

Física e pintura: dimensões de uma relação e suas potencialidades no ensino de física

(*Physics and painting: dimensions of a relation and its potential for teaching physics*)

Tiago Carneiro Gomes¹, Cristiano Amaral Garboggini Di Giorgi²
e Paulo César de Almeida Raboni²

¹*Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Materiais,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, SP, Brasil*

²*Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Presidente Prudente, SP, Brasil*

Recebido em 2/3/2011; Aceito em 10/7/2011; Publicado em 1/12/2011

Neste artigo são discutidas possibilidades de uso das relações entre a física e a pintura no Ensino Médio. A partir das propostas de ensino oficiais, que já incorporam a necessidade de rever a abordagem usual dos conceitos da física, e de propostas de outros autores que afirmam a necessidade de dar outros sentidos aos conceitos físicos, mostramos como o desenvolvimento da física e da pintura indicam aproximações, e de como estas podem contribuir para a compreensão de conceitos dessa e de outras disciplinas, bem como para a compreensão da realidade em seu sentido mais amplo.

Palavras-chave: física, pintura, ensino de física, arte, Ensino Médio.

This article discusses possible uses of the relations between physics and painting in high school. Based on the official proposals for education, which already incorporate the need to revise the usual approach of physics concepts, and proposals of other authors who claim the need to give other meanings to physical concepts, we show how the development of physics and painting indicate rapprochements, and how they can contribute to the understanding of concepts of physics and other disciplines as well as for understanding the reality in its broadest sense.

Keywords: physics, painting, physics teaching, art, high school.

1. Introdução

Este artigo tem como objetivo central apresentar algumas sugestões de como a relação entre a física e a pintura poderia estar presente no ensino de física, enriquecendo-o e contribuindo para contextualizá-lo.

Para melhor situar a questão, iniciamos com a discussão de como a proposta de relacionar física e arte já está presente na literatura sobre o ensino da disciplina. O autor brasileiro que melhor tem explorado esse tema é João Zanetic [1, 2], discutindo especialmente a contribuição que a grande literatura de ficção pode oferecer para esse fim. Mostramos também como os atuais Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ensino Médio apontam para essa direção.

Em seguida, através de levantamento na bibliografia nacional e internacional, e também com base em algumas reflexões nossas, desenvolvemos a ideia de que na relação entre física e pintura encontram-se dimensões e

aspectos históricos, socioculturais e técnicos.

Por fim, apresentamos algumas considerações mais gerais sobre como essa relação poderia estar presente no ensino de física.

2. Física e arte: uma relação fecunda para o ensino

Embora este tema tenha repercussão internacional, nesta primeira parte focaremos principalmente textos voltados para a educação brasileira, uma vez que o objetivo central do artigo é oferecer sugestões de exploração dessa relação na nossa realidade educacional.

Cabe inicialmente citar os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, que enfatizam fortemente a interdisciplinaridade, na parte referente às bases legais:

Através da organização curricular por áreas e da compreensão da concepção transdisci-

²E-mail: raboni@fct.unesp.br.

plinar e matricial, que articula as línguas, a Filosofia, as ciências naturais e humanas e as tecnologias, pretendemos contribuir para que, gradativamente, se vá superando o tratamento estanque, compartimentalizado, que caracteriza o conhecimento escolar. A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superado pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos. Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos. Na proposta de reforma curricular do Ensino Médio, a interdisciplinaridade deve ser compreendida a partir de uma abordagem relacional, em que se propõe que, por meio da prática escolar, sejam estabelecidas interconexões e passagens entre os conhecimentos através de relações de complementaridade, convergência ou divergência. [3, p. 21]

Coerentes com essa visão, avaliações institucionais como o ENEM, no ensino médio, e o ENADE, no ensino superior, têm cada vez mais incluído questões de caráter interdisciplinar, tendência verificada, muitas vezes, nas provas dos mais diversos concursos.

A preocupação em superar a segmentação do conhecimento também aparece nas orientações curriculares de ciências da natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio:

Essa competência crítico-analítica de representação da realidade não é disciplinar, não se insere em uma única disciplina, já que seu objeto de investigação é mais complexo. Surge, então, a necessidade de se pensar sob uma perspectiva interdisciplinar. [4, p. 36]

Nesse mesmo texto, esclarece-se ainda que essa perspectiva é essencial para a formação que se pretende com o ensino de física, na verdade, a que se espera como resultado do processo educacional, do qual a física é um dos componentes.

... quem se pretende formar com o ensino da física? Partimos da premissa de que no ensino médio não se pretende formar físicos. O ensino dessa disciplina destina-se principalmente àqueles que não serão físicos e terão na escola uma das poucas oportunidades de acesso formal a esse conhecimento. Há de se reconhecer, então, dois aspectos do ensino da física na escola: a física como cultura e como possibilidade de compreensão do mundo. [4, p. 36]

João Zanetic [1, 2], já citado anteriormente, é um autor que tem ressaltado a importância da abordagem desses aspectos do ensino da disciplina, daí considerar especialmente a ligação entre física e literatura, sem deixar, no entanto, de enfatizar sua relação com outras artes, afirmando quão rica pode ser, tanto para a interpretação do mundo, quanto para a sua transformação:

Essa aparente incongruência em procurar associar ciência e arte foi abordada por diversos autores, alguns contrários e outros favoráveis a essa aproximação. Obviamente incluo-me entre estes últimos, acreditando que a contaminação mútua entre essas duas culturas é útil não apenas para interpretar o mundo, mas também para transformá-lo, como ensinava Karl Marx. [1, p. 57]

Para o autor, outro ponto importante dessa relação é também a possibilidade que oferece de se estabelecer uma integração entre razão e imaginação criadora:

