

A RETÓRICA E A CIÊNCIA DOS ARTIGOS ORIGINAIS À DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA^(A)

Luisa Massarani^(B)

Ildeu de Castro Moreira^(C)

A transmissão da informação científica entre os pares é feita por meio da língua e de símbolos e imagens especialmente construídos para tal fim, utilizando estilos e argumentos que variam historicamente. Por outro lado, os textos de divulgação científica exibem estruturas retóricas com diferenças significativas em relação aos textos originais dos cientistas. O que acontece com a informação científica no curso de sua adaptação às várias audiências? Que modos diferentes de apresentar, ilustrar e argumentar surgem? Que analogias são acrescentadas ou descartadas? Quais os entraves, limitações e dificuldades desse empreendimento? Essas questões são examinadas com base em dois casos de acomodação da linguagem científica para textos de divulgação. O primeiro deles parte de um artigo publicado por cientistas brasileiros na revista *Nature*, que deu origem a vários artigos de divulgação. No segundo caso, são comparados os artigos originais de Einstein sobre a relatividade e seu livro de divulgação científica, *A teoria da relatividade especial e geral*.

O DISCURSO DA CIÊNCIA E DA DIVULGAÇÃO

A ciência é também um empreendimento retórico. Ela depende crucialmente da eficácia e da precisão das práticas de comunicação que adota. A retórica é o estudo da *suasão*, per- e dis-. Esse estudo e sua prática têm uma longa história, remontando pelo menos à Grécia Clássica.

Grosso modo, podemos distinguir três linhas na comunicação científica: os discursos científicos primários (escritos por pesquisadores para pesquisadores), os discursos didáticos (como os manuais científicos para ensino) e os da divulgação científica. Em todos eles, embora com conteúdos lexicais, estilos e formatos variados, a retórica está presente. Cada discurso serve a um propósito determinado e busca atingir um público específico. Os artigos científicos, mais impessoais, tendem a utilizar termos especializados e à construção de argumentações que convençam os iniciados acerca dos resultados exibidos ou dos modelos propostos, enquanto os textos de divulgação tendem

a ser descritivos, com a introdução de um estilo mais personalizado e mais próximo da linguagem convencional.

Uma área interessante de estudos se situa nessa interface ciência-retórica, ou seja, na busca de se elucidar os aspectos retóricos gerais utilizados nos diversos tipos de discursos (primário, didático, divulgativo). Recentemente, tais aspectos têm interessado pesquisadores voltados à análise da popularização da ciência. Embora esses estudos estejam ainda em fase inicial, recapitularemos contribuições significativas neste domínio antes de passarmos à análise dos casos que nos interessaram.

Iniciemos com um revisão de algumas idéias de Aristóteles⁽¹⁾ sobre a retórica, que ainda hoje encontram utilidade na caracterização dos diversos tipos de discursos. Para Aristóteles, um discurso comporta três elementos: a pessoa que fala (ou escreve), o assunto de que se trata e a(s) pessoa(s) a quem se fala. O ouvinte ou leitor exerce um papel similar ao de um espectador ou ao de um juiz. A retórica fica classificada em três gêneros: deliberativo, demonstrativo (ou epidíctico) e judiciário (ou forênsico). No primeiro gênero se busca a deliberação sobre questões de interesse particular ou geral, com um olho no futuro. O gênero epidíctico compreende discursos de elogios ou censura, ocorrendo, por exemplo, em cerimônias ou entregas de prêmio. Tem sua base no presente e, em geral, preocupa-se com a solidificação de valores da audiência. Já o gênero judiciário se refere a avaliações sobre a natureza e a causa de eventos passados, em que diversas estratégias de convencimento são utilizadas.

Seguindo o modelo aristotélico, Fahnestock⁽²⁾ analisou as alterações que acontecem com a informação científica no curso de sua adaptação para a linguagem orientada a audiências não especializadas. Ela procurou mostrar que esse processo de acomodação da linguagem não é simplesmente uma transformação do jargão técnico para equivalentes não-técnicos; trata-se de uma verdadeira mudança de discurso. Os textos científicos originais seriam prioritariamente judiciários, pois estão essencialmente relacionados ao estabelecimento da validade das observações que registram. Um dos objetivos perseguidos é a persuasão do leitor sobre a correção e relevância dos novos conhecimentos anunciados. Já os textos de divulgação científica seriam prioritariamente epidícticos: sua finalidade principal seria celebrar, em vez de validar, as informações. Fahnestock comparou vários artigos científicos da revista norte-americana *Science* com os textos de divulgação científica elaborados a partir dos mesmos e publicados na *Science* 82. Nesse processo de acomodação da linguagem, ela observou, entre outras coisas, que os jornalistas exibem, em geral, um grau de certeza maior do que cientistas,

desaparecendo na versão jornalística termos como "os dados parecem mostrar que", "os dados sugerem que" e "pode-se especular que". A explicação que oferece para essas diferenças de linguagem seria que, por um lado, os "acomodadores" omitiriam as expressões acima para melhor atender ao discurso epidíctico; por outro lado, os cientistas lançariam mão das mesmas para, entre outras razões, protegerem-se de uma possível refutação de seus pares.

