

## REFLEXÕES DA LUZ E SOBRE A LUZ\*

Jorge C.G. Calado\*\*

Departamento de Engenharia Química  
 Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa  
 jcalado@tecnico.ulisboa.pt

**Reflections On (Of) Light** – *Taking as a starting point the scientific discoveries and inventions that led to 2015 being chosen as the International Year of Light and Light-Based Technologies, a walk in time through the multiple influences that light has had on the arts, namely on music (including opera), painting, literature, photography and architecture.*

Tomando como ponto de partida as descobertas e invenções científicas que levaram à proclamação de 2015 como o Ano Internacional da Luz e das Técnicas Baseadas na Luz, um passeio no tempo à volta da influência da luz nas artes, nomeadamente na música (ópera incluída), pintura, literatura, fotografia e arquitectura.

*[Ouve-se o Coro a cantar "E o espírito de Deus movia-se sobre a superfície das águas e Deus disse: Haja luz! E a luz foi feita".]*

Falar da luz é falar do princípio, do começo de todos os começos. Segundo o Génesis, a primeira coisa que Deus fez (depois dos Céus e da Terra), foi a luz. "Deus disse: 'Faça-se a luz'. E a luz foi feita. Deus viu que a luz era boa e separou a luz das trevas. Deus chamou dia à luz, e às trevas, noite. Assim surgiu a tarde e, em seguida, a manhã: foi o primeiro dia". Foi, aliás, o que acabaram de ouvir pela música de Joseph Haydn. Aquele acorde fortíssimo e esplendoroso em Dó Maior, entoado pelos *tutti* da orquestra e coro e que marca o nascimento da luz, levou o público ao rubro na primeira audição da obra-prima de Haydn a 29 de Abril de 1798. É uma luz com 217 anos, mas no final desta palestra ouviremos uma luz mais actual, mais de acordo com as nossas circunstâncias.

Luz e trevas; dia e noite; ser e não ser. Vem daqui a nossa obsessão por ver e julgar tudo a preto e branco, sem cinzentos intermédios. Charles Dickens deu o exemplo com o começo genial de "Um Conto em Duas Cidades" (1859): "Era o melhor dos tempos e era o pior dos tempos, era a idade da sabedoria e era a idade da loucura, era a época da fé e era a época da incredulidade, era a estação da LUZ e era a estação das trevas, era a Primavera da esperança e era o Inverno do desespero, tínhamos tudo à nossa frente e não tínhamos nada à nossa frente, íamos todos direitos ao céu e íamos todos para o outro lado – em suma, o período era tão semelhante aos tempos actuais que algumas das autoridades mais barulhentas insistiam que fosse considerado, para o bem e para o mal, apenas no mais superlativo grau de comparação".

\* Conferência proferida nas cerimónias do encerramento do Ano Internacional da Luz (entretanto prolongado até 30 de Junho), "Haja Luz! Diálogos à Volta da Luz", no Auditório 2 da Fundação Calouste Gulbenkian, a 15 de Dezembro de 2015.

\*\* Professor Emérito de Química-Física da Universidade de Lisboa-IST

A mais bela representação pictórica que conheço da separação da luz das trevas encontra-se na *Loggia* de Rafael, no Vaticano – uma encomenda do Papa Leão X no princípio do século XVI (Figura 1).



Figura 1 – Raffaello Sanzio, Deus a separar a luz das trevas, 1518/19

Uma das razões porque celebrámos em 2015 o Ano Internacional da Luz e das Técnicas Baseadas na Luz, está na descoberta (acidental) das micro-ondas cósmicas de fundo (CMB) há precisamente 50 anos, nos Bell Labs, por Arno Penzias e Robert Wilson, que lhes mereceu metade do Prémio Nobel de Física em 1978. (A outra metade foi para Pyotr Kapitsa pelas suas invenções e descobertas na física de baixas temperaturas.) O *big-bang* aconteceu há 13,8 biliões de anos. A CMB é o seu eco luminoso – a mais antiga luz que alguma vez poderemos ver, libertada uns meros 380 000 anos após o *big-bang*, quando o Universo se tornou suficientemente transparente para os fotões (as partículas de luz) poderem viajar livremente pelo espaço. (Note-se que nessa fase de evolução do Universo já havia átomos de hidrogénio.)

