

Beleza pelo atalho de Tsallis

Uma perspectiva pessoal

O professor Tsallis do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas do Rio de Janeiro (<http://www.abc.org.br/org/aca.asp?codigo=tsallis>), visitou a Universidade de Aveiro entre 2 e 6 de Junho tendo leccionado um curso de Mecânica Estatística Não Extensiva e proferido uma palestra para o público em geral subordinada ao tema “O que Arte e Ciência têm em comum?”. Esta visita foi possível devido ao esforço e empenho do Prof. Batel Anjo, do Departamento de Matemática, da Câmara Municipal de Aveiro e ainda do Departamento de Física através da sua Unidade de Investigação em Física de Semicondutores, Optoelectrónica e Sistemas Desordenados. A palestra aberta ao público em geral insere-se no ciclo “quintas da ciência” promovido pela Câmara Municipal de Aveiro e em particular constituiu a primeira edição das sessões de “Matemática e Poesia”, organizadas pelo colega Batel Anjo e cujo programa é já de conhecimento público.



Os trabalhos científicos do Prof. Tsallis conduziram a uma generalização dos princípios da Física Estatística para sistemas não extensivos. A Física Estatística foi iniciada em meados do sec. XIX com os trabalhos do grande físico austríaco Boltzmann. Boltzmann propôs um “atalho” entre a dinâmica ditada pelas leis da Mecânica – a perspectiva de Poincaré – e a física dos fenómenos macroscópicos, a Termodinâmica. Em particular, Boltzmann propôs uma interpretação microscópica para a entropia macroscópica de Clausius. A teoria permite-nos essencialmente prever o comportamento macroscópico dos sistemas a partir das suas propriedades microscópicas. Nas palavras de Tsallis podemos então saber como a estrutura microscópica determina a resposta à pergunta banal – devo vestir ou despir o “pull-over”.

C. Tsallis 1943-

A generalização de Tsallis da entropia de Boltzmann-Gibbs (que independentemente de Boltzmann chegou às mesmas conclusões) tem encontrado inúmeras aplicações em sistemas com interações de longo alcance, em equilíbrio Termodinâmico, para os quais à muito se sabia da inadequação das hipóteses de Boltzmann. Adicionalmente, as ideias de Tsallis são também surpreendentemente relevantes para o estudo de sistemas complexos e fora do equilíbrio como sejam sistemas turbulentos, sistemas biológicos (veja-se o exemplo fantástico da hydra viridissima), linguística computacional, sistemas dinâmicos, etc, etc (<http://tsallis.cat.cbpf.br/biblio.htm>), incluindo as propriedades magnéticas de Manganites¹. Por todos estes motivos algumas pessoas pensam que o nome do Prof. Tsallis merece ser considerado para atribuição do prémio Nobel da Física.

Ao longo do curso, o Prof. Tsallis mostrou-nos o formalismo, algumas aplicações seleccionadas e finalizou com aspectos da fundamentação dinâmica da sua proposta. Como fez questão de salientar, alguns aspectos e consequências das suas hipóteses encontram-se ainda em investigação por uma comunidade muito numerosa de físicos e matemáticos.

Foi possível perceber a sua linha de raciocínio, não apenas de um ponto de vista científico mas também de um ponto de vista psicológico. As hipóteses de Tsallis são verdadeiros “saltos de corsa”² que alguns físicos têm dificuldade em aceitar de imediato.

Os matemáticos constroem jogos axiomáticos³. De entre estes jogos axiomáticos, por definição logicamente consistentes e económicos por simplicidade alguns são relevantes para a Física e para as ciências naturais – outros não – mas não há maneira de o saber a-priori⁴. Na formulação dos axiomas os matemáticos são como os poetas e artistas – têm “pés de anjo”- têm alguma liberdade. Também os artistas são livres até certo ponto – as suas obras devem transmitir sensações, ideias, seja o que for – devem ter um qualquer significado para um certo sujeito incluindo o de não ter significado algum para um qualquer

¹ Estudadas pelo colega Vítor Amaral e seus colaboradores portugueses e brasileiros no Departamento de Física da Universidade de Aveiro.

² O colega Fernando Almeida das Geociências atribui esta expressão a um seu professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

³ Aqui a palavra jogo têm o sentido do português do Brasil que Tsallis, de origem grega, naturalmente usa.