Embora a classificação dos discursos científicos feita por Fahnestock, na trilha aristotélica, seja bastante simplificadora – a redução dos textos divulgativos a seu aspecto meramente epidíctico, por exemplo, é uma simplificação algo grosseira – pode, ainda assim, ser utilizada como um ponto de partida para um entendimento dos diversos tipos de discursos considerados. Um aspecto a ser ainda destacado é que, no processo de acomodação do texto científico, o exagero e a imprecisão estão muitas vezes presentes, escorados em variados fatores, que vão da incompetência à ideologia dos autores. Exemplo disso foi o artigo publicado na *Science*, discutindo a capacidade matemática de meninos e meninas, que teve repercussão em vários jornais norte-americanos. Esses últimos distorceram a informação, apresentando as conclusões dos autores como se houvessem comprovado a inferioridade de meninas em relação a meninos, nesse particular.

Outro autor, que tem se dedicado a analisar os processos de transposições e as diferenças existentes nas variadas formas de comunicação científica, é Daniel Jacobi. A partir de uma *démarche* empírica, baseada em estudos de casos, ele tenta elucidar como processos de acomodação têm ocorrido em diversos domínios do conhecimento.⁽³⁾ Parte para um trabalho análogo ao de um entomologista: observar de forma minuciosa e atenta os atos de divulgação científica. Para ele, o léxico não é suficiente para singularizar a comunicação científica. Existe a necessidade de identificar e de comparar também outras características enunciativas e retóricas, por um lado, e escrito-visuais, por outro. Podem ser discernidas várias estratégias de alteração de linguagem utilizadas nos processos acomodativos: substituições (um termo especializado é substituído por outro, de uso mais comum); paráfrases (um termo especializado desconhecido recebe uma expansão explicativa, como um sinônimo ou uma definição); dentro de um eixo metafórico, o uso amplo de comparações, analogias e metáforas de vários tipos; e, utilização de ilustrações de cunho específico.

Um aspecto muito destacado em estudos de comunicação científica é que o vocabulário seria a principal causa de complexidade dos textos científicos primários. As

diferenças lexicais entre os textos originais e os divulgativos apresentariam várias formas: cada conceito científico teria um significado único (e vice-versa); a construção de expressões se daria segundo regras de afixos permanentes; a organização do léxico basear-se-ia em terminologias estáveis e hierarquizadas, etc. Mas essa abordagem, que aponta aspectos corretos do processo, privilegia os aspectos léxicos e falha em dois pontos principais: os vocabulários científicos especializados têm um significado mais diversificado e complexo do que esse modelo pretende (a biunivocidade entre conceito e o termo que o descreve é raramente atingida) e outros componentes semânticos importantes estão também presentes nos processos de transposição de textos especializados.

Para facilitar a comparação entre os artigos científicos originais e os textos de divulgação deles emanados, vamos proceder a uma caracterização geral dos primeiros, embora conscientes das limitações e dos riscos que tais tentativas carregam. O seguinte elenco de características gerais, que surgem nos artigos científicos primários, pode ser estabelecido:

1. Existência de um modelo padrão mais ou menos definido para a redação do texto.

De forma simplificada, podemos distinguir dois tipos diversos de apresentação, referentes a artigos experimentais e a artigos teóricos. Um artigo que trata de resultados experimentais adota freqüentemente o seguinte formato: (a) Título, autores e resumo, em que o essencial do trabalho é apresentado para que o leitor possa, em tempo e esforço reduzidos, ter uma idéia do conteúdo do texto; (b) introdução, com recapitulação do status da arte – às vezes apresenta também uma retrospectiva histórica – e com uma apresentação do problema; (c) explicitação dos materiais e métodos utilizados na pesquisa; (d) resultados obtidos; (e) conclusões e discussões comparativas; e, (f) citações e eventuais agradecimentos. Já um artigo teórico, segue um padrão não muito diferente: o item (c) é substituído pelo modelo ou teoria proposta e o (d) pelos resultados emanados do modelo ou teoria. Reenfatizemos que estamos nos referindo aqui a um modelo padrão e não a uma estrutura com formato monolítico. Na realidade, existe a possibilidade de inúmeras variações de formato, embora o modelo conduza freqüentemente a uma certa rigidez na apresentação dos trabalhos científicos, que tende muitas vezes a tornar aborrecida e enfadonha a leitura deles.

2. Adoção de um estilo impessoal, em que as características pessoais do autor (ou autores) não aparecem, pelo menos explicitamente, no artigo.

Este estilo impessoal dedica uma meticulosa atenção aos detalhes técnicos e à linha argumentativa. Como já destacado por Fahnestock⁽⁴⁾, os artigos científicos tendem também a ser escritos em um formato prudente em relação às afirmações proferidas, evitando-se aquelas que carregam muita certeza, o que já ocorre com frequência nos textos jornalísticos de divulgação.

3. Uso de símbolos e terminologias especializadas (expressões e deduções matemáticas, fórmulas químicas, nomenclatura de classificação biológica, etc), que os distinguem de um texto usual.

4. Utilização crescente de recursos visuais como gráficos, tabelas, fotos e outras ilustrações específicas.

Os artigos científicos evoluíram para um formato em que as ilustrações têm, em geral, um papel importante dentro de sua argumentação e desempenham muitas tarefas. Exibem, através de fotos e imagens variadas, situações encontradas na natureza ou construídas em laboratórios como, por exemplo, objetos não visíveis a olho nu. Gráficos e tabelas de vários tipos permitem uma visualização global dos resultados numéricos ou experimentais e organizam a massa de dados. Eles são integrados ao texto por meio de referências e de legendas explicativas.

