No período industrial mecânico, introduzimos a produção em série e, assim, deixamos de observar o mundo através de uma geometria intuitiva e passamos a estudá-la através dos paradoxos. Escher exemplificou esses modelos quando realizou imagens que representavam esses paradoxos e os objetos tridimensionais no plano.

Hoje, a redução das distâncias no planeta em função das tecnologias emergentes, a intensa troca cultural a que somos submetidos e a grande quantidade de informação que

produzimos geram novos signos e uma infinidade de possibilidades de representação. Essa densidade de mediação pode ser entendida como um processo expressivo intensamente dependente de dispositivos tecnológicos complexos, como computadores, sensores eletrônicos e redes telemáticas. Esses aparatos tecnológicos recebem um nome genérico que acaba dando conta de uma ampla variedade de formas de mediação, as interfaces, termo bastante utilizado, cuja definição teórica ainda está em processo de formulação. Assim, no período industrial eletroeletrônico e digital, criamos uma infinidade de possibilidades conectivas, de formas de relacionamento e de narrativas que se *contaminam* através das interfaces digitais.

Ao pensar sobre as relações sociais em rede, Bruno Latour (2012) considera os coletivos que resultam de múltiplas associações, apresentando uma “sociologia das associações” no lugar de uma “sociologia do social”. Latour (2012), em sua Teoria Ator-Rede, também estabelece uma abordagem substancialista, que visa à pureza e à essência de qualquer grupo social, ao colocar que tanto o indivíduo quanto a sociedade são produzidos nas relações entre os mediadores humanos e não humanos, estabelecendo vínculos entre global e local a partir da especificidade de cada associação. “Temos apenas de estabelecer conexões contínuas entre uma interação local e outros lugares, tempos ou agências por meio dos quais um local é levado a fazer coisas.” (LATOURE, 2012, p. 251). Ele busca o *modus operandi* dos mediadores em determinado lugar, a fim de abrir as controvérsias que ali habitam, mesmo estando fechadas, temporariamente, em caixas-pretas.

Nesse sentido, desloca-se a ideia de sociedade para a de coletivo como um processo contínuo de associações que estabelecem conexões emergentes e micronarrativas, que agregam elementos heterogêneos – sociais, econômicos, políticos, artísticos e tecnológicos – ao compor o coletivo.

## **A LÓGICA E AS REDES NOS MODELOS MATEMÁTICOS ATUAIS**

A partir de agora vamos tratar dos padrões lógicos de representação do espaço, já que é um dos focos deste texto. Obviamente, nele não será possível abordar com profundidade temas tão complexos como os modelos lógicos de representação que conhecemos, do período da Renascença, da modernidade e dos dias de hoje. Portanto, esta análise será

apresentada de forma esquemática, dirigindo-se, especificamente, aos sistemas perceptivos matemáticos, lógicos e visuais contemporâneos.

Apoiamos nossas observações na matemática, porque, conforme diz Charles Sanders Peirce, a principal atividade desta ciência é descobrir as relações entre os vários sistemas e padrões encontrados na natureza e na cultura, sem identificar a que eles se referem, a não ser em relação aos aspectos criados pela própria linguagem (PEIRCE, 1976). De fato, os estudiosos sempre estiveram preocupados com as representações matemáticas, porque entendem ser esta a “ciência dos padrões” (DEVLIN, 2000).

Dando continuidade a essas preocupações, resumiremos nossa análise aos signos visuais e abstratos gerados na cultura ocidental. Os elementos da visualidade, bem como as expressões abstratas, são relativos ao tratamento matemático e, assim, de algum modo, as imagens representam ou traduzem as linguagens abstratas, enquanto as expressões são representações dessas formas (PEIRCE, 1976, p. 213).

Começamos o raciocínio identificando, novamente, as três grandes áreas de estudo das representações topológicas matemáticas: a geometria métrica, que é aquela que herdamos de Euclides, a geometria projetiva, que trata das projeções e das transformações invariantes no espaço, e a topologia, que observa as representações espaciais matemáticas em sua forma mais geral.

