

# Vitruvian Cogitationes - RVC

## ARTE E CIÊNCIA: DOIS EXEMPLOS SINGULARES DE APROXIMAÇÃO

*ART AND SCIENCE: TWO UNIQUE EXAMPLES OF APPROXIMATION*

*ARTE Y CIENCIA: DOS EJEMPLOS ÚNICOS DE APROXIMACIÓN*

**Francisco Caruso**

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Academia Brasileira de Filosofia; francisco.caruso@gmail.com

---

**Resumo:** Dois períodos ímpares na História, nos quais houve grande aproximação e intersecção entre Arte e Ciência, são apresentados e analisados. Em particular, foca-se em suas origens e seus impactos sobre os fazeres, os saberes e sobre o Homem.

**Palavras-chave:** Arte; Ciência; História da Arte; História da Ciência; Física; Pintura.

**Abstract:** Two unique periods in History, in which there was a great approximation and intersection between Art and Science, are presented and analyzed. Specifically, it focuses on its origins and its impacts on practices, knowledge and on man.

**Keywords:** Art; Science; History of Art; History of Science; Physics; Painting.

**Resumen:** Se presentan y analizan dos períodos únicos en la historia, en los que hubo una gran aproximación e intersección entre Arte y Ciencia. En particular, se centra en sus orígenes y sus impactos en las prácticas, el conocimiento y el hombre.

**Palabras llave:** Arte; Ciencias; Historia del Arte; Historia de la Ciencia; Física; Pintura.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Aqui, dois períodos históricos nos quais houve uma significativa aproximação entre Arte e Ciência são abordados e discutidos, na tentativa de esclarecer o que estava por trás desses movimentos e suas consequências. Em particular, pode-se adiantar que cada um deles originou uma nova visão do Homem e do Mundo. Estamos nos referindo ao Renascimento Italiano (TOMAN; BORNGÄSSER; RAUCH; GEESE, 2009; BURKE, s. d.), com a introdução da perspectiva na pintura e a geometrização da Óptica e da descrição dos céus, e o início do século XX, quando houve uma tendência geral de desconstrução do espaço euclidiano e de abandono do rigor imposto pela ordem cartesiana, tanto na Arte como na Física, respectivamente, com o Cubismo e a Teoria da Relatividade. Nesses dois exemplos, as aproximações se dão a partir da Geometria: euclidiana, no primeiro, e não euclidiana, no segundo. São momentos únicos, caracterizados, em última análise, pela aproximação da *razão* e da *imaginação* como forças propulsoras de novos significados e sentidos do mundo, no campo das Ciências e das Artes.

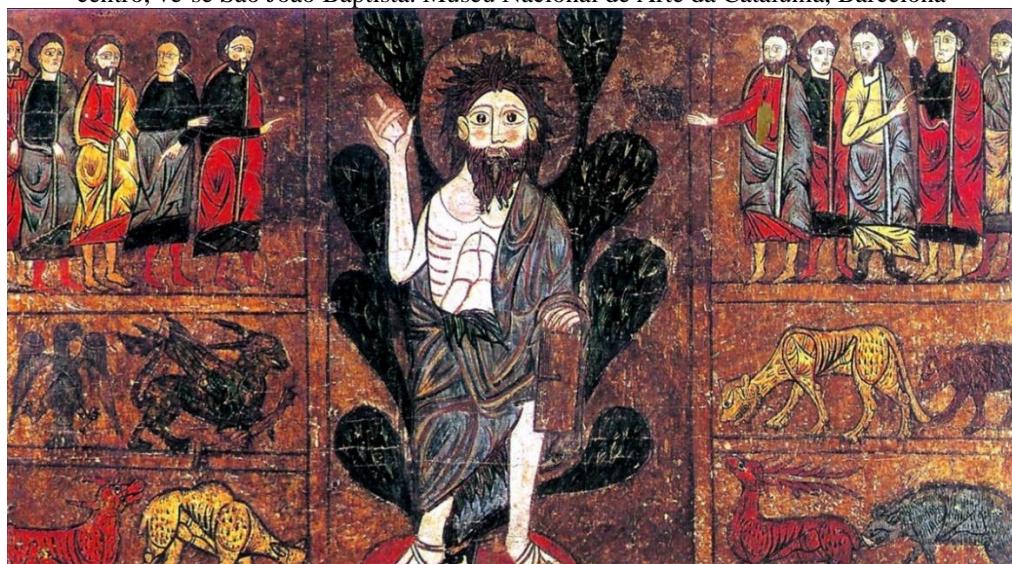
O filósofo francês Gaston Bachelard reconhece ser positiva essa interrelação e a valoriza ao enfatizar o pensamento criativo como ponto fundamental nos processos inovadores, quer na Ciência, quer na Arte. Ao refletir sobre a importância da liberdade do homem ao produzir ciência, tecnologia e arte, como bens a serem partilhados pela humanidade, Bachelard vê, nessa confluência de produções diferenciadas, um movimento ao qual atribui igual valor ao conhecimento e à poética, relacionando os dois aos planos da razão e da imaginação, como instâncias psíquicas capazes de produzir mudanças cognitivas, e transformações no mundo e no próprio homem (BACHELARD, 1968). Embora as Artes se cristalizem no plano sensível, e as Ciências, no plano do pensamento formal, é preciso não perder de vista que ambas advêm, em última análise, de uma mente indagadora e criativa que desconstrói a natureza para construir e estudar, respectivamente, fenômenos formalizados na instância cognitiva ou expressos no mundo da experiência estética. Talvez o maior ícone dessa aliança seja o genial pintor e cientista italiano Leonardo da Vinci, para quem tanto a Arte quanto a Ciência são provenientes da Natureza, produzidas pela imaginação e pela razão, respectivamente. Olhar comprometidamente para a Natureza, qualquer que seja o caso, é, segundo ele, o caminho da honestidade intelectual.

Na Seção 2, faz-se uma revisão de algumas características da Arte Medieval, que vão permitir uma melhor compreensão do significado das mudanças introduzidas na Arte por Giotto, num primeiro momento, e, posteriormente, por outros artistas, as quais serão revistas na Seção 3. Nela, veremos também o papel decisivo da herança franciscana para o desenvolvimento da Óptica, por um lado, e para uma nova relação entre o homem e Deus, com reflexos importantes na própria conceituação de Natureza. A seguir, na Seção 4, fala-se do impacto da Geometria, gerado pela introdução da perspectiva na Pintura italiana e, cerca de cem anos mais tarde, pela publicação da obra maior de Copérnico. O desenvolvimento de novas Geometrias no século XIX – caracterizadas como “não euclidianas” – e seu impacto na Arte e na Física do início do Século XX são tratados na Seção 5. Algumas considerações finais são feitas na Seção 6.

## 2 A ARTE MEDIEVAL E O CÉU DOURADO

A Arte Medieval caracteriza-se por abordar temas religiosos, uma vez que a sociedade medieval, teocêntrica, abraçava uma concepção de mundo dominada pela figura de Deus como o centro do universo e como medida de todas as coisas. É uma arte impregnada pelos valores propalados pela Igreja católica. Nela, as figuras humanas eram retratadas de forma chapada e rígida, não havendo nenhuma intenção de representar seus volumes, abrindo mão, portanto, de qualquer tentativa de representação fiel do real. A importância de Jesus ou de qualquer outro personagem religioso, por exemplo, era destacada atribuindo-lhes um maior tamanho relativo em um lugar de destaque na cena retratada e, muitas vezes, pelo uso de cores mais caras em suas vestimentas. Em síntese, uma arte essencialmente plana e simbólica. Os santos, por exemplo, eram representados sempre como figuras idealizadas com olhar fixo e com um halo em torno de suas cabeças (Veja Fig. 1).

Figura 1 Frontal de altar de Gésera (província de Huesca, Espanha). Têmpera sobre madeira, séc. XIII. No centro, vê-se São João Baptista. Museu Nacional de Arte da Catalunha, Barcelona



Recorrentemente, na melhor tradição Bizantina (MANGO, 1972; Metropolitan Museum of Art, 1997), o céu ou o fundo do quadro eram dourados (CARUSO, 2012), como no quadro de Duccio reproduzido na Fig 2.

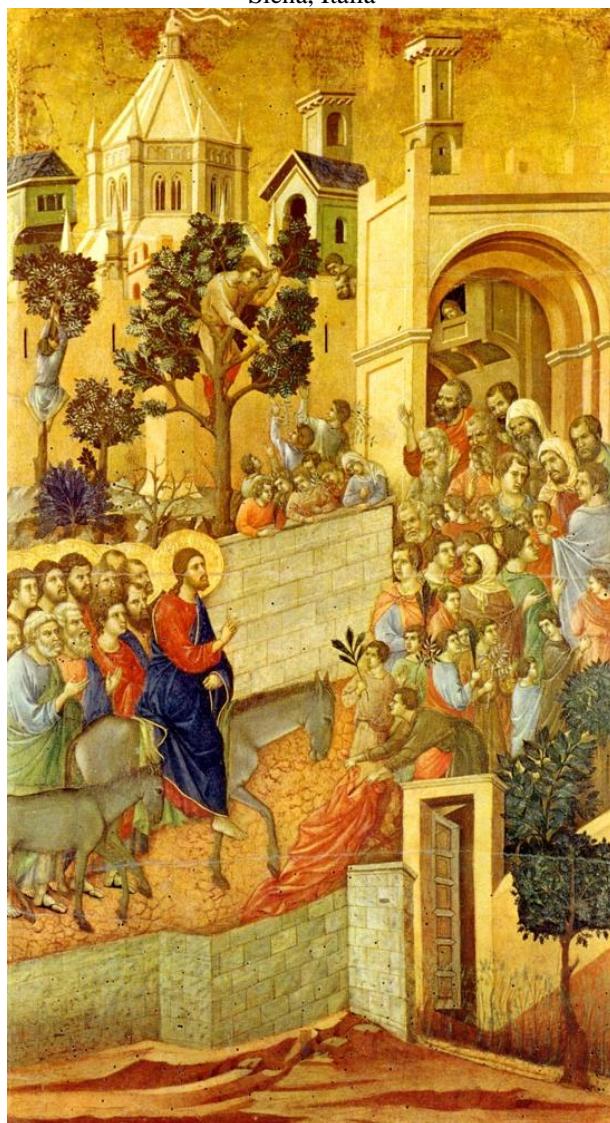
Figura 2 “O Chamado dos Apóstolos Pedro e André”, de Duccio Buoninsegna, c. 1308-1311. *National Gallery of Art*, Washington



A escolha da reprodução dessa obra de Duccio aqui deve-se ao fato de se tratar de um painel que chegou a fazer parte da predela da obra *Maestà*, considerada a maior criação individual da Escola Bizantina, embora tenha sido pintada por Duccio, entre 1308 e 1311, em Siena e não em Bizâncio (WALKER, 1984). Além disso, essa obra é também considerada uma

expressão perfeita da arte medieval, embora contenha algumas sementes de desenvolvimentos futuros, com destaca John Walker (WALKER, 1984).

