

Do ponto de fuga às conexões em redes: similaridades entre artes e matemática

Hermes Renato Hildebrand

PUC/SP – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Andréia Machado Oliveira

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria

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 estes modelos matemáticos definem também relações sociais, ambientais, econômicas, políticas e psicológicas e nos obrigam a rediscutir valores estéticos, princípios éticos e padrões lógicos. Deixamos de privilegiar os modelos centrados com base 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, podemos afirmar que convivemos intensamente com o paradigma das redes. A perspectiva renascentista e a noção de sujeito único, determinado e estável estabelecida pelo modelo cartesiano, na contemporaneidade dá lugar às organizações espaciais mais livres e dinâmicas que definem pontos de observação e se organizam através do espaço de representação topológico das Redes e dos Grafos.

Palavra Chave: arte; matemática; mídias digitais; teoria das redes e dos grafos;

Abstract: *The Theory of Networks and Graphs organize the spaces of representation of several areas of human knowledge, in particular of mathematical, artistic and mediatic productions. The signs defined by these mathematical models also define social, environmental, economic, political, and psychological relationships and oblige us to rediscover aesthetic values, ethical principles and logical patterns. We have neglected to focus on models centered on Euclidean and non-Euclidean geometries, and we now focus on the models that favor processes, connections, continuity and peripheral visions, edges and neighborhoods. In fact, today, we can say that we live intensely with the network paradigm. The Renaissance perspective and the notion of a single, determined and stable subject established by the Cartesian model in contemporary times give way to the freer and more dynamic space organizations that define points of observation and organize through the space of topological representation of Networks and Graphs.*

Keywords: *art, mathematic, digital media, theory of networks and graph.*

As redes no contexto contemporâneo

Hoje, um dos paradigmas mais evidente que percebemos é o das redes. Muitas áreas do conhecimento humano são organizadas através de modelos abstratos topológicos que se relacionam por “nós” e “conexões”. Eles estruturam-se através de elementos que são percebidos por suas características dialógicas, com acentuado níveis de liberdade e operam nos limites, nas bordas e vizinhanças determinando estruturas e sistemas semióticos que consideram a intuição.

São multifacetados e estão baseados em espaços topológicos matemáticos que se estruturam com apenas dois elementos (axiomas), ou seja, matematicamente as redes ou os grafos podem ser definidos por “vértices” e “arestas”. Neste texto iremos tratar destes espaços de representação e de seus modelos que são encontrados em várias áreas do conhecimento humano, no entanto, aqui iremos aborda-los pelos seus aspectos artísticos e midiáticos. Estes signos na Matemática são organizados pelas Teorias das Redes e dos Grafos que são ramos da matemática que estudam as relações entre os objetos de um determinado conjunto. A rede pode ser definida como subconjunto dos grafos que, por sua vez, é definido formalmente como um conjunto (V) , não vazio, de objetos denominados vértices (ou nós) que possuem uma relação (A) que é denominada de aresta (ou 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 podem ser definidos como modelos do tipo a-centrado.

É claro que estes modelos não organizam apenas os elementos matemáticos, como já afirmamos, eles também estruturam as redes sociais, de comunicação e de informação, de relacionamentos, 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 produções artísticas e midiáticas, isto é, uma infinidade de estruturas em rede que vão das ciências ditas exatas, até as ciências das humanidades.

As redes existem a muito tempo, porém, no contexto contemporâneo, elas se destacam pelas suas características mais desprovidas de regras e leis. Por outro lado, podemos identificar a existência de muitos outros espaços abstratos de representação que se estruturam através da matemática com um maior número de axiomas. As geometrias euclidianas, são organizadas por cinco axiomas (ponto, reta, plano, ângulo e ângulo reto ou o axioma das paralelas). Já as geometrias não-euclidianas: elípticas, hiperbólicas e parabólicas, se organizam por quatro axiomas (ponto, reta, plano e ângulo). Por fim, temos as estruturas topológicas que são aquelas que mais nos interessam: as redes, grafos, cordas, labirintos, mapas, enfim, modelos matemáticos que organizam os espaços contemporâneos. Nesta dinâmica dos processos mediados pelos modelos topológicos, cada vez mais denso e complexo, também vamos tratar das interfaces e sistemas digitais que abrem espaço para grande variedade de possibilidades de conexões e que, hoje, estruturam muitas áreas de conhecimento ao nosso redor.