A Figura 2 mostra as flutuações de temperatura (a 2,725 K) correspondentes a regiões de densidades ligeiramente diferentes, que representam as sementes das futuras galá-

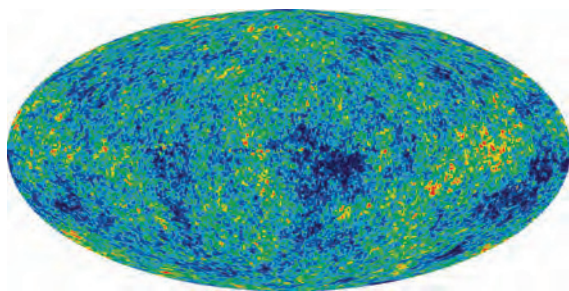


Figura 2 – Mapa actualizado da CMB, 2012

xias. É tão bela que já foi chamada o 'arrebol' (*afterglow*) da Criação' ou mesmo a 'face de Deus'. Considero-a um equivalente moderno da representação de Rafael: uma imagem abstracto-expressionista dos anos 1960, como se Deus se entretivesse a salpicar o Universo com borrifos de luz, à maneira de Jackson Pollock.

A luz está em toda a parte. Lembram-se da adivinha "Do tamanho de uma abelha, enche a casa até à telha", nos tempos em que a chama de uma vela ou um fio de tungsténio incandescente iluminavam os lares? Para os Gregos, tudo era feito de terra, água, ar e fogo – os quatro elementos. Para a capa do meu primeiro livro escolhi uma fotografia (2013) do grande fotógrafo australiano, Phil Hart, que mostra exemplos de luz no ar do céu (estrelas e galáxias), na terra (o farol distante) e na água (a bioluminescência das algas monocelulares *Nocticula scintillans*). Só falta o fogo, roubado por Prometeu aos deuses para o oferecer à humanidade e começar a civilização (Figura 3).

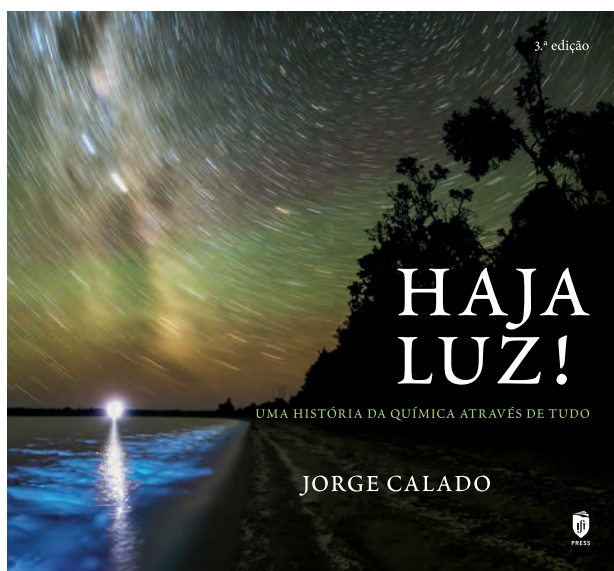


Figura 3 – Phil Hart, Capa da 3.ª edição de "Haja Luz!", 2015

A civilização significou a cozedura dos alimentos, o tratamento dos metais (metalurgia), o uso do vapor de água como fonte de energia e as transformações das formas de energia umas nas outras (da roda das noras à máquina a vapor), que nos deram a I Revolução Industrial e as que se seguiram. A luz comanda as revoluções científicas, técnicas e industriais. (Veja-se, por exemplo, o que aconteceu com os LEDs.) Só a química trouxe à baila três luzes: a do fósforo, a da combustão e a da faísca eléctrica. O povo sabe

o que diz quando chama à factura da electricidade a conta da luz! Há ainda uma quarta luz, a luz polarizada, que permitiu a Louis Pasteur mostrar que há substâncias esquerdas e direitas e que Deus era provavelmente canhoto.