Nas “imagens matemáticas” (HILDEBRAND, 2001) produzidas pela cultura ocidental, que são estruturadas por algoritmos extraídos da geometria de Euclides, depois das cônicas de Poncelet, das transformações afins de Möbius e Klein, passando pelos modelos de Lobachevsky, Bolyai e Riemann, com suas Geometrias Não Euclidianas, chegando, finalmente hoje, nas estruturas topológicas: combinatórias, algébricas e diferenciais e na Teoria das Redes e dos Grafos que abrangem grande parte do conhecimento matemático, vamos identificar as *extremidades*.

Na geometria métrica, as transformações pautam-se pela invariância das medidas dos ângulos, das distâncias, das áreas, da continuidade e da não deformabilidade das figuras. Trata-se de uma representação do espaço que define relações internas de medida e ordem entre os elementos. Sabemos que essa geometria, inicialmente, é pensada como um ramo da matemática que estuda as formas e as dimensões espaciais. Ela observa as propriedades dos pontos, linhas, superfícies e objetos sólidos e suas relações, quando eles sofrem transformações espaciais, assim como reflexão, rotação e translação. Considerada como a

ciência do espaço, a geometria, por muito tempo, foi definida com base em cinco axiomas. Ela foi totalmente formulada e deduzida a partir desses axiomas nos textos *Os elementos*, de Euclides, por volta de 300 a.C. Talvez nenhum livro, além da bíblia, tenha tido tantas edições como ele, e, certamente, seu conteúdo é o pensamento matemático que maior influência teve sobre a história da humanidade.

A partir da descoberta das Geometrias Não Euclidianas, que são aquelas que não necessitam do quinto axioma para ser elaboradas, nossas concepções físicas e abstratas do mundo começam a se alterar. Os matemáticos acreditavam que o axioma das paralelas poderia ser deduzido logicamente a partir dos outros quatro. Com as descobertas realizadas por Lobachevsky, Bolyai e Riemann, nossa compreensão sobre a espacialidade estabelece outras estruturas de análise. A descoberta da Geometria Não Euclidiana ocorreu a partir da tentativa de se demonstrar o quinto axioma. A primeira pessoa que realmente entendeu o problema do axioma das paralelas foi Gauss, que, em 1817, estava convencido de que o quinto axioma era independente dos outros quatro. Assim, começou a trabalhar nas possíveis consequências desse fato e chegou à geometria projetiva. Gauss nunca publicou esse fato, entretanto comentou o que havia descoberto com seu amigo Farkas Bolyai, que também já havia trabalhado no axioma das paralelas. Foi Janos Bolyai que, em 1823, escreveu a seu pai dizendo que havia se surpreendido com suas descobertas e que havia criado um mundo novo e estranho a partir do nada (O'CONNOR; ROBERTSON, 1996).

Em 1829, outro matemático, Lobachevsky, sem conhecer os trabalhos de Bolyai, publicou um texto sobre esse espaço de representação matemático, baseando “sua geometria na hipótese do ângulo agudo e na suposição de que a ‘reta’ tem comprimento infinito” (COSTA, 1993, p. 16). Bolyai e Lobachevsky admitiam a negação do quinto axioma de Euclides e a validade dos axiomas da incidência, da ordem, da congruência e da continuidade. Eles chegaram à conclusão que o número de paralelas que passavam por dois pontos, nesses espaços geométricos, era maior que um. Essas formulações matemáticas somente se completaram em 1854 com Riemann, em sua tese de doutorado, e só foram publicadas em 1868, dois anos após sua morte, mas vieram a ter grande influência no desenvolvimento das formas geométricas.

Constatamos, hoje, que existem várias geometrias diferentes: a hiperbólica de Bolyai-Lobachevsky, a elíptica de Riemann e a parabólica, que é similar à euclidiana. Os conceitos não euclidianos foram formulados e desenvolvidos axiomáticamente. A visualização efetiva

das imagens desses modelos somente se processou mais tarde, depois que a teoria já havia sido concebida de forma abstrata. Com o uso das novas tecnologias digitais, podemos construir as representações não euclidianas de modo muito mais fácil.

