

A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA EDUCAÇÃO ESCOLAR: DISCUTINDO UM EXEMPLO

SCIENCE COMMUNICATION IN SCHOOLING: DISCUSSING AN EXAMPLE

Paulo Celso Ferrari ^{1,2,6,7}

José André Angotti ^{4,5,6,8}

Frederico F. S. Cruz ^{3,4,6,8}

¹ Instituto de Física da UFG

² Universidade Federal de Goiás

³ Departamento de Física da UFSC

⁴ Universidade Federal de Santa Catarina

⁵ Departamento de Metodologia do Centro de Educação da USFC

⁶ Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC

⁷ Apoio CAPES ⁸ Apoio CNPQ

Resumo:

Apresentamos alguns critérios de conceituação da literatura de divulgação científica e os utilizamos numa análise do livro *O Grande, o Pequeno e a Mente Humana*, de Roger Penrose, apontando características que o identificam como material de divulgação científica e outras que o diferenciam. Pretendemos, com este trabalho, incentivar a utilização de material de divulgação científica no contexto da educação formal e esclarecer algumas peculiaridades desta obra em particular, acrescentando elementos de análise que auxiliem os professores interessados em utilizá-la como material de apoio didático.

Palavras-chave: Divulgação Científica, Ensino de Física.

Abstract:

We present some conceptualization criteria from the science communication literature and we use them in analyzing the book named *The Big, the Small and the Human Mind*, by Roger Penrose, highlighting some features identifying it as a scientific divulgation material and other features differentiating it. With this work, we attempt to encourage the use of science communication material within the formal education context and to clarify particularly some peculiarities of this book, adding analysis elements to help the professors interested in using it as a didactic support.

Keywords: Science Communication, Physics Teaching.

1- Introdução: Os objetivos da divulgação científica

A ciência precisa ser divulgada, tanto entre os pares quanto entre os leigos interessados. Os objetivos da divulgação científica variam conforme o público a que se destina. A idéia de tornar pública a produção científica esbarra na própria limitação da linguagem necessária para atingir o público geral. Um texto de divulgação científica terá de ser escrito utilizando-se a linguagem apropriada ao público para quem estará direcionado. Quanto mais leigo o leitor, maiores deverão ser os cuidados do autor para tornar compreensíveis os termos científicos. Quando um cientista decide escrever um livro direcionado para o grande público, deve procurar adaptar a linguagem científica. Este processo de adaptação da linguagem envolve um trabalho de “reformulação” (Jacobi, 1987, 1993). É inerente a este processo de reformulação uma certa perda de precisão dos conceitos científicos. A perda no rigor científico praticamente inviabiliza que o material de divulgação seja suficientemente didático. Dependendo dos objetivos a que se destina, essa perda pode comprometer a informação científica.

Diversos pesquisadores têm se voltado para a questão da divulgação da ciência. Considerando que a ciência faz parte do conjunto de conhecimentos constituintes da cultura de um povo, podemos tratar a divulgação como parte da “cultura científica” (Massarani, 2001). Neste sentido, os objetivos da divulgação podem ser concentrados em três pontos básicos: a) fornecer um vocabulário científico essencial para a compreensão de notícias; b) tornar públicos os processos de produção científica e c) contribuir para o esclarecimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

O acesso a livros ou reportagens sobre ciência coloca o público em contato com um vocabulário específico, muitas vezes simplificado pelos divulgadores para se tornar compreensível.

O material de divulgação pode atuar como forma de aproximação entre pesquisadores e o público, ajudando a esclarecer os processos de produção científica. Esta aproximação pode visar justificar as atividades dos cientistas, muitas vezes financiadas com dinheiro público, ou mesmo contribuir para despertar o interesse de jovens estudantes pela ciência. Como na maioria das vezes o processo de produção é complexo, a divulgação assume um papel ilustrativo, apenas para “dar uma idéia” do que os cientistas estão pesquisando. Aqueles que forem seduzidos através do material de divulgação procurarão se aprofundar no assunto através de outras fontes de informação. A divulgação tem também um papel importante na própria produção científica. Através da divulgação as polêmicas do meio acadêmico tornam-se públicas: tanto leigos quanto especialistas podem se apropriar das informações divulgadas e emitir sua opinião, ampliando o debate. A participação da sociedade é fundamental para o desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Quando se trata de esclarecer as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, a informação deve ser antes de tudo relevante, como nas campanhas de esclarecimento sobre questões de saúde, conforto, tratamento do lixo, controle da poluição, etc.. Nestes casos a informação científica deve estar vinculada às atividades diárias do público a que se destina para tornar-se suficientemente clara. Em campanhas deste tipo o material de divulgação passa a ter um fim explicitamente didático.