Acredito que a física, bem como as outras ciências, bem trabalhada na escola, pode muito bem ser um instrumento útil tanto para o pensador diurno, dominado pelo pensamento e discurso racionais, quanto para o pensador noturno, marcado pelo pensamento imaginário e sonhador. A grande ciência, que nos seus momentos criativos de ruptura nasce do encontro dessas duas vertentes, tem tudo para satisfazer o pensador que apela para o fantástico, para a imaginação, para o vôo do espírito. Precisamos construir a ponte entre as duas culturas. [1, p. 69]

Chama atenção ainda, para a importância da formação interdisciplinar, tanto para os próprios objetivos maiores que se espera da educação, quanto para a possibilidade de despertar interesse pela física em alunos hoje totalmente desinteressados:

...a física deve participar da formação cultural do cidadão contemporâneo, independente das eventuais diferenças de interesses individuais e das mais variadas motivações

acadêmicas e/ou profissionais. Meu objetivo central é atingir aqueles alunos que, no formato tradicional do ensino, não se sentem motivados ao estudo da física. E não precisamos nos basear em nenhum sofisticado levantamento de opiniões para saber que esses alunos representarão a grande maioria de nosso alunado do ensino médio. [2, p. 1-2]

3. Física-pintura assim como espaço-tempo: relações entre física e pintura

O poeta faz das palavras o som, a visão e a imaginação de suas ideias e filosofia, assim como um músico que, de sete notas musicais, cria melodias que podem nos fazer vagar pelo devaneio e pela reflexão, ou ainda, um pintor, com suas pinceladas agressivas ou suaves, alegres ou tristes, em uma profusão de cores e formas, pode despertar em nós algo que nem mesmo sabemos ter... das pinceladas de uma vivência emergem então os estados de espírito... *Ora, tudo isso é arte!*

Pode-se dizer que arte é a manifestação de ideias e filosofias, a representação do mundo da forma como cada um o vê, utilizando um talento peculiar e individual. A física, sendo uma das ciências mais antigas da história humana, *também é arte!*... Ela tem o talento de escrever e pintar como o universo funciona, através de sua própria essência, ao transmitir leis e conceitos da natureza, instigando-nos a interagir com ela e a entendê-la.

Sem dúvida, o início da pintura remonta à pré-história, entre os períodos paleolítico superior (30.000 a.C) e o neolítico (10.000 a.C), quando os *Homo sapiens* pintavam figuras dos animais que caçavam [5, 6]. Essas pinturas representavam mais uma questão mística do que propriamente algo relacionado ao “belo”. Os animais eram desenhados de forma que parecessem feridos e frágeis, condição que lhes seria então “transferida”, para que o caçador pudesse caçar com maior segurança, sabendo que teria uma vantagem física sobre o animal. Quando o homem consegue dominar e produzir o fogo, que por sinal é uma das maiores descobertas da humanidade, ele se fixa em um local e começa a construir a civilização e a socializar-se com seus semelhantes. Esse fato é fortemente representado na *pintura neolítica* [5]. A partir daí passa a representar, através da pintura, o cotidiano e as tarefas da civilização, como, por exemplo, a agricultura. Observa-se na pintura desse período uma preocupação com o *movimento*, mostrado pelas figuras com formas leves, em linhas curvas, soltas e rápidas.

A questão do movimento é interessante e intrigante, porque tal fenômeno pertence de forma intrínseca tanto ao homem quanto à natureza. Talvez a discussão mais

antiga da filosofia natural esteja relacionada ao movimento. *Perguntava-se porque as cousas na terra e no céu se movimentam?* O céu sendo um *ente* que pertencia às artes, à religião e à ciência, foi o responsável pelo fato de haver desavenças entre os homens, mas também, por fazer com que esses ramos do conhecimento humano coexistissem no próprio homem. Desde a Grécia Antiga os filósofos observavam o céu, sendo que os estudos sobre os movimentos dos astros foram o ponto de partida para as primeiras formulações conceituais do *tempo* que, aliadas com os conhecimentos geométricos, deram origem à *cinemática* [7].

No século IV depois de Cristo, vigorava no meio pictórico-cultural a *pintura bizantina*, que se caracterizava pela forte representação da religião, considerando imperadores e sacerdotes como representantes de Deus na Terra, com poderes espirituais e temporais. Diferentemente da pintura neolítica, não há preocupação com o movimento, e as dimensões de espaço e tempo terrenos são “desvalorizadas”, atribuídas às pessoas comuns. Dessa forma, o tempo na pintura bizantina é *eterno*, sendo ainda representado pelo céu dourado, a que somente a “realidade divina”, detentora do ouro e com sua essência celestial, teria acesso, ou seja, o céu era um lugar sagrado, a casa de Deus, inatingível para o homem comum, até mesmo para sacerdotes e imperadores que, no entanto, estavam mais próximos de Deus [5, 6].

Os valores da pintura bizantina, como a religião, o céu sagrado e a representação de Deus na Terra, nas figuras de imperadores e sacerdotes venerados como santos, são fortemente afetados pelas pinturas feitas por volta de 1300. Um dos pintores mais importantes dessa época foi o italiano Giotto di Bondone (1266-1337), que além de representar santos com forma e aparência humanizadas, também se tornou responsável por introduzir duas revoluções na pintura: a *tridimensionalidade* e o *azul do céu* [8, 9]. O poeta italiano Boccaccio (1313-1375) considera Giotto o precursor da pintura renascentista devido à grande inovação de seus trabalhos. Da análise das obras do pintor depreende-se que ele representa um elo entre a pintura bizantina, medieval e renascentista.

A tridimensionalidade implica o domínio do espaço pelo homem, permitindo representar o *espaço real* em que vivemos em um *espaço plano* de duas dimensões, além do que, a partir de então, o espaço antes *finito* passa a ser *infinito*, quebrando com o conceito de “espaço celestial”, sustentado pela pintura bizantina. Pintar o céu de azul também é considerado uma revolução na arte e na cultura porque, ao fazer isso, Giotto questiona o conceito de “céu sagrado” ao qual o homem não tem acesso. O afresco (Fig. 1) que pintou para a Capela Arena por volta de 1305, em Pádua, na Itália, demonstra essa postura [10, p. 38].



