



Fotografia computacional: um cenário para a visualização e os processos interativos ¹

Fernando L. FOGLIANO ²
Centro Universitário Senac

Resumo

Este trabalho apresenta o cenário em que se dão práticas de visualização fotográfica, considerando uma nova conceituação da Fotografia, bem como a subversão de seus cânones propiciada pelo surgimento das novas tecnologias digitais e do número crescente de novas ferramentas de *software* para manipulação e construção de imagens digitais. As imagens fotográficas tornaram-se objetos imagéticos híbridos e, no domínio digital, assumem agora novas funcionalidades. Novos avanços tecnológicos impõem uma reestruturação de seus conceitos e de outros campos da imagem como o vídeo, o cinema, a síntese de imagem (3D) cujos limites tornam-se progressivamente difusos e indistintos. Essa situação conduz a categorização das práticas de produção imagética para um designador único – a visualização. É o que podemos chamar de fotografia computacional.

Palavras-chave: fotografia; interação; arte; cultura; comunicação.

Introdução

As tecnologias digitais para a produção de imagens modificaram em poucas décadas o panorama cultural por meio do que se poderia considerar a invenção de novas formas de visualização. Imagens, onipresentes nos suportes tradicionais não são um fenômeno novo. Contudo, na chamada *New Media*, ainda causa surpresa sua miscigenação a outras formas visuais de comunicação como o texto, a voz e o vídeo. Este fenômeno é um eloqüente indício do que se poderia considerar de evolução rumo à heterogeneidade dos processos da comunicação.

Tal fenômeno decorre da complexidade social e da existência de pressões tecnológicas que afetam formas impressas e eletrônicas de produção e de interpretação dos conteúdos mediados. Esta perspectiva se estabelece quando se considera a comunicação humana

¹ Trabalho apresentado no GP Fotografia – Encontro dos Núcleos de Pesquisa em Comunicação, evento componente do XXXII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação.

² Fernando L. Fogliano é fotógrafo e artista multimídia, doutor e mestre em Comunicação e Semiótica (PUC-SP), especialista em Engenharia da Computação (Escola Politécnica-USP) e graduado em Física (Universidade Mackenzie). É líder do Grupo de Pesquisa da Imagem Contemporânea (GPIC), cujo objetivo é pesquisar a imagem contemporânea em suas inserções na cultura humana enquanto estratégia tecnológica ligada à produção de conhecimento, comunicação, artes e design. Realiza experimentos artísticos, estudando a produção contemporânea da imagem no campo dos paradigmas científicos. É artista do grupo SCIArts.



sob o ponto de vista evolucionista como sugerem Barta-Smith e DiMarco, em seu artigo *Same difference: evolving conclusions about textuality and new media* (2003). O uso contemporâneo de tecnologias para produção de imagens, que se originam na pesquisa científica, implica refletir sobre alguns aspectos ontológicos da Fotografia. O que se pretende argumentar é o fato, nem sempre evidente, de que o principal papel da fotografia, bem como das demais áreas da produção imagética, sempre foi o de tornar visíveis modelos abstratos da realidade. Essa revolução da imagem está conectada ao que Cox (2006) considera a *Arte da Visualização*.

As imagens vêm progressivamente sendo construídas como resultado dos processos de pós-produção. Estes, de complexidade crescente, permitem uma ampla gama de utilização da imagem fotográfica, inclusive em novos campos de aplicação. Essas novas possibilidades de utilização levam a uma necessária ampliação do conceito de fotografia, uma vez que alguns de seus fundamentos perdem sustentação diante da imbricação entre os processos de produção digital de imagens como o vídeo, o cinema e novas formas interativas da imagem. Em muitos produtos imagéticos hoje em circulação já não se pode diferenciar fotografia e computação gráfica em terceira dimensão (3D), ou uma imagem fotográfica *still* de um vídeo controlado interativamente. Seguindo esse caminho de investigação, considera-se o uso de ferramentas de *software*, cada vez mais numerosas, complexas e diversificadas como agentes que levam a uma necessária reconceituação da fotografia.