A divulgação científica pode também se tornar um material paradidático no ensino formal, auxiliando no esclarecimento de conceitos científicos, revelando os meandros do processo de produção científica e as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, mesmo que não seja produzida com este objetivo. O material de divulgação se diferencia do material didático por não ter o devido caráter interativo. Embora novos meios de comunicação, como a internet, apontem para uma maior interatividade, o vetor da comunicação de massas é unidirecional, vai do emissor para o receptor. Na educação há a necessidade da interação, mesmo que seja através de questionários ou listas de problemas. Evidentemente, não pode substituir o material didático,

mas, pode servir como suporte para provocar a curiosidade sobre temas importantes e conhecimentos novos, colocar o aluno diante de situações e fenômenos científicos que os façam refletir sobre a amplitude dos conhecimentos já adquiridos, levando-os inclusive a ressignificá-los. Pode também introduzir o aluno nas questões científicas mais atuais, dando uma dimensão mais significativa para a ciência. Neste sentido é interessante analisar a divulgação científica dentro de dois contextos: no contexto do divulgador, e no contexto do público alvo, isto é daquele que se apropria do conhecimento divulgado.

Do ponto de vista do divulgador, podemos elencar vários casos. O divulgador pode ser um cientista, um jornalista científico ou um divulgador profissional. Em cada um dos casos os objetivos da divulgação podem ser distintos. Por exemplo um jornalista pode considerar o fato científico apenas como uma notícia e o transforma em um fato jornalístico, sem compromissos com um rigor ou um maior entendimento. Já um divulgador profissional, tem como alvo um certo público definido com uma certa anterioridade. A profundidade, o rigor e clareza, são definidos a partir deste público ou de outros objetivos subjacentes. Por outro lado temos os cientistas, que em geral divulgam assuntos ligados às suas áreas de interesse podendo ou não ter motivação educacional. Por vezes, cientistas usam a divulgação para propagar idéias polêmicas que dependendo de sua natureza, ganham espaço na mente do público mais amplo. Diga-se de passagem que isto nem sempre significa, maior clareza, maior entendimento para este público. Alguns casos polêmicos se referem a temas em disputa dentro da comunidade científica. Podemos lembrar como exemplo o tema da Fusão a Frio, ou o da Memória da água. Temas como estes terminam ganhando uma grande atenção do grande público, o que a princípio não garante um aumento da compreensão sobre os aspectos científicos. Neste trabalho pretendemos analisar um caso específico de um tema ainda em debate dentro da comunidade científica e trazido ao grande público por um dos contendores, Roger Penrose. Vamos basicamente trabalhar sobre o livro “O grande o pequeno e a mente humana”. Neste livro Penrose divulga suas idéias sobre assuntos como cosmologia, fundamentos de mecânica quântica e o papel da mecânica quântica na estruturação da mente humana. Pela natureza chamativa do tema, a penetração deste livro num público leigo foi bastante significativa. Entretanto é importante se fazer uma análise do discurso presente no texto, visto que os temas tratados são profundos e de difícil compreensão. Portanto são temas chamativos, porém muito difíceis de serem divulgados de forma compreensiva para um público leigo.

Ainda nos atendo ao contexto do autor, mas visando compreender o impacto e o grau de entendimento que o mesmo gerou no público leigo, neste trabalho faremos uma análise do discurso contido no livro *O grande, o pequeno e a mente humana*, onde Roger Penrose demonstra estar mais preocupado em divulgar suas opiniões pessoais, num tom eminentemente persuasivo, muitas vezes deixando de esclarecer os termos científicos utilizados, dando margem a interpretações baseadas na linguagem usual, que não contribuem para os propósitos da educação escolar.

2- O Grande, o Pequeno e a Mente Humana, de Roger Penrose

Para ilustrar alguns cuidados que devem ser tomados na utilização de material de divulgação científica no contexto da educação formal faremos a análise de uma publicação que alcançou um alto índice de vendas. Trata-se de *The large, the Small and the Human Mind (O Grande, o Pequeno e a Mente Humana)*(1996) de Roger Penrose.

Para iniciar nossa análise cabe dedicar algumas linhas a uma breve descrição da obra. Após ter publicado dois livros de muito sucesso de vendas, *The Emperor's New Mind (A Mente Nova do Rei)*(1989), de mais de 600 páginas e *Shadows of the Mind (Sombras da Mente)*(1994), de mais de 400 páginas, Penrose transforma em livro um ciclo de palestras proferidas nas suas

Conferências Tanner, de 1995, no qual debate resumidamente os temas abordados pelos dois livros anteriores.

