

Ciência e Arte  
2011

## REPRESENTAÇÃO DA MATÉRIA

Isabel Serra

## REPRESENTAÇÃO EM CIÊNCIA E EM ARTE PROBLEMÁTICAS COMUNS?

ESTRUTURA  
SIMETRIA  
REGULARIDADE  
REPETIÇÃO  
HARMONIA

convenções  
estruturas  
simbologia  
ambiguidade

Realismo

METÁFORAS  
MODELOS

Imaginação  
Comunicação

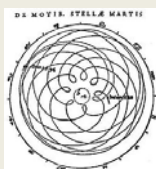
Matemática

## A HARMONIA DO UNIVERSO



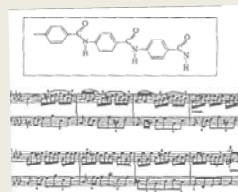
De PITÁGORAS, que descobriu que a harmonia musical assentava em relações numéricas

A KEPLER, que em *Harmonia*, tenta explicar as proporções do mundo natural em termos de música



## POLÍMEROS E ESTRUTURA MUSICAL

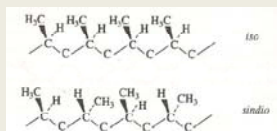
Repetição de grupos nas moléculas e nas partituras musicais



paralelismo entre uma melodia de Bach e a estrutura do Kevlar onde os mesmos grupos de notas são repetidos

## REPETIÇÃO DO TEMA PRINCIPAL E DO TEMA SECUNDÁRIO tal como na música

A estrutura molecular, tal como a sonora, cria uma harmonia com resultados diferentes, conforme a sucessão dos módulos regulares



## A MÚSICA NO SÉCULO XX Uma nova harmonia

<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/seminario/musica/numero12.htm>

O dodecafonismo foi criado pelo compositor vienense Schoenberg (1874-1951) juntamente com os seus discípulos Alban Berg (1885-1935) e Webern (1883-1945).

O objectivo era encontrar novas fórmulas que mudassem o conceito de tonalidade.

É neste contexto que, em 1923, com a obra *Five Piano Pieces, Opus 23*, Schoenberg apresenta o **dodecafonismo** Como um novo sistema de composição.



MATEMÁTICA,  
REPRESENTAÇÃO DA ARTE E DA NATUREZA

O número e a natureza

O Número de ouro

PROPORÇÃO ÁUREA  $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \phi$  1,6180....

A PROPORÇÃO ÁUREA E A PINTURA, ESCULTURA, ARQUITECTURA

O Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci. As idéias de proporção e simetria aplicadas à concepção da beleza humana

REPETIÇÃO E REGULARIDADE NO UNIVERSO

Os fenómenos vibratórios e oscilatórios da matéria, da vida e da energia








O CASO DO AMONÍACO

A "beleza" de uma vibração



Cada molécula de amoníaco do universo está sujeita a um movimento interno de inversão entre estas duas formas que se processa de forma regular



Os masers de amoníaco baseiam-se nesta regularidade.


A beleza desta vibração advém da sua simplicidade  
A beleza desta transformação provém da sua generalidade

REALISMO NA ARTE  
REALISMO NA CIÊNCIA

O REALISMO


No século XIX surge um movimento de reacção ao Romantismo que se desenvolveu com base na observação da realidade, na razão e na ciência

Motivados pelas teorias científicas e filosóficas da época, os escritores realistas desejavam retratar o homem e a sociedade. Não bastava mostrar a face sonhadora ou idealizada da vida, como fizeram os românticos. Uma característica do romance realista é o seu poder de crítica. A visão romântica é substituída pela crítica da realidade, uma visão supostamente objectiva, sem distorções. Em lugar de heróis, surgem pessoas comuns, cheias de problemas e limitações.



Flaubert (1821-1880), que levou à perfeição o ideal do romance realista de harmonizar a arte e a realidade

Eça de Queirós, o maior escritor realista de Portugal



*Salammô* romance de Flaubert, (pintura de Gaston Bussière, 1907)

### REALISMO na arte e na ciência

A pintura do Realismo começou por manifestar-se na paisagem, que se despiu da personificação românticas para se ater à reprodução desapassionada e neutra, do que se oferece à vista do pintor. Depois, passou aos temas do quotidiano, que tratou de forma crua



Daumier, 1863  
Les Joueurs d'échecs

Daumier retratou a vida dos camponeses e do operariado

Manet um realista que causou escândalo.



Manet, 1863  
Dejeuner sur l'herbe

Para os seus defensores, a representação da realidade era a última palavra em audácia artística. No entanto...

O Realismo manteve-se dentro dos preconceitos académicos, no que diz respeito à exactidão do desenho e ao perfeito acabamento do quadro.

