



T/UNICAMP
D543f
FE

gepUE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

A FÍSICA NAS REVISTAS CIÊNCIA HOJE E PESQUISA
FAPESP

LEITURAS DE LICENCIANDOS

Autor: Ricardo Henrique Almeida Dias

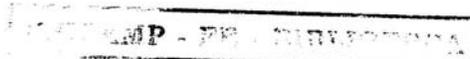
Orientador: Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Dissertação apresentada para obtenção do grau de
Mestre em Educação – Área de Concentração Ensino,
Avaliação e Formação de Professores – pela Faculdade
de Educação da UNICAMP, sob a orientação da Profa.
Dra. Maria José P. M. de Almeida

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Maria José Pereira Monteiro de Almeida
Prof.^o Dr.^o Marcelo Zanotello
Prof.^a Dr.^a Marcia Reami Pechula
Suplente – Prof.^a Dr.^a Roseli Aparecida Cação Fontana
Suplente – Prof.^a Dr.^a Salete Linhares Queiroz

Campinas
2009



© by Ricardo Henrique Almeida Dias, 2009.

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca
da Faculdade de Educação/UNICAMP**

Dias, Ricardo Henrique Almeida.
D543f A física nas revistas Ciência Hoje e Pesquisa Fapesp : leituras de licenciandos / Ricardo Henrique Almeida Dias. -- Campinas, SP: [s.n.], 2009.

Orientador : Maria José Pereira Monteiro de Almeida.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Leitura. 2. Análise de discurso. 3. Jornalismo científico. 4. Revistas. 5. Licenciandos. I. Almeida, Maria José Pereira Monteiro de II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

09-109/BFE

Título em inglês : Physics in the magazines Ciência Hoje and Pesquisa Fapesp : future high school teachers reading

Keywords: Reading ; Discourse analysis ; Scientific journalism ; Magazines; Future high school teachers

Área de concentração: Ensino e Práticas Culturais

Titulação: Mestre em Educação

Banca examinadora: Prof^a. Dr^a. Maria José Pereira Monteiro de Almeida (Orientadora)

Prof. Dr. Marcelo Zanotello

Prof^a. Dr^a. Marcia Reami Pechula

Data da defesa: 19/05/2009

Programa de pós-graduação : Educação

e-mail : diaz@unicamp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

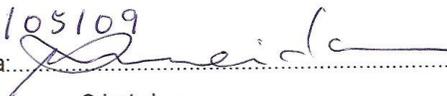
**A FÍSICA NAS REVISTAS CIÊNCIA HOJE E PESQUISA FAPESP: LEITURAS DE
LICENCIANDOS**

Autor: Ricardo Henrique Almeida Dias
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Este exemplar corresponde à redação final da Dissertação defendida por Ricardo Henrique Almeida Dias e aprovada pela Comissão Julgadora.

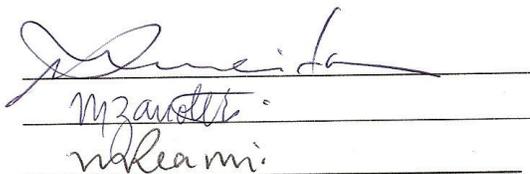
Data: 19/05/09

Assinatura: _____



Orientadora

COMISSÃO JULGADORA:



Dedico este trabalho aos meus pais, Edna e Ricardo,
e minhas irmãs, Carol e Bia.

Agradeço à minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Maria José P. M. de Almeida

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa de mestrado que vigorou nos primeiros seis meses e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelos 18 meses subsequentes.