Interessante notar que estas conferências têm o nome “Tanner Lectures on Human Values”, e versam sobre uma grande variedade de temas, da ética à política, passando pelos mais diversos aspectos das ciências e das humanidades. Nomes importantes da filosofia, da literatura, das ciências da natureza e humanidades já ministraram palestras. Como o nome indica, estas palestras têm como objetivo debater temas que envolvem questionamentos sobre os valores humanos mais fundamentais e são dirigidas a um público culto mas leigo em diversos assuntos ali tratados. No caso da conferência de Penrose, ela foi ministrada na Universidade de Cambridge em 1995. O livro que dela decorreu é composto de sete capítulos, três deles escritos por outros autores em forma de debate. Os primeiros três capítulos foram escritos por Penrose, intitulados, respectivamente: Espaço-tempo e Cosmologia; Os Mistérios da Física Quântica e A Física e a Mente. No primeiro Penrose explora os limites da cosmologia contemporânea, no segundo expõe sua visão da mecânica quântica, no terceiro discute o teorema de Gödel e formula uma explicação para o problema da “consciência”. Seguem-se três capítulos escritos respectivamente por Abner Shimony, Nancy Cartwright e Stephen Hawking, contendo críticas às idéias expressas na Conferência e nos livros anteriores. No último capítulo Penrose responde a essas críticas. Malcolm Longair explica, no Prólogo, que o livro *Sombras da Mente* já é uma tentativa de defesa às críticas levantadas pela publicação de *A Mente Nova do Rei*.

A abordagem de Penrose aos temas científicos está longe de ser uma simples descrição dos avanços da ciência. Penrose está interessado nas possíveis lacunas que ainda existam nas teorias científicas e dedica-se a divulgá-las. Num tom de franca polêmica levanta os problemas mais profundos, cujas soluções atuais suscitam controvérsias. Vai ainda um pouco além e propõe suas próprias soluções para as controvérsias contemporâneas. Chega a se arriscar em sofisticadas especulações, sempre mantendo a primeira pessoa do singular, deixando claro que são suas opiniões pessoais, mas com uma tal convicção que muitas vezes acreditamos tratar-se de soluções já consolidadas. Essa sobreposição entre os fatos científicos e as impressões pessoais são, provavelmente, movidas por fatores que ultrapassam o plano da lógica e da matemática, o plano $x-y$ de Gerald Holton, e pertencem ao plano z das emoções e opiniões pessoais onde se revelam as opções do cientista por determinados “temas”.

Os temas que aparecem na ciência podem, em nossa imperfeita analogia, ser apresentados como situados numa dimensão ortogonal ao longo do plano $x-y$, no qual a verificação e o falseamento podem ocorrer, e portanto mais ou menos como um eixo z partindo dela. (Holton, 1979 p. 21)

Embora direcionado para o público específico que participa das Conferências Tanner, Penrose indica em seu texto da conferência que o mesmo seria publicado no formato de um livro, o que implica que tem como objetivo um público mais amplo. Portanto podemos caracterizar o texto como de divulgação científica. Mesmo introduzindo a maioria dos conceitos científicos sem se preocupar com definições, pode-se observar em alguns trechos a preocupação com o público leigo. Predomina, no entanto, um discurso mais persuasivo do que propriamente didático.

3- Um discurso persuasivo

A primeira investigação a ser feita diz respeito ao público para o qual o livro foi destinado. Podemos inferir esta informação a partir do contexto da sua produção. Como já foi dito, o livro a ser analisado é fruto de um ciclo de palestras. Produzido originalmente para as Conferências Tanner, presumimos que o texto foi destinado a um público não completamente leigo. Podemos admitir que este seja o público observando o próprio discurso do autor. No primeiro parágrafo do texto, ao antecipar que os dois primeiros capítulos “tratam de nosso

Universo físico”, Penrose já adverte que não serão capítulos “botânicos”. Ainda no capítulo 1 volta a utilizar a expressão “botânico” para esclarecer que não apresentará descrições detalhadas dos modelos de universo que irá discutir, argumentando que “apesar de configurar três tipos de modelo-padrão para o Universo”, estará falando de um único Universo. Estas advertências configuram um descompromisso declarado com a definição, descrição, classificação ou estruturação dos termos científicos mencionados no texto. Nota-se, portanto, o pressuposto de um público já iniciado no uso da terminologia científica.

Para analisar o discurso podemos recorrer à teoria da estase, da retórica de Aristóteles (Massarani, 2000, Bauer, 2002), que propõe três gêneros persuasivos, ou estases: o epidêitico, o forense e o deliberativo. A retórica epidêitica se destina às comemorações de elogio ou censura de acontecimentos do presente. A retórica forense é aquela dos tribunais, onde se discute a natureza e as causas de eventos no passado. A retórica deliberativa é típica da política, preocupada com as questões futuras, com margem para a especulação. Um texto de divulgação poderia mais facilmente se enquadrar no gênero epidêitico (Massarani, 2000) por anunciar e comemorar as conquistas científicas.