Com o aparecimento da informática surge a possibilidade de resolução de problemas matemáticos que antes não conseguiam ser demonstrados em função da quantidade de cálculos que eram exigidos para serem solucionados, porém, com os computadores, estas soluções tornaram-se possíveis pela velocidade de processamento destas máquinas eletrônicas. São antigos problemas como o Teorema de *Fermat*, o Teorema dos Seis Graus de Separação e o Teorema das Quatro Cores.

Este último, que é mais fácil de ser compreendido, é definido a partir da seguinte formulação: “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 devem possuir a mesma cor”. A demonstração deste teorema, através de passos lógicos, é muito complexa e necessita de muitos cálculos computacionais para ser realizada. Esta mesma solução, através de elementos visuais pode ser facilmente percebida. Basta produzir vários mapas com delimitações diferentes que verificamos que as quatro cores são suficientes para colorir qualquer mapa plano.

Ele foi formulado em 1852, por Francis Guthrie, porém, 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 que precisou de muito processamento computacional para ser solucionado.

Outro problema topológico interessante que atinge as redes sociais é o das Configurações das Amizades, dos Matrimônios ou das Afinidades Eletivas. Ele é um problema topológico que pode ser solucionado por meio de Lógica Combinatória e permitem observar as redes e seus relacionamentos a partir das relações de comportamento baseado 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, operam com os modelos topológicos que organizam as redes sociais.

Por outro lado, também podemos encontrar os conceitos de redes disponíveis 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 a produções interativas, participativas, compartilhadas que possibilitam realizar ações onde os artistas estão imersos em suas próprias obras como, por exemplo, a *action painting*, *body-art*, *happenings* e as instalações artísticas e midiáticas. Tratam-se de manifestações que utilizam os corpos dos indivíduos em interação com as máquinas, ora como suporte, ora como entrada de informação para atuar de forma dialógica com os sistemas computacionais propondo narrativas entre o mundo real e ficcional.

Nesta interação com as tecnologias emergentes, o corpo expande suas funções biológicas, físicas e mentais, adquire outras maneiras de sentir, agir e pensar. Segundo Claudia Giannetti, vivemos numa 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 performance] Stelarc – são experiências pós-evolutivas” (2006, p. 13).

O realismo produzido por uma imagem de computador não se diferencia em quase nada de uma imagem fotográfica ou de uma representação renascentista, quando busca representar a profundidade e o ilusionismo das produções artísticas e midiáticas. Segundo Manovich, 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 representação da aparência visual, 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 serem produzidas.

As Tecnologias Emergentes redefinem os próprios conceitos de representação, ilusão e simulação. Manovich (1995) afirma que nosso objetivo na produção de uma imagem computacional 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 (1995, p. 17-18)¹. No ilusionismo do computador, o sujeito não é mero espectador passivo, mas um agente, portanto, um espectador

¹ *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.*

ativo que interfere nas alterações das 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, a profundidade, à superfície, à janela aberta a um universo imaginário subordinado a um painel de controle (OLIVEIRA, 2010).

As imagens digitais possibilitam a construção de uma realidade construída e calculada, portanto outra, 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 a 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 Oliver Grau,

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 (2007, p. 222).

O espectador atinge um estado de imersão nas transformações das paisagens digitais, experimentando sensações de leveza, ausência de gravidade e movimentos multidirecionais. Em “Osmose” utiliza-se um capacete de realidade virtual, recursos da computação gráfica 3D e sons interativos que são explorados sinestesticamente. De fato, os ambientes virtuais oportunizam vivências sinestésicas. No entanto, precisamos questionar até que ponto estas experimentações inserem nossos corpos na obra artística e se o fazem, que estrutura determinam, ou ainda, se tais vivências nos hipnotizam pelo fascínio do ilusionismo e anestesiaram nossos corpos (OLIVEIRA, 2010).