As descobertas desses espaços matemáticos e geométricos de representação começaram a invadir o conhecimento matemático da época industrial mecânica, dando vida ao que chamamos topologia. Em 1735, Euler publicou um texto sobre a solução do problema das pontes de Königsberg, que introduz discussões sobre os conceitos topológicos. Esse problema tratava das pontes dessa cidade situada na Prússia Oriental, onde tínhamos um rio (as pontes foram destruídas durante a 2ª Guerra Mundial) que cortava a cidade, com duas ilhas que eram ligadas por sete pontes. Uma das ilhas estava ligada às margens por duas pontes, uma de cada lado, já a outra ilha possuía duas pontes de cada lado e, ainda, tínhamos uma ponte ligando as duas ilhas. Na solução gráfica do problema, é possível observar quais são as formas de se realizar esses percursos passando pelas pontes, de tal forma que cada ponte seja transposta apenas uma única vez. Euler, analisando esse assunto, demonstrou a impossibilidade de resolver o problema e introduziu o estudo sobre os espaços topológicos.

É interessante perceber que esse assunto é bastante simples e deve ter sido do conhecimento de Arquimedes e Descartes, pois ambos escreveram sobre esses temas. Entretanto, Listing foi o primeiro a usar a palavra topologia em seu texto. Ele publicou um trabalho que tratou de temas como as faixas de Möbius quatro anos antes deste formular suas teorias, e também estudou componentes de superfícies e suas conectividades. De fato, o primeiro resultado realmente conhecido sobre topologia foi realizado por Möbius, em 1865, em seus estudos sobre as faixas de um lado só, que Escher representou, magistralmente, em sua xilogravura *Fita de Möbius*, realizada em 1963.

Weierstrass, em 1877, deu uma prova rigorosa do que seria conhecido por Teorema de Bolzano-Weierstrass, que declara: dado um subconjunto infinito de números reais, podemos dizer que ele possui pelo menos um ponto de acumulação. Ele introduziu, assim, o conceito de vizinhança de um ponto, fundamental para o desenvolvimento da matemática. Por outro lado, Hilbert, usando esse conceito de vizinhança, em 1902, elaborou trabalhos sobre transformações em grupos diferenciais e análises sobre o conceito de continuidade em espaços topológicos.

Hoje, a topologia é definida como “a estrutura global da totalidade dos objetos que estão sendo considerados” (COSTA, 1993, p. 113), e, assim, ampliamos significativamente os

estudos sobre os problemas topológicos, em particular os estabelecidos para as redes. Pierre Rosenstiehl (1988) e André Parente (2004) afirmam que o fenômeno das redes é uma das principais marcas da contemporaneidade. Segundo Rosenstiehl, assim

[...] como todos os fenômenos morfológicos profundos de caráter universal, o fenômeno da rede pertence não só à ciência, mas também à vida social. Cada um de nós se situa em redes, correspondendo cada rede a um tipo de comunicação, de frequência, de associação simbólica. (ROSENSTIEHL, 1988, p. 228-246)

Já Parente, em seu livro *Trama das redes*, afirma que:

As redes tornaram-se ao mesmo tempo uma espécie de paradigma e de personagem principal das mudanças em curso justo no momento em que as tecnologias de comunicação e de informação passaram a exercer um papel estruturante na nova ordem mundial. A sociedade, o capital, o mercado, o trabalho, a arte, as guerras são, hoje, definidas em termos de rede. Nada parece escapar às redes, nem mesmo o espaço, o tempo e a subjetividade. (PARENTE, 2004, p. 92)

A definição matemática de rede é muito genérica. Ela está associada aos objetos matemáticos pela sua natureza topológica. Uma rede é conjunto de nós, que podem ser lugares, memórias, elementos de bancos de dados, pontos de conexão, pessoas na fila de espera, casas de um tabuleiro de xadrez, enfim, tudo aquilo que se caracteriza como um fixo. De fato, os fixos são elementos aos quais atribuímos ou em quem reconhecemos características que neles se sedimentam. Porém, o que transforma esse sistema em uma rede são as ligações efetuadas entre esses nós ou fixos, que se *contaminam* entre si através das conexões, relacionamentos e fluxos, por meio das informações que circulam entre esses elementos.