O livro de Penrose, no entanto, não se enquadra neste gênero. Apesar de anunciar as conquistas científicas, não o faz para elogiar ou censurar acontecimentos, dedica-se a descrever o “estado da arte” para elucidar a existência de controvérsias. Também não se enquadra no gênero forense, pois não há preocupação com o passado, o autor sequer recorre à história da ciência ao introduzir os conceitos científicos. Elaborado para ser proferido em forma de discurso, o texto de Penrose apresenta várias características que o aproximam de um discurso persuasivo. Não se trata de um texto típico de divulgação, ou seja, a preocupação central não parece ser esclarecer sobre as conquistas já bem definidas. Sendo assim, o gênero que mais se aproxima do discurso de Penrose é o deliberativo. Suas especulações têm boa base científica e muitas se mostraram seminais, ou seja, geraram novas pesquisas. São proposições políticas. Penrose está preocupado em fornecer respostas e gerar novas perguntas às polêmicas contemporâneas, descreve a situação atual da física para justificar suas posições pessoais e propor investigações futuras. Deixa transparecer o caráter de persuasão pelo pouco esclarecimento das suas propostas de solução para as controvérsias científicas, como, por exemplo, no caso da “redução objetiva”.

O procedimento que descrevi com a letra R é uma aproximação de algo que ainda não temos. O que não temos é algo a que chamo OR, acrônimo de objective reduction, [redução objetiva]. É algo objetivo – acontece objetivamente ou uma coisa ou outra. É uma teoria que está faltando. (Penrose, 1998, p. 94)

Mesmo afirmando que tal teoria ainda não existe, continua sua especulação sobre a futura utilização de tal teoria, sem qualquer demonstração de validade:

Mas quando ocorre esse processo? O ponto de vista que estou defendendo é de que algo está errado com o princípio de superposição quando aplicado a geometrias espaço-temporais significativamente diferentes. (Penrose, 1998, p. 95)

No sexto capítulo do livro, Stephen Hawking cobra de Penrose uma explicação mais justificada:

Pode ser que as idéias aceitas estejam erradas, mas Roger não propôs uma teoria detalhada que nos permita calcular quando a redução objetiva ocorreria. A motivação de Roger para propor a redução objetiva parece ter sido libertar o coitado do gato de Schrödinger de seu estado de meio morto, meio vivo. (Penrose, 1998, p.178)

Em sua resposta, no último capítulo, Penrose se justifica:

Além disso, embora as minhas idéias estejam longe de completamente detalhadas no que se refere ao que creio deva estar acontecendo nesse nível, pelo menos sugeri um critério que está, em princípio, sujeito a teste experimental. (Penrose, 1998, p. 198)

Com isso não consegue rebater a crítica de Hawking. Fica configurado que a “redução objetiva” se trata de uma especulação, eventualmente passível de teste experimental, que até o presente ainda não foi realizado.

4- Polêmica e especulação

O exemplo da “redução objetiva” não é o único que se enquadra como exemplo de especulação, a cada polêmica que levanta Penrose lança sua opinião pessoal. Polêmica e especulação são as duas categorias aqui eleitas para aprofundar a discussão desta obra. Levantaremos alguns problemas contemporâneos que o autor coloca como polêmicos e apontaremos quando faz especulações, manifestando seus pontos de vista. Através de expressões e ilustrações extraídas do próprio texto, iremos perceber a tônica que predomina na obra analisada.

No prefácio do livro, Longair caracteriza como “um dos mais encorajadores acontecimentos da última década” a atitude tomada por alguns cientistas como Stephen Hawking, James Gleick e Steve Weinberg de tentar “comunicar ao leitor leigo a essência de sua ciência e o seu entusiasmo por ela”, e situa o trabalho de Roger Penrose numa categoria diferenciada, observando:

...o livro de Roger era uma visão notavelmente original de como muitos aspectos aparentemente díspares da física, da matemática, da biologia, da ciência do cérebro e até da filosofia podiam ser subsumidos sob uma nova, ainda indefinida, teoria dos processos fundamentais. (Penrose, 1998, p. 9)

Ao anunciar uma “nova”, porém, “ainda indefinida” teoria, Longair está previamente admitindo que há um alto grau de especulação na obra de Penrose.

O primeiro indício de especulação é a elevada frequência de expressões do tipo: “acho”, “acredito” “prefiro”, “considero”, “meu” (ponto de vista, esquema, uso), “minha” (opinião, figura, maneira, versão, interpretação, sugestão, idéia), e “favorito” (meu Universo favorito).