Figura 3 “A entrada em Jerusalém”, de Duccio Buoninsegna, também da *Maestà*. Museo dell'Opera del Duomo, Siena, Itália



O terceiro e último exemplo é uma pintura, igualmente de Duccio, que representa a entrada de Jesus em Jerusalém, na qual é evidente a falta de perspectiva da pintura medieval. Além disso, o céu é dourado e as vestes de Jesus são em nobres tons de azul e vermelho, que se destacam muito dos demais tons pastéis.

Em suma, a arte medieval se desenvolveu durante um longo período no qual a Igreja Católica, além de seus atributos religiosos, influenciava, supervisionava e filtrava todas as produções científicas e culturais, tendo servido, em boa parte, para a decoração de igrejas, catedrais, mosteiros e palácios. Portanto, ela teve, essencialmente, o papel de aproximar o Homem de Deus, as pessoas da religiosidade, reafirmando a sociedade e o estado teocêntricos. O abandono desse céu dourado, que será tratado na próxima Seção, é um presságio de uma importante transformação na visão de mundo, que começa a mudar com São Francisco de Assis.

Um estudo específico sobre o espaço na pintura medieval pode ser encontrado na obra de Miriam Bunim (BUNIM, 1970). Para se compreender em detalhe a história do espaço

pictórico na Arte italiana, nos séculos XIII, XIV e XV, visando a uma melhor compreensão da Arte renascentista, sugere-se o livro de John White (WHITE, 1987).

### 3 SÃO FRANCISCO, GIOTTO E O CÉU AZUL

Contemplar a beleza do mundo passa a ser um caminho alternativo (e não menos digno) de se chegar a Deus. Assim, São Francisco de Assis dá os primeiros passos para uma nova humanização do Mundo, admitindo que o homem deve se integrar à Natureza, sem se afastar de Deus, preservando-a e admirando-a na sua plenitude, como forma de apreciar a obra do Criador.

Segundo o escritor britânico Gilbert Keith Chesterton, o aparecimento de São Francisco “marcou o momento em que os homens puderam se reconciliar não apenas com Deus, mas com a natureza e, o mais difícil de tudo, consigo mesmos” (CHESTERTON, 2016). São Francisco contribuiu para a difusão da metáfora do *Livro da Natureza* (F. CARUSO; R.M. XAVIER, 2020) como caminho alternativo à Bíblia para o homem, contemplando a maravilha da Criação, chegar até Deus. O grande responsável pela divulgação do pensamento franciscano no meio culto da época foi o religioso português que ficou conhecido como Santo Antônio de Pádua (GEMELLI, 1947), cidade que já era, naquela época, importante centro da erudição escolástica.

Em essência, do ponto de vista filosófico, São Francisco sugere que se olhe para a Natureza *como ela é*. Assim, ele está antecipando em muito uma das características mais notáveis do Renascimento: um olhar desarmado, livre, mais objetivo e crítico, que contribuirá para a formação de um novo sujeito, como aponta Ernst Cassirer (CASSIRER, 2001). Não é à toa que o pintor florentino Giotto di Bondone, abandona a tradição bizantina e passa a pintar o céu de azul e não mais de dourado (CARUSO, 2010; CARUSO, 2012). O céu como ele é. Como disse alguém um a vez, “uma sociedade que pinta o céu de dourado, não pode apontar uma luneta para o céu”. Sim, pois o dourado reflete o céu como morada de Deus, como lugar sagrado de contemplação e admiração e, portanto, incompatível com uma postura investigativa, questionadora, representada aqui pelo ato de escrutiná-lo através de uma luneta.

Admirador de São Francisco, Giotto será o primeiro a representar os santos com aparências humanas e, como já dito, o céu não mais dourado – característico da arte bizantina –, mas azul, sob inspiração de seu contemporâneo Francisco (CARUSO, 2012). Será também o pioneiro na introdução do espaço tridimensional na pintura italiana através da perspectiva (EDGERTON, 1991).

Tais feitos são reflexos de uma nova dupla atitude: observar diretamente a Natureza, e tentar imitar o mundo natural, o que traduz um interesse real no mundo *material* e não apenas no mundo *espiritual* (BUNIM, 1970). Ambas as atitudes requerem uma visão atenta e determinada, e a capacidade de desvendar as proporções naturais daquilo que se vê, o que, em última análise, remete ao estudo da Óptica. Vale lembrar que, na Idade Média, os termos *óptica* e *perspectiva* eram, muitas vezes, usados indiscriminadamente. Voltaremos a esse ponto no final dessa Seção. No entanto, antes, cabe ainda enfatizar que, embora insipiente em sua origem, trata-se de um movimento duradouro que aponta para uma aproximação entre Arte e Ciência, cujo ápice ocorrerá no Renascimento (WHITE, 1987).

A perspectiva adotada por Giotto foi chamada de “espinha de peixe”, porque as linhas de fuga não convergiam para um único ponto, mas para vários pontos dispostos ao longo de um eixo. Mas, de qualquer maneira, foi assim que Giotto pode superar a bidimensionalidade da arte bizantina, de modo a obter um maiorrealismo na representação das suas figuras. Sua arte é um dos primeiros reflexos de uma nova compreensão da Natureza e do próprio Homem que está por ser elaborada a partir desse novo olhar para a Natureza, focado, como já adiantado, em *como ela realmente é*; um olhar mais livre, menos carregado de simbolismos. Giorgio Vasari

refere-se a Giotto como “discípulo da Natureza”,<sup>1</sup> da qual foi um grande estudioso (VASARI, 1996).

Giotto pintou quase todas as paredes da Igreja Inferior de São Francisco, em Assis. “A Lenda de São Francisco”, cuja autoria é tradicionalmente atribuída a ele, é o tema de um ciclo de 28 afrescos que se encontram na Igreja Superior de São Francisco, pintados, provavelmente, entre 1297 e 1300 (Veja exemplo na Fig. 4). Uma vasta iconografia pode ser encontrada em (D’ARCAIS, 1995).

Figura 4 São Francisco rezando para os pássaros, Giotto, c. 1298



19

Nas palavras de Francesca D’Arcais (1995, p. 44),

Para Giotto, Francisco é um ser humano, não diferente dos outros, e sua lenda torna-se histórica, impregnada da realidade do cotidiano e da concretude de uma cidade, de uma paisagem, de um mundo real conhecido. Trata-se de uma revolução figurativa, pois dá início a um processo de secularização do sagrado e de atualização dos acontecimentos absolutamente distinto – na verdade oposto – da

<sup>1</sup> Expressão dita no seguinte contexto: Toda a obra de Giotto lhe deu, segundo Vasari, “uma fama muito grande, pela bondade das figuras, e pela ordem, proporção, vivacidade e facilidade que tinha da natureza, a qual se tornara muito maior com o estudo, e que ele podia demonstrar claramente. E porque, além do que Giotto conseguia da natureza, era muito estudioso, e sempre pensava em coisas novas e as retirava da natureza, mereceu ser chamado de discípulo da natureza, e não de outra coisa.”

tradição medieval, e que caracterizará a pintura em particular ao longo do século XIV e posteriormente. Assim, a representação da arte sacra começa, aqui nas paredes da Basílica Superior de Assis, a carregar uma conotação diferente: secular, profana, moderna.

De um ponto de vista externalista, a incorporação de elementos seculares nas Artes, a partir do século XIII, tem relação com o crescimento das comunidades civis como centros intelectuais e com a criação das Catedrais (PANOFSKY, 2012) e Universidades (VERGER, 1973), que dão um novo valor às cidades. Elas passam a concentrar uma infraestrutura educacional, antes restrita aos ambientes religiosos e monásticos (BUNIM, 1970).

Ainda sobre as importantes diferenças introduzidas por Giotto nesse Ciclo Franciscano, a mesma autora escreve mais adiante (D'ARCAIS, 1995, p. 44):

Mas o que especialmente marca este ciclo como diferente até dos ciclos do Antigo e do Novo Testamento, onde talvez tenhamos visto a primeira apreciação de Giotto, é a caracterização indelével de cada indivíduo, à medida que se tornam atores nesta história majestosa: pessoas com rostos fortemente expressivos, retratos impressos dotados de gestos espontâneos e eficazes. Tendo perdido a beleza abstrata de seus traços, com as medidas clássicas que ainda caracterizam as Histórias de Isaac, os rostos agora são os dos homens e mulheres que Giotto via nas ruas de Assis: o Papa atento ao sermão, o pai de Francisco em chamas com raiva, os muitos frades com rostos cheios de curiosidade. Poderosamente individualizados, os personagens dessas histórias estão intimamente ligados uns aos outros, como pode ser visto por seus olhares e gestos. Eles estão conversando. Esta é apenas outra inovação extraordinária que Giotto propôs (...).

Corroborando esse comentário, o historiador da Arte Giulio Carlo Argan vai além, destacando que, durante todo o curso do século XIII, a Arte italiana, em especial a pintura, passa por um processo de abandono de uma mera apresentação da imagem para a representação de ações. Dessa tendência, afirma Argan, a “ideologia bizantina do eterno” passa a ser substituída pela “ideologia da história” e, desse modo, contribui para formar, em suas palavras, “o pensamento de que a consciência da história seja a base de todo interesse cognitivo e ético” (ARGAN, 2013).

A Fig. 5 traz outro exemplo (c. 1305) de tudo que foi dito até aqui sobre a obra de Giotto.

Figura 5 “A Lamentação”, c. 1305, afresco pintado por Giotto, como parte de seu ciclo da Vida de Cristo na parede interna norte da Capela Scrovegni em Pádua, Itália



Ernst Gombrich, historiador da Arte, sustenta que um bom modo de aferir a magnitude da revolução feita por Giotto na Arte é comparar a pintura da Fig. 5 com outra cena do sepultamento de Cristo, também do século XIII, descrita em uma miniatura encontrada em um saltério manuscrito. Essa sua análise esclarecedora é apresentada em seu livro (GOMBRICH, 2012) e vale a pena ser consultada. Giotto redescobre a arte de criar a ilusão de profundidade numa superfície plana. Ainda segundo Gombrich, ele quebra, assim, o sortilégio do conservadorismo da arte bizantina, “aventurando-se em um mundo, no qual traduz para a pintura figuras realistas da escultura gótica”, a partir de uma modelação de luz e sombra (BAXANDALL, 1995).