Resumo

Este estudo teve por objetivo compreender interpretações de um grupo de estudantes do curso de licenciatura em física ao lerem textos de divulgação científica sobre física publicados nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*, bem como compreender aspectos do imaginário desses estudantes sobre a possibilidade de leitura desses textos por alunos do ensino médio. Para analisar as interpretações dos licenciandos, baseamo-nos em noções da análise de discurso, na vertente originada por Michel Pêcheux. Consideramos as condições de produção e a historicidade na produção da leitura e as categorias de repetição: empírica, formal e histórica, como explicitadas por Eni Orlandi. Nas análises também nos apoiamos em especificidades do campo jornalístico e do jornalismo científico, levantando algumas características dos textos propostos para leitura, com base em autores das áreas de comunicação e jornalismo, como, por exemplo, recursos lingüísticos, aspectos textuais e critérios de noticiabilidade, com o objetivo de melhor compreendermos como esses estudantes construíram sentidos para os textos selecionados. Os textos foram propostos aos estudantes para leitura em uma aula de disciplina proposta em currículo para o primeiro semestre do curso. Pudemos notar como características do discurso jornalístico proporcionaram condições para o estabelecimento de sentidos pelos licenciandos e como essas condições contribuíram para que os estudantes manifestassem os três tipos de repetição, o que nos evidenciou a multiplicidade de modos como os licenciandos desta pesquisa leram. Quanto à possibilidade de utilizarem tais revistas no ensino médio, pudemos notar controvérsias nos seus posicionamentos, pois para alguns os textos de divulgação poderiam ser utilizados para a abordagem de outros aspectos da física distintos dos conteúdos normalmente contemplados no ensino médio, mas para outros os textos não poderiam ser utilizados, pois abordam tópicos que não fazem parte do vestibular ou porque não estão inclusos nos conteúdos usualmente estudados nesse nível de ensino.

Abstract

An activity has been designed to understand how a future teachers' group interprets scientific popularization about physics published in the magazines *Ciência Hoje* and *Pesquisa Fapesp* and to understand aspects of the possibility of uses of those texts with high school students. We based our analysis on discourse analysis' notions, originated by Michel Pêcheux. We considered the conditions production and the historicity in the reading and the repetition categories: empirical, formal and historical, explained by Eni Orlandi. We also focused on journalism and scientific journalism characteristics, showing some characteristics of the texts, e.g. linguistic resources, textual aspects and newsworthiness, to understand how those students interpreted the selected texts. Thus, the texts were proposed to the students in a class for the first semester of the course. We could notice that some journalistic characteristics created conditions for the students' interpretation and the three repetition categories, which showed us the many ways that the students read. Regarding the possibility of the use of magazines in high schools, we noticed controversies in their positioning. For some the popularization texts could be used for the approach of other aspects of physics, which are different from the contents usually shown in high schools. For other students the texts could not be used, because they approached topics which are not part of the university entrance exam or aren't included in the contents usually studied at that teaching level.

Sumário

Resumo	vi
Abstract	vii
Introdução	1
I. Considerações sobre a divulgação científica	8
1. Elementos do jornalismo científico	15
2. Caracterização das revistas trabalhadas na atividade	19
2. 1. <i>Ciência Hoje</i>	21
2. 2. <i>Pesquisa Fapesp</i>	23
3. Teses e dissertações	25
3. 1. Artigos científicos	34
II. Apoio teórico e metodológico	43
1. Considerações sobre a análise de discurso	43
1. 1. Leitura e discurso	46
1. 2. Dispositivo teórico-analítico da interpretação	48
2. A notícia no discurso jornalístico	50
2. 1. Critérios de noticiabilidade	56
2. 2. Aspectos editoriais e textuais do jornalismo	60
2. 3. Elementos da diagramação	64
2. 4. Sobre as revistas	69
III. Procedimentos metodológicos	75
1. Condições de produção imediatas da leitura	75
1. 1. Sobre a disciplina	75
1. 2. Relação do pesquisador com a disciplina	75
1. 3. Sobre a atividade	77
IV. Produção de sentidos pelos licenciandos através da leitura	82

1. Especificidades do discurso jornalístico e interpretações dos licenciandos _____	82
1. 1. Critérios de noticiabilidade _____	82
1. 2. Recursos lingüísticos e textuais _____	88
1. 3. Aspectos sociais da ciência _____	92
2. Linguagem da divulgação científica _____	94
3. Textos de divulgação científica em classe no ensino médio: posições dos licenciandos__	101
Considerações finais _____	107
Referências _____	110
Referências dos textos trabalhados na atividade _____	116
Anexos _____	118