O texto de Penrose coloca em evidência o lado metafísico da ciência, ao dizer “eu acho”, ou ao propor como argumento a elegância, Penrose expõe o caráter mais humano da ciência, e da especulação em ciência. Importante notar que as especulações científicas, as novas idéias ou o apego a velhas idéias envolvem não apenas os resultados mais diretos, mas sim a inserção dos mesmos dentro de um quadro geral, isto é, de uma concepção de mundo. Assim, o apego à objetividade definida classicamente, o apego ao determinismo, etc.. refletem uma concepção de mundo. Esses elementos estão presentes no já citado eixo z de Holton, ou seja, além do plano meramente lógico e matemático.

A especulação surge como desfecho de uma polêmica. Os três capítulos estão organizados de forma a abordarem três grandes polêmicas. No primeiro capítulo Penrose aponta a polêmica em torno da origem do universo, descrevendo os três tipos-padrão de modelos de evolução do universo, os *modelos de Friedman*. Explica que os fatores de grande polêmica entre o Universo ser aberto ou fechado são o desconhecimento experimental de sua massa total, incluindo a massa da matéria escura, e o estado da entropia no instante primordial. Antes mesmo de qualquer discussão sobre o estado de entropia do Universo no instante do big bang, manifesta sua preferência pela “elegância” do modelo de Universo aberto hiperbólico e torna a discussão bastante especulativa quando se refere aos outros modelos como uma simples questão de gosto:

Muitas outras pessoas não gostam desses universos abertos, hiperbólicos... De outro modo, muita gente gosta de modelos de universo plano... Devo dizer que realmente não acredito nessas teorias. (Penrose, 1998, p. 50)

Todos os três modelos admitem a existência do big-bang, porém, diferem quanto ao estado da entropia no instante primordial. Depois de explicar que existem evidências experimentais para se crer na teoria do big-bang, como o fundo “uniforme” de radiação de corpo

negro, esclarece que justamente o fato dessa radiação não ser assim tão uniforme existe a polêmica em torno do estado primordial de entropia.

Penrose se posiciona favorável ao modelo de universo aberto com geometria hiperbólica apenas por ser mais “elegante”. Para encerrar o capítulo lança mais um toque de especulação, utilizando a expressão “deve ter”:

Tenho falado sobre precisão - como a matemática e a física concordam entre si com uma precisão extraordinária. Também falei sobre a segunda lei da termodinâmica, que muitas vezes é tida como uma lei um tanto vaga - ela trata de aleatoriedade e acaso - mas, mesmo assim há algo de muito preciso escondido atrás dessa lei. Quando aplicada ao Universo, ela tem a ver com a precisão com que o estado inicial foi determinado. Essa precisão deve ter algo a ver com a união da teoria quântica com a relatividade geral, uma teoria de que não dispomos. (Penrose, 1998, p. 62)

No capítulo 2, levanta a polêmica em torno da mecânica quântica. Novamente se percebe pouca preocupação com o esclarecimento dos termos científicos, além do uso recorrente da palavra “mistério”, utilizada 21 vezes, inclusive no título do capítulo. Neste capítulo, a palavra “mistério” serve para caracterizar as polêmicas que aponta na mecânica quântica. Para o autor, na mecânica quântica existem mistérios de dois tipos diferentes, chama-os de mistérios Z e X. Em suas próprias palavras:

Os mistérios Z são os mistérios quebra-cabeça, puZZle, em inglês - são coisas que certamente existem no mundo físico, ou seja, há boas experiências que nos dizem que a mecânica quântica se comporta dessas misteriosas maneiras. Talvez alguns desses efeitos não tenham sido testados integralmente, mas há poucas dúvidas de que a mecânica quântica esteja certa. Esses mistérios compreendem fenômenos como a dualidade onda-partícula a que já me referi, medições nulas, de que falarei em breve, spin, de que acabei de falar, e efeitos não-locais, de que também falarei em breve. Essas coisas são autênticos e intrigantes fenômenos, mas poucas pessoas contestam sua realidade - são com certeza parte da natureza. (Penrose, 1998, p. 75)

Mas é sobre os “mistérios X” que o autor concentra sua especulação, caracterizando a polêmica sobre a incompletude da mecânica quântica no problema da redução do vetor de estado. Assim anuncia os mistérios X:

Existem outros problemas, porém, a que me refiro como mistérios X. Esses são mistérios paradoxais. A meu ver, eles são indicações de que a teoria está incompleta, errada ou outra coisa - necessita de mais atenção. O mistério X essencial diz respeito ao problema da medição, que discuti acima - particularmente, o fato de que as regras mudam de U para R quando passamos do nível quântico para o nível clássico. (Penrose, 1998, p. 75)

O autor chama de U a evolução unitária e de R a redução do vetor de estado numa medição. Conforme comentamos no item anterior, o desfecho de sua especulação vem a ser a criação de uma “redução objetiva”, que eliminaria a descrição probabilística.