Voltemos agora ao desenvolvimento dos estudos sobre Óptica no século XIII. Como fruto da postura franciscana com relação à Natureza, e não por acaso, muitos religiosos dessa Ordem dedicaram-se ao estudo da Óptica a partir da Idade Média, época em que, como já recordado, a Ciência estava sob o controle da Igreja.

Antes de comentar esse ponto, porém, é importante recordar que a luz é algo que sempre fascinou o homem. O brilho das estrelas, o Sol, o fogo. Aquilo que lhe afasta da escuridão que amedronta. Aquilo que transita entre o Céu e a Terra, merecendo, por isso, um lugar de destaque em seu imaginário (CARUSO, 2020). Umberto Eco chama a atenção para o fato de a luz ser única quando se considera a possibilidade de transitar entre o Céu e a Terra, que Deus separou (ECO, 1987). Essa característica, além de obviamente fomentar o imaginário religioso, acaba tendo um papel importante no estudo da Óptica, no *Medievo*, ao mesmo tempo em que é ressaltada na Arte. A luz, portanto, nesse período, ocupa um papel de destaque ao longo do desenvolvimento da Física e da Arte a partir desses estudos (CARUSO, 2020). Mais que isso, ousamos afirmar que, naquela sociedade, os vários interesses envolvendo o estudo da luz acabaram aproximando Arte e Ciência tendo a Geometria como linguagem comum, em um momento histórico único. De fato, no cerne de uma sociedade ainda eminentemente teocêntrica,

interesses científicos, filosóficos e artísticos se aproximam, se entrelaçam e, de certa forma, se confundem. Não identificamos outro período em que tal fato tenha acontecido novamente.

De volta à contribuição científica dos franciscanos (CARUSO, 2020), o bispo e teólogo Robert Grosseteste, fundador da Escola Franciscana de Oxford, muito estimulou o interesse pela Óptica na Europa, no século XIII. Roger Bacon, por volta de 1240, ingressou para a Ordem Franciscana, onde, sob influência de Grosseteste, dedicou-se a estudos da perspectiva (LINDBERG, 1996a) e outros, introduzindo a observação da natureza e a experimentação como fundamentos do conhecimento natural. Repete-se a tendência de valorizar o mundo natural. Na verdade, ele foi além de seu tutor, antecipando ideias de Galileu Galilei que revolucionaram a Física e marcaram o que se passou a denominar Ciência Moderna, ao afirmar que o método científico depende da observação, da experimentação, da elaboração de hipóteses e da necessidade de verificação independente. No que se refere especificamente à Óptica, tanto Grosseteste quanto Bacon tiveram enorme influência do polímata Ibn Al-Haitham – conhecido no Ocidente como Alhazen – que havia escrito o importante livro *De aspectibus*, com uma forte descrição matemática da Óptica, explorando sua natureza geométrica (LINDBERG, 1996b).

Outro franciscano, que chegou a ser Arcebispo, John Peckham, escreveu um manual de Óptica (*Perspectiva communis*) que ajudou a difundi-la na Europa Central. Witelo, igualmente franciscano, influenciado por Bacon, foi autor da obra *Perspectiva*, que teve importante circulação na Idade Média. Muitas dessas contribuições concentraram-se nas décadas de 1260 e 1270 (GRANT, 1974). Toda essa produção foi muito importante, tanto para a difusão e a matematização dos estudos de Óptica, por meio da Geometria, quanto para estabelecer um compartilhamento frutífero de interesses artísticos e científicos.

Também o nominalismo de William de Ockham tem raízes franciscanas. Tendo feito um esforço de separar fé e razão, e defendido que a causa das coisas deve ser conhecida pela experimentação, ele é considerado o precursor do racionalismo, do cartesianismo e do empirismo moderno. Cabe lembrar aqui que os nominalistas vão tender a considerar apenas a *causa efficiens* de Aristóteles como a única causa necessária para explicar a Natureza. Essa escolha, como se sabe, será, mais tarde, compartilhada por Isaac Newton, constituindo-se no fulcro de sua Mecânica, elaborada a partir dos conceitos de *massa* e *força* (SNOW, 1926).

No que se refere a essa compreensão embrionária de um novo método científico, esboçada no final da Idade Média e que acaba de ser descrita muito resumidamente, é ela que, em última análise, irá libertar de vez a Ciência e, em particular, a Astronomia (Seção 4), de todo um conjunto de atitudes cerceadoras impostas, metaoricamente, pela representação sistemática do céu dourado.

#### **4 A GEOMETRIA EUCLIDIANA, O RENASCIMENTO ITALIANO E O *DE REVOLUTIONIBUS***

Como foi visto na Seção anterior, no século XIII, Giotto deu uma importante contribuição no sentido de representar, de forma bastante verossímil, a tridimensionalidade do espaço no plano pictórico. Mas foi apenas no século seguinte que o famoso arquiteto florentino Filippo Brunelleschi definiu a perspectiva como a ciência da representação. Embora seus escritos tenham se perdido, testemunhos de contemporâneos atestam sua primazia, dentre os quais o de Leon Battista Alberti. De fato, em 1436, em seu *Trattato De Pictura*, escrito em língua vulgar (italiano), Alberti alude, na dedicatória, ao arquiteto mencionando sua “engenhosidade maravilhosa” (referindo-se à perspectiva, tal qual se conhece hoje).

Alberti foi chamado de “homem universal” do início da Renascença e “profeta de um grande estilo de arte”. Seu *De Pictura*, apontando por muitos como o livro mais importante sobre pintura jamais escrito, deu as primeiras definições teóricas de perspectiva e de pintura narrativa, além de salientar o valor intelectual da atividade pictórica. Nessa obra, ele compara

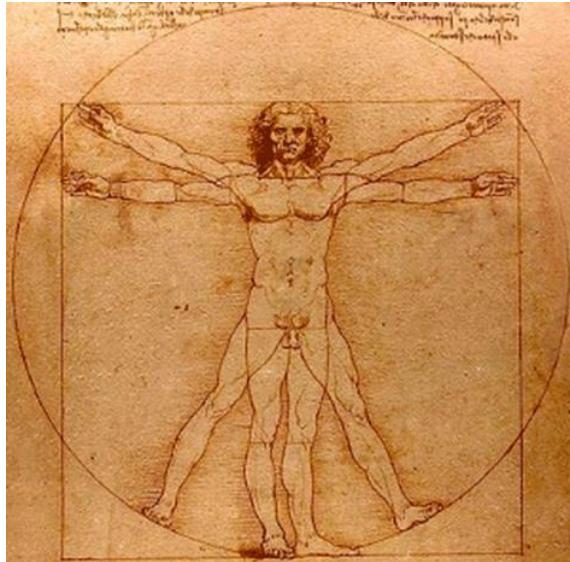
um quadro a uma janela para o mundo. Segundo ele, é a perspectiva que nos mostra o mundo tal qual Deus o fez. Portanto, admitindo-se essa premissa, o caminho alternativo franciscano para se chegar a Deus passa pela perspectiva. Ao afirmar que o pintor pode fixar seu ponto de vista onde quiser, está admitindo o homem, movido por sua liberdade, como o princípio de ordem no mundo. Essa nova tendência se coaduna com o Humanismo italiano inaugurado por Francesco Petrarca (QUILLEN, 1998) e que teve Marsílio Ficino como seu maior expoente. O homem passa a ter um lugar de maior destaque na Filosofia do Renascimento (CASSIRER, 1956).

Segundo Ficino, o agir humano em todas as suas manifestações – artísticas, técnicas, filosóficas ou religiosas – exprime, no fundo, a presença divina de uma *mens infinita* na Natureza. O homem é exaltado como um microcosmos, síntese do Universo. Essa visão, embora não seja nova, pois já era discutida por Platão e pelos neoplatônicos, vai adquirir novas dimensões no Renascimento e, em especial, no Iluminismo.

Vamos abrir um parêntese aqui para dar um belo exemplo dessa relação entre Deus e esse novo Homem, diferente da que encontramos na Idade Média, que está implícito na representação artística do *homem vitruviano* por Leonardo, famoso desenho feito por volta de 1490, extraído da Ref. (CARUSO; XAVIER, 2020). Da Vinci inspira-se na descrição dada pelo arquiteto romano Marcos Vitrúvio Polião, que viveu no século I a.C., sobre as proporções do corpo humano, a qual se encontra em sua obra em 10 volumes, *De Architectura* (VITRUVIO, 2003).

No desenho leonardiano vê-se um homem nu representado simultaneamente em duas posições distintas com os braços inscritos em um círculo e em um quadrado (Fig. 6).

Figura 6 O *Homem vitruviano*, desenho de Leonardo da Vinci, c. 1490



É bem sabido, desde a Antiguidade Clássica, que o *círculo* é considerado símbolo dos movimentos perfeitos, da perfeição divina ou, em suma, do próprio Deus. A outra figura geométrica utilizada na representação desse homem vitruviano é o *quadrado* que, ao contrário do *círculo*, não é uma forma que apareça na Natureza; é, por isso, uma construção da mente humana.

Ao usar simultaneamente as duas figuras geométricas para inscrever o mesmo homem em duas posições distintas, Leonardo está abordando a antiga questão da *quadratura do*

círculo,<sup>2</sup> mas não somente do ponto de vista matemático ou mesmo técnico. O gênio italiano, nesse desenho, está nos dizendo duas coisas complementares sobre o Homem: por um lado, que as proporções (áureas) (HUNTLEY, 1970) do corpo humano refletem o caráter divino do Criador; por outro, que esse mesmo homem pode ter algo de divino, uma vez que é capaz de perceber na Natureza a presença de uma *mens infinita*, divina, como pensava Ficino. Deus oferece o círculo, e o homem, o quadrado, como formas concatenadoras da *ordem*. Deus permeia todo o Livro da Natureza, do qual o sujeito apreende as inter-relações naturais a partir da Geometria. É através do intelecto e de um arcabouço geométrico do Mundo, portanto, que esse novo homem pode se elevar até Deus. Dessa forma, o microcosmos e o macrocosmos estariam relacionados, do mesmo modo pelo qual o homem está em harmonia com Deus. Podemos antever aqui traços da máxima *Deus sive Natura*,<sup>3</sup> do filósofo holandês Baruch Espinoza.

Retornando à publicação dos tratados de perspectiva, por volta de 1480, Piero della Francesca escreveu seu *De Prospectiva Pingendi*, importante tratado sobre a perspectiva na pintura (FRANCESCA, 1984). Outra contribuição de destaque veio de Leonardo da Vinci, que nos legou seu *Manoscritto A* (1492) sobre o mesmo assunto e parte de seus manuscritos foi publicada postumamente com o título *Trattato della Pittura*. Leonardo teve inegável influência de Alberti. Em particular, parece que foi dele o conselho para experimentar e ver seu trabalho como um exercício intelectual e não meramente técnico. Já em 1509, Luca Pacioli escreveu a importante obra *De Divina Proportioni*.