A câmera fotográfica e a visualização do real

O uso do computador aponta para uma importante característica à prática científica, a força da linguagem matemática na descrição dos modelos teóricos dos diferentes aspectos da natureza. Morowitz, em um ensaio intitulado *Mathematics and Physics: The "Enormous Usefulness" of Mathematics* (2000, p.11), alinha-se aos cientistas que se deslumbram diante da utilidade da matemática para o estudo da natureza. Ao citar Eugene Wiener, endossa suas palavras de "maravilhamento" com a enorme utilidade da matemática para as ciências naturais como algo que beira o misterioso e não tem explicação natural. No campo da Arte a matemática tem presença igualmente marcante. Ao longo da sua história a geometria inspirou artistas como, por exemplo, os da renascença na utilização do sistema perspectivo na produção de suas obras. Em anos recentes a própria matemática passa a ser considerada uma forma de arte além de ser a



mola propulsora da revolução da informática e do desenvolvimento das técnicas da computação gráfica. Tais técnicas permitiram a visualização de fenômenos matemáticos sem as quais seriam difíceis de imaginá-los (Emmer, 2005: p.80).

Antes da revolução científica, havia poucos instrumentos científicos além das esferas armilares, dos astrolábios e dos quadrantes. O desenvolvimento da matemática, nos séculos XVI e XVII, é acompanhado pelo surgimento de instrumentos destinados a descobrir outras verdades sobre a natureza. O surgimento da fotografia e suas técnicas associam-se aos instrumentos científicos conferindo-lhes papel central na observação da natureza. O registro fotográfico alia a observação aos fenômenos de tal forma que sem essa mediação muitos sequer seriam observáveis. As imagens oriundas dos experimentos científicos podem ser compartilhadas entre os estudiosos de tal forma que as impressões subjetivas possam vir a constituir, pela via da crítica científica, discurso objetivo da realidade. Esse fato é de extrema importância, visto que a produção de conhecimento na ciência fundamenta-se na coerência perceptiva de vários observadores. À luz desta afirmação pode-se concluir que a Ciência estabelece-se como processo cultural e que o papel dos instrumentos científicos, quer sejam matemáticos, lógicos ou tecnológicos, é o de expandir a percepção humana tornando visível o invisível. A capital importância da fotografia não advém da sua objetividade realista, hoje descartada pelos estudiosos, mas de automatismo do registro fotográfico que torna visíveis aspectos abstratos de modelos teóricos dos processos da natureza. A câmera fotográfica é um instrumento científico e como tal comporta-se como o elemento que permite a integração entre a matemática, as linguagens da Arte e da Ciência, e a observação experimental. Sistemas de captura de informações permitem a uniformização dos registros e dos processos experimentais, de forma a eliminar a subjetividade originada nas diferenças fisiológicas, equações pessoais, etc. O instrumento científico assegura a repetitividade, aspecto essencial na construção social de modelos do real; configura-se como elemento articulador entre o sujeito que observa o ambiente e seus demais pares na sociedade. Nesse processo de articulação que o instrumento científico enseja, pode-se identificar o lócus no qual emerge o conhecimento objetivo e os discursos sobre o real. O conhecimento objetivo decorre do esforço coletivo, intersubjetivo, apoiado pela regularidade ou na uniformidade do registro auferida pelos instrumentos científicos. A importância no uso a câmera fotográfica reside, portanto, em sua capacidade de registrar construtos imagéticos de aspectos conceituais de nossos modelos de realidade, ou seja,

utilizamos câmeras fotográficas e todo o imenso ferramental disponível para dar forma visual aos discursos sobre a realidade.