É interessante registrar que os artigos científicos chegaram ao formato padrão atual através de um longo processo histórico. Os primeiros artigos publicados nas revistas científicas do século XVII eram, em geral, mais descritivos e pouco detalhados em relação aos procedimentos e técnicas utilizadas na pesquisa. Não havia também a preocupação com as citações, raramente encontradas, nem com a atribuição precisa dos resultados a seus autores. Buscava-se afirmar a credibilidade do conteúdo mais por testemunhos confiáveis do que por detalhes técnicos que permitissem a reprodução dos experimentos ou dos cálculos. O tom era bem mais pessoal do que nos artigos atuais, em que a despersonalização é uma característica generalizada. Estavam mais próximos da linguagem cotidiana, mesmo porque (com exceção da matemática) o simbolismo científico ainda era pouco desenvolvido. Dirigiam-se também a um público restrito, mas diversificado, de pessoas que tinham interesse pelos estudos da natureza. Atualmente, os artigos tendem a ser extremamente especializados e buscam atingir diretamente o seu público específico, constituído por pares especializados. O número de ilustrações aumentou significativamente ao longo do tempo, desde as primeiras revistas científicas. Também em função das mudanças significativas no processo de produção científica, o

número médio de autores em cada artigo científico tem crescido, especialmente no domínio experimental.

Inspirados nas observações anteriores, consideramos, neste trabalho, dois estudos de caso de acomodação de conhecimentos científicos primários para textos de divulgação. O primeiro foi escolhido por se tratar de um resultado expressivo e recente, obtido por um grupo de pesquisa brasileiro, e que teve uma certa repercussão na imprensa. Através de contatos com um dos autores pudemos obter maiores detalhes sobre o processo de transposição das informações. No segundo caso, optamos por considerar um texto de divulgação científica produzido por um cientista, Albert Einstein, que dispensa apresentações. Seu livreto sobre a teoria da relatividade, escrito em 1916, tornou-se um clássico da divulgação científica. A análise comparativa com os artigos originais nos permite discernir estratégias utilizadas para capturar o leitor e para transmitir conteúdos científicos novos de uma forma "palatável".

Para dar uma certa uniformidade à análise dos dois casos, procuramos analisar as transformações a que os textos originais foram submetidos, considerando os seguintes aspectos: informações que desapareceram ou que apareceram no processo de transposição; hierarquização das informações; e, transformações léxicas, no estilo, nas argumentações e nas ilustrações usadas.

A ESTRATÉGIA DO DRÁCULA

Em nosso primeiro estudo de caso, o texto científico original foi publicado na revista britânica *Nature*, incitando a elaboração de vários artigos de divulgação científica. Para nossa análise consideramos três deles que reputamos significativos. O primeiro foi elaborado pela própria equipe da *Nature* e enviado, conforme realizado tradicionalmente, a jornalistas de todo o mundo, com objetivo de divulgar o periódico. A partir desse texto, foram gerados dois outros: um em *O Globo*, um dos maiores jornais brasileiros, e outro, em *The Daily Telegraph*, jornal britânico com circulação de 2,6 milhões de exemplares.

O artigo original é um texto científico tradicional, com amplo uso de jargões técnicos e que descreve uma pesquisa básica. Sob o título *Desintoxicação de heme por um inseto*⁽⁵⁾, tem como primeira linha a descrição da heme, molécula que faz parte da composição da hemoglobina e que está envolvida em muitas reações biológicas, incluindo transporte de oxigênio, respiração e fotossíntese. Em seguida, descreve-se

que, em estado livre, a heme pode gerar tipos de oxigênio reativo que, por sua vez, podem danificar moléculas biológicas. Apresentam-se, depois, os mecanismos ocorridos nos parasitas *Plasmodium* (agentes etiológicos da malária), que digerem cerca de 80% da hemoglobina e que evitam a intoxicação pela molécula heme. É colocado, então, o problema enfrentado por insetos sugadores, que, durante uma "refeição", digerem uma quantidade de sangue de vertebrado que tem várias vezes seu próprio peso e que estariam sujeitos à intoxicação pela heme. Em seguida, os pesquisadores apresentam a novidade que encontraram: descobriram que a polimerização da heme em hemozoína não ocorre somente no *Plasmodium*, como se sabia, mas também no intestino do inseto sugador de sangue *Rhodnius prolixus*, vetor importante da doença de Chagas.

No restante do artigo, que ocupa uma página de revista, discutem-se outros aspectos técnicos, inclusive métodos e procedimentos usados, que em grande parte foram eliminados das versões de divulgação científica do texto. Foram usadas quatro ilustrações, todas elas técnicas. Essas ilustrações são constituídas de duas imagens de microscopia eletrônica, de um gráfico de microanálise de raios X e de um gráfico que traz o espectro infravermelho do material (transformada de Fourier). Elas exigem um conhecimento especializado para seu entendimento e interpretação.