Figura 1 - Entrada em Jerusalém, 1304-06, Giotto di Bondone.

O céu deixa de ser sagrado e passa a ser objeto de estudos científicos, prova disso é que Leonardo da Vinci (1452-1519) tenta explicar fisicamente o azul do céu, quando observa que a luz, ao passar através da fumaça vinda da madeira em brasa, produz uma sombra com tons de azul e roxo. Na mesma época, acirram-se as discussões entre defensores do modelo geocêntrico e do modelo heliocêntrico. No entanto, a religião tinha ainda grande influência sobre a produção do conhecimento posteriormente denominado científico, como se observa nos estudos astronômicos de Johannes Kepler (1571-1630), aos quais chamou de *física celeste*, em que mesclou raciocínio e argumentos religiosos, hoje conhecida também como *mecânica celeste* [7].

Na época de da Vinci, o modelo da luz era o de um feixe retilíneo, ideia sustentada por explicar diversos fenômenos físicos como, por exemplo, os eclipses e as sombras dos objetos, e a *óptica geométrica* e a *perspectiva* eram ramos unidos, segundo o filósofo e historiador da ciência, Pierre Thuillier (1927-1998) [11]. A perspectiva poderia ser considerada como a representação da propagação retilínea da luz pelo espaço. Da Vinci também percebeu que fontes de luz pequenas produziam sombras delimitadas e bem escuras, no entanto, quando a fonte de luz era o sol, havia a formação de uma sombra colorida, com tons de roxo, vermelho e azul, além de penumbras nas bordas da sombra. Ele então desenvolve uma técnica pictórica, chamada *sfumato*, para representar essas penumbras, bem como outras, para a coloração de superfícies escuras. Na verdade, da Vinci passa a pintar o fenômeno físico da *dispersão da luz* [9], um exemplo dos tantos que o transformaram no homem que representou na pintura boa parte da ciência que produziu, imortalizada também em seus quadros e desenhos.

Outro estudioso que aliou arte pictórica e ciência foi o físico italiano Galileu Galilei (1564-1642). Ao tomar conhecimento de um tubo com um sistema de lentes

que podiam aumentar o tamanho dos objetos, chamado *luneta*, rapidamente a aprimorou e suas observações telescópicas, feitas no inverno de 1609, contribuíram para mudar a visão de mundo até então vigente. Quando olhou para o céu através da luneta, Galileu observou que a lua tinha crateras, que havia muito mais estrelas do que as que se viam a olho nu, que Júpiter tinha satélites, e que Vênus tinha fases. A partir de suas observações, escreveu um livro em Veneza, em março de 1610, chamado *O Mensageiro Celeste* (*Sidereus Nuncius*) [12]. Suas descobertas foram tão importantes que 2009 foi declarado o Ano Internacional da Astronomia, em comemoração à passagem de 400 anos dessa data.

Naquele ano, tanto Galileu, na Itália, quanto Thomas Harriot (1560-1621), na Inglaterra, fizeram observações astronômicas, principalmente sobre o astro mais brilhante daquelas noites escuras, a *lua*. Os conhecimentos pictóricos de Galileu foram-lhe extremamente preciosos na interpretação de suas observações. A partir de seus conhecimentos sobre perspectiva e óptica geométrica, pôde reproduzir os padrões de luz e sombra projetados na superfície lunar, deduzindo corretamente que as “manchas” observadas no satélite eram na verdade montanhas e crateras, para as quais Galileu forneceu estimativas do diâmetro e profundidade. Já Harriot interpretou que a superfície da lua não era totalmente sólida, e que as manchas negras observadas eram vapores inexplicáveis [13]. A grande diferença entre as duas interpretações está no conhecimento pictórico. Naquela época, a Itália era a detentora de todas as áreas do conhecimento humano, principalmente artes, arquitetura e ciência, enquanto na Inglaterra, o conhecimento pictórico não era difundido. Isso proporcionou a Galileu uma visão de mundo mais ampla, que, aliada à ciência, resultou em grandes descobertas.

Uma das entidades que de fato mesclou a pintura e a física foi a *luz*. Os físicos queriam saber qual era a natureza *científica* da luz, e os pintores buscavam a natureza da *cor* para poder utilizá-la em seus trabalhos. Diante disso, cria-se uma aproximação dessa arte com a ciência. Um dos primeiros físicos a estudar a natureza da luz foi Sir Isaac Newton (1642-1727), a quem se atribui a célebre experiência de fazer um raio de luz do sol incidir num prisma, decompondo-a em suas cores básicas. Esse fato levou à compreensão de que a luz branca é formada por inúmeras cores, explicando, por exemplo, a formação do arco-íris. Além disso, Newton verificou que das sete cores principais, apenas os raios de luz vermelho, azul e verde não podiam ser decompostos por um prisma, e que o amarelo se decompunha em um raio de luz vermelho e outro verde. Com essa descoberta, ele define o vermelho, o azul e o verde como *cores fundamentais*, ideia que contrariava os conhecimentos pictóricos, pois, na pintura, o vermelho, o azul e o amarelo eram tidos como as cores primárias, responsáveis pela formação de todas as outras. Esses experimentos e observações são descritos detalhadamente em seu livro *Opticks*, publicado em 1704.

Para Newton, a luz era formada por sete tipos de

partículas e cada uma, de tamanho diferente, era referente a uma cor. A cor do objeto seria, assim, a reflexão de um raio de luz (várias partículas), o qual era formado pela união das sete cores, em diferentes proporções, e que incidem no olho [14]. Então, por exemplo, um objeto verde iria refletir apenas o raio de luz verde, e os outros raios de luz seriam absorvidos pela superfície, mas, se objeto fosse marrom, seriam então refletidas todas as setes cores, mas em proporções diferentes, e a junção dessa quantidade de partículas diferentes formaria como raio resultante a cor marrom, que incidiria em nosso olho, provocando a percepção dessa tonalidade. A teoria de Newton elucidava alguns fenômenos físicos, mas não explicava outras questões como, por exemplo, por que exatamente sete partículas, ou como seria o processo da quantidade de movimento se a luz tem sete partículas diferentes.