A luz da combustão permitiu compreender a composição do ar e levou à descoberta do oxigénio; a electricidade permitiu a Humphry Davy isolar o potássio e o sódio. Quanto ao fósforo, descoberto em 1669, cabem-lhe as honras de ter sido o único novo elemento encontrado no corpo humano (por concentração da urina). A sua luz era considerada mágica, por ser fria. Seria a pedra filosofal? A alma? Diga-se já que, apesar do nome, não se trata de um caso de fosforescência mas sim de luminescência química: a luz do fósforo resulta de uma reacção química com o oxigénio do ar. Por razões óbvias, a luz fria da luminescência é muito mais eficiente do que a luz quente da incandescência.

Foi só no final do século XVIII que se percebeu que o fósforo era um nutriente essencial à vida. A agricultura moderna começa aqui, com a adição de adubos à base de fosfatos,  $\text{PO}_4^{3-}$ . A cereja em cima do bolo foi a descoberta de que os fosfatos formam com os açúcares a espinha lateral da estrutura do ADN (Figura 4).

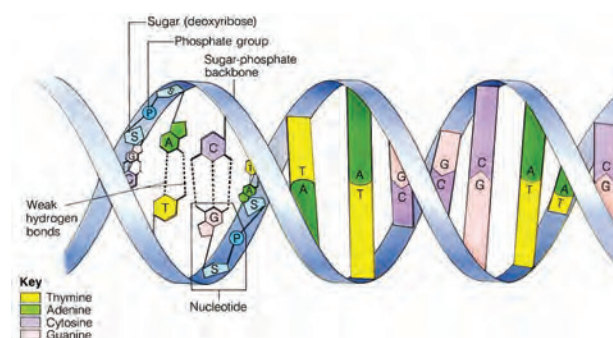


Figura 4 – Estrutura do ADN

A pedra filosofal é, afinal, o ADN que nos permite ser quem somos e o que somos (e talvez transmutar alguns átomos de metais em ouro ou, pelo menos, controlar o aquecimento global).

Foi o tratamento da luz (indirecta) que revolucionou a pintura dos séculos XVII e XVIII, com Michelangelo da Caravaggio, Georges de La Tour (luz da vela), Rembrandt e Joseph Wright of Derby. O impressionismo (século XIX) também deve muito às teorias da luz e cor (e também à invenção das tintas em bisnagas, fáceis de utilizar). Wright of Derby, o mais científico dos pintores do seu tempo, fez da luz um dos seus temas preferidos. Até representou um alquimista a descobrir o fósforo (Figura 5). Notar as três fontes luminosas da pintura: candeia, luar e fósforo!

Em termos modernos, o nosso conhecimento sobre a luz (e as cores) começou com a "Óptica" (1704) de Isaac Newton – o primeiro cientista globalmente admirado. A sua morte, em 1727, provocou uma generalizada onda de pesar e suscitou as mais diversas homenagens. Voltaire, que vivia em Londres, assistiu ao funeral de estado e elogiou o fi-





**Figura 5 – J. Wright of Derby, O Alquimista, à procura da pedra filosofal, descobre o fósforo e reza pelo êxito da conclusão dos seus trabalhos, como era costume entre os antigos astrólogos químicos, 1771**

nado dizendo que Newton "não só tivera a felicidade singular de ter nascido num país de liberdades, mas também numa época em que todas as impertinências da escolástica tinham sido banidas deste mundo. Cultivava-se apenas a razão e só restava à humanidade tornar-se seu discípulo". Giambattista Pittoni, sucessor veneziano de outro João Baptista (Tiepolo) como presidente da Academia de Belas-Artes de Veneza, pintou uma notável alegoria – hoje no Museu Fitzwilliam, em Cambridge – que mostra Minerva e as chorosas Ciências a serem conduzidas à urna monumental que contém os restos mortais de Newton (Figura 6).