Na exposição *Brought to Light* realizada no Museu de Arte Moderna de São Francisco, em janeiro de 2009, foram apresentadas imagens científicas do século XIX. O cunho da exposição foi o de mostrar como determinadas técnicas de produção de imagens, como o uso de raios X, podem revelar fenômenos imperceptíveis ao olho como os ossos do corpo humano. No princípio a fotografia foi considerada pouco mais do que o desenho como técnica de registro visual. Porém essa perspectiva inicial logo cedeu espaço para a apreensão de aspectos do mundo antes inacessíveis. As primeiras imagens da Lua, da superfície do Sol e de nebulosas distantes e seus espectros transformaram o entendimento do Universo. Microfotografias de cristais, insetos e outros fenômenos de pequena escala revelaram a complexidade subjacente mesmo em diminutas escalas de observação. Em 1887 Pierre Jules César Janssen declarou que a placa fotográfica era "a verdadeira retina do cientista" (Hayden, 2008). Neste mesmo ano a primeira imagem de um projétil em alta velocidade foi produzida pelo físico austríaco Ernst Mach.

A fotografia abaixo, apresentada na Academia de Ciências de Viena em 1887, representa a grande contribuição de Mach para a compreensão dos fenômenos da aerodinâmica supersônica. Nesse trabalho, pela primeira vez, foi publicada uma imagem que permite, graças às técnicas de registro *Schlieren*³, a visualização de ondas de choque formadas por um projétil a velocidade superior a do som.

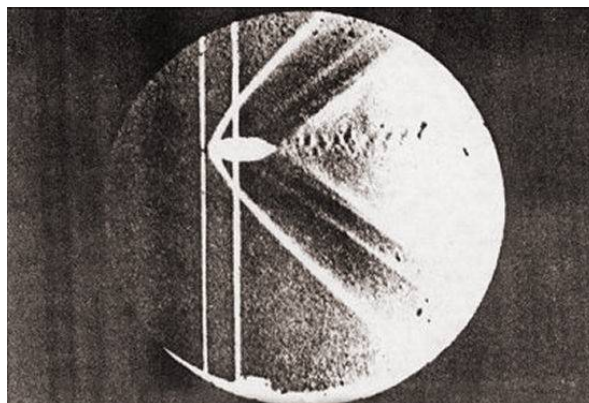


Fig. 1 - Fotografia de Ernst Mach que apresenta um projétil deslocando-se à velocidade supersônica, 1887. (fonte: www.aerospaceweb.org/question/history)

³ O método de visualização *Schlieren* utiliza a refração da luz para tornar o fluxo de ar visível. Esse método de visualização é amplamente utilizado para análise de experimentos onde ocorrem ondas de choque (C.f. <http://www.ard.jaxa.jp/eng/info/prm/2005/007/04.html>).



Fig. 2 - *Limite Circular I*, M. Escher, 1958

A xilogravura *Limite Circular I* (1958) de Escher, e todas as outras da série, são emblemáticas no sentido de apontar para o *continuum* entre artes e ciências e a importância da visualização. Ela constitui o que Penrose (1993: 173) considerou uma representação "muito bonita" da geometria não euclidiana de Lobachevski. Segundo Penrose, é bem possível que a geometria lobachevskiana seja uma representação exata de nosso universo, em escala cosmológica. A ruptura com a geometria euclidiana só ocorreu com a Relatividade Geral de Einstein. A geometria plana é um fato observacional impreciso, dada nossa escala de observação. O desenho de Escher permite visualizar o conceito abstrato, porque inacessível à apreensão sensorial, que a ciência faz do espaço nos qual estamos inseridos, sua geometria e propriedades.

O pensamento, a obra de Moholy-Nagy, e seu conceito de "nova visão", são emblemáticos para esta reflexão. A fotografia tinha para ele valor inestimável na educação dos olhos, na preparação para a era da tecnologia que se avizinhava. A câmera com sua capacidade de completar ou suplementar nosso *instrumento óptico natural*, o olho, nos libertaria de velhos hábitos perceptivos (Ades, 1993: 148). Em suas oito variedades da Visão Fotográfica, Moholy-Nagy (Passuth, 1987: 327) prognostica que aspectos da visão a fotografia poderia potencializar:

1. A percepção abstrata, por meio dos fotogramas;
2. A percepção exata, por meio da fixação da aparência normal das coisas: a reportagem;
3. A percepção rápida, por meio da fixação dos movimentos no menor espaço de