Lista de ilustrações e tabelas

Figura 1: Título e antetítulo_____	65
Figura 2: Título e subtítulo_____	66
Figura 3: Legenda_____	67
Figura 4: Texto-legenda_____	67
Figura 5: Boxe_____	68
Tabela 1: Textos lidos pelos licenciandos_____	78

Introdução

No mundo atual, que é cada vez mais influenciado pela tecnologia e pela pesquisa científica em diversas áreas do conhecimento, acreditamos na necessidade cada vez maior de todos terem algum contato com aspectos da pesquisa científica nacional e internacional, nas suas implicações e relações com a sociedade. Levando-se em conta especificamente a física, podemos encontrar exemplos da divulgação de trabalhos de investigação em revistas como *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*.

Não podemos negar que a divulgação científica pode ser considerada um instrumento para nos mantermos atualizados sobre o que acontece no mundo da ciência e da tecnologia, desde que tenhamos em conta que se quisermos o aprofundamento em determinado tema devemos recorrer aos textos científicos. Com relação ao uso de textos de divulgação científica na educação formal, consideramos a inclusão desses textos como parte integrante de um leque de recursos já disponíveis e não a sua adoção como instrumento de ensino principal. Alvetti (1999) investigou as potencialidades de artigos de divulgação científica, especificamente da revista *Ciência Hoje*, para trabalhar conceitos da física moderna e contemporânea, verificando como utilizar esses artigos de forma sistemática no contexto escolar. Seu objetivo principal foi sugerir possibilidades que contribuíssem para a formação, inicial ou continuada, de professores de física no ensino médio. O autor, no entanto, não chegou a trabalhar com estudantes do ensino médio ou superior. Dessa forma, consideramos que investigar a leitura desses textos de divulgação por licenciandos em física poderia contribuir para compreendermos a possível adoção por eles desse recurso quando professores. A investigação nos levaria a saber mais sobre os limites e possibilidades dessa leitura.

Desde trabalhos como os de Ricon e Almeida (1991) e Almeida e Ricon (1993) a leitura de textos diferenciados dos que compõem a maioria dos livros didáticos vem sendo estudada no *Grupo de Estudo e Pesquisa em Ciência e Ensino* da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Entre os estudos realizados destacamos as dissertações de mestrado: Oliveira (2001); Gama (2005); Lança (2005) e Montenegro (2005); as teses de doutorado: Michinel (2001); Silva (2002) e Souza (2000a), além de um livro:

Almeida (2004). Por outro lado, Almeida (1998) alertou que textos de divulgação científica poderiam ser lidos da mesma maneira que os livros de ensino formal: “Um texto com características totalmente divergentes das do manual didático pode ser trabalhado pelo professor e visto pelo estudante segundo os mesmos ‘hábitos de leitura’ que um e outro foram construindo em anos e anos de escolarização” (p. 54). Por outro lado, Almeida e Queiroz (1997) apontaram que a divulgação científica pode ser uma alternativa para o professor que pretende fugir dos textos carregados de informações formais, mas alertaram que, para ele ser bem-sucedido:

(...) precisa criar condições de leitura que modifiquem as práticas escolares usuais. Não é possível, por exemplo, se pretender desenvolver a familiaridade com a compreensão do discurso científico e o hábito de ler, restringindo desde sempre a leitura à interpretação imediata e única. Assim procedendo, possivelmente o professor estará fazendo com que o estudante aproxime ao máximo a sua leitura daquela que realiza quando se dedica a memorizar definições e fórmulas extraídas de textos considerados didáticos. Essa atitude quase sempre levanta barreiras para uma interação mais efetiva com o texto (p. 64-65).

Assim como esses trabalhos que debruçaram-se sobre a leitura, este trabalho originou-se a partir da preocupação com práticas de leitura de estudantes de cursos superiores, em especial dos licenciandos em física, pois consideramos que a ausência de certos hábitos de leitura poderia provocar problemas futuros no exercício docente. Dentre eles podemos salientar, no caso de estudantes de licenciatura em física, o desinteresse em se informar sobre as produções atuais da pesquisa científica em física, pelo menos daquilo que é publicado em revistas de divulgação.