No ano de 1801, Thomas Young (1773-1829), físico e médico fisiologista, baseia-se em sua teoria *tricromática da luz* para dar explicações sobre como percebemos as cores. Young defendia a teoria ondulatória da luz e, ao estudar a fisiologia do olho, descobriu que existem três grupos de células sensíveis a três determinadas cores, que afirmou serem o vermelho, o azul e o verde. Com seus estudos, ele mostrou que os raios de luz incidem de forma independente no olho e, pelo fato de ser a pupila do olho uma lente convergente, esses raios de luz se encontram num ponto de intersecção no fundo da retina, estimulando de forma independente, e com diferentes frequências, cada um dos três grupos de células fotosensíveis [15]. Dessa forma, o estímulo resultante em forma de impulso elétrico é então enviado ao cérebro, que o interpreta como uma percepção da cor do objeto, ou seja, Young afirma que, de alguma forma, o olho contribui para a formação das cores, contrariando Newton, para quem as cores incidem prontas no olho. No entanto, a teoria tricromática de Young não foi valorizada, em parte por ele considerar a luz como uma onda, e em parte devido ao prestígio de Newton e de suas teorias.

Outro estudo realizado sobre cores, mas totalmente empírico, foi feito por Michel Eugene Chevreul (1786-1889), um químico francês, em 1839. Ele enunciou a sua *lei dos contrastes simultâneos*, na qual se demonstra que algumas cores podem ser consideradas frias e outras quentes, quando justapostas, e que existe um par único de cores que se complementam simultaneamente, isto é, uma realça a outra. Esses estudos são muito importantes na área da psicologia da cor, tendo em vista que o ser humano manifesta sensações ao visualizar as cores, associando-as a algum tipo de emoção, por exemplo, o branco, com a paz e o azul, com a tranquilidade [16-18].

Paralelamente a esses estudos científicos da luz, alguns pintores estavam fazendo experiências pictóricas, assim como uma nova reflexão sobre os conceitos da pintura. Por um lado, para criticar o movimento do re-

alismo que vigorava na época, o qual tratava a arte com a frieza de retratar a realidade sem sentimentos, e por outro, porque queriam encontrar a essência das cores. Eles passam então, de forma empírica, científica e emocional, a estudar a luz e as cores em suas telas, a fim de trazer de volta o sentimentalismo e a expressividade das cores à pintura.

Conhecidos como *pintores da luz*, que posteriormente passaram para a história da arte como *impresionistas*, eles fizeram a primeira revolução na pintura ao mostrar que, na verdade, ao invés do amarelo, do azul e do vermelho, as cores primárias são o magenta, o amarelo de cádmio, e o azul cyan. É muito interessante a relação que existe entre as cores primárias de Newton e as dos impressionistas, pois elas são correlacionadas pela *irreversibilidade das cores*: as cores primárias de Newton são secundárias para os impressionistas, e as cores primárias destes são secundárias para ele. Sendo assim, definiram-se dois grupos de cores: a *cor-luz*, que provém da interação das cores dos raios de luz, e a *cor-pigmento*, que provém da interação das cores em forma de tintas [16, 18, 19].

Os impressionistas iniciam trabalhos que reúnem os conhecimentos sobre as cores pigmento e cores luz, a lei dos contrastes de Chevreul, e a ideia de que as cores são misturadas nos olhos, pois eles acreditavam na teoria tricromática de Young devido a suas próprias experiências realizadas na pintura. De fato, a união desses conceitos originou uma grande potencialidade na pintura, proporcionando luminosidade e, por consequência, uma expressividade das cores jamais vista antes. Os pintores, para expressar algum tom de azul cyan, por exemplo, inseriam na tela pinceladas de tons diferentes de verde, justapostos a tons diferentes de azul, dependendo do tipo de sensação ou sentimento que eles queriam passar através das cores. Como cada cor reflete um raio de luz, que incide no olho convergindo no fundo da retina, pela teoria de Young, os impressionistas faziam com que as cores de suas pinturas fossem misturadas nos olhos, e não de suas palhetas para as telas. Dessa forma, produziam cor pigmento das palhetas para as telas, e cor luz das telas para os nossos olhos, os quais se incubem de misturar os raios de luz incidentes, dando-nos a percepção de cores muito luminosas e expressivas [19].

Joseph Mallord William Turner (1775-1851) foi um pintor romântico londrino, considerado o precursor do impressionismo, cujas obras retratam uma luminosidade estonteante e uma habilidade incomparável na justaposição das cores [5, 19]. As pinturas impressionistas de Turner inspiraram o físico Hermann L.F. Von Helmholtz (1821-1894), médico e físico alemão, que passou a estudar a teoria tricromática da luz e comprovou que Young estava certo. Helmholtz mostra que os olhos possuem células sensíveis às luzes cujas frequências estejam na região do vermelho, do verde e do azul. Hoje em dia esta teoria é largamente aplicada na tecnologia

de monitores de TV e de computadores, pelo sistema RGB (do inglês red-green-blue).