**Figura 6 – Giambattista Pittoni, Monumento alegórico a Sir Isaac Newton, 1727**

Como exemplo, lá está, na parte superior do quadro, a experiência da decomposição da luz através de um prisma que deu fama a Newton. (Pouco importa que o ângulo de refração esteja incorrecto; trata-se de uma liberdade pictórica.)

Ao invés do que acontecera com os "Principia" (1687), a "Óptica" de Newton foi um êxito popular (passou por várias edições, etc.), em boa parte porque estava escrita na língua vernácula, de modo claro, entendível por muitos. Houve quem pensasse que o prisma corrompia a luz, enfeitando-a com cores, mas as ideias de Newton acabaram por se impor. (Galileo passara por polémicas semelhantes com o telescópio.) O olho humano é obra de Deus, ao contrário dos instrumentos, que são obra do Homem. Não seria a última vez que as crenças religiosas interferiam no processo científico.

Foi na literatura, nomeadamente na poesia inglesa, que mais se fez sentir a óptica de Newton. No poema filosófico 'Universal Beauty' (1728), Henry Brooke refere-se à luz como "the spark, the lamp, the ray, Essence or effluence of Essential Day". Era o início da chamada "poesia científica". Alexander Pope usou três ou quatro vezes mais palavras relacionadas com a luz e a cor do que Shakespeare, e fê-lo dez vezes mais. (Shakespeare morreu antes do nascimento de Newton.) Deve-se-lhe, aliás, o mais belo epitáfio (1735) à morte de Newton:

"Nature, and Nature's Laws lay hid in Night.  
God said, 'Let Newton be!' and all was *Light*."

Noutro poema (1744) dedicado à memória de Newton, James Thomson refere o arco-íris:

The last gleamings of refracted light  
Died in fainting Violet away.

Um dos meus poetas de estimação, o escocês Thomas Campbell, interroga-se no seu poema "To the rainbow" (1820):

Can all that Optics teach, unfold  
Thy form to please me so,  
As when I dreamt of gems and gold  
Hid in thy radiant bow?

Ao contrário de Christiaan Huygens, que julgava que um ponto de luz gerava uma onda esférica luminosa (em comunicação à Academia de Ciências de Paris em 1678), Newton defendia uma concepção corpuscular da luz. Ambos tinham razão, pois tudo depende da maneira como observamos as coisas. A observação, tal como a comunicação, faz-se através da luz. Sabemos que Augustin Fresnel publicou o primeiro artigo sobre a teoria ondulatória da luz em 1815 (e que em 1819 ganhou o *Grand Prix* da Academia de Ciências de Paris com a sua memória sobre a difracção) – e esta é mais uma razão para celebrarmos em 2015 o Ano Internacional da Luz. O que não devemos esquecer é que o fez na sequência dos trabalhos experimentais sobre a interferência das ondas luminosas de Thomas Young

(1800), o médico inglês que se formou em quatro universidades (Londres, Edimburgo, Göttingen e Cambridge) e se distinguiu pelos seus estudos sobre a visão e o mecanismo do olho, a parte mais exposta do cérebro.

A concepção corpuscular da luz também está certa, como sabemos pelo efeito fotoelétrico (explicado por Albert Einstein em 1905, e que lhe valeu o Prémio Nobel de Física em 1921): a capacidade de um feixe de luz arrancar electrões à superfície de um metal. Newton considerava as partículas de luz – a que hoje chamamos fotões – como pesadas, e achava que os raios de luz se afastariam da linearidade rectilínea (como acontece a qualquer projectil) não fora a extraordinariamente elevada velocidade da luz.