### CIÊNCIA E REALISMO

Descrição da natureza da matéria, da energia e “modelos”

#### O QUE É UM MODELO?

### O REALISMO DOS CIENTISTAS

Realismo “ingénuo”

Empirismo e positivismo

Pragmatismo e Instrumentalismo

Mecanicismo

Reduccionismo

**De facto, muitas vezes o realismo não está presente. A escrita de uma estrutura molecular não é inocente.**

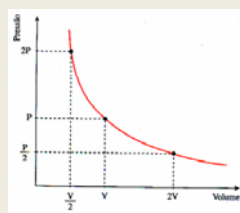
Esses esquemas são representações da realidade? Ou seja, são apenas uma versão simplificada construída a partir de interpretação dos padrões de difracção de raios X de um cristal molecular? Numa palavra, são realistas?

**“De facto, eles misturam convenção e realidade”**

### MODELOS MATEMÁTICOS

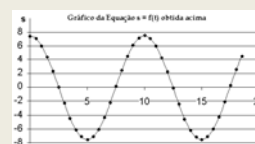
Para representar a matéria e a energia usa-se a matemática

$$PV = \text{constante}$$



Lei dos gases perfeitos

$$s = A \sin(\omega t + \phi_0)$$



Movimento oscilatório simples

Para representar a evolução populacional ou química usa-se a matemática

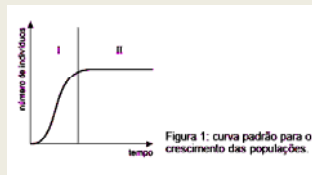
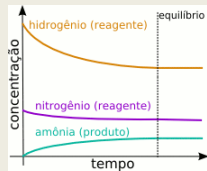


Figura 1: curva padrão para o crescimento das populações.

Evolução padrão de uma população



Equilíbrio químico  
Concentração das substâncias envolvidas em função do tempo

## A HISTÓRIA DA REPRESENTAÇÃO MATEMÁTICA DA NATUREZA

Astronomia e geometria  
Movimento, equações e representação gráfica  
Electricidade  
Química  
Calor  
Biologia  
Sociologia

## REPRESENTAÇÃO DA NATUREZA USANDO EXPERIÊNCIAS

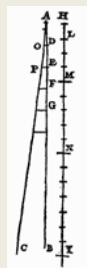
O CASO DE GALILEU e *Dois Novas Ciências*

Durante muito tempo considerou-se Galileu como o fundador do “método experimental”

Alexandre Koyré faz outra leitura da sua obra:

“Quando estuda o movimento, Galileu coloca-se fora da realidade”

Alexandre Koyré, *Estudos Galilaicos*, D. Quixote, p. 98



Desenho original de Galileu em *Dois Novas Ciências*

## De Galileu ao CERN: Representações experimentais da realidade



## Representações experimentais da realidade



Caroline Léger faz instalações de arte misturando tecidos e plantas de uma forma que deixa qualquer fã de jardinagem pensando porque não pensou naquilo antes.



Instalação em Xangai, China

Desenvolvimento experimental  
versus  
desenvolvimento matemático da ciência

Alexandre Koyré  
René Thom

REPRESENTAÇÃO EM CIÊNCIA  
MACROSCÓPICO – MICROSCÓPICO  
VISÍVEL E INVISÍVEL

O“invisível” na ciência  
séculos XIX e XX

Durante o século XX a explicação do visível pelo invisível  
generalizou-se a todo o estudo da natureza

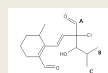
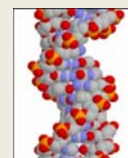
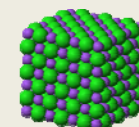
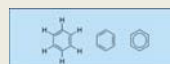
PODE FALAR-SE DE  
REALISMO DO INVISÍVEL?

A presença do “invisível” na ciência  
séculos XIX e XX

Átomos, Moléculas,  
cargas eléctricas, electrões  
Partículas subatómicas  
Reacções (químicas, nucleares)  
éter  
Campos eléctrico  
Campo magnético  
Campo gravítico  
Fluxos, etc.

ADN  
Neurónio  
Neurotransmissores  
Mente  
Inconsciente

Para representar O INVISÍVEL das substâncias  
e a vida usamos estruturas a duas ou três  
dimensões



Explica-se o visível pelo invisível

Na química

“Os químicos procuram explicar os fenómenos  
macroscópicos a partir de microestruturas. O  
admirável é que esta prática remonta ao século  
XVII, enquanto só actualmente começamos a  
dispor de técnicas de *visualização* dos átomos”

Pierre Lazlo , *A Palavra das coisas ou a linguagem da química*, Gradiva, 1995, p. 28.

O ÁTOMO E O ELECTRÃO

## CONTROVÉRSIA EM TORNO DO INVISÍVEL O ÁTOMO

Em 1803 **John Dalton** (1766-1844) apresentou à Sociedade Literária e Filosófica de Manchester uma memória na qual estabeleceu os princípios básicos da teoria atómica.

Nos finais do século XIX mantinha-se acesa a controvérsia entre atomistas e continuistas, estando o atomismo ainda longe de ser cientificamente aceite

No início do século XX havia ainda prestigiados cientistas que negavam a existência de átomos, como Mach (1838-1916), Ostwald (1853-1932)

## O ELECTRÃO

Em 1832, quando **Michael Faraday** (1791-1867) enuncia as leis da electrólise, começa a história do electrão.