⁴ Embora G. Parisi diga aos seus alunos que um bom dia se reconhece cedo, pela madrugada.

outro. O matemático como o artista passa por uma fase de “pé de chumbo” em que um pé apoia sempre aquele que se levanta para caminhar. Os artistas têm que dominar técnicas e ultrapassar dificuldades para produzir uma obra. Os físicos teóricos (geniais) são quase como os matemáticos – mas vemo-los com mais frequência “em pontas” em “saltos de corsa” – movimento não apoiado – a recorrer à intuição, até que vovô Galileu e a “santa madre” experiência os faz aterrizarem em solo firme.

Encontrar o jogo de axiomas e as leis da Física consistentes com os resultados experimentais consiste em exercitar a “arte de encontrar” isto é uma certa forma de heurística⁵. Dizia o Tsallis – não foi Deus que ditou a Boltzmann a celebre relação entre a entropia e o número de estados microscópico acessíveis ao sistema. Foi um génio que encontrou essa relação, esse curto-circuito, esse atalho.



L. Boltzmann
1844-1906

Tudo isto está relacionado com os próprios fundamentos da Matemática e os trabalhos⁶ de Godel e Turing – Será que existe um procedimento algorítmico que forneça soluções para todos os problemas que se possam colocar? Isto é, dada uma proposição, existirá um procedimento automático capaz de nos dizer se é verdadeira ou falsa? Esse algoritmo a correr num computador parará após um certo número finito de passos se a proposição for verdadeira ou falsa fornecendo a solução. Se não parar nunca saberemos a resposta. Portanto, temos que procurar um outro algoritmo capaz de determinar se outro algoritmo vai parar ou não. Assim teríamos uma maneira automática de saber que proposições são verdadeiras ou falsas isto é um procedimento automático de resposta a problemas matemáticos. Turing mostrou que esse algoritmo não existe. E se não existem processos tipo “pé de chumbo” que dão a resposta a todas as questões colocadas então não resta outra possibilidade que “dar saltos de corsa” e ter “pé de anjo”. Nas palavras de R. Penrose: “O que é a verdade?

Como formamos os nossos juízos acerca do que é verdadeiro e do que não é verdadeiro⁷ acerca do mundo? Estaremos simplesmente a seguir um algoritmo- sem dúvida um melhor que muitos outros a que se chegou pelo processo de selecção natural? Ou será que usamos outros processos, possivelmente não algorítmicos – talvez a intuição, o instinto, o palpite.”⁴ Do mesmo modo, Hilbert em 1900 queria saber se existe um conjunto de axiomas logicamente consistentes e procedimentos de cálculo tais que qualquer proposição possa ser provada ou verdadeira ou falsa. Godel mostrou que existem sempre proposições num sistema formal cujo valor lógico – verdadeiro ou falso - não é possível de encontrar dentro desse sistema formal. Penrose conclui: “Há” qualquer coisa de absoluto e “ditado por Deus” acerca da verdade em Matemática. Os sistemas formais têm papéis importantes a desempenhar na matemática mas apenas podem fornecer um guia parcelar para a verdade. A verdadeira verdade em Matemática está para além das meras construções humanas⁴.

E por aqui me fico em “estado de vaca”, como se explicará mais adiante⁸.

Na palestra sobre “O que a arte e a Ciência têm em comum?” Tsallis defendeu com ilustrações e exemplos interessantes que Beleza é um atalho – um atalho intuído por ser belo – um “curto-circuito” para a descrição da natureza. Enquanto se pensa no cientista como aquele que procura a verdade objectiva isto é, uma descrição rigorosa de um mundo “objectivo” parece-nos que o caminho mais curto para essa descrição é também o mais belo. Para Platão, Beleza e Verdade parece que eram a mesma coisa⁹. Também Einstein e Dirac, provavelmente entre outros eminentes físicos, acreditavam que a beleza da estrutura matemática das suas teorias era uma “garantia” para que se revelassem de acordo com a experiência e fossem uma descrição correcta da realidade objectiva. O cientista como disse Tsallis acredita num mundo objectivo independente do observador e por isso se mantém vivo e se dirige ao laboratório todas as manhãs.

⁵ Era isto Fernando, ou não?

⁶ Ver por exemplo os fascinantes livros editados pela Gradiva, A mente Virtual de Roger Penrose com o título original “The emperor’s new mind, editado em 1990 pela Oxford Univ. Press e Godel, Escher e Bach de D. Hofstadter editado também pela Gradiva.