Ainda nessa linha, sabe-se que o alemão Albrecht Dürer, como parte de sua formação, conheceu os trabalhos de Alberti, em uma viagem que fez à Itália, e o livro de Pacioli, além de ter lido *Os Elementos* de Euclides. Dedicou-se à elaboração de tratados sobre medidas e proporções humanas, perspectiva e geometria, como elementos estruturantes da obra de arte, além de fazer várias gravuras sobre diferentes técnicas de desenho em perspectiva (*cf.* um exemplo na Fig. 7), desempenhando um importante papel de divulgação dessa técnica em vários países europeus. Destacamos a publicação, em 1525, de um manual ressaltando sua compreensão sobre geometria e perspectiva (DÜRER, 1977) e, em 1528, de um tratado sobre proporções (DÜRER, 1969), considerado o precursor da geometria descritiva.

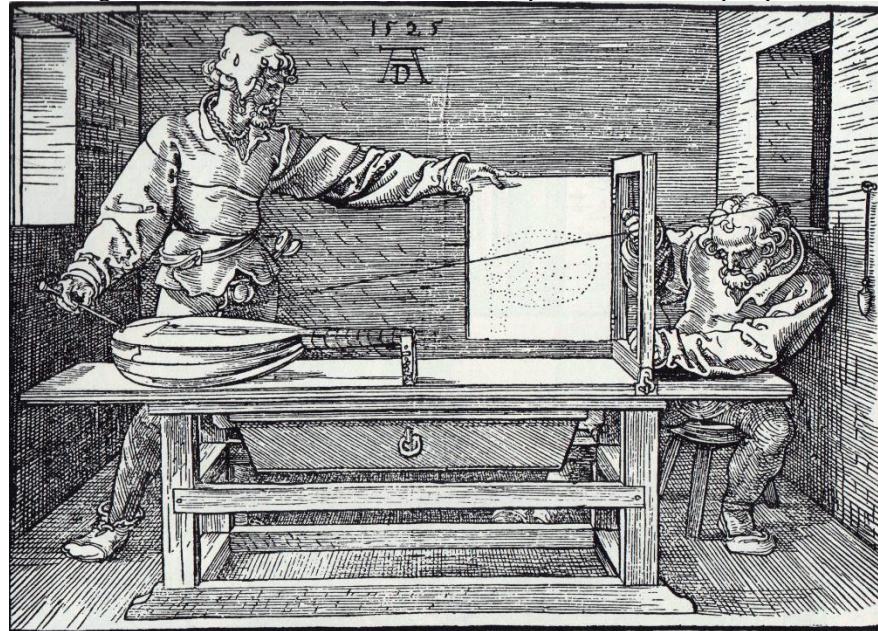
Todas essas obras que acabamos de mencionar sucintamente constituíram um *corpus* teórico e prático que influenciou a pintura por séculos.

---

<sup>2</sup> A *quadratura do círculo* é um problema proposto pelos antigos geômetras gregos consistindo em construir um quadrado com a mesma área de um dado círculo servindo-se somente de uma régua e um compasso em um número finito de etapas.

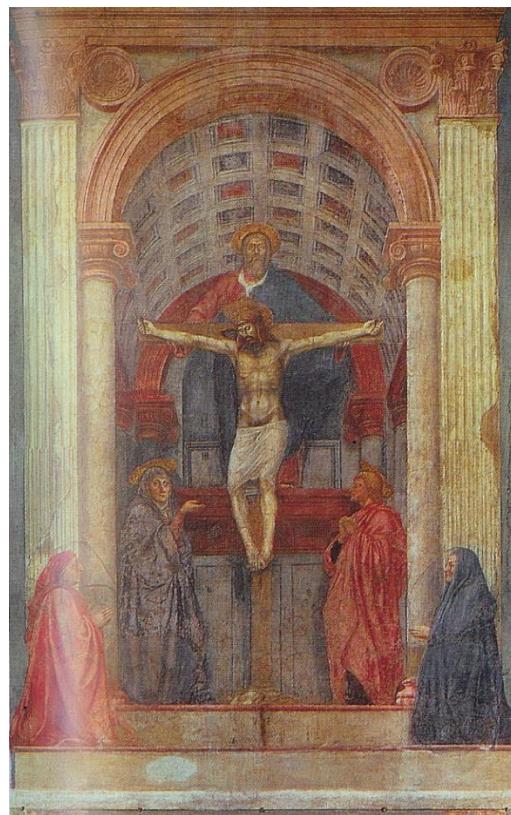
<sup>3</sup> “Deus ou Natureza”. Cf. C. Fraenkel. Maimonides' God and Spinoza's Deus sive Natura. **Journal of the History of Philosophy**, v. 44, n. 2, p. 169-215 (2006).

Figura 7 Xilogravura de Dürer ilustrando um método para desenhar em perspectiva, c. 1530



Vejamos agora alguns exemplos do emprego da perspectiva na pintura. O afresco *Trinità*, pintado por Masaccio (sua última obra), foi inspirado nos trabalhos de Brunelleschi e é considerado uma obra pioneira da correta utilização da perspectiva, como se pode comprovar da Fig. 8.

Figura 8 “A Trindade”, afresco de Masaccio, 1426, encontra-se na *Basilica di Santa Maria Novella*, Florença



“A Flagelação de Cristo” (Fig. 9) integra a lista das dez melhores pinturas elaborada pelo historiador de arte Kenneth Clark. Ela é particularmente admirada pela unidade matemática de sua composição e pela capacidade de Piero della Francesca para retratar a distância entre a cena da flagelação e os três personagens do primeiro plano de forma realista, por meio da perspectiva. Um observador tipicamente habituado com as representações bizantinas medievais muito provavelmente não conseguiria decodificar a cena a partir da compreensão de que Cristo é menor que outros personagens não por estes serem mais importantes, mas pelo fato de estar em um plano afastado em relação a eles.

Figura 9 “A Flagelação de Cristo”, de Piero della Francesca, c. 1455-1460. Encontra-se na *Galleria Nazionale delle Marche*, em Urbino, Itália



26

Outras características relevantes que esse quadro nos traz são o céu azul e o piso quadriculado de mármore, que representa o espaço euclidiano homogêneo. Essas particularidades são recorrentes em muitas pinturas até o início do século XVI. Citaremos aqui apenas algumas: “A cidade ideal”, do final do século XV, pintada por um fiorentino anônimo, em 1482, conservado no *Walters Museum* de Baltimore; “Cristo entregando as chaves a São Pedro”, do mestre Perugino (que foi professor de Rafael), também de 1482, que faz parte da ornamentação da Capela Sistina, em Roma; “O Casamento da Virgem”, de Rafael (óleo sobre madeira), datado de 1504, que se encontra na Pinacoteca Brera, em Milão; e a própria “Escola de Atenas”, de Rafael Sanzio (Fig. 10).

A “Escola de Atenas” é um dos painéis que compõem um grupo de quatro afrescos principais que retratam, na *Stanza della Segnatura* do Vaticano, ramos distintos do conhecimento. É considerada por muitos a personificação perfeita do espírito renascentista.

Figura 10 “Escola de Atenas”, de Rafael. Pintada entre 1509 e 1510, na *Stanza della Segnatura* do Vaticano



Com uma estrutura claramente geométrica, vemos de novo na “Escola de Atenas” um céu azul, um chão de mármore quadriculado e uma exaltação à filosofia e ao conhecimento clássico, em consonância com algumas ideias contemporâneas de Ficino, a quem Rafael estava ligado. De fato, no centro do quadro, vemos Platão, com o *Timeu* na mão, apontando para o céu e, ao seu lado, Aristóteles, portando a *Ética* e apontando para a terra. Os diferentes grupos representam estudiosos em diversas áreas do conhecimento. O que importa, para o que estamos tratando nesse artigo, é o grupo na parte inferior à direita do quadro, em primeiro plano. Nele, acredita-se que Rafael possa ter representado os seguintes personagens que estariam estudando ou discutindo Geometria com Euclides: Estrabão, geógrafo e filósofo grego e Cláudio Ptolomeu, famoso por seus trabalhos em Matemática, Astronomia, Geografia e Cartografia. Mais importante ainda é destacar que o pintor faz um autorretrato, colocando-se em pé, bem à direita desse grupo. Uma espécie de “assinatura” endossando o valor que ele atribui à Geometria, evidente na composição como um todo.

Por fim, antes de passarmos à discussão do papel da Geometria na Astronomia, gostaríamos de mencionar duas pinturas clássicas, nas quais a Geometria é usada para compor a simetria do quadro, dando-nos a noção de equilíbrio entre as partes da composição o que, na verdade, remete ao significado original do termo grego *simetria*, algo “com medida”, “com um equilíbrio entre as partes”. São eles: “O Batismo de Cristo”, de Piero della Francesca (tempera sobre madeira), c. 1445, e “O Martírio de São Sebastião”, de Antonio Pollaiuolo, retábulo (óleo sobre madeira) de 1475, ambos preservados na National Gallery, Londres.

Os exemplos trazidos até aqui deixam evidente a tendência crescente de geometrização da pintura na transição da Idade Média para o Renascimento. Muitas vezes esse fato salta aos olhos do observador comum. Há ainda interpretações de estudiosos da Arte, às vezes menos evidentes, e, também, exame de telas com raios X para se identificar um eventual arcabouço geométrico desenhado pelo pintor sob a tinta. A esse propósito, veja o fascinante livro de Charles Bouleau (BOULEAU, 1988).

Cabe ainda enfatizar outra característica geral do final da Idade Média: o estado mental religioso se esvanece lentamente e começa a dar lugar a um novo estado mental que preparará o caminho para o Renascimento. Segundo o historiador da Ciência Medieval, Edward Grant, quatro foram as causas que permitiram preparar o caminho para uma nova Ciência em solo europeu: traduções para o latim de textos científicos gregos e árabes; o fenômeno europeu da

invenção das universidades, que logo utilizaram estas novas traduções como parte de seus currículos básicos; os ajustes do Cristianismo ao conhecimento secular; e a transformação da filosofia natural de Aristóteles (GRANT, 1996).

Em 1543, é publicado o famoso tratado *De Revolutionibus Orbium Coelestium* do astrônomo polonês Nicolau Copérnico (COPERNICUS, 1543), que revoluciona o estudo dos céus e abre caminho para um novo Cosmos muito diferente do aristotélico (SOBEL, 2011). O autor escolheu fazer imprimir na folha de rosto de seu livro uma frase em grego (assinalada em amarelo na Fig. 11) que, de certa forma, resume o enfoque de sua contribuição maior à Astronomia. É essencialmente a mesma frase que Platão teria mandado afixar na porta de sua Academia: “Proibida a entrada a quem não conhece Geometria”. Assim, Copérnico deixa claro ao seu leitor, já no frontispício do livro, que o caminho para compreender os movimentos dos Céus é a Geometria.