As redes são modelos matemáticos estudados pela topologia, que, por sua vez, busca referência na Teoria dos Grafos. Estes geram modelos a partir de um conjunto abstrato de pontos sem propriedades e de um conjunto de linhas que possuem apenas a propriedade de unir dois pontos. Isso demonstra o grau de liberdade axiomática que os modelos estruturados pelas redes e grafos possuem.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dessas conceituações teóricas, em que outras formulações e narrativas se evidenciam, a Teoria das Redes e dos Grafos apresenta soluções sistêmicas muito interessantes, que operam com as extremidades dos conceitos na matemática, *contaminando* outras áreas do saber. A importância dessas formulações lógicas cresceu significativamente com o surgimento da informática, e os dispositivos computacionais, com base no sistema binário, permitiram solucionar vários problemas matemáticos e criar produções artísticas e midiáticas.

Para finalizar este texto, voltamos nossa atenção para os modelos das redes e dos grafos, que, no século XX, como a ciência dos padrões (DEVLIN, 2000), estavam preocupados com as teorias da probabilidade e do cálculo diferencial e integral, refletindo as certezas e incertezas dos padrões gerados pelos elementos da natureza e da cultura. A partir desse instante, os fenômenos que nos cercam são percebidos como sistemas em processo e, portanto, em constante movimentação e mutação, onde as contradições geram *desconstruções, contaminações e compartilhamentos* nos diferentes modelos lógicos. Corroborando Christine Mello, “trata-se de mobilizar, portanto, os vetores das extremidades – *desconstrução, contaminação e compartilhamento* – experimentos críticos relacionados ao lugar expandido dos conflitos, limites, fronteiras e atravessamentos da contemporaneidade [...]” (MELLO, 2017, p. 34).

De fato, na teoria das incertezas, a probabilidade observa os eventos pelas repetidas vezes que eles acontecem, traduzindo em quantidades numéricas as possibilidades de ocorrência de um fato ou de um fenômeno. Esse conceito, se levado às últimas consequências, apresenta um pensamento fundamentado por teorias axiomáticas e por conceitos sistêmicos, que nos permitem construir modelos abstratos vinculados aos códigos numéricos.

Afirmamos, aqui, a pertinência de se abordar tais modelos como meio de acesso à nossa cultura. As tecnologias digitais, como equipamentos coletivos de subjetivação, trazem desafios que somente podem ser considerados a partir de abordagens transdisciplinares das relações entre homem e máquina, homem e ambiente e máquina e ambiente. Uma fabricação transdisciplinar via agenciamentos maquínicos de saberes e fazeres coletivos como produto e produtor de múltiplas subjetividades. São construções de subjetivações que fogem aos modelos identitários presos às verdades absolutas e determinações *a priori* e que transformam o sujeito em um observador imerso nos sistemas, dando fim à polaridade entre

sujeito e objeto. Há uma realidade virtual e uma inteligência artificial acontecendo e definindo outros modos de subjetivação que pertencem à cultura digital.

Diante dessas considerações, onde novas formulações e narrativas se evidenciam, a Teorias das Redes e dos Grafos apresenta processos e soluções que operam nas “extremidades sistêmicas” da matemática, das artes e, efetivamente, de tudo. Nessas breves considerações, nas extremidades do conhecimento matemático realizamos formulações lógicas que crescem a cada dia por meio dos dispositivos computacionais, permitindo a criação de produções matemáticas, artísticas e midiáticas, onde as redes *desconstroem, contaminam* e permitem *compartilhamentos*.

Passamos a atuar em todas as partes, direções e sentidos a partir de dados locais e globais. Nessa dinâmica dos processos de mediação cada vez mais densos e complexos, as interfaces digitais permitem a criação de narrativas onde as conexões definem estruturas que as enriquecem e as empobrecem. Buscamos experiências múltiplas que se interconectam, soluções de problemas que descrevem dinamicamente um grande número de unidades cooperantes, embora individualmente livres, e ainda tratam da simulação dos sistemas complexos e de uma infinidade de temas em que o paradigma das redes tem lugar primordial.

## REFERÊNCIAS

ARGAN, Giulio Carlo. **Arte moderna**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

ASCOTT, Roy. **Telematic Embrace: Visionary Theories of Art, Technology and Consciousness**. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press, 2003.