A confirmação experimental da acção da gravidade sobre a luz (parte da teoria da relatividade geral, publicada em 1915) foi obtida por Arthur Eddington em 1919 durante as observações de um eclipse solar total na ilha do Príncipe, então colónia portuguesa. O que é curioso é que Humphry Davy, num poema de 1815 (outra coincidência!), 'The Massy Pillars of the Earth', parece ter adivinhado essa curvatura dos raios luminosos de estrelas distantes causada pela atracção gravítica do Sol:

Nothing is lost; the ethereal fire,  
Which from the farthest star descends,  
Through the immensity of space  
Its course by worlds attracted bends  
To reach the earth;

Noto ecos destes raios luminosos encurvados no quadro do futurista Giacomo Balla, pintado em 1914, sobre o Trânsito de Mercúrio (Figura 7).



Figura 7 – Giacomo Balla, Mercúrio a passar em frente do Sol, 1914

O mesmo Balla que celebrou a lâmpada de arco na "Luz da Rua" (1909) e que evocou as figuras de interferência ondulatória nas suas ágeis pinturas de trajectórias rápidas e sequências dinâmicas de 1913.

A dualidade luminosa onda-corpúsculo também atravessa a prosa literária. Há uma lindíssima descrição da luz quase no final do romance de William Faulkner, "O Som e a Fúria" (1929), quando o escritor se refere à luz da madrugada a iluminar o rosto de Dilsey Gibson, a velha serva preta: "O dia nasceu sombrio e gelado, como um **lençol** de luz parda vinda do nordeste que em vez de se dissolver em humidade parecia desintegrar-se em **partículas** minúsculas e pestilentas, de tal modo que quando Dilsey abriu a porta da cabana essa poalha espicaçou-lhe **lateralmente** a pele, precipitando-se não como orvalho mas como uma substância fina, uma espécie de óleo em vias de congelar". (Os destaques a **negro** são meus.) As partículas minúsculas podem bem ser os fotões; o lençol (*wall*, no original) aponta para o carácter contínuo e ondulatório da luz (que vibra segundo planos perpendiculares – laterais? – à direcção de propagação). A cena pode ser americana e sulista, mas lembra-me a luz nórdica e difusa das pinturas de Vilhelm Hammershoi: a luz difundida pelas poeiras, a luz do silêncio e da solidão (Figura 8).



Figura 8 – Vilhelm Hammershoi, Interior em Strandgade com a luz do sol batendo no soalho, 1901

Faulkner viria a receber o Prémio Nobel de Literatura em 1950, no início da Guerra Fria. Naturalmente uma parte do seu discurso Nobel tem a ver com a ameaça nuclear: "Há apenas uma questão: quando é que eu serei aniquilado? É por causa disto que hoje os escritores se esqueceram dos problemas do coração humano em conflito consigo próprio. São estes e apenas estes os problemas que podem gerar boa literatura. Só vale a pena escrever sobre isso, só isso merece a nossa agonia e suor. Temos novamente de os reaprender. Temos de nos convencer que a coisa mais vil e ordinária é o medo, para depois o esquecer para sempre, preservando apenas na nossa bancada de trabalho as velhas verdades do coração, as velhas verdades universais sem as quais qualquer história é efémera e está condenada – amor e honra, piedade e orgulho, compaixão e sacrifício".

A arte moderna é luz vista – isto é, refractada e difundida – através de uma estrutura, escreveu o escritor e crítico Robert Hughes. A estrutura tanto pode ser o prisma de Newton como a grelha de uma janela (como na pintura de



Hammershoi), a Torre Eiffel, a Torre da Rádio em Berlim, a Ponte de Brooklyn ou qualquer outra construção imaginária como o projecto de monumento à Terceira Internacional, de Vladimir Tatlin. É uma coincidência feliz termos actualmente no Centro de Arte Moderna a exposição "O Círculo Delaunay" com todas as cores do arco-íris.