Na versão jornalística da *Nature*, o texto ganhou um título ousado: "E finalmente...: A estratégia do Drácula".⁽⁶⁾ A novidade encontrada pelos pesquisadores torna-se a primeira linha dessa nova versão: "Uma supermolécula heme, que havia sido encontrada anteriormente apenas no parasita da malária *Plasmodium*, foi agora descoberta em um inseto sugador de sangue (...)". Vale observar que, neste caso, a molécula heme foi classificada como uma "supermolécula". A seguir, o redator descreve o surgimento da hemozoína como mecanismo de proteção desses organismos. No segundo parágrafo, explica que os insetos sugadores de sangue ingerem grandes quantidades de hemoglobina, introduzindo a informação de que a hemoglobina é "a proteína mais abundante nas células vermelhas". Só então o texto detalha de que forma se daria o dano às moléculas biológicas, caso não houvesse o mecanismo de proteção. O terceiro e último parágrafo destina-se a fornecer mais informações sobre o estudo e os pesquisadores (cujas referências só aparecem nesse momento). Menciona-se apenas rapidamente a técnica utilizada na pesquisa. Nessa versão, não há ilustrações.

A versão publicada em *O Globo* recebeu o título "Arma brasileira pode combater insetos nocivos"⁽⁷⁾, sendo o subtítulo "Descoberta da UFRJ é o primeiro passo para produção de drogas contra dengue, mal de Chagas e malária". A abertura do artigo

também enfatiza a possível aplicação: "Pesquisadores brasileiros descobriram uma estratégia para combater insetos vampiros que pode levar a uma droga contra transmissores de doenças como mal de Chagas, dengue e malária." A seguir, a repórter de *O Globo* (Tina Vieira) descreve a descoberta, ressaltando que o estudo foi publicado na *Nature*, sendo incluída a informação de que se trata de "uma das mais importantes [revistas] do mundo". Depois, descreve a molécula heme e o problema que o inseto enfrentaria, se não tivesse mecanismos de defesa.

A repórter entrevistou Pedro Lagerblad de Oliveira, um dos autores da pesquisa, incluindo no texto final trechos de seu depoimento. Introduziu também algumas informações básicas para esclarecimento do público não-especializado, entre elas o fato de a hemoglobina ser responsável pelo transporte de oxigênio no sangue. Forneceu ainda dados sobre a doença de Chagas: "O mal, que pode provocar distúrbios cardíacos e neurológicos, é muito comum na América do Sul. Até hoje, porém, não se encontrou um meio eficaz de combatê-lo." Nesta versão, não há referências sobre a técnica usada para a descoberta. Uma foto de Oliveira é a única ilustração da matéria.

Oliveira⁽⁸⁾ fez sua avaliação da versão publicada em *O Globo*: "Minha principal queixa refere-se ao tom, que deixava a impressão de que havia algo já próximo de ser aplicado, enquanto que, na verdade, trata-se de um trabalho de ciência básica, que pode gerar uma aplicação em um prazo mais dilatado."⁽⁹⁾ E complementa: "Só que isto não parece agradar o público...". Ele ressalta ainda dois outros problemas no artigo. O primeiro deles é a tradução literal de "kissing bugs" para "insetos beijoqueiros", enquanto que, em português, o inseto é chamado "barbeiro". Além disto, ao contrário do que foi publicado na notícia, já existem meios eficazes de combater o *Rhodnius prolixus*, visto que ele é muito sensível a inseticidas convencionais.

Roger Highfield incorporou a idéia, sugerida no texto de divulgação da *Nature*, de correlacionar a descrição da pesquisa com vampiros e acabou usando o tema como fio condutor de seu artigo em *The Daily Telegraph*. No seu texto, recapitula, de início, o resultado de uma controvertida hipótese feita, anos atrás, por um bioquímico canadense (não mencionada no artigo da *Nature*), que forneceria uma explicação bioquímica para a existência de pessoas com aversão à luz e inclinação por consumir sangue. Os quatro primeiros parágrafos do texto referem-se a discussões científicas sobre os vampiros. Apenas no quinto parágrafo, Highfield entra na questão dos danos que podem ser causados por ingestão de grandes quantidades de hemoglobina. A seguir, ele finalmente

entra na pesquisa citada no texto da *Nature*, mas sempre correlacionando os insetos estudados com vampiros.

Enquanto redigia seu texto, Highfield entrou em contato com Oliveira para esclarecimento de algumas questões. Em seu primeiro e-mail, Highfield abordou o tema dos vampiros com cuidado, depois de fazer todas as perguntas referentes ao conteúdo: "Finalmente, uma questão não muito séria(!). O Conde Drácula usa uma estratégia química similar e converte heme em hemozoína, e, se não, que riscos ele corre?"⁽¹⁰⁾ Registre-se que Oliveira já havia anteriormente, em apresentações e seminários, utilizado a metáfora do vampiro como ilustração; mas no artigo científico original nenhuma menção a isto foi feita.

Oliveira aceitou a sugestão brincalhona de Highfield e fez depoimentos que foram aproveitados no texto final, entre eles: "Não sei se Drácula usava hemozoína. Estamos tentando descobrir isto, mas não é fácil encontrar um vampiro por aqui. Provavelmente porque há muito sol no Brasil"; "Vampiros (de Hollywood) são famosos por sua capacidade de sugar todo o sangue de um homem em poucos segundos. Isso naturalmente é um lanche muito pesado para qualquer de nós, mas a comparação com os insetos sugadores de sangue faz o conde Drácula parecer um amador"; "Isso seria algo como nosso Conde Drácula sugar uma vaca inteira (e sair voando)".⁽¹¹⁾ Ilustrando o artigo, há uma *charge* em que um homem tenta inserir uma estaca no Drácula deitado no caixão e é interrompido por um cientista (ou médico?), de jaleco branco, que diz: "Esqueça as estacas de madeira, o alho e a água benta – vamos polimerizar a heme dele...". Para Oliveira, que aprovou o texto final antes da publicação, o resultado foi positivo e Highfield manteve "alto grau de profissionalismo."⁽¹²⁾