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 a dar ênfase às conexões, arestas e à fluidez das bordas, aos espaços vazios e ao sujeito mediado pelo “Outro” na linguagem e na cultura. Todos estes conceitos deixam de enfatizar a ideia de ponto fixo, de tempos e lugares determinados, de sujeitos e objetos como identidades bem definidas. Santaella afirma que a noção de sujeito e de subjetividade como algo íntegro e único foram forjadas na época de Descartes. No entanto,

[...] está ideia de sujeito começou a perder seu poder de influência para ser sumariamente questionada há duas ou três décadas, quando, as 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 (2004, p. 46).

Buscamos sim, a multiplicidade das formas que se interconectam. Os problemas 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 a-centrados destacam-se.

A geometria métrica e o ponto de fuga

De fato, a perspectiva renascentista estruturada pelo ponto de fuga com base no modelo cartesiano, a secção Áurea que nos conduz à Série de Fibonacci e ao Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci, dão lugar à diversidade de pontos de observação. As formas de representação que sempre estiveram apoiadas no ponto fixo, em unidades discretas de tempo e espaço, na identidade de um objeto e de um sujeito, hoje, dão lugar à virtualidade das redes, à multiplicidade de conexões que podem ser estabelecidas nos dispositivos sensórios que dispomos. Assim, às diferentes formas de compreender do espaço-tempo na Matemática, na Física e nas produções artísticas e midiáticas, a partir de agora, podem ser pensados pelos vários sistemas lógicos criados, como por exemplo, os “Grafos Existenciais” elaborado por Peirce, a “Lógica Paraconsistente” de Newton Costa (1993) ou, ainda a “Lógica Fuzzy” utilizada por Solomon Marcus para analisar questões relativas à identidade humana (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. 46–54). Aqui, observamos o Ciclo Materialista Industrial Ocidental porque dele emanam nossos valores. Ele está fundamentado na matéria e na forma de produzir de nossa cultura e pode ser classificado em três ciclo: no período pré-industrial, industrial mecânico e industrial eletro-eletrônico 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 num padrão de percepção espacial

euclidiano. As produções deste período devem ser consideradas por suas características artesanais e pelas marcas individuais de cada criador deixado no objeto criado.

Nesse momento, os modelos matemáticos nos ajudam a estabelecer os padrões de representação da natureza e das produções humanas organizados apenas através dos nossos aparelhos perceptivos naturais. 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 Albert Dürer, 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-se no Renascimento – momento que solidifica o pensamento ocidental greco-romano - percebemos uma procura pelo domínio e mensurabilidade do espaço através da razão humana. Esta 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; nas leis da proporção que colocam o homem como centro e medida de todas as coisas; nos estudos científicos da anatomia humana e da natureza em geral; na composição espacial que localiza o homem criador e observador como centro composicional da obra; bem como na ciência com as leis de Newton, e de outros físicos, formulando leis que dessem 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 papel de observador de algo já existente, de contemplador da obra, interagindo primordialmente via o sentido do olhar e preso à *mimese* de um real absoluto; como, por exemplo, a “Escola de Atenas” (1511) de Rafael Sanzio. A paisagem renascentista surge como um gênero artístico reconhecido que, de acordo com Gombrich:

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 (1990, p. 142).

Tal valorização da paisagem ocorre devido ao anseio de domínio da própria paisagem, uma crença no domínio da natureza, de apropriação de uma realidade absoluta via 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 (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, esta paisagem é uma representação estabelecida por axiomas e leis do espaço euclidiano.