O auge da especulação sobre as teorias da Física aparece ao final dos dois primeiros capítulos, quando autor apresenta um esquema tridimensional (Figura 1), em forma de cubo, onde procura representar esquematicamente sua visão da incompletude das teorias contemporâneas e sua intuição de como poderão (ou não) atingir uma completude. Penrose se mostra preocupado com as lacunas existentes nas teorias da Física, sustentando a hipótese de uma teoria completa, unificada, que poderia – esta é a especulação principal – ser representada pelas arestas do cubo interligadas, como na figura abaixo, extraída do próprio livro:

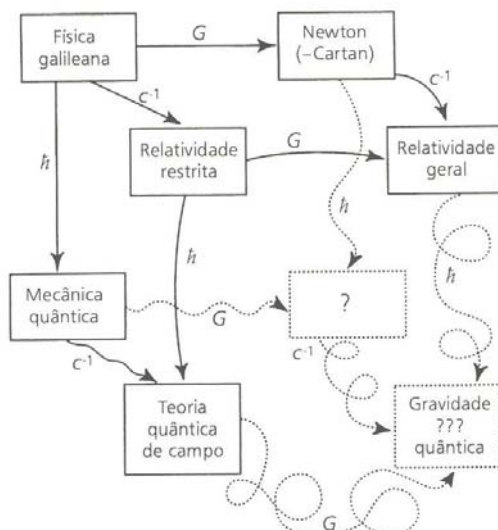


Figura 1: Proposta de Penrose para as conexões entre as teorias da Física

A palavra “mistério” é utilizada mais 10 vezes, no capítulo 3, para concluir uma discussão filosófica que inicia no capítulo 1. Partindo da idéia dos três mundos de Popper, Penrose também propõe a existência de três Mundos: Platônico, Físico e Mental. Estes mundos estariam relacionados entre si por três “mistérios”. Em sua especulação, descreve as relações entre os três Mundos com uma geometria triangular (Figura 2, extraída do livro) onde o tronco de cone que envolve a seta 1 indica o primeiro mistério, relativo a como o Mundo Físico está inserido numa parte do Mundo Platônico; o tronco que envolve a seta 2 indica o segundo mistério, relativo a como o Mundo Mental se insere numa parte do Mundo Físico; e o tronco que envolve a seta 3 indica o terceiro mistério, relativo a como o Mundo Platônico se insere numa parte do Mundo Mental.

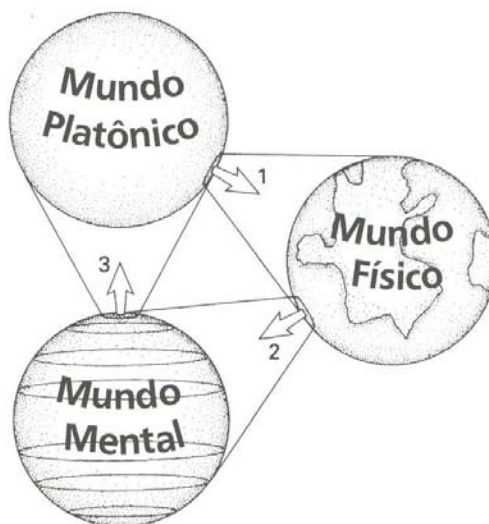


Figura 2: As setas 1, 2 e 3 representam os “Mistérios”.

Parte desta estrutura, relativa ao Mistério 1, é apresentada logo no início da discussão dos modelos matemáticos da cosmologia, no capítulo 1, e é utilizada para justificar a opinião do autor, de que existe um autêntico “realismo” da matemática da Física Teórica. No capítulo 2 também aparece a idéia de que a matemática é a própria realidade. Esta será a resposta do autor

para o “Mistério 1”. A certa altura do capítulo 3 Penrose chega a substituir a palavra “mistério” por “preconceito”.

A tentativa de entendimento do Mistério 2 é o tema do terceiro capítulo do livro, que para o autor, estaria intimamente relacionado com o Mistério 3, como defende no início do capítulo:

Neste capítulo, examinarei o Mistério 2: o mistério da relação do mundo físico com o mundo da mente. Mas, relacionado a isso, também teremos de examinar o Mistério 3: o que subjaz à nossa capacidade de ter acesso à verdade matemática? (Penrose, 1998, p. 107)

Para tanto dedica algumas páginas do capítulo 3 à discussão do teorema de Gödel, com o objetivo de justificar a necessidade de uma “redução objetiva”, que seria necessariamente não-computável, no interior dos microtúbulos dos neurônios nos processos cerebrais. Mais uma vez a especulação leva-o a desenvolver uma teoria para resolver uma polêmica, desta vez em torno do problema da *consciência*.