No caso do artigo no jornal brasileiro, houve forte preocupação em mostrar uma aplicação da pesquisa, traduzindo a tendência de considerar que pesquisa básica não dá notícia, por estar – aos olhos de muitos – bastante distanciada do cotidiano do restante da população. Note-se também a ênfase nos aspectos nacionalistas, por se tratar de uma pesquisa feita no Brasil e, sempre mencionado, que teve repercussão internacional. Em *The Daily Telegraph*, o texto buscou ser uma fonte de diversão, eventualmente refletindo a tendência de uma corrente britânica na popularização da ciência de se apresentar a ciência também como um entretenimento. Roger Highfield mostrou, em particular, que é possível escrever um artigo criativo, bem humorado e com correção de conteúdo, alterando significativamente o texto original.

A RELATIVIDADE NOS/DOS DISCURSOS

Tomamos como base para nosso segundo estudo de caso um processo acomodativo que ocorreu na divulgação da teoria da relatividade (especial e geral) e que foi realizado pelo seu principal autor, Albert Einstein. A escolha feita se justifica por se tratar de um grande cientista que teve a preocupação de tentar difundir entre o público ilustrado o conteúdo de suas teorias revolucionárias na física.

O livro de divulgação científica escrito por Einstein foi finalizado em dezembro de 1916, alguns meses após a conclusão de seus artigos fundamentais sobre a teoria da relatividade geral. O título que recebeu foi *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (Gemeinverständlich)*, ou seja, *A teoria da relatividade especial e geral (uma exposição popular)*⁽¹³⁾. É interessante buscar as razões que levaram o cientista a dedicar um esforço grande, em um período cientificamente muito produtivo, para escrever um texto de divulgação científica.

Em janeiro de 1916, Einstein, após ter chegado à forma definitiva das equações básicas da relatividade geral, escreveu a Lorentz dizendo que atingira seu objetivo, mas que as deduções de suas equações ainda estavam terrivelmente complicadas e que deveriam ser simplificadas. Sugeriu, em seguida, que Lorentz poderia cumprir esta tarefa. E acrescentou: "Eu próprio poderia fazê-lo, pois tudo está claro para mim. Infelizmente, porém, a natureza negou-me o dom da comunicação, de modo que o que escrevo está certamente correto, mas é completamente impossível de digerir." Lorentz respondeu que seria importante que o próprio Einstein expusesse seus princípios de uma forma tão simples quanto possível, de modo que todos os físicos (ou, pelo menos, uma boa parte deles) pudesse familiarizar-se com o conteúdo da relatividade. Incentivado, Einstein escreveu um texto com caráter de artigo de revisão, fazendo uma sinopse da teoria.⁽¹⁴⁾ Como esse artigo foi bem recebido *intra corporis*, isso teria, na opinião do biógrafo de Einstein, Abraham Pais, estimulado Einstein a escrever um texto que pudesse atingir um público ainda mais amplo.⁽¹⁵⁾

Em algum momento, no primeiro semestre de 1916, Einstein tomou a decisão de escrever o livro que se destinaria a um público com formação de ensino médio (no contexto alemão da época) e que conteria tanto a teoria da relatividade especial quanto a teoria da relatividade geral. Dizia, então, em carta a seu amigo Michele Besso: "Por outro lado, se eu não o fizer, a teoria, simples como basicamente ela é, não será entendida assim." Einstein havia percebido, como Galileu o fizera três séculos antes,

que, para a aceitação de sua teoria junto à própria comunidade científica, era necessário um movimento maior que a tornasse acessível para um público mais amplo. Não se pode desconsiderar que Einstein buscava também a difusão de um conhecimento que julgava importante para o aprimoramento da cultura científica geral. Por outro lado, estava imbuído de uma certeza profunda na validade da teoria, o que justificava o esforço de apresentá-la de um ponto de vista "ao alcance de todos". No entanto, como expresso no prefácio de livro, e apesar do título trazer a indicação de que se tratava de uma "exposição popular", Einstein pretendia atingir um público mais restrito do que um hipotético "homem da rua".

Com seu espírito irônico, disse mais tarde sobre seu esforço divulgativo que o livro deveria ter sido chamado de *gemeinunverständlich*, ou seja, "incompreensível", em vez de *gemeinverständlich* ("popular", "ao alcance de todos"). Apesar da autocrítica bem-humorada, o livro teve um grande sucesso, sendo publicado em várias línguas e tendo atingido mais de trinta reimpressões na língua inglesa. O livro se transformou também em um paradigma para centenas de livros sobre a relatividade que foram escritos nos anos seguintes, em particular na década de 20, no período que se seguiu à súbita explosão de interesse sobre a figura de Einstein e suas teorias. O texto de Einstein, segundo vários depoimentos, teria influenciado muitos jovens, que se tornaram posteriormente cientistas conhecidos, a se dedicarem à pesquisa em física e em matemática. Nosso objeto de análise é, portanto, um livro que é considerado como um dos mais bem-sucedidos da divulgação científica.