A geometria projetiva e os modelos paradoxais

Sabemos que já no final do século XIX, os alicerces sustentados em verdades absolutas, em uma lógica primada pela racionalidade, em sistemas de percepção centralizadores e cartesianos e em uma estética focada no belo começam a serem abalados com a chamada “*crise da representação*”. Por um lado, em um desdobramento histórico, a representação vai perdendo suas formas e contornos nítidos como, por exemplo, nas obras de William Turner (1775–1851); e por outro lado, principalmente com o surgimento da máquina fotográfica, rompem-se as barreiras da representação figura-fundo e iniciam-se as modificações na materialidade das obras, dando-se ênfase aos efeitos da luz e abandonando-se o rigor mimético das produções artísticas, através dos movimentos impressionistas, pontilhistas e de todos aqueles que derivam destes modelos. Cézanne, que é 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 na sua obra “La Meule” (1900) em que ele busca não a representação da realidade, mas a estrutura desta mesma realidade.

As tendências artísticas da modernidade mostram as possibilidades do perspectivismo nietzscheano – cada perspectiva se definindo a partir do lugar de onde se olha -, da coexistência de múltiplos espaços, da diversidade de caminhos de entrada na obra, da existência de paradoxos, da inclusão do acaso, do inacabado, da feiúra, enfim, de outras noções espaciais, temporais e significantes. Acontece uma quebra da realidade externa como

absoluta e única; abre-se a percepção para outras realidades existentes; abalam-se as dicotomias de figura e fundo, a preponderância do sentido visual sobre os demais, incluindo-se o tátil. Algumas destas questões aparecem também nas ciências, como a teoria da relatividade, a física quântica e as leis matemáticas na lógica, na teoria dos conjuntos e no cálculo.

No início do século XX, o artista plástico M. Escher apresenta por meio de suas gravuras que as verdades são relativas aos modelos e contextos estabelecidos. Ele, a partir da geração de ilusões sobre a realidade, estrutura conceitos que, efetivamente, irão cristalizar-se na contemporaneidade, como por exemplo, a multiplicidade e o relacionamento entre os diferentes pontos de visões, paradoxos, sendo, de certa forma, um precursor das representações em rede quando introduz novos espaços imagéticos de representação. A obra de Escher, no campo da matemática, sustenta-se na Geometria Projetiva ou na Geometria Não-Euclidiana, uma vez que representa as deformações das imagens projetadas fora do plano, que são “*invenções*” imagéticas realizadas nos espaços topológicos matemáticos com base os modelos geométricos parabólico, elíptico e hiperbólico.

Walter Benjamin, no livro “Magia e técnica, arte e política” (1994), fala sobre as artes na era da reprodutibilidade técnica. Ele também questiona alguns conceitos tradicionais vigentes do século XIX, como criatividade e genialidade, validade eterna e estilo, forma e conteúdo. 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 em que a aura é vista como um discurso legitimado e instituído, e a outra como 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 ao original, àquele objeto igual e idêntico a si mesmo, a uma autoridade que o legitime como verdadeiro, à tradição imposta a ele, à sua aura enquanto discurso consagrado. A unidade e durabilidade dão lugar à transitoriedade e repetição. Com a evolução tecnológica as representações dos espaços fundem-se com a do tempo e se camuflam, gerando movimentos contínuos que são estudados pelos matemáticos através das séries infinitas, das funções, do cálculo diferencial e integral. Também podemos perceber estas transformações no processo de geração de imagens realizadas nas fotografias, nas telas do cinema e nas representações de movimento nas artes plásticas.

Marcel Duchamp (1887-1968) representa o movimento através do “Nu Descendo a Escada”. A respeito deste 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 geometria.

Duchamp instituiu a dúvida na arte, contestou categoricamente todos os valores e ocasionou rupturas com a “arte retiniana”, como ele denominava as representações imagéticas miméticas. No entanto, sua concepção de arte baseava-se na lógica do ato, do contexto, do sujeito, do acaso: “o que é expresso sem intenção e o que fica na intenção e não é expresso”. Ausência de certezas, 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 o *ready made* que são objetos construídos a partir de objetos do cotidiano, porém vistos em outros contextos -, elimina a qualidade manual e individual da arte.

Na obra “*Viúva Impudente*” (1912) que é uma janela em miniatura pintada de azul e oito retângulos de couro polido no lugar dos vidros, instaura-se um jogo de ver ou não ver. Também na obra “*Fonte*” (1917), constituída de um mictório assinado por um autor de nome desconhecido, talvez nos questionando se tudo que está assinado numa instituição tem valor artístico ou adquire a partir de um juízo formulado por um discurso legitimado por uma instituição reconhecida. Em “*L.H.O.O.Q.*” (1919), Duchamp intervém sobre os valores indiscutidos, canônicos, 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).