É tempo de voltar ao princípio desta palestra, quando ouvimos a luz com Haydn. Som e luz são complementares. O primeiro é uma onda mecânica propagando-se através da matéria; a segunda, imaterial (mas pesada), é uma onda electromagnética. O som atinge-nos no corpo; a luz alimenta o espírito. Como nos ensinou Baudelaire num dos seus poemas de "As Flores do Mal" (1857), há correspondências entre os perfumes, as cores e os sons. Numa orquestra, são os timbres e as alturas das notas que emprestam as cores à música (e a cor é apenas uma propriedade da luz). Os sombreados das madeiras contrastam com o resplendor vivo dos metais; os agudos brilham e os graves são escuros. Não conheço tradução musical mais empolgante da luz do que aquela que é cantada por Vaudémont na última ópera de Tchaikovsky, "Iolanta" (1892) – a história de uma princesa cega, criada na ignorância de que os olhos servem para algo mais do que chorar. Para ser curada pelo médico mouro Ibn-Hakia, Iolanta tem de *querer* ver (algo que não sabe o que é), e quer ver para que o seu amante Vaudémont não seja condenado. Tal como Tristão e Isolde, Iolanta e Vaudémont conhecem-se na escuridão, mas ao contrário da ópera de Wagner, a ópera de Tchaikovsky tem um final feliz.

No "Othello" (1604), Shakespeare já nos mostrara que a luz é sinónimo de vida. Ao entrar no quarto de Desdemona na II cena do último acto, Othello murmura duas vezes a palavra *luz* antes de a sufocar: "No entanto ela tem de morrer, de outro modo atraí-ria mais homens. Apaga a luz, e depois apaga a luz". A primeira refere-se ao apagar da vela que ilumina a câmara, a segunda, à morte da esposa. Quando, no III acto, Tristan ouve finalmente a voz de Isolde, julga ouvir a Luz ('O quê, é a luz que estou a ouvir?') e a luz significa que ambos podem morrer. (A ópera termina com o *Liebestod* de Isolde.)

Para Tchaikovsky, a luz representava a vida (ou assim ele gostaria de pensar). Iolanta pergunta a Vaudémont 'O que é *ver*?', e este responde 'É conhecer a luz de Deus'; 'Bom cavaleiro, então o que é a luz?' Num arroubo de grande êxtase lírico, Vaudémont responde que a luz é

"O primeiro e maravilhoso fruto da Criação, a primeira dádiva do Senhor ao mundo, a glória de Deus tornada manifesta, a mais bela pérola da sua coroa! O Sol, o céu e as estrelas brilhantes encham o mundo, o nosso lar terreno, toda a Natureza e a criação com uma beleza indizível! Quem não conhecer o júbilo da luz não pode pois amar o mundo de Deus, agora pintado de preto, nem honrá-lo na escuridão, como fazia com a luz! Com a Sua luz, eu, alma imerecedora, vi-te, oh bela donzela, oh casta e fina figura de feições doces e expressão cativante; sim, a luz é o primeiro fruto da Criação, a melhor dádiva do Senhor ao mundo".

Gostava de acrescentar que J. M. W. Turner, outro grande pintor da luz, sabia isto: as suas últimas palavras, quando morreu em 1851, foram: "O Sol é Deus!".