- tempo possível, o *snapshot*;
4. A percepção lenta, por meio da fixação dos movimentos ao longo do tempo pelos longos tempos de exposição;
 5. A percepção intensificada, por meio da microfotografia, da utilização de filtros para a produção de fotografia no infravermelho e da utilização de recursos da fotoquímica;
 6. A percepção penetrante, por meio dos raios X;
 7. A percepção simultânea, por meio de superposições e transparências: a fotomontagem;
 8. A percepção distorcida: brincadeiras visuais obtidas pelo uso de lentes, prismas, espelhos ou manipulação mecânica e química do negativo depois da exposição.

Esses potenciais da visão ampliados pela câmera fotográfica estariam disponíveis para aplicações em quaisquer campos de utilização da imagem. Para Moholy-Nagy, que ao realizar a enumeração acima tinha a pintura em perspectiva, as possibilidades da imagem fotográfica desprezadas no sentido artístico e criativo, já haviam se tornado uma das formas visuais objetivas de grande importância naquele momento. Num dado momento de suas reflexões o autor testemunha a mudança no modo de ver o mundo que a fotografia propiciou:

nós temos apenas de nos lembrar a maneira que tínhamos para olhar para as paisagens e compará-las com o modo que o fazemos agora! Pense também na riqueza de detalhes daqueles retratos de nossos contemporâneos cravado de poros e trilhas de expressão. Ou uma visão aérea de um navio movendo-se no mar cruzando as ondas que parecem congeladas na luz. Ou a ampliação da trama do tecido, ou da delicadeza esculpida de um bloco de madeira serrada. Ou, ainda, da ampla gama de detalhes esplêndidos da estrutura, textura ou quaisquer objetos que escolhermos (Passuth, 1987: 328).

Quase um século depois podemos reconhecer as idéias visionárias de Moholy-Nagy no trabalho do fotógrafo Pedro Meyer. Seus pontos de vista, que ele expressa com muita competência, tanto em seus textos, quanto suas fotografias, dialogam muito proximamente com aquelas apresentadas anteriormente. Meyer faz parte daqueles que utilizam as novas tecnologias da imagem sem preocupar-se com fronteiras ou limites preestabelecidos. Seus inúmeros editoriais e livros publicados dão conta da importância do conceito de visualização e da tecnologia digital na disponibilização de novos caminhos para a criação de suas imagens (Meyer, 2006). No texto “*Então, onde a*



pintura começa e a fotografia termina”, o autor comenta: "Espero que estejamos num estágio em que possamos de fato libertar a fotografia e todo seu grande potencial criativo de forma a produzir grandes ficções documentais que nos façam ver o mundo de novas maneiras” (Meyer, 2006).

Os conceitos e as ferramentas

A produção de imagens já não pode prescindir da intervenção dos computadores e de sofisticadas ferramentas para sua produção e tratamento. A integração entre a fotografia e a computação já é de tal importância que conceitos como Fotografia Computacional e Câmera Computacional já começam a figurar entre aqueles correlacionados à produção de imagens fotográficas. Nayar (2006), no artigo *Computational Cameras: Redefining the Image* apresenta o conceito de câmeras computacionais como aquelas que utilizam ópticas não convencionais e *software* na produção de novas formas de informação visual. Entre essas novas técnicas incluem-se aquelas que permitem a produção de imagens de amplo campo de visão (panorâmicas), imagens com grande alcance dinâmico (HDR), imagens multi-espectrais, de grande profundidade de campo, iluminação digital, etc. Fotografia Computacional constitui um novo campo de convergência da fotografia, do processamento de imagens, da computação gráfica e da visão computacional.