⁷ Para Penrose os objectos matemáticos são parte da realidade objectiva e a Matemática é mais que uma linguagem.

⁸ Foi em estado de vaca que o Fernando me disse encontrar-se quando fomos tomar um café no intervalo do curso e fumávamos um cigarro.

⁹ Veja-se o artigo sobre beleza na New Caxton Encyclopedia”.

A existência de um mundo objectivo independente não significa porém que a forma como descrevemos as leis da Natureza que acreditamos serem válidas em todo o Universo seja única. Há muitas maneiras de dizer a mesma coisa, de simbolizar a mesma coisa e como Tsallis dizia se aprende sempre algo mais ao dizer uma mesma coisa de uma outra maneira. A Matemática parece ser uma linguagem universal que contém tudo o que é possível no mundo natural e tudo o que é impossível, porque não existe no mundo natural (daí a sugestão de anexar todos os departamentos ao departamento de Matemática que contaria apenas com dois grupos de investigação – a Matemática da Natureza e o resto).

Numa galáxia distante outros seres racionais dado tempo suficiente encontrarão as mesmas “leis da natureza” que formularão de uma forma diferente da nossa. Todavia, deverá ser possível mostrar que as duas formulações são equivalentes por um processo do tipo “pé de chumbo” ou inventando um novo ramo da Matemática por um processo do tipo “pé de anjo” com “saltinhos de corsa”. A razão porque estes seres formularão as mesmas leis de uma outra forma, tomando outros atalhos, poder ser simplesmente a de a sua Beleza ser diferente da nossa Beleza.



J. W. Gibbs
1839-1903

Apesar da crença na existência de uma realidade objectiva, a forma como os cientistas pensam e a formulação das leis da natureza a que chegam está indissociavelmente ligada à sua condição de seres humanos com uma certa biologia e neurofisiologia - que distingue o belo do horrível e monstruoso.

Não é a realidade objectiva que é bela porque então ou não seria objectiva ou teríamos que atribuir uma realidade objectiva à própria beleza o que como é sabido é um pouco excêntrico (mas Platónico).

Existem diferentes formas de beleza que “mexem em diferentes” partes do nosso cérebro. Diz-se que beleza é algo completamente subjectivo⁶. Todavia nos processos neurofisiológicos das diferentes “belezas” deve haver algo de comum. Se um dia compreendermos estes processos ao ponto de sabermos porque alguns de nós acham aquilo belo e outros não, talvez possamos saber o que para cada

homem é belo e até compreender porque a nudez feminina de Rubens nos parece hoje exageradamente pesada.

Quando o Prof. Fiolhais se questionava sobre a possibilidade de o valor estético de uma obra de arte ser mensurável, Tsallis respondeu que lhe parecia difícil uma vez que um mesmo símbolo ou grafismo mostrado a duas pessoas diferentes, com diferentes culturas, ter um significado completamente distinto para ambas. Parece então que só será possível medir o valor estético de uma obra se o fizermos assumindo um sujeito, isto é, se o algoritmo incluir informação sobre o próprio sujeito o que é algo que não sabemos se alguma vez a ciência conseguirá fazer mesmo considerando escalas de tempo geológicas para o progresso da ciência.

A arte comunica ideias, emoções, gera estados de espírito – provoca reacções neurofisiológicas. Vulgarmente, a arte transmite-nos uma sensação de beleza mas também outros sentimentos como tristeza, euforia, horror... Seja qual for o sentimento, a obra de arte transmite-nos uma representação da natureza, do possível e do impossível e nesse momento algo de belo acontece.....

A certa altura parecia que Tsallis defendia que a razão principal porque nos devemos dedicar à pesquisa em Ciência é porque podemos encontrar algo de belo independentemente de qualquer outra consideração. Com curadores da “res publica” na sala pareceu-me que o ambiente se ia toldar. Sosseguei-me quando pensei que até no ser útil se pode encontrar Beleza. Foi por essa altura que os meus pensamentos se viraram ainda para outras formas de Beleza - a forma cortês como nos relacionamos, como nos respeitamos mutuamente, como convivemos,....

Quando tudo terminou e me dirigi para casa para repousar estava novamente em “estado de vaca” que, como se sabe, é um animal ruminante com um aparelho digestivo muito particular⁵.

Aveiro 9 de Junho de 2002

António Luís Ferreira
Departamento de Física