Hoje sabemos que matéria é energia e luz é energia. Mais do que a matéria, a luz está em toda a parte. É omnipresente, como Deus, mesmo quando não a vemos (mas ela vê-nos). Um bom exemplo são as fotografias comprometedoras de Weegee, O Famoso, tiradas em cinemas usando *flash* de luz infra-vermelha e filme sensível aos raios infra-vermelhos. A luz é vida e amor (mesmo que este seja conduzido na escuridão). Quanto à estética da fotografia de Weegee, ela é a mesma do expressionismo alemão dos anos 1930 e do *film noir* americano dos anos 1940 e 50. O que o cinema fez – e Einstein percebeu isso – foi incorporar o tempo no espaço. E se me permitem contar uma história, lembro o encontro entusiasticamente aplaudido de Einstein com Charlie Chaplin, em Hollywood, nos anos 1930. Einstein estranhou o rebuliço e a excitação, mas Chaplin explicou-lhe: "Estão a aclamar-nos a ambos: a si porque ninguém o compreende, e a mim porque toda a gente me entende".

A fotografia analógica, com negativo e positivo, foi inventada por W. H. Fox Talbot que soube, melhor do que ninguém, aprisionar a luz. Entre 1844-46 publicou "O Lápis da Natureza", o primeiro livro comercial ilustrado com fotografias originais (Figura 9).



Figura 9 – W. H. Fox Talbot, O Lápis da Natureza, 1844-46

A luz é, realmente, o lápis, o pincel, a espátula da Natureza.

E se há artista que hoje, melhor que ninguém, trabalha a luz é o californiano James Turrell (n. 1943). Para ele, "a luz é um elixir assombroso", o que remete para a alquimia. E continua: "é parte da nossa vida quotidiana. É literalmente um alimento. Consumimo-la como vitamina D através da pele. Controla a quantidade de serotonina no nosso cérebro. E a luz – e especialmente a cor, que é luz separada – pode desencadear uma resposta emocional muito intensa". Ao contrário do que acontece com as tintas, com a luz, quanto mais cores se misturam mais nos aproximamos do branco – a lição de Newton. Coincidindo com o Ano Internacional da Luz, Turrell teve uma exposição, "Lightscape"

em Houghton Hall – talvez o mais belo edifício paladiano de Inglaterra – no condado de Norfolk, no Verão de 2015.

Segundo as suas palavras: "Não quero que [as minhas obras] sejam sobre a luz. Quero a própria luz. Quero invocar a qualidade sensual do olhar". Há uma revolução técnica em curso no que respeita ao uso da luz (e não me refiro apenas aos LEDs azuis que deram o Prémio Nobel de Física em 2014 a Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura). A iluminação das nossas casas, a definição dos espaços arquitectónicos passará a ser feita em termos muito agradáveis e higiénicos de toalhas de luz (Figura 10).

Prometi, quando comecei esta palestra, dar-vos a ouvir uma luz mais contemporânea que as de Haydn ou de Tchaikovsky. A minha escolha recai sobre a monumental "Licht" ou "Luz – Os Sete Dias da Semana", de Karlheinz Stockhausen: uma ópera em sete jornadas que é uma "espiral eterna" de 29 horas de música girando à volta da visão de Miguel, o amor de Eva e as habilidades de Lúcifer. Vamos ouvir duas peças curtas da 1.<sup>a</sup> cena (Festival) do

III acto de "Donnerstag aus Licht" (Quinta-Feira de Luz): 'O arco de luz maravilhoso' e 'O caos das cores'. Sei que esta música é considerada difícil, mas o espírito científico ilumina as mentes. Talvez se deliciem com as ricas harmonias e as melodias fugazes de "Licht". A CIÊNCIA É LUZ e quem não sabe ciência navega na escuridão.