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 serem organizacionais pelas Geometrias Não-Euclidianas e pela Teoria dos Conjuntos Não-Cantorianos. As representações estruturam-se a partir de novas perspectivas de observação, assim como nas Artes, agora, mediadas pelas máquinas. No período industrial mecânico a racionalidade é levada ao extremo e produz um pensamento calcado no inconsciente humano que, num primeiro instante, parece ser paradoxal, porém, em outro momento, passamos a admitir que os sonhos dizem muito ao nosso respeito, mais do que poderíamos perceber conscientemente.

O artista gráfico Maurits C. Escher (1898-1972) 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 e que o ponto de fuga que fundamentou os espaços de representação renascentistas, com base a geometria euclidiana, definidos por 5 axiomas pode ser substituído por quatro axiomas apenas 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.

As obras visuais de Escher apresentam estes espaços e mostram que, quando realizamos uma representação de um objeto em terceira dimensão por meio de uma representação no plano, portanto em duas dimensões, de fato, estamos, simbolicamente, criando um modo de representar a terceira dimensão de um modo específico e, assim, produzimos imagens paradoxais como o trabalho “Queda d'água” que é uma Roda d'água que traduz um movimento perpétuo onde a água que cai sobre ela parece andar por uma trilha que vai para o topo da cachoeira e fica sempre caindo. A imagem que é uma litogravura realiza em 1961, apresenta uma cachoeira que sempre cai, desafiado a lei da gravidade.

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" (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 bem exemplificou estes modelos quando realizou imagens que apresentavam paradoxos baseados na perspectiva do ponto de fuga quando representavam objetos tridimensionais.

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. Esta densidade de mediação pode ser entendida como um processo expressivo intensamente dependente dos dispositivos tecnológicos complexos como computadores, sensores eletro-eletrônicos e redes telemáticas. Esses processos recebem um nome genérico que acaba dando conta de uma ampla possibilidade de tipos de mediação. Tratam-se das interfaces, termo bastante em uso, cuja definição teórica ainda está em processo de formulação. E assim, no período industrial eletro-eletrônico e digital, criamos uma grande variedade de possibilidades conectivas, formas de relacionamento e a criação de narrativas utilizando as interfaces digitais.

Ao pensar sobre as relações sociais em rede, Bruno Latour (2012) considera que um coletivo resulta de múltiplas associações, apresentando uma "sociologia das associações" no lugar de uma "sociologia do social". Latour (2012), na sua Teoria-Ator-Rede, também vai de encontro a qualquer abordagem substancialista que visa à pureza e à essência de qualquer grupo social, ao colocar que tanto indivíduo como sociedade se produzem 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 a ideia de sociedade para de coletivo como um processo contínuo de associações que estabelecem conexões emergentes e micro-narrativas, que

agregam elementos heterogêneos como sociais, políticos, artísticos, tecnológicos etc ao compor o coletivo.

A lógica dos modelos matemáticos

A partir de agora vamos tratar dos padrões lógicos de representação do espaço, já que este é o foco desta pesquisa. Obviamente, neste artigo não será possível abordar com profundidade temas tão complexos como os modelos lógicos de representação que conhecemos, do período da renascença, da modernidade e até os dias de hoje. Portanto, esta análise, será apresentada de forma esquemática, dirigindo-se, especificamente, aos sistemas perceptivos matemáticos, lógicos e visuais. Apoiaremos nossas observações na Matemática porque, conforme 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 ao 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 os tipos de representações matemáticas porque entendem ser esta a “Ciência dos Padrões” (DEVLIN, 2002).

Dando continuidade a esta preocupação resumiremos nossa análise aos signos visuais e abstratos gerados em três instantes da cultura ocidental. Os elementos da visualidade, assim 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 destas formas. (PEIRCE, NEM 4: 213).