Figura 11 Frontispício do livro de Copérnico, *Sobre a revolução dos Orbes Celestes*, publicado em 1543



A importância deste livro (CARUSO, 2008) poderia ser simplesmente inferida, por exemplo, do comentário do historiador da Ciência Alexandre Koyré (KOYRÉ, 1961), no qual ele afirma, com muita propriedade, que:

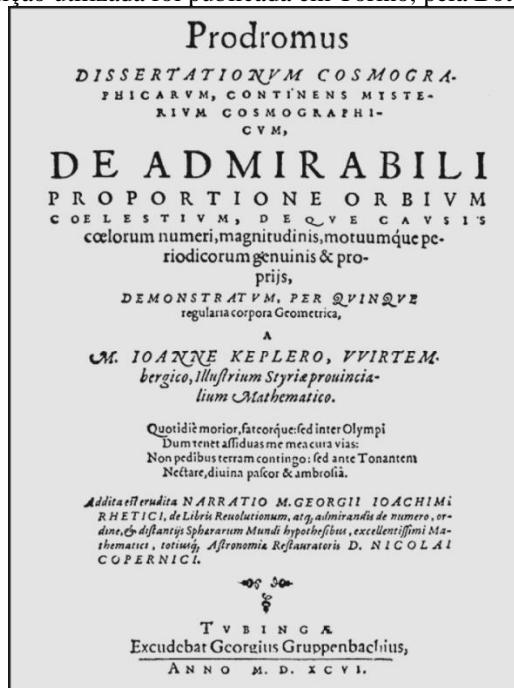
O ano de 1543, ano da publicação do *De Revolutionibus Orbium Coelestium* e o da morte do autor, Nicolau Copérnico (1473-1543), marca uma data importante na história do pensamento humano. Estamos tentados a considerar essa data como significando ‘o fim da Idade Média e o começo dos tempos modernos’, porque, mais que a conquista de Constantinopla pelos turcos ou a descoberta da América por Cristóvão Colombo, ela simboliza o fim de um mundo e o começo de outro.

Quando Copérnico tira a Terra do centro do Universo, o homem, que se acreditava feito à imagem e semelhança de Deus e cria ser um ocupante privilegiado deste centro, vê-se, de repente, um ser periférico, à medida que a Terra passa a ser vista tão somente como um dos planetas que giram ao redor do Sol. Esse impacto sobre o imaginário coletivo ficou conhecido como a primeira das três feridas narcísicas – expressão cunhada por Sigmund Freud –, assim chamadas por ferirem o *ego* humano (FREUD, 1917). As outras duas feridas referem-se às contribuições de Charles Darwin e do próprio Freud (WEINERT, 2009).

Em 1596, é publicado um livro de Johannes Kepler sobre os céus. Em seu pródromo, reproduzido na Fig. 12, é declarada explicitamente sua intenção de desenvolver um modelo cosmológico claramente geométrico, influenciado pela filosofia de Platão. De fato, nele se lê:

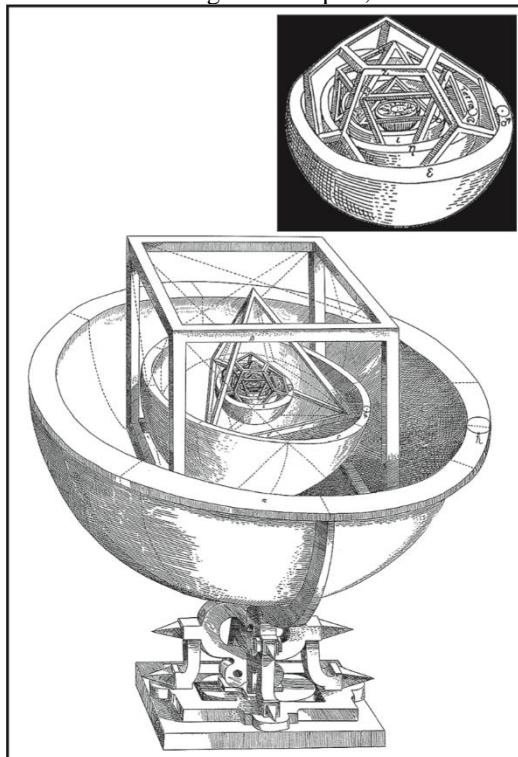
Dissertação cosmográfica contendo o mistério cosmográfico sobre as admiráveis proporções dos orbes celestes, e sobre as razões próprias e genuínas do número, da grandeza e dos movimentos periódicos dos céus, demonstrado mediante os cinco corpos regulares da Geometria,  
por Johannes Kepler.

Figura 12 Pródromo do livro *Dissertatio cum Nuncio Sidereo accedit Narratio de quattro iovis satellitibus*, de Kepler, 1596. A edição utilizada foi publicada em Torino, pela Bottega d’Erasmo, 1972



O esquema de seu modelo geométrico é mostrado na Fig. 13.

Figura 13 Modelo cosmológico de Kepler, de influência platônica



O Kepler mais maduro vai abandonar esse modelo platônico e a ideia aristotélica das esferas celestes. Com base nos dados observacionais de Tycho Brahe, passa a buscar as leis matemáticas das órbitas dos corpos celestes, expressas por curvas geométricas. Do ponto de vista metodológico, vemos, mais uma vez, uma mudança de atitude, voltada de novo para a valorização da observação direta do mundo natural.

Esse fato, em si, revela uma verdadeira revolução intelectual, do ponto de vista da explicação física do movimento dos planetas. Sim, pois Kepler busca uma unificação da Astronomia e da Física – que ressolveria a crise introduzida pelo heliocentrismo copernicano –, tentando estabelecer a causa dinâmica das órbitas dos planetas em torno do Sol, desafio esse que, contudo, só foi resolvido por Newton, com sua teoria da Gravitação Universal.

A superação da crise introduzida por Copérnico, devida à síntese de Newton, restaurou a confiança na Ciência e na Razão e abriu a estrada para o *Iluminismo*, marcado pelo Encicopedismo, pela síntese filosófica de Kant (filósofo do newtonianismo) e pelo *Système du Monde* de Pierre-Simon de Laplace (CARUSO; XAVIER, 2020). Instaura-se, dessa maneira, uma nova ordem no mundo material e nas ideias.

É importante destacar também o fato de que Kepler abre a porta para que a credibilidade da Astronomia supere a da Astrologia. Desse momento em diante, do ponto de vista da Ciência, o espaço geométrico toma o lugar do espaço hierarquizado, mítico e mágico do imaginário medieval. Se Platão foi responsável pelo que se pode chamar de a “primeira geometrização da Física”, pode-se dizer que a Revolução Copernicana inaugura a “segunda geometrização da Física”. Galileu Galilei e Isaac Newton, só para citar dois dos maiores nomes da Física, desenvolverão também suas ideias científicas fortemente embasadas na Geometria. O mesmo ocorrerá com Albert Einstein, bem mais tarde, como será visto na próxima Seção.

## **5 AS GEOMETRIAS NÃO EUCLIDIANAS: UMA FERRAMENTA PARA A ARTE E A FÍSICA NO INÍCIO DO SÉCULO XX**

No início do século XIX, a partir da negação do quinto postulado de Euclides (postulado das paralelas), começam a aparecer as chamadas Geometrias não euclidianas, termo cunhado por Johann Carl Friedrich Gauss (ROSENFELD, 1988; GREENBERG, 2007). Além de Gauss, contribuíram para o desenvolvimento inicial dessa nova área da Matemática: Nikolai Lobachevsky, János Bolyai e Georg Friedrich Bernhard Riemann. Se, do ponto de vista da Matemática, a Geometria Analítica de Descartes foi o símbolo do século XVII, a invenção das geometrias não euclidianas marca a segunda metade do século XIX. Este século presenciou também o desenvolvimento de geometrias n-dimensionais, independentemente de serem euclidianas ou não.

Esse desenvolvimento teve importante papel tanto na Física quanto na Arte Moderna (HENDERSON, 1983), como veremos a seguir.

Segundo a professora de História da Arte Linda Henderson, tudo começou com um movimento de popularização dos espaços n-dimensionais e das Geometrias não euclidianas na segunda metade do século XIX (HENDERSON, 1983). Desenvolveu-se toda uma literatura em torno de implicações filosóficas e místicas com relação a espaços de dimensões maiores, de fácil acesso a um público de não especialistas. Em especial, sobre a imaginação de uma quarta-dimensão, muito antes do trabalho de Minkowski e da Relatividade Especial de Einstein e do Cubismo.

O Cubismo é um movimento artístico que teve origem na França, no início do século XX, por volta de 1907. Teve como principais fundadores o espanhol Pablo Picasso e o francês Georges Braque. Ao contrário do movimento artístico iniciado por Giotto, como resumido na Seção 3, o Cubismo não tinha o compromisso de representar a natureza de forma realista. Sua estética revolucionária foi marcada pela fragmentação do espaço e dos objetos e pela projeção de vários tempos no mesmo quadro, a partir da utilização de superposição de formas geométricas simples como trapézios, círculos, cubos, esferas e cilindros. Com isso, oferece ao observador algo novo: a possibilidade de múltiplas visualizações simultâneas da pintura. É considerado por alguns estudiosos da arte como o primeiro movimento a introduzir elementos da vida urbana e industrial entre os seus temas.

Entre 1909 e 1912, o cubismo desenvolveu-se até o que ficou conhecido como período analítico. Os cubistas não buscavam mais reproduzir a aparência de um objeto, mas pintar a “coisa em si”, como a soma de todas as suas aparências possíveis. Assim, os objetos não eram mais retratados de forma naturalística, a partir de uma posição dada. Essa perspectiva usual, passou a ser considerada limitada. O pintor passa a representar os vários pontos de vista possíveis ao mesmo tempo. Essa justaposição de múltiplas perspectivas diferentes passa a ser disposta na tela em diferentes facetas. Ao mesmo tempo, forma e espaço passam a ser amalgamados um no outro. Pouco tempo mais tarde, algo parecido acontecerá na Relatividade Geral de Einstein, como teremos a oportunidade de comentar.

O quanto o movimento cubista beneficiou-se das novas Geometrias é discutido em detalhes por Henderson em seu interessante livro (HENDERSON, 1983). Por exemplo, nele é apresentado um levantamento cuidadoso, documentado, de referências específicas de artistas e críticos de arte às novas geometrias, entre 1909 e 1914, comprovando a relação entre elas e a atividade artística.