No prefácio do livro, que reproduziremos integralmente por seu interesse para nossa análise, Einstein deixa claros seus propósitos e objetivos, anuncia o público que pretende atingir e analisa também o formato da exposição que adota:

Este livro pretende dar uma idéia, a mais exata possível, da Teoria da Relatividade àqueles que, de um ponto de vista geral científico e filosófico, se interessam pela teoria mas não dominam o aparato matemático da física teórica. A leitura pressupõe que o leitor tenha formação equivalente à do ensino médio e – apesar da brevidade do livro – paciência e força de vontade. O autor não poupou esforços para apresentar as idéias principais de maneira particularmente clara e simples, respeitando, em geral, a seqüência e o contexto em que elas surgiram na realidade. No interesse da clareza, foi inevitável repetir-me muitas vezes, sem preocupação com a elegância da apresentação; pautei-me, escrupulosamente, pela norma do genial físico teórico Ludwig

Boltzman, que deixava as questões de elegância a cargo de alfaiates e sapateiros. Julgo não haver ocultado ao leitor as dificuldades inerentes ao assunto. Já os fundamentos físicos empíricos da teoria, conscientemente tratei-os com certa negligência, para evitar que o leitor menos familiarizado com a física fizesse como aquele caminhante que, de tantas árvores, não conseguiu enxergar a floresta. Que este pequeno livro possa proporcionar a muitos leitores algumas horas de estímulo intelectual.⁽¹⁶⁾

Notemos os cuidados de Einstein, motivados pela sua experiência relativa à dificuldade de aceitação de uma nova teoria, ao apontar as omissões, escolhas e limitações do livro, o que é raro em se tratando de livros de divulgação científica. Em anos posteriores, fez considerações esparsas sobre a divulgação científica que merecem ser citadas antes de fazermos uma análise comparativa entre seus artigos originais e o livro. Elas contribuem para um melhor entendimento de seus propósitos e escolhas e de sua visão sobre essa atividade divulgativa.

Em 1948, dizia:

A maioria dos livros sobre ciência (que se dizem destinados ao leigo) procura mais impressionar o leitor ["espantoso!", "como já progredimos!", etc] do que explicar clara e lucidamente os objetivos e métodos elementares. Depois que um leigo inteligente tenta ler alguns desses livros, ele fica completamente desanimado. Sua conclusão é: sou idiota demais, é melhor eu desistir! Toda a descrição é feita, na maioria das vezes, de uma maneira sensacionalista que também repele um leigo sensato. Em uma palavra: Não são os leitores que estão errados, mas os autores e editores. Minha proposta é: nenhum livro "popular" de ciência deveria ser publicado antes que fosse comprovado que ele pode ser entendido e apreciado por um leitor inteligente e judicioso.⁽¹⁷⁾

Em outro momento, escrevia:

Qualquer pessoa que já tentou apresentar um assunto científico de uma maneira popular conhece as grandes dificuldades de tal empreendimento. Ou ele é bem-sucedido em ser inteligível e esconde o núcleo do problema, oferecendo ao leitor apenas aspectos superficiais ou vagas alusões e, portanto, enganando o leitor ao despertar nele a ilusão enganosa de compreensão, ou então, ele dá uma abordagem de especialista ao problema, de uma tal maneira que o leitor inexperiente é incapaz de seguir a exposição e fica desencorajado a prosseguir

a leitura. Se essas duas categorias fossem omitidas da atual literatura científica popular, surpreendentemente pouco restaria.

A seguir vamos discutir as transformações sofridas pelos textos originais sobre a relatividade especial e a relatividade geral ao serem "acomodados" por Einstein para a forma de um livro de divulgação. Em nossa análise, tomaremos por base os pontos mencionados no final do item I. Os artigos originais utilizados na comparação foram: (i) "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento"⁽¹⁸⁾ e "A inércia de um corpo depende de seu conteúdo de energia?",⁽¹⁹⁾ no qual a equação $E=mc^2$ é introduzida. Ambos os artigos são de 1905 e se referem à relatividade especial; (ii) "Os fundamentos da teoria da relatividade geral",⁽²⁰⁾ de 1916 e referente à relatividade geral.

Quanto a conteúdos inseridos no livro de divulgação e que não estão nos artigos originais, Einstein introduz, no início do livro, a explicação do que são sistemas de referência (ele usa, como termos similares, sistemas de coordenadas e corpos de referência). Nos artigos originais, não o faz, obviamente por se tratar de um conhecimento básico de física. O item sobre pressão de radiação, que aparece no artigo original, também é omitido no livro.

Einstein desenvolve um pouco mais a questão da relação entre massa e energia no livro do que no artigo. Note-se, porém, que o livro foi escrito 11 anos após o texto original em que essa relação foi deduzida (através de um experimento de pensamento, ou *gedanken*). Registre-se também que, no artigo, Einstein mostrava muitos cuidados sobre a possível transformação de massa em energia e vice-versa. No último parágrafo do artigo original,⁽²¹⁾ escreveu: "Se um corpo libera energia E na forma de radiação, sua massa varia de E/c^2 . (...) Não é impossível que, para corpos cujo conteúdo de energia é variável a um alto grau (como os sais de rádio), a teoria possa ser colocada em teste com êxito. Se a teoria corresponde aos fatos, a radiação carrega inércia entre os corpos emissores e absorvedores." No livro apenas a transformação de energia em massa é claramente colocada.