Começamos este raciocínio identificando, novamente, três grandes áreas de estudo das representações topológicas matemáticas, são elas: 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 na sua forma mais geral. As “Imagens Matemáticas” (HILDEBRAND, 2001) produzidas pelo ocidente estruturam-se por algoritmos extraídos, inicialmente, da Geometria de Euclides, depois das Cônicas de Poncelet, das Transformações Afins de Möbius e Klein, passando por Lobachevsky, Bolyai e Riemann e pelas Geometrias Não-Euclidianas, chegando hoje, às

diversas estruturas Topológicas: Combinatórias, Algébricas e Diferenciais abrangendo grande parte do conhecimento matemático.

Na Geometria Métrica as transformações pautam-se pela invariância das medidas dos ângulos, das distâncias, das áreas, da continuidade e da indeformabilidade das figuras. Uma representação do espaço que define relações internas de medida e ordem entre os elementos. Sabemos que a Geometria, inicialmente, é pensada como um ramo da Matemática que estuda as formas e as dimensões espaciais. Ela estuda 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 destes axiomas, nos textos "Os Elementos", de Euclides, por volta de 300 aC. Talvez nenhum livro, além da Bíblia, tenha tido tantas edições como "Os Elementos de Euclides", mas, certamente, o 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 serem 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 este 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 conseqüências desse fato e chegou à geometria projetiva. Gauss nunca publicou este fato, entretanto, comentou o que havia descoberto com seu amigo Farkas Bolyai, que também já havia trabalhado no axioma das paralelas. Realmente foi Janos Bolyai que, em 1823, escreveu ao seu pai dizendo, "... descobri coisas tão maravilhosas que fiquei surpreso... a partir do nada, criei um mundo novo e estranho" (O'CONNOR; ROBERTSON, 1996).

Em 1829, outro matemático, Lobachevsky, sem conhecer os trabalhos de Bolyai, publicou um texto sobre este espaço de representação matemático, baseando "sua geometria na

hipótese do ângulo agudo e na suposição de que a “reta” tem comprimento infinito” (COSTA, 1990, 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 deste espaço geométrico era maior que um. Estas formulações matemáticas somente se completaram, em 1854, com Riemann, em sua tese de doutorado. Estas conclusões só foram publicadas em 1868, dois anos após a morte de Riemann, mas veio a ter grande influência no desenvolvimento destas formas geométricas.

Hoje constatamos que existem várias geometrias diferentes: a hiperbólica de Bolyai-Lobachevsky, a elíptica de Riemann, a parabólica que é a mesma que a euclidiana. Os conceitos não euclidianos foram formulados e desenvolvidos axiomáticamente. A visualização efetiva das imagens destes modelos somente se processou mais tarde, depois que a teoria toda já havia sido concebida de forma abstrata. Hoje, com o uso das novas tecnologias digitais, podemos construir as representações não euclidianas de modo muito fácil.

Como já vimos, as descobertas destes espaços matemáticos e geométricos de representação começaram a invadir o conhecimento matemático da época, dando vida ao que chamamos, hoje, de Topologia. Em 1735, Euler publicou um texto sobre a solução do Problema da Ponte de Königsberg, que introduz discussões sobre estes conceitos topológicos. Este problema tratava das pontes da cidade de Königsberg, situada na Prússia Oriental. O rio que cortava a cidade tinha duas ilhas 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 este assunto, demonstrou a impossibilidade de resolver o problema e introduziu o estudo sobre os espaços topológicos.

É interessante perceber que este assunto é bastante simples e deve ter sido do conhecimento de Arquimedes e Descartes, pois ambos escreveram sobre os poliedros. Entretanto, Listing foi o primeiro a usar a palavra Topologia em seu texto. Ele publicou um trabalho que trata 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 1865m em estudos sobre as faixas de um lado só.