Especificamente sobre a leitura, Andrade e Martins (2006) tiveram por objetivo explorar algumas das relações entre leitura e ensino de ciência e suas conseqüências para o ensino-aprendizagem de ciências. Assim, com um referencial teórico pautado na análise de discurso francesa originada com Michel Pêcheux, as autoras investigaram os sentidos que um grupo de professores de Física, Química e Biologia, que estavam atuando em uma escola federal de nível médio e técnico, atribuíam à leitura. Dentre as conclusões das autoras,

encontramos:

Os resultados revelaram também que, para esse grupo de professores, não existiram, na sua formação inicial, oportunidades de refletir sobre o papel da leitura no ensino e na aprendizagem de ciências. Da mesma forma, ao longo de sua atuação profissional isso não ocorreu (p. 148).

Terrazzan (2002), após realizar uma pesquisa com professores de física da rede pública de Santa Maria-RS, que envolveu, dentre outros recursos, a utilização de textos de divulgação científica em sala de aula, concluiu que:

(...) um dos maiores problemas apontados em relação ao uso de textos em sala de aula refere-se às dificuldades que tanto os alunos quanto os professores possuem em ler e se expressar tanto através da oralidade quanto da escrita. Boa parte dos professores justificou que sua pouca prática ou hábito de leitura, seja de materiais de divulgação científica ou de quaisquer outros materiais, deve-se fundamentalmente ao pouco incentivo que receberam nesse sentido sobretudo durante sua formação acadêmica. Segundo estes professores as instituições e os docentes que os formaram não justificavam a importância e a necessidade de realização de leitura para a formação de um professor, enquanto sujeito capaz de ter suas próprias interpretações e opiniões sobre diferentes assuntos (p. 17).

Nesta pesquisa assumimos uma concepção de leitura em uma perspectiva discursiva. Para Orlandi (1988), a leitura está sendo focalizada levando-se em consideração que a “vida intelectual está intimamente relacionada aos modos e efeitos de leitura de cada época e segmento social” e considerando também o fato de que “há múltiplos e variados modos de leitura” (p. 8). A perspectiva seguida é a de que existem muitas formas de relação dos leitores com os textos e de que a leitura não deve ser uma preocupação exclusiva da área de língua portuguesa. Ricon e Almeida (1991) apontaram para essa perspectiva e Gama (2005) indicou que a responsabilidade pela formação de leitores faz com que todas as disciplinas precisem pensar nas formas possíveis de incluir a leitura em seus projetos pedagógicos, pois todo professor, independente da disciplina que leciona, seria também um professor de leitura.

Com relação às práticas de leitura, nos propusemos a estudar especialmente a leitura de divulgação científica realizada por licenciandos em física e, mais especificamente, a leitura de

textos de divulgação publicados em revistas brasileiras de periodicidade mensal com notícias escritas principalmente por jornalistas. Como jornalista, julgamos a relevância de estudos dessa natureza, pois grande parte dos textos de divulgação científica são escritos por esses profissionais. Com isso, optamos pelas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* que contemplam tais características. Alguns dos temas tratados nessas revistas remetem para tópicos atuais da física, como, por exemplo, aspectos do desenvolvimento da física quântica, da teoria da relatividade, da física de partículas elementares, nuclear, supercondutividade, entre outros.

A leitura de textos como os da revisão bibliográfica realizada por Ostermann e Moreira (2000) foi suficiente para evidenciar a importância que os educadores em física vêm dando à possibilidade de introdução da física moderna e contemporânea nos currículos do ensino médio. Segundo Terrazzan (1992):

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (p. 210).