Se o espaço é curvo, as regras clássicas da perspectiva não valerão mais. Pode-se, então, imaginar objetos em diferentes tipos de espaço, que não reproduzem as proporções observadas. Isso acabou dando a liberdade aos cubistas de desconstruir os objetos ou o espaço. A deformação ou distorção mais frequente na pintura cubista era o fracionamento de uma figura

em diversas peças, legitimando a rejeição da perspectiva em favor de múltiplos pontos de vista (HENDERSON, 1983).

Há praticamente consenso de que a primeira obra cubista foi a tela de Picasso “Les Demoiselles d’Avignon” (Fig. 14), de 1907, na qual se percebe uma certa influência africana. Esta foi uma tendência da arte do início do século XX: buscar ingredientes na arte de outras culturas, principalmente com relação à expressividade e à simplicidade, como nas artes africanas, indígena e japonesa, por exemplo. Foram pioneiros nesse sentido: van Gogh, Cézanne e Gauguin.

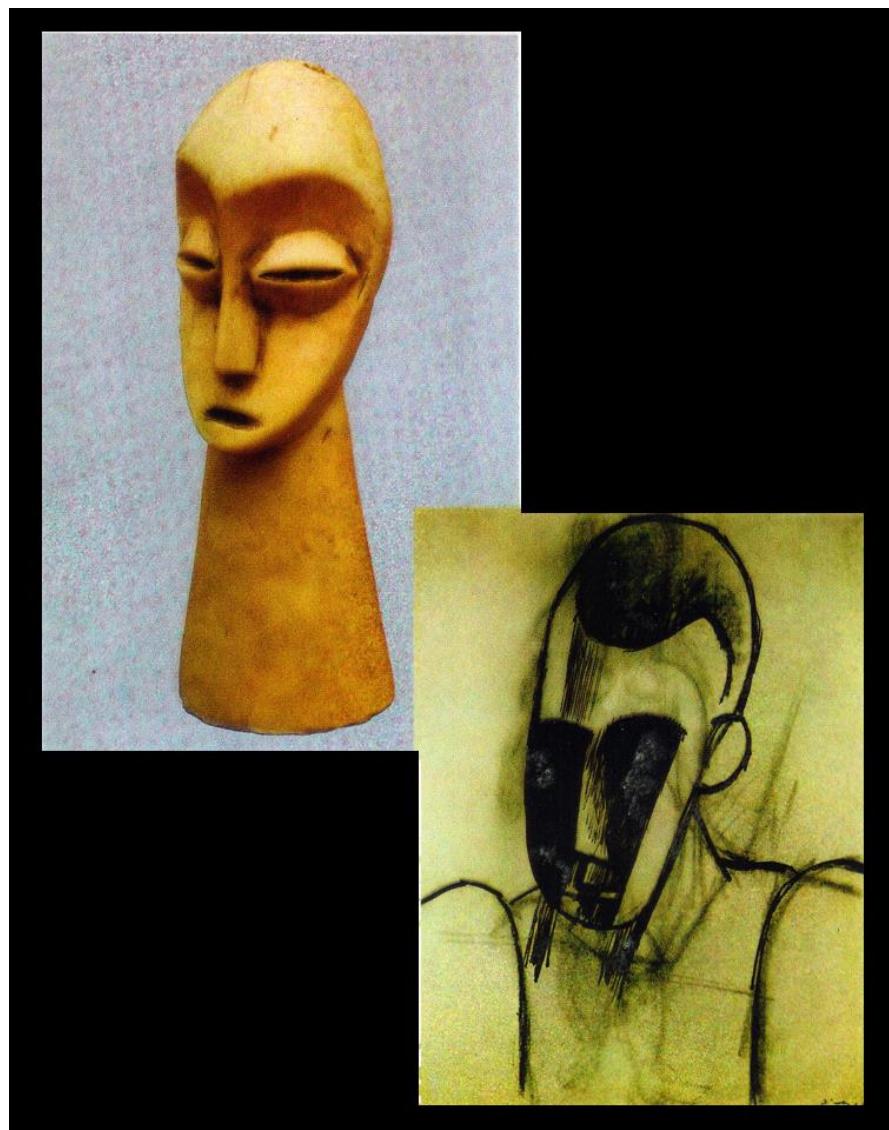
Figura 14 “Les Demoiselles d’Avignon”, de Picasso, pintada em 1907. Óleo sobre tela que se encontra no *Museum of Modern Art*, de New York



32

Um exemplo dessa influência pode ser visto na Fig. 15, na qual se compara um desenho feito por Picasso com uma escultura africana que ele teve oportunidade de conhecer previamente, como nos adverte Charles Wentinck, em um livro muito interessante que traz vários exemplos relacionando a Arte moderna com a primitiva (WENTINCK, 1979). Na realidade, há registro de que esse não é um caso isolado; Picasso realmente teria estudado arte africana (GOMBRICH, 2012).

Figura 15 Desenho de uma cabeça feito por Picasso, influenciado por uma escultura africana



Os dois quadros seguintes são exemplos típico de construções cubistas. No primeiro, de autoria de George Braque, é a figura que é distorcida, fragmentada, dando ao observador diferentes perspectivas. Já no segundo, “Nu Descendo uma Escada nº 2”, de Marcel Duchamp, percebemos que o quadro é concebido como se fossem fotografias estroboscópicas, isto é, há a pretensão de representar em uma mesma tela vários instantes superpostos do movimento de alguém descendo uma escada.

Figura 16 “Menina com Violão”, de George Braque, pintada em 1913. Museu Nacional de Arte Moderna da Vila de Paris



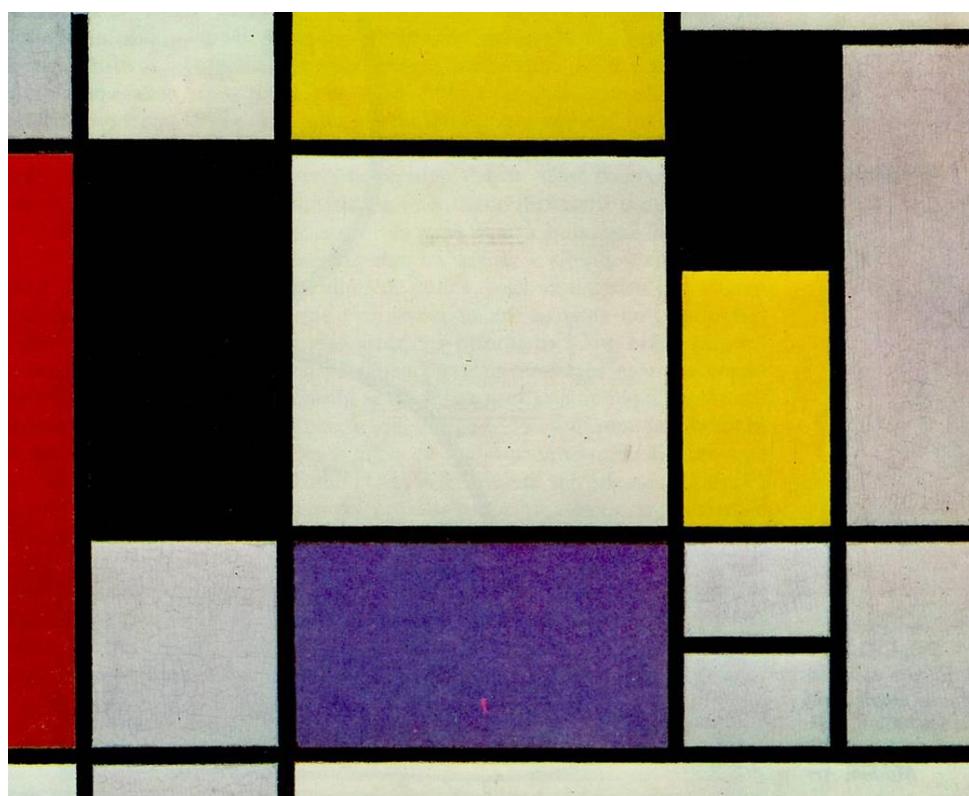
34

Figura 17 “Nu Descendo uma Escada nº 2”, de Marcel Duchamp, feita em 1912. Museu de Arte da Filadélfia



Ainda cedo, veio uma espécie de resistência a essa desconstrução cubista, por alguém que integrou o movimento de início, desde 1911, quando se mudou para Paris. Trata-se do neerlandês Piet Mondrian. A partir de 1916, passou a buscar com sua arte o que considerava “a estrutura irredutível do mundo”, expressa apenas por linhas retas, sempre perfeitamente paralelas ou perpendiculares, sobre o plano e algumas cores básicas (Fig. 18). Essa é sua forma de buscar a essência da beleza e do equilíbrio, que volta a estar associada à Geometria euclidiana.

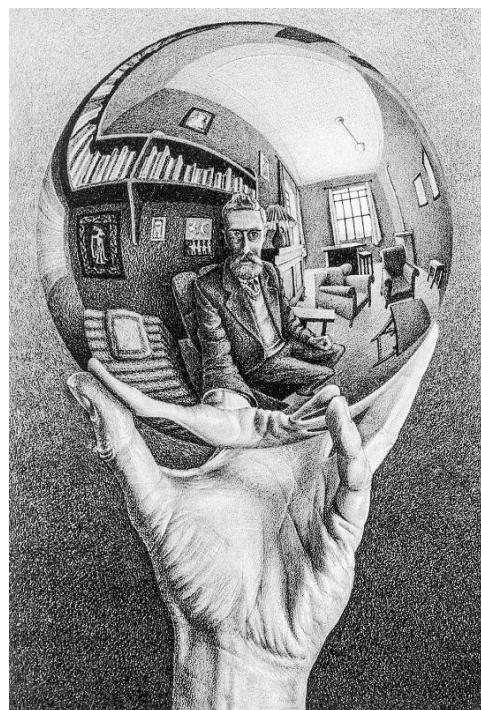
Figura 18 Mondrian: “Composição em amarelo, vermelho, preto, azul e cinza”, 1920. Museu Municipal, Amsterdã



35

Fora do cubismo, encontramos, nas litografias do holandês Maurits Cornelis Escher, uma recorrência ao emprego de geometrias não euclidianas. Um exemplo é seu autorretrato em uma esfera (Fig. 19).

Figura 19 Escher: “Autorretrato refletido em uma esfera”, de 1935



Outro aspecto recorrente em sua obra, que encontramos igualmente no Cubismo, é a representação sobreposta numa mesma gravura de diferentes perspectivas de um mesmo objeto, como no exemplo da Fig. 20.

36

Figura 20 Escher: “Outro Mundo”, 1947. Xilogravura, Coleção *Gemeentemuseum Den Haag*



O movimento de desconstrução do espaço e de abstração na Arte Moderna cresceu tanto que o pintor espanhol Oscar Domínguez, em 1939, faz um alerta, com sua obra “Nostalgia del Espacio” (Fig. 21).