No final do século XIX, emerge uma gama de pintores impressionistas, como por exemplo, Claude Monet (1840-1926), Édouard Manet (1832-1883), Jacob C. Pissarro (1830-1903), Pierre A. Renoir (1841-1919), este último, considerado por Pablo Picasso (1881-1973) como *O dedo de Deus*. Esses e outros pintores mudam toda a visão e concepção do mundo sobre a pintura, pois, além do intenso estudo da natureza da luz e da percepção das cores, eles e, paralelamente, os físicos, passam a se envolver com a questão do *tempo* e do *espaço*. Em 1891, Monet, ao investigar a *dimensão do tempo* na pintura, diz que “para recriar a essência de um objeto, o mesmo deve ser pintado em função do tempo.” Isso porque a luz incidente no objeto e refletida por ele em direção aos nossos olhos nunca será a mesma em tempos diferentes, e como o tempo é um fluxo contínuo, os objetos e as paisagens nunca terão cores iguais, implicando que são *únicos* no tempo e no espaço [19, 20]. Com essa filosofia, o estilo impressionista se caracteriza por pinturas ao ar livre, com rápidas pinceladas, e uma captação da luminosidade das paisagens e objetos, de forma a trazer para a pintura uma expressividade única. Monet pintou diversos quadros em que repetia o mesmo tema, mas mudava o instante em que pintava. Numa de suas várias séries, ele pintou montes de feno em diferentes épocas do ano, e em outra, denominada *Catedral de Rouen* (Fig. 2), de 1893, pintou a fachada do templo em diferentes horas do dia [8, 20]. A partir desse momento, a *temporalidade* é incorporada à pintura, uma vez que as paisagens não existiam apenas no espaço, mas também no tempo, e eram únicas. Esse elemento é então considerado um

parâmetro importante na captação da cor dentro do espaço, e assim, da essência dos objetos e paisagens.

Na verdade, toda a noção de espaço e tempo estava passando por profundas mudanças. A geometria euclidiana começava a ser questionada, deixando de ser absoluta, e a exploração dos espaços curvos não podia ser mais negada, daí o surgimento de teorias da geometria não euclidiana, desde Gauss (1777-1855), em 1824, passando por Lobachevski (1792-1856), Bolyai (1802-1860) e Riemann (1826-1866), estes em 1854. As novas noções sobre o espaço trouxeram mudanças significativas para a compreensão do universo. Utilizadas pelos físicos da época, permitiam-lhes explicar fenômenos até então incompreensíveis [21].

Nas pinturas de Édouard Manet observam-se elementos das geometrias de espaços curvos. Em sua tela *Le déjeuner sur l'herbe*, de 1887, ele criou um grande incômodo no observador, pelo fato de introduzir a representação de uma mulher que se banha, fora de perspectiva e de proporcionalidade em relação ao restante da obra. Além da *distorção do espaço*, há também uma questão que causa impacto quanto à iluminação sobre a mulher retratada, pois, ao se fazer os estudos de perspectiva, que nada mais é do que o caminho retilíneo de propagação da luz, conclui-se que para ela estar iluminada daquela forma, a luz deve percorrer uma *trajetória curva!* No seu quadro *Música nas tulherias*, de 1862, Manet apresentou uma cena caótica, sem foco. Não há uma característica central a partir da qual o observador possa começar a construir uma visão coerente e a hierarquia dos sujeitos é esquecida. Para aumentar o estresse visual, ele eliminou a perpendicularidade: todas as árvores são curvas, todos os chapéus masculinos são inclinados. O espaço não é mais euclidiano [8, 20, 22].



Figura 2 - Catedral de Rouen, 1893, Claude Monet.

Paul Cézanne (1839-1906) foi um pintor que revolucionou a forma de ver objetos e o espaço. Sua reflexão é de poucas palavras, mas de um impacto extraordinário. Para ele, como dizia, o espaço não está vazio, “não se pode pintar um objeto sem fazê-lo interagir com o espaço ao seu redor”. No seu quadro *Natureza Morta com Cesta de Frutas* (Fig. 3), mostrou como os objetos em uma pintura interagem consigo e com o espaço onde se encontram, e como são por ele afetados, além de distorcer o espaço, criando na mesma paisagem diferentes pontos de fuga.

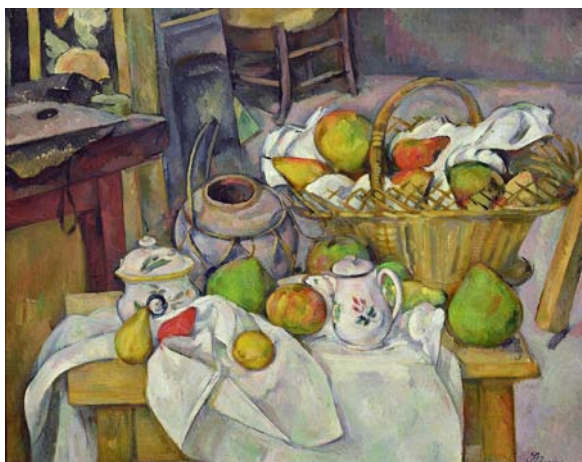


Figura 3 - Natureza morta com cesta de frutas, 1888-1890, Paul Cézanne.

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) sistematiza na teoria da relatividade aquilo que, de certa forma, havia sido representado na pintura através das inovações quanto à percepção do espaço e do tempo [20].

Percebe-se que no final do século XIX, física e pintura transitam por um território comum. Ambas questionam as representações clássicas em cada um dos campos, propondo novas formas de abordagem, com grande proximidade entre as áreas. Para a física, o questionamento se dá, resumidamente, nas seguintes linhas:

- a insuficiência da mecânica clássica;
- a valorização da teoria ondulatória da luz (Young);
- a radiação do corpo negro;
- a unificação da óptica e da eletrodinâmica por Maxwell;

- o efeito fotoelétrico;
- as raias espectrais;
- a aplicação da geometria não-euclidiana;
- a teoria de Planck;
- o início da física moderna.

Já para a pintura, as questões são:

- a reação contra o realismo e a fotografia;
- o estudo científico da luz;
- os estudos sobre a teoria fisiológica das cores de Young;

- o uso da lei dos contrastes de Chevreul;
- a interação entre cor-luz e cor-pigmento;
- a criação da “pintura óptica”;

- a incorporação da temporalidade e a interação da matéria com o espaço;

- o início da arte moderna.