Weierstrass, em 1877, deu uma prova rigorosa do que seria conhecido de Teorema de Bolzano-Weierstrass, que declara que: dado um subconjunto infinito de números reais, podemos dizer que ele possui pelo menos um ponto de acumulação, isto é, ele introduziu nesta demonstração o conceito de vizinhança de um ponto, fundamental para o desenvolvimento da matemática, daí por diante. Por outro lado, Hilbert, usando este 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 definido como "a estrutura global da totalidade dos objetos que estão sendo considerados" (COSTA, 1996, 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 (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. (2004, p.92).

A definição matemática de rede é muito genérica. Elas estão associadas aos objetos matemáticos pela sua natureza topológica. Uma rede é conjunto de vértices ou 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 fixo. Os fixos são elementos aos quais atribuímos ou reconhecemos características que neles se sedimentam (DUARTE, 2002, p. 54). Porém, o que transforma este sistema em uma rede são as ligações efetuadas entre estes nós, são as arestas, as conexões, os relacionamentos, os fluxos, que são informações que podem circular tendo estes fixos como baliza e catalisadores.

As redes são modelos matemáticos estudados pela Topologia que, por sua vez, vai buscar referências na Teoria dos Grafos. Já, os Grafos, 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 sem se cruzarem. Isto demonstra o grau de liberdade axiomática dos modelos estruturados pelas Redes e Grafos.

Considerações Finais

Diante destas conceituações teóricas, onde outras formulações e narrativas se evidenciam, a Teoria das Redes e dos Grafos apresentam soluções sistêmicas muito interessantes. Como vimos, a importância destas formulações lógicas cresceu significativamente com o surgimento da informática e os dispositivos computacionais, com base no sistema binário, eles permitiram solucionar vários problemas matemáticos e criar produções artísticas e midiáticas.

Concluindo, voltando nossa atenção para os *modelos* das redes que no começo do século XX, na “Ciência dos Padrões” (DEVLIN, 2000) estavam preocupados com a teoria 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 deste instante, os fenômenos que nos cercam, são percebidos como sistemas em processo e, portanto, em constante movimentação e mutação e diante de uma infinidade de contradições que geram diferentes modelos lógicos.

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 e aos dias atuais, apresenta um pensamento fundamentado por teorias axiomáticas e por conceitos sistêmicos que nos permitem construir modelos absolutamente abstratos e 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, colocam-nos alguns 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 maquímicos 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 acontecendo e definindo outros modos de subjetivação que pertencem a cultura digital.

Diante destas considerações, onde novas formulações e narrativas se evidenciam, as Teorias das Redes e dos Grafos apresentam processos e soluções que operam as “*extremidades sistêmicas*” e, como vimos, realizam formulações lógicas que cresce a cada dia por meio dos dispositivos computacionais permitido a criação de produções 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. Nesta dinâmica dos processos de mediação cada vez mais densos e complexos, verificamos que as interfaces digitais permitem a criação de narrativas onde as conexões definem estruturas que enriquecem e empobrecem. Buscamos experiências múltiplas que se interconectam, as soluções dos 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 onde o paradigma das redes tem lugar especial.

Referências

ARGAN, G. C. *Arte Moderna*. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

BENJAMIN, W. *Obras escolhidas - Magia e técnica, arte e política*. Traduzido por Sergio Paulo Rouanet. São Paulo, Brasiliense, 1987.

_____. *Magia e técnica, arte e política: ensaios sobre literatura e história da cultura*. São Paulo: Brasiliense, 1994.

BOYER, C. B. *História da matemática*. Traduzido por Elza F. Gomide. São Paulo: Edgard Blucher, 1974.

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

COSTA, N. C. A. *Ensaio sobre os fundamentos da lógica*. São Paulo: Hucitec, 1990.