5- A linguagem de divulgação

Observando o alto grau de profundidade teórica e o menosprezo pelas definições dos termos científicos, chegamos a duvidar que Penrose estivesse escrevendo para um público mais amplo, mas, em alguns trechos demonstra na linguagem sua preocupação com o público leigo.

Os elementos principais que permitem identificar o texto como sendo de divulgação científica são: o uso da primeira pessoa e a tentativa de estabelecer um diálogo com o leitor, incomuns nos textos científicos. Em diversos momentos o autor se dirige ao leitor com um tratamento informal, utilizando o tratamento da segunda pessoa, traduzido para o português como o pronome *você*, repetida 52 vezes nos três primeiros capítulos. Eis alguns exemplos:

Imagine que você é um observador...(Penrose, 1998, p. 29).

– vocês terão de ter paciência comigo...(idem, p. 32).

...se calhasse de você viver nesse Universo...(idem, p. 42).

...você deve imaginar...(idem, p. 44).

Imagine que você pertença a um grupo de terroristas...(idem, p. 78).

Se você realmente acreditar na mecânica quântica...(idem, p. 84).

Você nem mesmo precisa ser Lagrange...(idem, p. 119).

Se você não gosta de argumentos matemáticos, pode desligar por um momento (idem, p. 121).

Esta tentativa de diálogo ocorre inclusive com o autor simulando a intervenção do leitor, em tom igualmente informal, como por exemplo:

- o que você quer dizer com “não poder falar separadamente”? (idem, p. 55)

...você pergunta: “Por que a pessoa não vê essas superposições de estados do gato?” (idem, p. 86)

Agora, você pode dizer: “Bem, você não pode fazer isso; os estados de percepção não são assim!” (idem, p. 88)

...você vem com esses números ridículos, o tempo de Planck e o comprimento de Planck,... (idem, p. 96)

Alguns podem dizer: “Tudo o que você diz ter provado é que a intuição matemática não é computacional”. (idem, p. 128)

Em alguns casos o pronome se encontra no plural, o que nos faz lembrar que o discurso foi originalmente escrito para uma conferência.

Outra forma de simulação de diálogo com o leitor é feita através das interrogações, seguidas da resposta, como se o leitor houvesse perguntado. Vejamos alguns exemplos, sem as respostas:

Que é o efeito maré? (idem, p. 34)

Qual a aparência dos universos $k = -1$? (idem, p. 43)

Podemos explicar o universo inteiro em termos da mecânica quântica? (idem, p. 67)

O que quero dizer com “o meio do diagrama”? (idem, p. 84)

Então, o que a gravidade quântica tem a ver com isso? (idem, p. 96)

Que é consciência? (idem, p. 110)

Outra característica desta publicação, incomum nos textos científicos, é a utilização de figuras caricatas. Ao todo são 73 figuras concentradas nas 143 páginas dos três primeiros capítulos, das quais pelo menos 20 não podem ser consideradas representações científicas.

Como último exemplo da preocupação em se aproximar do leitor tomaremos uma das raras tentativas de esclarecer o sentido de um conceito físico. Trata-se do conceito de Entropia. Penrose utiliza quatro páginas inteiras para explicar o conceito de Entropia, começando com a ilustração de um exemplo bem simples, em seguida introduzindo uma representação geométrica e chegando até a uma formulação matemática, numa linguagem pretensamente acessível.

O exemplo simples que Penrose utiliza é extraído do dia-a-dia. Trata-se do movimento de um copo com vinho que cai da beira de uma mesa. Para melhor exemplificar fornece uma ilustração da situação (Figura 3). Com este exemplo introduz a idéia de que a entropia está associada ao grau de desordem e ao sentido do tempo.

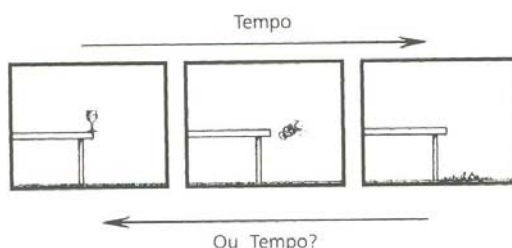


Figura 3: Exemplo do copo com vinho.

Para aprofundar o entendimento do conceito de entropia, Penrose utiliza uma representação geométrica do espaço de fase, onde apresenta uma possível trajetória para os diferentes pontos alcançados por um sistema (Figura 4). Para possibilitar a visão geométrica, recorre a uma representação bidimensional.