Tanto a física como a pintura saíram de sua era clássica para entrar na era moderna. No início do século XX, a cultura da Europa passava por profundas transformações, a humanidade se encontrava num mundo de complexidade crescente, eram grandes as incertezas políticas e as descobertas científicas ocorriam em todas as áreas, inaugurando novos campos do conhecimento. Como exemplo da produção daquele início de século, podemos citar os trabalhos de Freud (1856-1939), Einstein e Picasso. Essa efervescência na cultura geral e na ciência em particular, oferecia aos pintores motivos, inspiração e novas visões, que deram origem a novos movimentos.

O primeiro desses movimentos artístico-culturais foi o cubismo, que teve Picasso como seu maior representante. Ao introduzir a idéia central da *simultaneidade*, Picasso apresenta, no quadro *Les Femmes d'Alger* (1907), características de pinturas egípcias, maias e incas. A questão de simultaneidade é uma das bases da teoria da relatividade de Einstein. Ao transpor os planos das imagens, Picasso passa a produzir figuras duplicadas, inserindo outro importante conceito físico em seus quadros, a *dualidade da luz* [23]. Outro grande movimento, que teve Salvador Dalí (1904-1989) como seu maior representante, foi o surrealismo, cuja característica era retratar o subconsciente humano, o irreal, a imaginação, o misticismo e a religião, estando presentes os sonhos e o humor satírico. [21, 24, 25].

Nessa época surgem as primeiras idéias da física quântica, a partir dos questionamentos feitos por Max Planck (1858-1947). Os novos conceitos sobre a quantização da energia, totalmente repudiados pelos físicos da época, explicavam elegantemente a distribuição da radiação do corpo negro, e em menos de dez anos constituíram o novo paradigma na interpretação dos fenômenos atômicos. Novos princípios, como o da incerteza, traziam simultaneamente a frustração da inacessibilidade do mundo quântico, mas também novas possibilidades para o mundo imaginado, criação do homem. O surrealismo, incorporando e representando a seu modo esses novos elementos e perspectivas, abria uma porta de acesso às novas possibilidades da ciência. Salvador Dalí se inspira na física quântica e, ao mesmo tempo em que une a arte e a física, também tenta transparecer, com tintas e pinceladas, esse mundo misterioso, esse mundo quântico de relógios moles. No início da década de 1940, sua obra passa a ter alguns toques clássicos, com temas sobre ciência, religião e história. Com base em seus próprios estudos da física, cria representações científicas em suas obras, tentando interpretar as informações a que tem acesso por meio de revistas, livros e conversas com alguns cientistas amigos seus. Em 1931, cria a obra *A persistência da memória*, que faz referência direta à teoria da relatividade tra-

zendo pela primeira vez o relógio mole, elemento presente em vários de seus quadros. [23, 24].

Seu interesse pela teoria quântica de Planck o faz escrever um artigo na revista *O Uso da Palavra*, em fevereiro de 1940, intitulado *As ideias luminosas*, onde desenvolve uma teoria que se apoia no conceito dos quanta. Nesse artigo, Dali se revela conhecedor dos trabalhos sobre a luz, de Newton a Einstein. Nos anos 50, começa a fase de sua pintura corpuscular, quando desenvolve os princípios do *Misticismo nuclear*, retratando sua visão metafórica da física. Suas pinturas se inspiraram nas teorias da relatividade, quântica e de força atômica, bem como conceitos da mecânica ondulatória, entre outros assuntos da física. Algumas pinturas dessa fase são: *A Desmaterialização do Nariz de Nero* (1947)(Fig. 4a), *Equilíbrio Intra-Atômico de uma Pluma de Cisne* (1947), *Galátea de Esferas* (1952), *Cruz Nuclear* (1952), *A Desintegração da Persistência da Memória* (1952-54) (Fig. 4b), *Oposição* (1952), *Cena Religiosa em Partículas* (1958) e *Santo Rodeado por Três Mésons pi* (1956) [23, 25, 26].

No quadro *A Desintegração da Persistência da Memória* (1952-54), Dali realiza a junção da teoria quântica - representada pelo chão em blocos - com a teoria da relatividade - representada pelos relógios moles, que significam a fluidez do tempo através do espaço. Outro quadro importante é *A Desmaterialização do Nariz de Nero* (1947), cujo foco está na romã dentro de um grande bloco de concreto, com sementes em sua volta, representando, a fruta, a bomba atômica, e o bloco, a humanidade, ou seja, o domínio do homem sobre essa arma poderosa. Ressalta-se que o mundo tomou conhecimento da bomba atômica em 1945 e esta

obra foi pintada em 1947 [27].

Essa profusão de conceitos, perspectivas e movimentos, tanto na física quanto na pintura no início do século XX, deixa claro que ocorria uma transição, de um “mundo a descrever” para “um mundo a construir”.

4. Física e arte: aspectos técnicos de sua relação

Um outro ângulo sob o qual as relações entre física e arte também podem ser examinadas é o da sua aplicação tecnológica. Nas últimas três décadas, a arqueometria tem se estabelecido, com ampla utilização de métodos atômico-nucleares para análise, caracterização, conservação e restauração de obras de arte, objetos arqueológicos e de bens do patrimônio cultural em geral.

As técnicas analíticas nessas áreas da física estão na interface entre a ciência pura e as aplicações diretas para a caracterização de bens culturais, permitindo um estudo detalhado dos objetos de arte e arqueologia, com a participação de historiadores da arte, arqueólogos e físicos, o que cria uma enorme potencialidade de estudo e preservação do patrimônio cultural. Dentre as várias metodologias empregadas para o estudo de objetos arqueológicos e obras de arte, as que mais se destacam são as não destrutivas, como a fluorescência de raios X (EDXRF), emissão induzida de radiação X por partículas (PIXE) e emissão induzida de radiação gama por partículas (PIGE), sendo que estas duas últimas técnicas utilizam os feixes iônicos provenientes de aceleradores nucleares [28-30].