**1891 - Stoney** (1826-1911)  
**1895 - Jean Perrin** (1870-1942)  
**1897 - J.J. Thomson** (1856-1940)  
**1910 - Millikan** (1868-1953)

## CONTROVÉRSIA EM TORNO DO INVISÍVEL

A controvérsia acerca da existência do átomo

A controvérsia acerca da existência do electrão

A experiência de J. J. Thomson (1897) mostrou que existe uma "partícula eléctrica" com as mesmas características em diversas substâncias.

A experiência de Millikan (1910) contribuiu decisivamente para estabelecer a ideia da descontinuidade da matéria e da energia (existência de átomos, de electrões e de outras partículas).

## A TOTAL "INVISIBILIDADE" DO ÁTOMO

"Apesar dos sucessos da teoria atómica não havia evidência directa da sua existência até 1912. (...) Nem trajectórias de partículas da câmara de nevoeiro, nem flashes nem cliques de contadores Geiger "(Holton, the scientific imagination, p. 33)

Ernst Mach dizia, "nunca ninguém viu um átomo"

## INSTRUMENTOS DE ESTUDO DO INVISÍVEL Representações experimentais da realidade?

Com este e outros aparelhos foram descobertos fenómenos fundamentais em física atómica e nuclear: desintegração provocada, radioactividade artificial, cisão nuclear, etc.

Em 1911 Thomson Rees Wilson (1869-1959) fabrica a primeira câmara de nevoeiro



Câmaras de nevoeiro

traços de partículas

## A explicação do visível pelo invisível

### Na física

**“As Intuições facilmente visualizáveis, antagónicas da abstracção conceptual, tinham-se tornado um obstáculo. (...) Este problema levou Heisemberg a propor uma solução” – a eliminação de modelos figurativos do átomo**

Gerald Holton, *A Cultura científica e os seus inimigos*, Gradiva, p. 111.

## A REALIDADE DO INVISÍVEL na física e na química

### Os exemplos do átomo e das partículas subatómicas

#### 1. A controvérsia acerca da existência do átomo

A hipótese de Dalton permitiu grandes progressos na química.

No entanto, cem anos depois a existência dos átomos não tinha ainda sido aceite por toda a comunidade científica

**Nos finais do século XIX mantinha-se acesa a controvérsia entre atomistas e continuistas, estando o atomismo ainda longe de ser cientificamente aceite**

## A REALIDADE DO INVISÍVEL na física e na química

### Os exemplos do átomo e das partículas subatómicas

#### 1. A controvérsia acerca da existência do electrão

- Em 1846 Weber (1804–1891) explicou a electricidade usando a noção de “carga”
- Em 1874 Johnstone Stoney (1826–1911) propõe a ideia de “átomo de electricidade” ou electrão
- Em 1898 Joseph John Thomson mede a relação entre a carga e a massa do electrão e põe em evidência que os electrões são partículas dos átomos.
- Em 1910 Millikan mede o valor absoluto da carga do electrão.



Um tubo de descarga



J. J. Thomson

**A experiência de Millikan contribuiu decisivamente para estabelecer definitivamente a ideia da descontinuidade da matéria e da energia (existência de átomos, de electrões e de partículas subatómicas)**

## A REALIDADE DO INVISÍVEL impõe-se através da tecnologia

### Os átomos e as partículas sub-atómicas tornam-se “visíveis”

**Os argumentos “contra o invisível”**, como o de Mach que dizia, “nunca ninguém viu um átomo”. Deixam de ser válidos quando, na câmara de Wilson se passaram a ver partículas, ou os seus traços.



Câmaras de Wilson e fotografia dos trajectos de partículas aí obtidas

## O ÁTOMO E O NÚCLEO ATÓMICO EXPLICAM O VISÍVEL



Maria e Irene Curie



Instalação para terapia pelo rádio

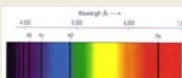
Átomo. Transições atómicas e espectros



Röntgen e uma das primeiras radiografias



Quartzo piezoelétrico - um dos primeiros instrumentos para detecção da radioatividade



## A REALIDADE DAS ONDAS-PARTÍCULAS

### A dualidade onda-corpúsculo

Em 1924, de Broglie (1892–1987) na sua tese de doutoramento apresentou a ideia de que a uma partícula, por exemplo o electrão, está sempre associada uma onda

As experiências de Davisson (1881–1958), e Germer (1896–1971) em 1926 e de G. P. Thomson (1892–1975), em 1927, puseram em evidência que o electrão se comporta como onda



Difracção de electrões

**A teoria de De Broglie foi usada por Dirac (1902–1984) e por Schrödinger (1887–1961) para desenvolver a mecânica quântica**

O REALISMO NA CIÊNCIA APÓS  
A FÍSICA E A QUÍMICA DO INVISÍVEL

As imagens mecânicas da matéria e dos processos

Na física a única realidade são as equações?  
Na química a única realidade são as fórmulas e as  
reações?

**A única realidade da ciência é a sua linguagem?**