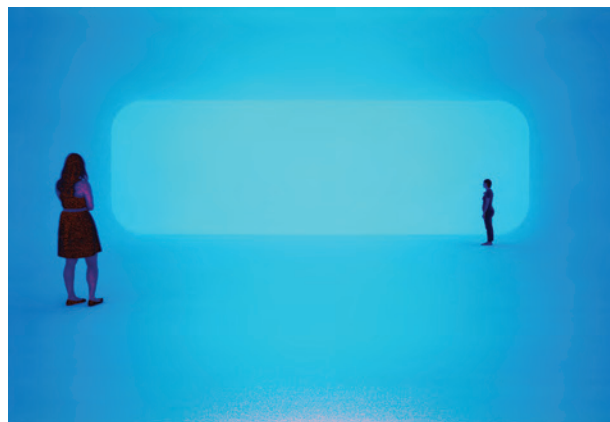
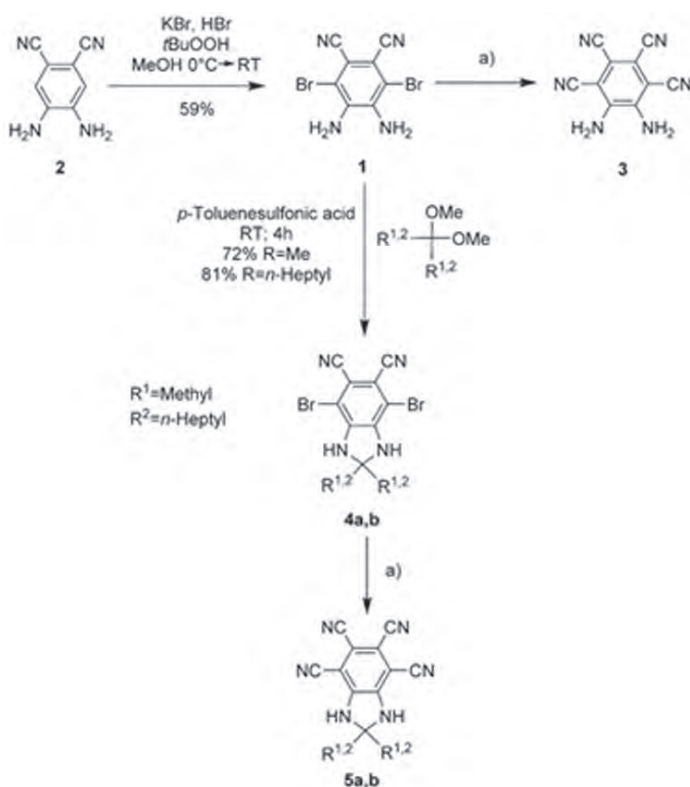


Figura 10 – James Turrell, Luz Respirante, 2013

## ACTUALIDADES CIENTÍFICAS

PODE SER PEQUENA MAS TEM GRANDE MOMENTO DIPOLAR



Uma equipa de investigadores na Alemanha e na Grécia sintetizou um benzeno hexa-substituído que tem o maior momento dipolarreportado até hoje numa molécula neutra.

Vários investigadores têm tentado criar compostos neutros altamente polares, nomeadamente através da síntese de benzenos substituídos com grupos aceptores e doadores de electrões em posições opostas do anel. No entanto, a síntese de benzenos multi-substituídos, altamente impedidos estereoquimicamente, não é fácil e as tradicionais reacções de substituição electrofílica frequentemente falham nesse objectivo. Recentemente, a equipa de investigadores referida usou um método não usual, mas eficaz, de síntese de derivados de 5-6-diaminobenzeno-1,2,3,4-tetracarbonitrilo através de bromação oxidativa e cianação catalisada por paládio. As moléculas obtidas mostraram possuir valores de momentos dipolares superiores a 10 Debye, comparáveis a compostos iónicos.

Os investigadores esperam que os novos compostos possam ter aplicações em sistemas fotovoltaicos e em optoelectrónica.

(adaptado de "A smallmolecule's big moment", <http://www.rsc.org/chemistryworld/2016/02/benzene-dipole-moment> e de J. Wudarczyk, G. Papamokos, V. Margaritis, D. Schollmeyer, F. Hinkel, M. Baumgarten, G. Floudas, K. Müllen, *Angew. Chem., Int. Ed.*, 55 (2016) 3220-3223. DOI: 10.1002/anie.201508249)

**Paulo Mendes**  
(pjgm@uevora.pt)