Figura 21 “Nostalgia del espacio”, de Oscar Domínguez, 1939. MoMA, New York



Mas isso não é nada se comparado à obra de Jackson Pollock, que explorou ao máximo a técnica conhecida como “gotejamento”. Nesse método, ele derramava tinta líquida sobre a tela, criando composições abstratas com linhas emaranhadas e padrões imprevisíveis. A tela passa a ser um registro de movimentos arbitrários do pintor. Uma espécie de receptáculo semelhante ao que registra os traços de um sismógrafo devido a um abalo, aqui substituído pela vontade ou pelo acaso, segundo o desejo do autor.

Enquanto a arte renascentista aproximou o homem da Natureza, a arte moderna aproxima o homem de si mesmo. Pollock, por exemplo, expressa a necessidade de se ceder a impulsos espontâneos na atividade criativa. O tipo de emaranhado que resulta dessa experiência pictórica (Fig. 22), segundo Gombrich, “satisfaz dois padrões opostos da Arte do século XX: o anseio de simplicidade e de espontaneidade pueril”, de um lado e de outro, diametralmente oposto, “o interesse sofisticado pelos problemas de uma «pintura pura»” (GOMBRICH, 2012), como, por exemplo, na busca de Mondrian.

Figura 22 Jackson Pollock: “*Convergence*”, 1952. Talvez a mais famosa obra do pintor



Vejamos agora que na Física houve também uma revolução que se beneficiou das Geometrias não euclidianas. Só gostaríamos de notar, antes, que, enquanto no Renascimento os momentos de geometrização da Arte e da Física estão separados por cerca de um século, nesse segundo exemplo as transformações acontecem quase que simultaneamente.

O *espaço absoluto* para Newton é uma necessidade lógica e ontológica. Mas não se pode perder de vista também suas concepções religiosas, que o levaram a conceber o espaço como o *sensorium* de Deus. Seu caráter absoluto é, por exemplo, indispensável em seu sistema para a compreensão da primeira lei de Newton, que é essencialmente uma lei geométrica, contra factual. Foi por meio do conceito de espaço absoluto que o grande físico inglês resolveu a crise introduzida pela Revolução Copernicana, ao reunificar a física dos fenômenos terrestres e celestes com sua lei da Gravitação Universal, afirmando que uma maçã cai na Terra pelo mesmo motivo – segundo a mesma lei – que a Terra se movimenta ao redor do Sol (CARUSO; OGURI, 2016).

A partir da Relatividade Especial de Einstein (MILLER, 1981), construída calcada na revisão do conceito de *simultaneidade* e no postulado da constância da velocidade da luz, surge uma nova visão de mundo, uma nova *Weltanschauung*. O espaço, no qual se medem as distâncias, e o tempo, respectivamente quantificados com réguas e relógios, não são mais nem absolutos nem independentes. Formam agora uma variedade a quatro dimensões: o *espaço-tempo* quadridimensional de Minkowski,<sup>4</sup> cuja geometria é não euclidiana. É nesse sentido que podemos afirmar que o progresso da Física do início do século XX depende dessas novas geometrias.

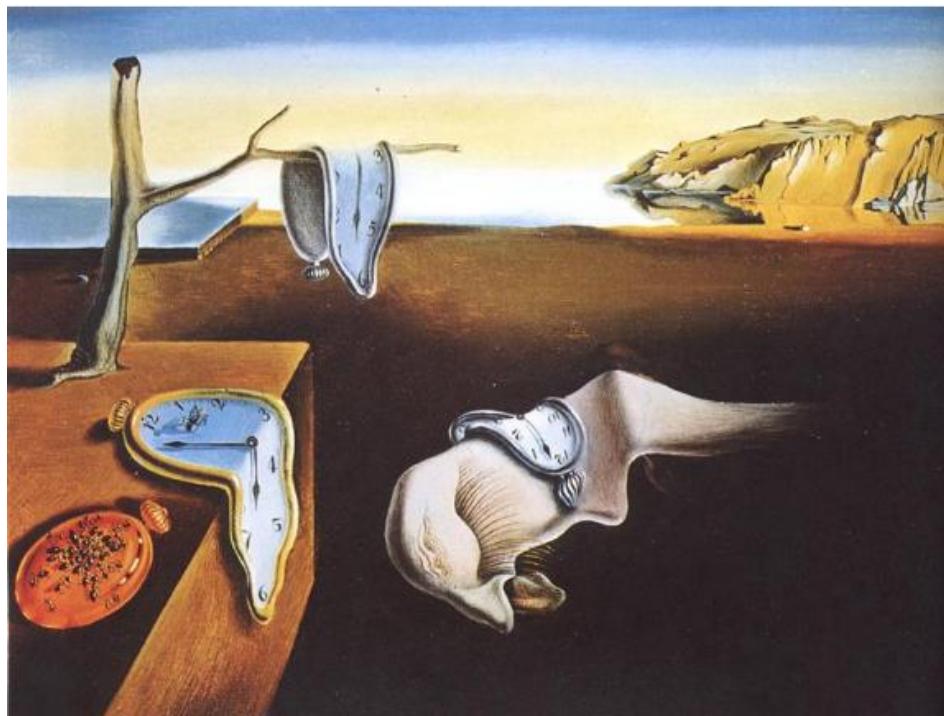
As medidas de espaço e de tempo passam a depender das condições de movimento dos observadores. Sai de cena o “todo poderoso” observador newtoniano, para quem o espaço e o tempo eram absolutos.

“A Persistência da Memória” é de longe uma das pinturas mais características do estilo surrealista de Salvador Dalí. Apesar da conjectura, frequentemente feita, de que a hipótese de os relógios derretendo terem a Teoria da Relatividade como motivação, o próprio Dalí afirmou uma vez que foi um queijo camembert derretendo no sol que o inspirou. A sequência de relógios derretidos em uma paisagem insólita é a descrição de um sonho que Dalí teve. De qualquer

<sup>4</sup> Referência ao matemático alemão Hermann Minkowski.

forma, a interpretação mais comum da pintura é de que ela representa uma rejeição do tempo absoluto e determinista.

Figura 23 Dali: “A Persistência da Memória”, 1931. *The Museum of Modern Art*, New York



39

Nessa nova *Weltanschauung*, é inegável a dupla contribuição de Einstein, fazendo uma profunda crítica do conceito de *tempo* e tomando a Teoria de Maxwell como paradigma de teoria física, em vez da Mecânica Newtoniana. Atribuiu-se, assim, ao princípio da relatividade um caráter mais universal, estendendo-o aos fenômenos eletromagnéticos e, mais tarde, à Gravitação (CARUSO; OGURI, 2016)

De fato, a Teoria da Relatividade Geral é uma teoria da Gravitação. Einstein percebeu que a Gravitação demandava a introdução de um espaço-tempo curvo, cuja geometria (não euclidiana) é o campo gravitacional, agora, de fato, um campo tensorial  $R_{\mu\nu}$  (BASSALO; CARUSO, 2013). Eis a famosa equação de Einstein:

$$R_{\mu\nu} - (1/2) R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = (8\pi G/c^4) T_{\mu\nu}$$

em que  $R$  é a curvatura do espaço,  $\Lambda$  é a chamada constante cosmológica,  $G$ , a constante universal de Newton,  $c$ , a velocidade da luz e  $T_{\mu\nu}$  é o tensor momento-energia associado à matéria. Portanto, percebe-se pela equação anterior que matéria gera curvatura do espaço e esta pode gerar matéria (BASSALO; CARUSO, 2013).

Essa nova teoria de Einstein da Gravitação pode ser chamada de a “terceira geometrização da Física”. O caminho dessa geometrização foi aberto com o conceito absolutamente surpreendente e simples de princípio de equivalência, de 1907, que estabelecia a equivalência de um campo gravitacional homogêneo com um correspondente referencial acelerado e que incluía no seu bojo a explicação da equivalência entre massa inercial e massa gravitacional.

Os projetos einsteinianos de tomar o Eletromagnetismo como paradigma de teoria física e de geometrizar a Gravitação foram, de certa forma, inspiradores. Mais tarde, esses ideais foram estendidos à descrição de outras interações fundamentais da natureza, através das chamadas teorias de *gauge* (calibre) (MORIYASU, 1983; NASH; SEN, 1983). Esta é uma

tendência filosófico-científica que veio para ficar no que se refere à explanação dos processos físicos fundamentais (DAVIES, 1989). As quatro interações conhecidas são, de fato, descritas hoje por teorias de *gauge*.

Portanto, podemos concluir afirmando que as bases geométricas da Física no século XX e início do século XXI têm resistido muito mais do que na Arte, que adquiriu um perfil muito mais plural ultimamente.

## COMENTÁRIOS FINAIS

O foco principal desse artigo foram os dois movimentos históricos dos quais resultaram importantes mudanças na Arte, na Ciência, na Cultura e no próprio Homem. Acreditamos ter deixado claro ao longo do texto as causas e consequências da aproximação entre Arte e Ciência nessas duas situações. Apresentaremos aqui, a título de comentários finais, apenas algumas observações sobre o impacto dessas mudanças na formação de um novo sujeito: aquele iluminista e aquele pós-moderno.

Argumentamos que do Renascimento surge um novo homem, que veio a ser chamado por Stuart Hall *sujeito iluminista* (HALL, 1992), o qual, afinal de contas, resulta de um emaranhado inextrincável de conceitos os quais se espelham na questão crucial da relação do homem com o cosmos, nas relações entre sujeito e objeto (CASSIRER, 2001). Isso subentende duas capacidades notáveis desse sujeito: a de chegar a conceber a *infinitude* do Universo e do espaço tridimensional e a de não sucumbir diante do assombro causado por esse infinito não divino. Ele não se apequena. Ao contrário, conforme já visto, cresce, do momento em que percebe o quanto, por via de seu intelecto, é perfeitamente capaz de abarcar, conceber e racionalizar todas essas indagações que tangenciam o infinito, do microcosmo ao macrocosmo. Talvez por isso Descartes coloque a alma, o intelecto (*res cogitans*) no centro de sua visão do sujeito, em oposição à *res extensa* (CARUSO; XAVIER, 2020).