Esse amálgama de áreas de estudo da imagem amplia muito o potencial da fotografia digital. Normalmente, o resultado de uma câmera computacional é uma fotografia. Contudo, se considerarmos as possibilidades de produção de vídeos a partir de imagens obtidas em câmeras digitais⁴, os panoramas interativos, as câmeras fotográficas que produzem imagens em movimento e som em alta resolução, entre outras, concluiremos que a idéia de Fotografia Computacional impõe uma grande expansão no conceito de fotografia. Antes relacionado apenas a imagens *still*, agora incluem as imagens em movimento. Seus limites conceituais, neste novo contexto, abarcam agora aqueles que antes definiam o vídeo e o cinema. Se levarmos em consideração as possibilidades interativas, como ocorre nos panoramas interativos, poderemos aquilatar a extensão e o alcance dessa revolução conceitual. Toda essa reestruturação demanda por novas abordagens conceituais enquanto implodem conceitos que já não suportam a estrutura

⁴ Trata-se da produção de vídeos a partir da clássica técnica cinematográfica do *Stop Motion*, ou o efeito *Bullet Time* popularizado nos filmes que compuseram a série de *Matrix*.



determinada por essa nova visão. Nesse novo contexto, talvez o principal conceito seja o da visualização.

Segundo Cox (2006), a popularidade das apresentações públicas de informações visuais aumentou dramaticamente com o avanço da computação gráfica, a supercomputação e a Internet. Milhões de pessoas se aglomeram para ver narrativas científicas na forma de metáforas visuais nos mais diferenciados locais, que vão de telões a ambientes imersivos. O conceito de metáfora visual apóia-se nas teorias da metáfora e estabelecem uma relação direta entre a informação visual e os processos cognitivos. Segundo Feldman (2006), a metáfora é um recurso cognitivo que permite organizar o conhecimento por meio de categorias e relações mais gerais. Metáforas envolvem o raciocínio sobre conceitos abstratos a partir daqueles construídos na interação com o ambiente, nesse sentido elas são culturalmente dependentes. Dada a natureza multidisciplinar de sua definição, trata-se de um conceito importantíssimo:

Elas definem em grande proporção nossos modelos de compreensão do que constituem as idéias, pensamento, compreensão, comunicação. Tente uma conversa por 10 minutos a respeito do pensamento, da comunicação e da compreensão sem utilizar nenhuma metáfora ou qualquer pensamento que surja de seu uso. Você provavelmente não perceberá até que preste atenção, mas você estará usando uma dessas metáforas (Feldman, 2006: 196).

Metáforas visuais podem ser aplicações de *software* ou animações digitais apresentadas por uma grande variedade de tecnologias, de CAVE a filmes no formato *QuickTime*. Segundo Cox (2006: 109) elas podem moldar nossas crenças culturais e fornecem às pessoas uma visão científica da realidade. É possível ampliar essa definição para contextos não científicos como aqueles presentes nos *games* interativos, instalações artísticas, etc.

Todo o avanço científico e tecnológico aplicado à produção de imagens permite-nos refletir sobre a importância dos processos de visualização, da produção de metáforas visuais, no seu papel de registro e memorização de eventos imperceptíveis aos nossos olhos. As câmeras e o aparato de *hardware* e *software* utilizado para a realização de imagens em alta velocidade constituem um ferramental capaz de expandir nossa sensibilidade aumentando nossas possibilidades de entendimento e de interação com meio ambiente natural, social, e cultural.

Imerso na cultura, o cérebro é capaz de desenvolver adaptações sofisticadas. Um aspecto importante desse processo adaptativo é a criação de ferramentas. Estas podem



ser classificadas como externas ou técnicas. As primeiras mediam nossa interação com o mundo externo – interagir com as coisas no ambiente e nelas interferir. As ferramentas técnicas são, por exemplo, a notação algébrica, mapas, desenhos esquemáticos. Certamente podemos incluir nesse rol as fotografias. As câmeras fotográficas e as fotografias que elas produzem permitem a operação sobre modelos abstratos da realidade e que as pessoas afetem outras pessoas e a si próprias (Kaptelinin e Nardi, 2006: 42).