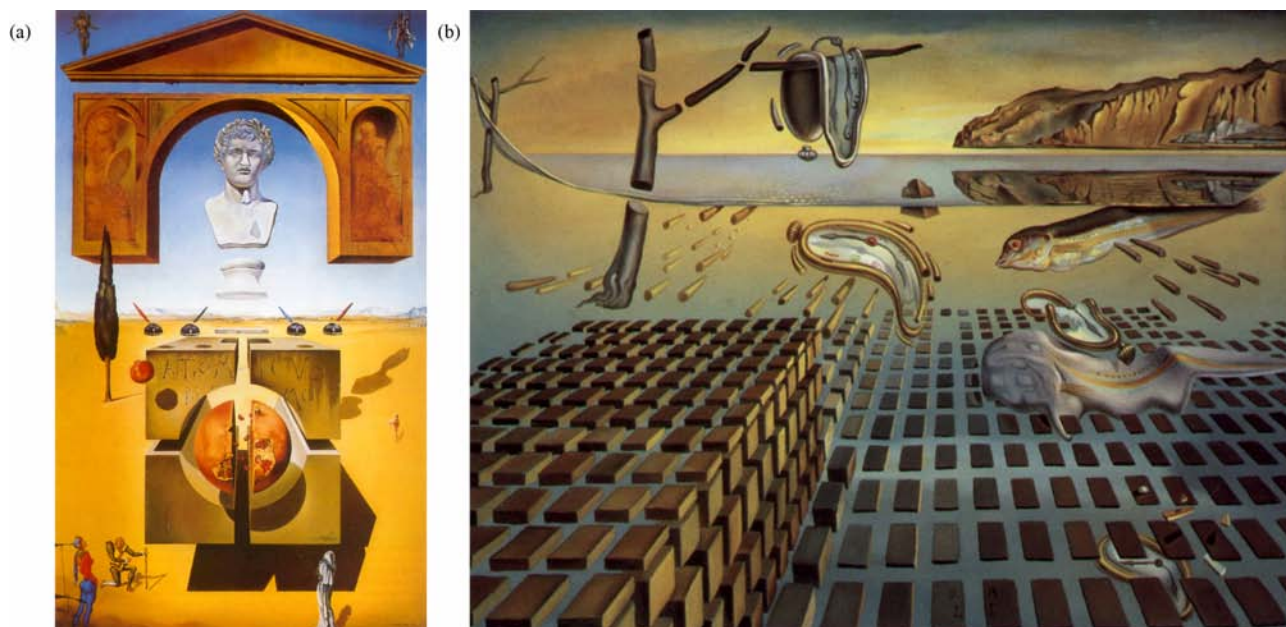


Figura 4 - (a) *A Desmaterialização do Nariz de Nero*, 1947, e (b) *A Desintegração da Persistência da Memória*, 1952-1954, ambas de Salvador Dalí.

Sabe-se que um grande problema relacionado ao mundo das artes é a falsificação de pinturas, haja vista que o mercado ilegal de obras artísticas é um dos mais lucrativos do mundo. Diante desse fato, físicos e historiadores da arte procuram métodos para prevenir ou denunciar a falsificação pictórica. Recentemente uma nova técnica aplicada por físicos tem levado à redução desse crime. Ela se baseia em padrões magnéticos encontrados nas pinturas, porque em quase todas as pinturas antigas, as tintas a óleo são compostas por minerais - o vermelho chinês, por exemplo, é composto por ferro. Em outros termos, as pinturas podem apresentar uma magnetização intrínseca, e, portanto, um padrão magnético gerado no momento em que foram criadas. A “imagética” (imagem magnética) de uma pintura a óleo consiste na medição do fluxo magnético, relacionado com a magnetização da pintura. Essa técnica possibilita a catalogação e a identificação das obras de arte por companhias de seguros e museus, dificultando sua falsificação [31].

5. Implicações para o ensino

Após esse breve mergulho no tempo e no espaço, analisando a aproximação entre a física e a pintura, faremos uma também breve discussão sobre possíveis implicações das relações apresentadas acima no ensino de física.

Consideramos, a princípio, que uma proposta didática não deve necessariamente se adequar às condições existentes, especialmente quando falamos do ensino de física, considerando as condições de trabalho, a formação de professores, o número de aulas, a extensão dos conteúdos, a evasão nas licenciaturas, variáveis que pesam muito no desenvolvimento de um bom trabalho pedagógico. Lembramos que no Brasil apenas 9% dos professores de física em atuação possuem formação específica na área. Assim, lamentavelmente, concordamos com Zanetic [1] quando afirma que, se há alguns anos falávamos da necessidade de ensinar na escola a física do século vinte antes que ele acabasse, hoje se tornou necessário ensinar qualquer física, antes que ela, a escola, acabe.

Uma nova proposta, porém, deve sempre conter uma dose de otimismo, de utopia, e apontar possibilidades mesmo que para um futuro distante. As condições para o desenvolvimento de um trabalho interdisciplinar incluem entre outras, tempo para preparação conjunta de aulas, planejamento e estudo coletivos e conhecimento dos conteúdos básicos desenvolvidos nas diferentes disciplinas de uma série por parte de todos os professores.

Nossa proposta está em consonância com as propostas oficiais quando elas sugerem a organização de projetos como procedimento pedagógico para o tratamento de conceitos, ou a seleção de temas geradores de estudos a partir da realidade.

Nesse sentido, muitas intersecções podem ser buscadas na escola, como por exemplo, do professor de física com o de história, e mesmo com o de arte ou literatura. O objeto de estudo deixaria de ser o conceito específico de cada disciplina, passando a ser um momento da história, uma escola de pensamento, transformando assim os conceitos das disciplinas envolvidas em instrumentos para a interpretação e a solução de problemas.