Quanto a conteúdos que não foram inseridos no livro de divulgação: toda a parte que discute a eletrodinâmica na relatividade especial (transformações dos campos elétricos e magnéticos sob as transformações de Lorentz) não consta do livro, possivelmente por se tratar de um tema que exige um aparato matemático mais sofisticado. São discutidos, por isso, casos referentes apenas à mecânica e à propagação da luz em situações que dispensam o formalismo do eletromagnetismo. A maioria das

deduções matemáticas foram eliminadas e algumas delas, como uma dedução simplificada das transformações de Lorentz-Poincaré, transferidas para apêndices. No caso da relatividade geral, cujo formalismo é bem mais complicado, praticamente todas as deduções matemáticas são eliminadas, inclusive aquelas relacionadas aos testes experimentais da teoria. As fórmulas principais são apresentadas, com alguma justificação, e seu significado físico discutido. Mas são omitidos no livro os conteúdos referentes ao desenvolvimento matemático da teoria dos tensores, à discussão das leis de conservação, às equações de Euler para fluidos e às equações de Maxwell no vácuo.

Do ponto de vista da hierarquização das informações apresentadas, Einstein mantém, com pequenas variações, aproximadamente a mesma ordem de argumentação no livro e nos artigos científicos. Einstein busca oferecer ao leitor ilustrado uma linha lógica de raciocínio próxima à desenvolvida por ele originalmente (ou reconstruída nos artigos originais, no contexto da justificativa: estudos históricos têm mostrado que o seu caminho real de descoberta foi bastante mais tortuoso do que o apresentado no livro). Esta é uma diferença significativa em relação a textos de divulgação de outros autores, particularmente em jornais e revistas, onde as argumentações e enfoques costumam diferir muito. No prefácio do livro, como vimos anteriormente, Einstein mencionava que respeitara, em geral, "a seqüência e o contexto em que elas [as idéias] surgiram na realidade".

Como expressava no mesmo prefácio, Einstein não dá muito destaque às comprovações empíricas da teoria. Mas, mesmo nos artigos originais, deve ser notado que ele, embora tenha discutido com mais cuidado os resultados dos experimentos cruciais para a comprovação da relatividade geral, dá a eles um tratamento menos importante do que usualmente se apregoa nos livros didáticos. As contradições teóricas da física clássica e as concepções profundas de Einstein sobre a simetria da natureza desempenham um papel muito relevante na construção das novas teorias propostas. Os experimentos vão ser decisivos, após a montagem do arcabouço teórico, na verificação (ou não) das previsões feitas.

No que se refere às mudanças de estilo e de argumentações, uma alteração, já mencionada nas características usuais de livros de divulgação, salta aos olhos na primeira frase: "Em seus dias de escola, prezado leitor, você entrou em contato com a soberba construção da geometria euclidiana, e talvez se lembre, ...". Einstein adota um estilo de conversação direta com o leitor, que não aparece nos artigos originais escritos com o formato despersonalizado. Em várias passagens do livro, volta a se referir

diretamente ao leitor, seja para animá-lo a enfrentar as dificuldades do texto, seja para colocar perguntas e questões inteligentes em sua boca e tentar, em seguida, convencê-lo de suas idéias ou questionar (pre)conceitos bem estabelecidos. Em alguns momentos, utiliza frases interrogativas, usadas com o propósito de estimular a reflexão do leitor e de colocar dúvidas em sua mente; elas estão completamente ausentes dos artigos originais.

Uma das características marcantes do livro, e que era uma arma poderosa de reflexão e de convencimento utilizada por Einstein, é o uso dos experimentos tipo *gedanken*. Nos artigos originais da relatividade especial não aparece o famoso experimento mental dos dois observadores, um colocado dentro de um trem e outro na plataforma da estação. Observe-se que Einstein coloca claramente que se trata aqui de um experimento idealizado, com observadores colocados em sistemas que se movem com velocidades constantes e possuidores de relógios idênticos. No livro esse experimento *gedanken* é utilizado em vários lugares, tendo surgido já nas páginas iniciais na discussão sobre posição e tempo e sobre sistemas de referência inerciais. Esse exemplo será utilizado repetidamente na discussão da relatividade da simultaneidade temporal e da relatividade da distância espacial e, posteriormente, na análise do caso acelerado, em que se introduz o princípio da equivalência.

Um segundo experimento *gedanken*, que ficou famoso, é introduzido no livro na parte referente à relatividade geral: o experimento da caixa (ou aposento) – que, em livros posteriores, é apresentada como um elevador – no espaço livre e que é puxada com uma aceleração constante. A discussão do princípio da equivalência e da deflexão da luz em campo gravitacional está escorada neste exemplo idealizado. Outros experimentos mentais são utilizados ao longo do livro: o disco que gira uniformemente no espaço, dotado de réguas e relógios idênticos (usado na discussão da não-validade da geometria euclidiana para referenciais girantes); o de uma mesa coberta de bastõezinhos (usada na discussão das coordenadas gaussianas); o de seres achatados vivendo em um espaço bidimensional.

Nos artigos da relatividade especial, Einstein não utilizou qualquer figura. No livro existem, na parte referente à relatividade especial, três figuras, todas bastante esquemáticas. A primeira delas retrata um trem (muito estilizado) ao se referir ao experimento *gedanken* correspondente. A segunda mostra a localização de um evento como descrito a partir de dois sistemas diferentes de coordenadas cartesianas (inerciais). A terceira figura mostra, também de forma muito esquemática, o desenho de um tubo

por onde passa água com velocidade "v" (em relação ao tubo). Esta figura particularmente não acrescenta grande coisa ao texto.