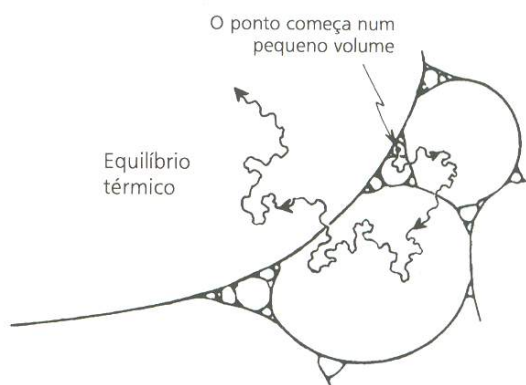


Figura 4: Trajetória do sistema no sentido de um aumento de entropia.

Finalmente, chega a uma formulação matemática, descrita em forma de texto:

Essencialmente, o que se quer dizer é que devemos agrupar os estados de acordo com o que é conhecido como “textura grossa”, ou seja, de acordo com aquelas coisas de que não podemos falar separadamente. Tomamos todas aquelas que, digamos, estão nessa região de fase aqui, juntamos todas elas, olhamos o volume dessa região do espaço de fase, tomamos o logaritmo do volume e o multiplicamos

pela constante conhecida como constante de Boltzmann, e isso é a entropia.(Penrose, 1998, p. 55)

Mesmo não sendo direcionada para um público completamente leigo, uma vez que exige certos conhecimentos básicos, esta seqüência de explicações utilizando recursos variados demonstram uma preocupação didática.

Conclusões

É muito difícil saber qual foi o objetivo do autor de uma obra de divulgação científica apenas através da própria obra, no entanto, pode-se inferir a que objetivo se presta depois de publicada. Não podemos saber exatamente qual a intenção de Penrose ao publicar *O Grande, o Pequeno e a Mente Humana*, mas é possível perceber alguns aspectos que nos ajudam a avaliar a que objetivos esta obra se presta. Os aspectos que podem nos ajudar nesta avaliação são:

- (a) o autor não se preocupa em esclarecer os termos científicos;
- (b) utiliza uma terminologia bastante específica que lhe possibilita resumir complexas teorias em menos de 150 páginas, nos três primeiros capítulos;
- (c) emite opiniões pessoais sem apresentar justificativas detalhadas;
- (d) deixa claro que são suas opiniões e não um consenso entre cientistas;
- (e) dá maior ênfase às teorias que geram polêmica do que às já consolidadas;
- (f) em diversos momentos adverte o leitor de que está tratando de partes da física e da biologia ainda não compreendidas, ou seja, suas idéias são confessadamente especulativas.

Assim, podemos concluir que o objetivo a que se presta esta publicação é divulgar as polêmicas contemporâneas. Em sua tese de doutorado Massarani (2001) defende justamente que sejam divulgadas não só as certezas da ciência, mas também as incertezas, para que os leitores tenham uma visão mais verdadeira do processo de produção da ciência e atribuam a devida confiabilidade. O livro de Penrose, neste sentido, também se presta ao objetivo de discutir o processo de produção científica.

Quanto à utilização do livro como material paradidático, é preciso um cuidado especial com a tônica de especulação presente na obra. Seria perigoso aceitar as provocações de Penrose como se fossem teorias bem sustentadas. Um leitor desavisado poderia ler o texto interpretando os termos científicos a partir do vocabulário ordinário e dar-se por esclarecido. Esta distorção pode ser evitada quando percebida a intenção explícita de persuasão: neste livro Penrose demonstra estar interessado em conseguir adeptos às suas especulações. Para utilizar este livro como material auxiliar na educação formal é preciso um bom conhecimento das teorias que ele aborda. Não é possível esclarecer suficientemente um leitor em apenas algumas páginas, característica da maioria das publicações direcionadas à divulgação científica, mas no caso de *O Grande, o Pequeno e a Mente Humana* a situação torna-se ainda mais delicada pois são utilizadas poucas páginas para resumir teorias muito complexas, com o agravante de que as especulações do autor são apresentadas de uma forma que as faz parecer teorias consolidadas.

Bibliografia

BAUER, Martin W.; GASKELL, George (editores) (2002) – *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático* – Petrópolis, RJ: Editora Vozes.

HOLTON, Gerald (1979) – *A imaginação científica* – Rio de Janeiro, RJ: Zahar Editores.

JACOBI, Daniel (1987) – *Textes et images de la vulgarisation scientifique* – Berne: Editions Peter Lang.

_____ (1993) – *Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique* – Revista Didaskalia, n. 1, pp. 69-83.

MASSARANI, Luisa (2000) – *A retórica e a ciência: dos artigos originais à divulgação científica* – Ata do VII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, versão em CD.

_____ (2001) – *Admirável mundo novo. A ciência, os cientistas e a dupla hélice sob o olhar de estudantes* – Tese de Doutorado, Rio de Janeiro: UFRJ.

PENROSE, Roger (1998) – *O Grande, o Pequeno e a Mente Humana* – São Paulo: Editora UNESP.