_____. *Sistemas Formais Inconsistentes*. Curitiba: Editora da UFPR, 1993.

- DIDI-HUBERMAN, G.** *O que vemos, o que nos olha*. Tradução de Paulo Neves. São Paulo: Editora 34, 2010.
- DEVLIN, K.** *The Language of Mathematics: making the invisible visible*. New York: W. H. Freeman & Company, 2000.
- DIDI-HUBERMAN, G.** *O que vemos, o que nos olha*. São Paulo: Ed. 34, 1998.
- GIANNETTI, C.** O sujeito-projeto: Metaformance e Endoestética. In: *FILE Rio*. São Paulo: FILE, 2006.
- GOMBRICH, E. H.** *Norma e Forma: estudos sobre a arte da renascença*. São Paulo: Ed. Martins fontes, 1990.
- GRAU, O.** *Arte Virtual: da ilusão à imersão*. São Paulo: Editora UNESP: SENAC, 2007.
- HILDEBRAND, H. R.** *As Imagens Matemáticas: a semiótica dos espaços topológicos matemáticos suas representações no contexto tecnológico*. Tese de doutoramento apresentada no Programa de Comunicação e Semiótica de PUCSP, 2001.
- LATOUR, B.** *Reagregando o Social: uma introdução à teoria do Ator-Rede*. Salvador - Bauru: EDUFBA – EDUSC, 2012.
- MANOVICH, L.** *The paradoxes of digital photography*. In: *Photography after Photography*. Exhibition Catalog. Germany, 1995.
- _____. The paradoxes of digital photography. In: L. Wells (ed). *The photography reader*. London: Routledge, 2003.
- _____. El lenguaje de los nuevos meios de comunicaion. Buenos Aires: Paidos, 2006.
- MARCUS, Solomon.** Identity. *Anais do 1ª Jornada do Centro de Estudos Peirceanos da PUCSP*. São Paulo: PUCSP-CEPE, 1997.
- OLIVEIRA, A. M.** *Corpos Associados: Interatividade e Tecnicidade nas Paisagens da Arte*. Tese de Doutorado em Arte e Tecnologia. UFRGS, Porto Alegre, dezembro de 2010.
- O'CONNOR, J. J.; ROBERTSON, E. F.** *Non-Euclidean Geometry*. http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/history/histtopics/non-euclidean_geometry.html, 1996.
- PANOFSKY, E.** *O Significado nas Artes Visuais*. São Paulo: Perspectiva, 1979.
- PARENTE, A.** (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, C. S. *The New Elements of Mathematics*, ed. Eisele, Carolyn. 4 vols. The Hague: Mouton. Referida como NEM, 1976.

QUEIROZ, G. S. *Sobre a dualidade entre intuicionismo e paraconsistência*. Tese de doutorado em filosofia. Campinas: UNICAMP, 1998.

RÖSSLER, O. E. *Endophysics: The world as an Interface*. Singapura: World Scientific; 1998.

RUSH, M. *Novas mídias na arte contemporânea*. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

SANTAELLA, L. Sujeito, subjetividade e identidade no ciberespaço. In: LEÃO, L. (Org.)

Derivas: Cartografia do ciberespaço. São Paulo, AnnaBlume; Senac. 2004.

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

SIMONDON, G. *Du mode d'existence des objets techniques*. Paris: Editions Aubier, 1989.

Currículo Resumido dos Autores

Andréia Machado Oliveira: Graduação em Artes Visuais, Mestre em Psicologia Social e Institucional – UFRGS, e doutoranda sanduiche em Informática na Educação - UFRGS e University of Montreal - Canadá. Membro dos grupos de pesquisa: NESTA e Corpo, Arte e Clínica nos modos de Trabalhar e Subjetivar - UFRGS. Artista Plástica e multimídia. Bolsista CNPq. andreiaoliveira.br@gmail.com

Hermes Renato Hildebrand: Graduação em Matemática, Mestre em Multimeios pela UNICAMP e Doutor em Comunicação e Semiótica pela PUCSP. Membro do Grupo Artistas SCIArts – Equipe Interdisciplinar. Ministro disciplinas relacionadas a Arte e Tecnologia, Matemática, Marketing e Jogos e Interfaces Digitais nas seguintes instituições: UNICAMP e PUCSP. Utilizando um enfoque semiótico e da complexidade realizado pesquisas acerca das relações entre as linguagens em diversas áreas de conhecimento. Participo de exposições de arte nacionais e internacionais desde 1978 e a partir de 1989 venho desenvolvendo trabalhos utilizando as mídias digitais em Arte, Jogos Digitais e Educação. hrenatoh@gmail.com.