Quanto à relatividade geral, o artigo original traz apenas uma figura, pouco expressiva, na seção referente ao desvio da luz em campo gravitacional. No livro são colocadas duas ilustrações: a primeira delas mostra o esquema das coordenadas gaussianas em uma superfície bidimensional e a segunda (em um dos apêndices) mostra, de forma simplificada, o desvio da trajetória da luz de uma estrela ao passar nas vizinhanças do sol. O trajeto é bastante idealizado, porque a luz tem trajetória retilínea antes e depois da alteração brusca na direção (ao passar nas proximidades da superfície do sol). As figuras do livro não são de fato muito enriquecedoras, mas são também um reflexo do tipo de ilustração simplificada que muitos livros de física exibiam na época.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por envolver apenas o estudo de dois casos, seria prematuro pretender que este artigo nos levasse a algumas conclusões definitivas. De fato, várias questões permanecem em aberto e muitas outras podem ser discernidas. No entanto, cremos ser possível proceder a algumas ilações parciais. Procuramos mostrar que os artigos científicos passam por uma série de transformações ao serem adaptados para textos de divulgação científica. Muitas dessas transformações ocorrem na linguagem: "tradução" dos jargões científicos para a linguagem não especializada, introdução de passagens explicativas, omissão de textos referentes às técnicas e aos métodos usados, etc. Outras mudanças emergem no nível retórico propriamente dito, com o surgimento de diferenças de estilo, de ênfases, de argumentações e com o uso diversificado de recursos visuais. No caso jornalístico, em particular, a estruturação do texto também sofre alteração, adotando-se, em geral, o formato de um texto "piramidal", em que a novidade da pesquisa é o ponto de partida do autor da matéria divulgativa. Outro aspecto relevante no processo acomodativo é a mudança de enfoque no texto, mudança esta que está também correlacionada com a linha editorial do jornal ou revista e com os aspectos culturais e a tradição divulgativa existente no país.

REFERÊNCIAS

- (1) ARISTÓTELES. *Arte Retórica e Arte Poética*. Rio de Janeiro: Ediouro, s/d.

- (2) FAHNESTOCK, Jeanne. Accommodating Science: The Retorical Life of Scientific Facts. In: MCRAE, M. W. (ed.) *The Literature of Science – Perspectives on Popular Scientific Writing*. Georgia: The University of Georgia Press, 1993.
- (3) JACOBI, Daniel. *La communication scientifique – Discours, figures, modèles*. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble, 1999.
- (4) FAHNESTOCK, Jeanne. *Op. cit.*
- (5) OLIVEIRA, Pedro L. *et al.* Haem detoxification by an insect. *Nature*, p. 517, 1999.
- (6) HIGHFIELD, Roger. Dracula shows how to deal with bloosuckers. *The Daily Telegraphy*, 15 de agosto, 1999.
- (7) VIEIRA, Tina. Arma brasileira pode combater insetos nocivos. *O Globo*, 5 de agosto, 1999.
- (8) Pedro Lagerblad de Oliveira, um dos autores do texto original, gentilmente cedeu todas as mensagens trocadas entre ele e os jornalistas.
- (9) Mensagem enviada por Pedro Lagerblad de Oliveira a um dos autores deste trabalho, em 24/09/1999.
- (10) Mensagem enviada por Highfield a Oliveira, 03/08/1999.
- (11) Mensagem enviada por Highfield a Oliveira, 24/08/1999.
- (12) Declaração feita a um dos autores deste trabalho, 24/08/1999.
- (13) EINSTEIN, Albert. *A teoria da relatividade especial e geral*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.
- (14) EINSTEIN, Albert. The foundation of the general theory of relativity. In: EINSTEIN, A.; LORENTZ, H. A.; WEYL, H. & MINKOWSKI, H. *The Principle of Relativity*. pp. 111-164. New York: Dover, 1952.
- (15) PAIS, A. *Sutil é o Senhor... A ciência e a vida de Albert Einstein*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.
- (16) Einstein, Albert. *A teoria da relatividade especial e geral. Op. cit.*
- (17) EINSTEIN, Albert. In: DUKAS, H. & HOFFMAN, B. *Einstein: o lado humano*. p. 35, Brasília: Editora da UnB, 1979.
- (18) EINSTEIN, Albert. On the electrodynamics of moving bodies. In: EINSTEIN, A.; LORENTZ, H. A.; WEYL, H. & MINKOWSKI, H. *The Principle of Relativity*, pp. 37-65. New York: Dover, 1952.

- (19) EINSTEIN, Albert. Does the inertia of a body depend upon its energy-content? *In*: EINSTEIN, A.; LORENTZ, H. A.; WEYL, H. & MINKOWSKI, H. *The Principle of Relativity*, pp. 69-71. New York: Dover, 1952.
- (20) EINSTEIN, Albert. The foundation of the general theory of relativity. *Op. cit.*
- (21) EINSTEIN, Albert. On the electrodynamics of moving bodies. *Op. cit.*

NOTAS

- (A) O presente artigo foi originalmente publicado na revista *Ciência & Ambiente*, promovida pela Universidade Federal de Santa Maria cujo endereço eletrônico é: www.ufsm.br/cienciaeambiente.
- (B) Luisa Massarani é jornalista e responsável pelo Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz da Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro (luisamassarani@uol.com.br).
- (C) Ildeu de Castro Moreira é físico, doutor em Física e professor do Instituto de Física e do Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Diretor do Departamento de Popularização e Difusão de Ciência e Tecnologia/MCT (ildeu@if.ufrj.br).