O uso de ferramentas como câmeras fotográficas, flashes de alta velocidade, ferramentas de *software* para a produção de imagens apóiam a internalização, na mente, de modelos capazes de representar, de conceituar metaforicamente processos que ocorrem no mundo. O fluxo de pensamento apóia-se, como vimos, na linguagem esta também uma ferramenta. A linguagem, associada a modelos teóricos e conceituais, permite a produção de simulações internas (mentais), ou por meio de tecnologias de visualização, externalizar modelos e conceitos abstratos da realidade. Esse processo dá conta da necessidade de antecipar, projetar a ação, a interação do indivíduo no meio. Internalização e externalização são processos que relacionam a mente humana ao seu ambiente cultural e social. Dois aspectos importantes estão em jogo neste processo. O primeiro permite distinguir entre processos mentais e comportamento externo. O segundo permite distinguir entre o indivíduo e o coletivo (Fogliano, 2008).

A imagem de Mach mostrada anteriormente constitui um exemplo importante em virtude de seu caráter extremamente transformador. Sua publicação inaugurou um novo campo de estudos científicos que iria culminar na aeronáutica e na astronáutica. A experiência visual propiciada pela produção de imagens espetaculares associada à produção científica, cujo objetivo é descobrir as regularidades da natureza, suas leis, para que possamos antever os resultados de nossas ações futuras, projetar nossa interação no ambiente. Esse é um aspecto fundamental de nossa capacidade adaptativa às pressões que o ambiente exerce sobre nós. Antecipar é uma questão de sobrevivência.

Considerações finais

As discussões propostas por este trabalho ampliam o conceito da indiferenciação entre os meios, apontada por Machado (1998: 318-319). Esta concepção abrange não somente os meios que dão suporte às imagens, mas também aos processos que suportam sua gênese. Fotografia poderá, então, ser definida como: o resultado de um processo que



tanto pode resultar de uma detalhada análise da informação luminosa, pela sua decomposição numa miríade de grãos fotoquímicos, ou *pixels*⁵, quanto o resultado da composição de uma série de operações numéricas efetuadas sobre um modelo abstrato, em outras palavras, pela *síntese* numérica. É por estes motivos que o termo *imagem* é utilizado neste texto como sinônimo de *fotografia*. A mesma situação pode ser observada em *Processamento de Imagens*, uma das muitas áreas que compõem as *Ciências da Computação*. O cerne do Processamento de Imagens consiste no desenvolvimento de programas computacionais voltados para o aproveitamento da informação pictórica para a interpretação humana, bem como o processamento de dados voltado para visão artificial, com aplicação em robótica. Imagens são entendidas aqui como registros bidimensionais de padrões de intensidade luminosa obtíveis a partir de procedimentos técnicos fotográficos e/ou de suas simulações computacionais.

Considera-se assim que a cada desenvolvimento tecnológico da fotografia, novas possibilidades expressivas são passíveis de exploração e de reflexão. Cabe ao artista e ao cientista descobrirem suas novas possibilidades, desvendar novas realidades e novas formas de expressão ao ampliar e subverter a função da câmera fotográfica, e manejá-la nos limites de sua produtividade programada (Machado, 1993).

O artista na era das máquinas é, como o homem de ciência, um inventor de formas e procedimentos; ele recoloca permanentemente em causa as formas fixas, as finalidades programadas, a utilização rotineira, para que o padrão esteja sempre em questionamento e as finalidades sob suspeita (Machado: 1993,15).

Por fim, cabe considerar que o cerne das discussões apresentadas neste trabalho está nos novos procedimentos e nas tecnologias que subvertem os processos de produção imagética, isto é, a forma imagética antecipa a forma material e as novas formas de produzir imagens nos permitem trabalhar dentro de um “novo conceito de imagem”, a antecipação das formas que advém da simulação interativa. Um dos aspectos mais interessantes com que nos deparamos aqui é que nessa nova situação as imagens têm um novo papel. Tornam-se interativas, aspectos perceptíveis de processos inteligentes capazes de organizar ativamente a informação trocada com o interator. Fabris (1998) associa-se a outros estudiosos quando atribui a essa nova imagem o caráter de "simulacro interativo". Lembrando que esse novo objeto passa a ser considerado dentro de uma nova práxis, que substitui a do olhar contemplativo. Trata-se da imagem

⁵ O termo *pixel* tem origem nas palavras da língua inglesa *picture* e *element*. Designa a menor parte constituinte de uma imagem digital rasterizada.



assumindo a função de permitir a experimentação visual acrescida da possibilidade de integrar outros sentidos como o tato e movimentos corpóreos no uso de "ferramentas virtuais" (Fogliano, 2008).