As propostas oficiais dos últimos dez anos contemplam uma abordagem mais ampla dos conteúdos da física, propondo interações com outras disciplinas. A partir dos dois documentos de maior abrangência, os Parâmetros Curriculares Nacionais [32, 33], fica clara a necessidade de quebrar o isolamento dos conteúdos em cada disciplina, buscando um diálogo amplo com a cultura:

Compreender a física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana. [32, p. 68]

Ao mesmo tempo, a física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado. [32, p. 59]

A história é também história do conhecimento científico-tecnológico e matemático, e ainda história da cultura, em todos os sentidos dessa palavra, desde cultura da alimentação, do vestuário e de regras de convívio, até cultura literária, artística e humanista. [32, p. 18]

A física percebida enquanto construção histórica, como atividade social humana, emerge da cultura e leva à compreensão de que modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos, como o modelo geocêntrico, substituído pelo heliocêntrico, a teoria do calórico pelo conceito de calor como energia, ou a sucessão dos vários modelos explicativos para a luz. O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram. Perceber essas dimensões históricas e sociais corresponde também ao reconhecimento da presença de elementos da física em obras literárias, peças de teatro ou obras de arte. [33, p. 27]

Nessa nova compreensão do ensino médio e da educação básica, a organização do aprendizado não seria conduzida de forma solitária pelo professor de cada disciplina, pois as escolhas pedagógicas feitas numa disciplina não seriam independentes do tratamento dado às demais, uma vez que é uma ação de cunho interdisciplinar que articula o trabalho das disciplinas, no sentido de promover competências. [32, p. 13]

As influências mútuas entre a física e a arte têm no ensino médio amplo campo de desenvolvimento, pois elas favorecem uma melhor compreensão da realidade, porque iluminada pelos conceitos disciplinares, e permitem igualmente uma melhor apreensão desses conceitos, construídos a partir de situações de aprendizagem carregadas de sentidos.

Por fim, cabe ressaltar que o estudo dessas relações, assim como o da física com outras dimensões da cultura, deveria ser mais enfatizado nos cursos que formam bacharéis e licenciados em física, com o objetivo de ampliar sua formação e até, eventualmente, o seu próprio horizonte profissional.

Referências

- [1] J. Zanetic, *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* **13**, 55 (2006a).
- [2] J. Zanetic, *Pro-Posições* **17**, 49 (2006b).
- [3] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte 1. Bases Legais* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2000).
- [4] Brasil, *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações Curriculares* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2006), 135 p.
- [5] Maria das Graças Vieira Proença dos Santos, *História da Arte* (Ática, São Paulo, 2002).
- [6] Ernst Hans Gombrich, *História da Arte* (LTC, São Paulo, 2000).
- [7] Mário Schenberg, *Pensando a Física* (Landy, São Paulo, 2001).
- [8] J.C. Reis, A. Guerra e M. Braga, *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* **13**, 71 (2006).
- [9] G.C. Argan, *História da arte - De Giotto a Leonardo* (Cosac Naify, São Paulo, 2003), v. 2.
- [10] F. Caruso e R.M.X. de Araújo, *Imagens da Trans-formação* **6**, 38 (1999).
- [11] José Maria Filardo Bassalo, *Mens Agitat* **2**, 107 (2007).
- [12] José Maria Filardo Bassalo, *Cad. Cat. Ens. Fis.* **3**, 138 (1986).
- [13] S.Y. Edgerton, *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* **13**, 151 (2006).
- [14] Isaac Newton, *Opticks* (Dover, New York, 1979).
- [15] Lígia Fernanda Bruni e Antonio Augusto Velasco e Cruz, *Arq. Brás. Oftalmol.* **69**, 766 (2006).
- [16] Israel Pedrosa, *Da Cor a Cor Inexistente* (Editora Universidade de Brasília, Brasília, 1982).
- [17] Edson Motta e Maria Luiza Guimarães Salgado, *Iniciação à Pintura - Estudos Técnicos* (Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 1976).
- [18] Bernard Jensen, *Color, Musica y Vibracion* (Mandala Ediciones, Madrid, 1992).
- [19] Meyer Schapiro, *Impressionismo* (Cosac Naify, São Paulo, 2002).
- [20] José Claudio Reis, Andreia Guerra e Marco Braga, *Ci-enc. Cult.* **57**, 29 (2005).
- [21] José Marcos Romão da Silva e Maria Antonia Benutti Benutti, *A Relação do Cubismo com as Geometrias Não-Euclidianas*. (Editora UNESP, São Paulo, 2007).
- [22] H.W. Janson, *História Geral da Arte* (Martins Fontes, São Paulo, 2001), v. 3.
- [23] Arthur I. Miller, *Physics Education* **39**, 484 (2004).
- [24] Sarane Alexandrian, *O Surrealismo* (Verbo/EDUSP, São Paulo, 1976).
- [25] Yves Duplessis, *O Surrealismo* (DIFEL, São Paulo, 1963).
- [26] Rodrigo Ronelli Duarte de Andrade, Robson de Sousa Nascimento e Marcelo Gomes Germano, *Cad. Bras. Ens. Fis.* **24**, 400 (2007).
- [27] Gavin Parkinson, *Science in Context* **17**, 557 (2004).
- [28] Carlos Roberto Appoloni, Maria Sélia Blonski, Paulo Sérgio Parreria, e Luiz Antonio Carlos Souza, *Revista Brasileira de Arqueometria Restauração Conservação* **1**, 47 (2006).
- [29] K. Janssens, G. Vittiglio, I. Deraedt, A. Aerts, B. Vekemans, L. Vincze, F. Wei, I. Deryck, O. Schalm, F. Adams, A. Rindby, A. Knöchel, A. Simionovici and A. Snigirev, *X-Ray Spectrom.* **29**, 73 (2000).
- [30] Michael Mantler and Manfred Schreiner, *X-Ray Spec-trom.* **29**, 3 (2000).
- [31] P. Costa Ribeiro, A.C. Bruno, H.R. Carvalho, S.M. Kafensztok, P.O. Almeida, C.S. Wolf, H. Lins Barros, D. Acosta-Avalos and O.G. Synko, *Journal of Applied Physics* **102**, 074912 (2007).
- [32] Brasil, *PCN + Ensino Médio: Orientações Educa-cionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tec-nologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).
- [33] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais. Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tec-nologias* (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).