BENJAMIN, Walter. **Magia e técnica, arte e política** – Obras escolhidas. Vol. 1. Tradução de Sergio Paulo Rouanet. São Paulo, Brasiliense, 1987.

CAUQUELIN, Anne. **A invenção da paisagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

COSTA, Newton Carneiro Affonso da. **Ensaio sobre os fundamentos da lógica**. São Paulo: Hucitec, 1980.

\_\_\_\_\_. **Sistemas formais inconsistentes**. Curitiba: UFPR, 1993.

DIDI-HUBERMAN, Georges. **O que vemos, o que nos olha**. Tradução de Paulo Neves. São Paulo: 34. 2010.

DEVLIN, Keith. **The Language of Mathematics: Making the Invisible Visible**. New York: W. H. Freeman & Company, 2000.

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da caixa preta**. São Paulo: Hucitec, 1985.

GIANNETTI, Claudia. O sujeito-projeto: metaformance e endoestética. In: **FILE Rio: catálogo**. São Paulo: FILE, 2006.

GOMBRICH, Ernst Hans. **Norma e forma: estudos sobre a arte da renascença**. São Paulo: Martins Fontes, 1990.

GRAU, Oliver. **Arte virtual: da ilusão à imersão**. São Paulo: Unesp/Senac, 2007.

HILDEBRAND, Hermes Renato. **As imagens matemáticas**: a semiótica dos espaços topológicos matemáticos e suas representações no contexto tecnológico. Tese (Doutorado) – Programa de Comunicação e Semiótica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2001.

LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos**: ensaio de antropologia simétrica. São Paulo: 34, 1994.

\_\_\_\_\_. **Reagregando o social**: uma introdução à teoria do ator-rede. Salvador, Bauru: EDUFBA/EDUSC, 2012.

MANOVICH, Lev. The Paradoxes of Digital Photography. In: **Photography after Photography**: Exhibition Catalog. Germany, 1995.

MARCUS, Solomon. Identity. **Anais da 1ª Jornada do Centro de Estudos Peirceanos da PUC-SP**. São Paulo: PUC-SP/CEPE, 1997.

MELLO, Christine. (Org.). **Extremidades**: experimentos críticos – redes audiovisuais, cinema, performance, arte contemporânea. São Paulo: Estação das Letras e Cores, 2017.

OHLENSCHLÄGER, Karin. Nodos y Redes. In: **Banquete, nodos y redes**. SEACEX/Turner, 2009, p. 19-30.

OLIVEIRA, Andréia Machado. **Corpos associados**: interatividade e tecnicidade nas paisagens da arte. Tese (Doutorado) – Interfaces Digitais em Educação, Arte, Linguagem e Cognição. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, dez. 2010.

O'CONNOR, John Joseph; ROBERTSON, Edmund Frederick. **Non-Euclidean Geometry**. 1996. Disponível em: <[http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/histtopics/non-euclidean\\_geometry.html](http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/histtopics/non-euclidean_geometry.html)>. Acesso em: 05 jun. 2019.

PANOFSKY, Erwin. **O significado nas artes visuais**. São Paulo: Perspectiva, 1979.

PARENTE, André. (Org.). Enredado o pensamento: redes de transformação e subjetividades. In: \_\_\_\_\_. **Tramas das redes**: novas dimensões filosóficas, estéticas e políticas da comunicação. Porto Alegre: Sulina, 2004.

PEIRCE, Charles Sanders. **The New Elements of Mathematics**. Editado por Carolyn Eisele. 4 vols. The Hague: Mouton, 1976.

ROSENSTIEHL, Pierre. Labirinto. In: **Enciclopédia Einaudi**: lógica-combinatória. Vol. 13. Lisboa: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1988.

SANTAELLA, Lucia. **Culturas e artes do pós-humano**: da cultura da mídia à cibercultura. São Paulo: Paulus, 2003.

\_\_\_\_\_. Sujeito, subjetividade e identidade no ciberespaço. In: LEÃO, Lúcia. (Org.). **Derivas**: cartografia do ciberespaço. São Paulo: Annablume/Senac. 2004.

SANTOS, Milton. **Técnica, espaço, tempo**: globalização e meio técnico-científico informacional. São Paulo: Editora Hucitec, 1994.