Câmeras fotográficas e as imagens por elas geradas, bem como todas as ferramentas com as quais interagimos com o mundo ao nosso redor, são capazes de permitir a transmissão da experiência humana de geração a geração. Avanços na estrutura física e conceitual das câmeras fotográficas, bem como o aprendizado de como utilizá-las, muda a estrutura de todo o conjunto de nossos conceitos e ações do e no mundo e sobre a própria fotografia. A apropriação dos novos conhecimentos que acompanham hoje a utilização das câmeras fotográficas e suas imagens nos permite a ampliação da experiência humana acumulada na cultura e, sobretudo aguça a sensibilidade do olhar.

Referências

- ADES, Dawn. *Photomontage*. London: Tames and Hudson, 1976.
- BARTA-SMTH N e DI MARCO, Danette. *Same difference: evolving conclusions about textuality and new media* in HOCKS, Mary e KENDRICK, Michelle R. (ed) **Eloquent Images: word and image in the age of new media**. Cambridge: MIT Press, 2003.
- COX, Donna. “Metaphoric Mappings: The Art of Visualization” in **Aesthetic Computing**. Paul Fishwick (editor). Cambridge: MIT Press, 2006.
- EMMER, Michele. *Visual mathematics: Mathematics and Art* in EMMER, Michele. **The visual mind**. Cambridge: MIT Press, 2005.
- FABRIS, Annateresa. *Redefinindo o conceito de imagem* in **Revista Brasileira de História**, disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-01881998000100010&script=sci_arttext. Acessado em 02/06/2009
- FELDMAN, Jerome A. **From molecule to metaphor**. Cambridge: MIT Press, 2006.
- FISHWICK, Paul A. **Aesthetic computing**. Cambridge: MIT Press, 2006.
- FOGLIANO, Fernando. **Aprofundando o conceito de interatividade**. Texto apresentado no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo, 2008.)
- FOGLIANO, Fernando. **Imagem e Ciência sob uma Perspectiva da Complexidade**. Tese de doutoramento apresentada no Programa de Comunicação e Semiótica de PUCSP, 2002.
- HAYDEN, Erika Check. “A snapshot of hidden science history” in **Nature**, vol 455, 30 p. 1180, October 2008.
- KAPTELININ, Victor e NARDI, Bonnie A. **Acting with technology: Activity Theory and Interaction design**. Cambridge: MIT Press, 2004.
- MACHADO, Arlindo. **Máquina e imaginário: O desafio das poéticas tecnológicas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.



- MEYER, Pedro. “So where does the painting start and the photography end” in <http://www.zonezero.com/editorial/editorial.html>, jan. 2007. Consultado em 17/06/2009.
- MEYER, Pedro. “The summer and travel time” in <http://www.zonezero.com/editorial/editorial.html>, jun.-jul. 2006. Consultado em 17/06/2009.
- MOROWITZ, Harold. “Mathematics and Physics: The “Enormous Usefulness” of Mathematics” em **Complexity** Vol. 5, Num. 5, pg. 11. New York: Wiley and Sons, 2000.
- NAYAR, Shree K. "Computational Cameras: Redefining the Image," Computer, vol. 39, no. 8, pp. 30-38, Aug. 2006.
- PASSUTH, Krisztina. **Moholy-Nagy**. Londres: Thames and Hudson, 1987.
- PENROSE, Roger. **A nova mente do rei: computadores, mentes e as leis da física**. Rio de Janeiro: Campus, 1993.