Em nossa opinião, a emergência do *sujeito pós-moderno*, para usar a expressão de Stuart Hall (HALL, 1992), ou do *sujeito líquido*, na nomenclatura de Bauman (BAUMAN, 2001), deve-se também ao impacto do *infinito*, com uma diferença: enquanto o *sujeito iluminista* foi forjado ao enfrentar a infinitude do Cosmos e do espaço real tridimensional, o *sujeito pós-moderno*, nosso contemporâneo, é caracterizado por sua imersão em um espaço n-dimensional que lhe parece infinito. Estamos nos referindo à facilidade com que ele se perde em uma infinitude (numerável) de espaços na rede, com a rapidez de pressionar uma tecla *enter*. Ou, se preferirmos, espaços virtuais *multidimensionais* passam a ter realidade na vida prática do indivíduo. Aludimos aqui à característica básica de vários hipertextos<sup>5</sup> concatenados que permitem que, a cada *webpage*, o navegante possa abrir outra e mais outra página e assim sucessivamente, praticamente sem limites. Tal fragmentação do texto, do tempo e do espaço tem o seu preço. Não é difícil imaginar que ela possa contribuir para a dissolução da identidade e uma crise de caráter (SENNETT, 2005).

Se é verdade que a questão central do *sujeito* na Pós-Modernidade (ou Modernidade Líquida) pode ser entendida como relacionada à infinitude de dimensões de novos espaços virtuais (CARUSO, XAVIER, 2005; CARUSO, XAVIER, 2020), é possível estabelecer certa analogia com o que ocorreu no Renascimento, época em que o homem conviveu com o espanto diante da infinitude do espaço e do cosmos.

<sup>5</sup> M. Bernard: Hypertexte, la troisième dimension du language. *Text*, v. 13/14, p. 5-20 (1993). Ch. Vandendorpe. *Du Papyrus à l'hypertexte: Essai sur les mutations de text et de la lecture* (Boréal, Montreal, 1999).

## REFERÊNCIAS

- ARGAN, G.C. **História da Arte Italiana**, vol. 1 (Cosac Nayfe, São Paulo, 2013).
- BASSALO, J.M. CARUSO, F. **Einstein** (Livraria da Física, São Paulo, 2013).
- BAUMAN, Z. **Modernidade Líquida** (Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2001).
- BAXANDALL, M. **Luz & Sombra** (Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995).
- BOULEAU, C. **La Geometria Segreta dei Pittori** (Electa, Milano, 1988).
- BUNIM, M.S. **Space in Medieval Painting and the Forerunners of Perspective** (AMS Press, New York, 1970).
- BURKE, P. **O Renascimento Italiano: Cultura e Sociedade na Itália** (Nova Alexandria, São Paulo, s/d).
- BACHELARD. G. **O Novo Espírito Científico** (Tempo Brasileiro, Rio de Janeiro, 1968), p. 12.
- CARUSO, F. O gradual abandono do céu dourado. **Norte Ciência**, v. 3, 62 (2012).
- WALKER, J. (Text by). **National Gallery of Art**. New and revised edition (Harry N. Abrams Publishers, New York, 1984), p. 68.
- 
- CARUSO, F. O Universo da Luz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200250 (2020).
- CARUSO, F. Pintura, Física e Geometria: como os pensadores do período Renascentista utilizaram o legado franciscano para dar forma às várias expressões artísticas. **Leituras da História**, v. 34, 60 (2010).
- CARUSO, F. Por que um livro de Copérnico vale mais de 2milhões de dólares? **Revista do Vestibular**, Ano 1, n. 1 (2008). Disponível em [http://www.revista.vestibular.uerj.br/artigo/artigo.php?pag=2&seq\\_artigo=3](http://www.revista.vestibular.uerj.br/artigo/artigo.php?pag=2&seq_artigo=3), acesso em 10/01/2021.
- CARUSO, F. XAVIER, R.M. In what sense space dimensionality can be used to cast light into cultural anthropology? In: J.A. de Barros & D. Krause (Eds.). **A True Polymath: A Tribute to Francisco Antonio Doria** (College Publications, Rickmansworth, UK, 2020), p. 344-378.
- CARUSO, F. XAVIER, R.M. **O livro, o espaço e a natureza**: ensaio sobre as leituras do mundo, as mutações da cultura e do sujeito, segunda edição (Livraria da Física, São Paulo, 2020).

CARUSO, F; OGURI, V. **Física Moderna**: Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos, 2<sup>a</sup> ed. (LTC, Rio de Janeiro, 2016).

CASSIRER, E. **Indivíduo e Cosmos na Filosofia do Renascimento** (Martins Fontes, São Paulo, 2001).

CASSIRER, E., KRISTELLER, P.O. & RANDALL JR., J.H. (Eds.). **The Renaissance Philosophy of Man**: Petrarca, Valla, Ficino, Pico, Pomponazzi, Vives (University of Chicago Press, Chicago, 1956).

CHESTERTON, G.K. **São Francisco de Assis** (Editora Madalena, São Paulo, 2016), p. 137.

COPERNICUS, N. **De Revolutionibus Orbium Coelestium** (Johannes Petrus, Nuremberga, 648 1543). Cf. edição de Jerzy Dobrzych (Ed.). **Nicholas Copernicus on the Revolutionibus**. Translation and Commentary by Edward Rosen (Polish Scientific Press, Deukarnia Narodowa, Cracow, 1978). Também disponível em português com tradução de A. Dias Gomes e Gabriel Domingues, com introdução e notas de Luiz Albuquerque, a partir da edição da Officina Henricpetrina, 1566, Basileia. **As Revoluções dos Orbes Celestes** (Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1984).

D'ARCAIS, F.F. **Giotto** (Abbeville Press Publishers, New York, 1995).

DAVIES, P. (Ed.). **The New Physics** (Cambridge University Press, Cambridge, 1989).

DÜRER, A. **The Painter's Manual**, edição moderna (Abaris Books, New York, 1977).

42

DÜRER, A. **Vier Bücker von menschlicher Proportion**. Fac-símile baseado na edição de 1528 (Josef Stocker, Dictikon-Zürick, 1969).

ECO, U. **Arte e Bellezza nell'Estetica Medievale** (Bompiani, Milano, 1987) p. 59.

EDGERTON, S.Y. **The Heritage of Giotto's Geometry**: Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution (Cornell University Press, Ithaca, New York and London, 1991).

FRANCESCA, P. Della. **De Prospectiva Pingendi**, edizione critica a cura di G. Nicco-Fasola (Casa Editrice Le Lettere, Firenze, 1984).

FREUD, S. **Obras Completas**, volume 13. Conferências Introdutórias à Psicanálise (1916-1917), Terceira Parte: Teoria Geral das Neuroses (1917). Tradução de Sergio Tellaroli. Primeira edição (Companhia das Letras, São Paulo, 2014), p. 380-381.

GEMELLI, A.. **Il Francescanesimo**, 6<sup>a</sup> ed. (Società Editrice “Vita e Pensiero”, Milano, 1947).

GOMBRICH, E.H. **A História da Arte**, 16<sup>a</sup> edição (LTC, Rio de Janeiro, 2012).

GRANT, E. (Ed.). **A Source Book in Medieval Science** (Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1974), p. 392 e segs.

GRANT, E. **The Foundations of Modern Science in the Middle Ages:** Their Religious, Institutional and Intellectual Contexts (Cambridge University Press, Cambridge, 1996).

GREENBERG, M.J. **Euclidean and Non-Euclidean Geometries:** Development and History, fourth edition (W.H. Freeman & Company: San Francisco, 2007).

HALL, S. The question of cultural identity. In S. Hall, D. Held & A. McGrew (Eds.). **Modernity and Its Futures** (Polity Press, Cambridge, 1992), p. 274-316.

HENDERSON, L.D. **The Fourth Dimensions and Non-Euclidean Geometry in Modern Art** (Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1983).

HUNTLEY, H.E. **The Divine Proportion: A Study in Mathematical Beauty** (Dover, New York, 1970).

KOYRÉ, A. **La Revolution Astronomique** (Hermann, Paris, 1961), p. 15.

LINDBERG, D.C. **Roger Bacon and the Origin of *Perpectiva* in the Middle Ages:** A critical Edition and English translation of Bacon's *Perspectiva* with introduction and notes (Clarendon Press, Oxford, 1996a).

LINDBERG, D.C. The Western Reception of Arabic Optics. In **Encyclopedia of the History of Arabic Science.** Mathematics and the Physical Sciences, volume 2, editado por R. Rashed (Routledge, Abingdon, Oxon and New York, 1996b), p. 716-729.

MANGO, C. **The Art of Byzantine Empire, 312-1453:** Sources and Documents (Prentice-Hall, New York, 1972).

Metropolitan Museum of Art. **The Glory of Byzantium:** Art and Culture of the Middle Byzantine Era, A.D. 843-1261 (Metropolitan Museum of Art, New York, 1997).

MILLER, T.S. **Albert Einstein's Special Theory of Relativity:** Emergence (1905) and early interpretation (1905-1911) (Addison-Wesley, Massachusetts, 1981).

MORIYASU, K. **An Elementary Primer for Gauge Theory** (World Scientific, Singapore, 1983).

NASH, C.; SEN, S. **Topology and Geometry for Physicists** (Academic Press, London, 1983).

PANOFSKY, E. **Arquitetura Gótica e Escolástica:** sobre a analogia entre arte, filosofia e tecnologia na Idade Média, 2<sup>a</sup> edição (Martins Fontes, São Paulo, 2012).

QUILLEN, C.E. **Rereading the Renaissance:** Petrarcha, Augustine, and the Language of the Humanism (The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1998).

ROSENFELD, B.A. **A History of Non-Euclidean Geometry:** Evolution of the Concept of a Geometric Space (Springer-Verlag, New York, 1988).

SENNETT, R. **A corrosão do caráter**, 10<sup>a</sup> edição (Ed. Record, Rio de Janeiro, 2005).

SNOW, A.J. **Matter and Gravity in Newton's Physical Philosophy** (Oxford University Press, Oxford, 1926; reimpresso por Arno, New York, 1976).

SOBEL, D. **A More Perfect Heaven: How Copernicus Revolutionized the Cosmos** (Walker & Company, New York, 2011).

TOMAN, R. (ED.), BORNGÄSSER , B., RAUCH , A. & GEESE, U. **Renaissance: Art - Architecture - Sculpture - Culture** (Parragon Publishing, Bath, UK, 2009).

ASARI, G. **Live of Painters, Sculptors and Architects** (Alfred A. Knopf, New York, 1996).

VERGER, J. **Les Universités au Moyen Âge** (Presses Universitaires de France, Paris, 1973).

VITRUVIO, M.. **De Architectura**. Texto latino a fronte (Franco Cosimo Panini Ed., Modena, 2003). Tradução para o inglês, por M.H. Morgan. **The Ten Books of Architecture** (Dover, New York, 1960).

WEINERT, F. **Copernicus, Darwin, & Freud: Revolutions in the History and Philosophy of Science** (Wiley-Blackwell, London, 2009).

WENTINCK, C. **Modern and primitive art**, Phaidon 20th-century art (Phaidon, UK, 1979).

WHITE, J. **The Birth and Rebirth of Pictorial Space**, third edition (Faber and Faber, London & Boston, 1987).