Stannard (*apud* OSTERMANN e MOREIRA, *idem*), ao analisar os currículos secundários de física, criticou-os por darem a impressão de terem sido escritos há cem anos, como se nada tivesse ocorrido na física no século XX. O autor sugeriu que sejam escritos livros e textos com abordagens inovadoras de física moderna e contemporânea como forma de encorajar a revisão curricular. Pelo fato dos textos publicados nas revistas já mencionadas tratarem de alguns tópicos relativos à física moderna e contemporânea, consideramos que uma das possíveis potencialidades do uso de tais revistas seja a abordagem de tópicos mais atuais da física. Apesar de nos preocuparmos com a inserção de tópicos atuais, ressaltamos que, no entanto, não incluímos dentre os objetivos do trabalho a verificação da compreensão conceitual mais aprofundada de assuntos sobre física moderna e contemporânea. Nos propusemos neste estudo apenas a considerar alguns aspectos da leitura desses estudantes, mais precisamente como eles

atribuiriam sentidos à divulgação científica.

Partindo do até aqui sintetizado, nesta pesquisa trabalhamos com estudantes da disciplina *Conhecimento em física escolar I*, que faz parte do currículo da licenciatura em física na Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, tendo em vista analisar possibilidades e limites para a sua formação para o trabalho com tópicos atuais da física no ensino médio, através de textos de divulgação científica. A disciplina faz parte do currículo no início do curso, quando os estudantes ainda têm poucas ferramentas matemáticas e, visando contribuir para o hábito de se manterem atualizados após o término do curso, admitimos a possibilidade de trabalhar a leitura de notícias sobre física em textos de divulgação científica. Com isso, elaboramos uma atividade de leitura que ocorreu no último dia de aula dessa disciplina. Nesse dia os licenciandos leram notícias sobre física nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Após a leitura, responderam um questionário e mantiveram uma discussão com o pesquisador. Essa discussão foi gravada em vídeo, sendo que tais informações permitiram a construção dos dados que constituíram nosso objeto de análise.

Basicamente, a finalidade desta pesquisa é verificar junto a um grupo de estudantes de licenciatura em física o funcionamento de textos sobre física publicados em revistas de divulgação científica. Assim, seus objetivos são:

- I. Compreender interpretações de um grupo de licenciandos em física ao lerem textos de divulgação científica sobre física nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*.
- II. Compreender aspectos do imaginário desses estudantes sobre possibilidades de leitura de textos das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* por alunos do ensino médio.

Com tais objetivos, procuramos responder as seguintes questões de estudo:

- I. Como estudantes no início de uma licenciatura em física produzem sentidos ao lerem textos das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*?
- II. Como esses licenciandos imaginam as possibilidades de leitura das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* por alunos do ensino médio?

Para responder tais questões nos baseamos em um apoio teórico composto por noções

da análise de discurso originada na década de 60 do século passado, com estudos de Michel Pêcheux, e nos pautamos principalmente em textos desenvolvidos no Brasil por Eni Orlandi. Consideramos tal referencial relevante por partir da premissa que a linguagem não é transparente, sendo que a relação entre homem, pensamento e mundo não acontece de forma direta e sim mediada. A noção de discurso, enquanto efeito de sentidos entre interlocutores, nos ajuda a compreender essas relações mediadas.

Da análise de discurso também utilizamos a noção de repetição. Para Orlandi (1996), a repetição pode ser empírica quando ela é mnêmica, formal quando produz frases sem historicizar e histórica quando inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva. Essas três categorias se manifestam quando os sujeitos são instados a interpretar em relação às condições de produção do discurso.

Por termos escolhido o trabalho com duas publicações caracterizadas por aspectos do jornalismo, também julgamos necessário a compreensão de como as especificidades do campo de produção dos textos de divulgação científica publicados nessas revistas surgiriam nas falas dos licenciandos após a interação deles com textos dessa natureza. Para isso, levantamos algumas características dos textos trabalhados com base em autores das áreas de comunicação e jornalismo, objetivando subsídios para uma melhor compreensão de como esses estudantes constroem sentidos sobre esses textos em especial. Tais especificidades do jornalismo consistiram em parte do nosso dispositivo analítico.

Tendo por objetivo a investigação de como os licenciandos imaginam as possibilidades de leitura das revistas já citadas por alunos do ensino médio nos pautamos em aspectos da análise de discurso referentes às formações imaginárias, pois consideramos que o posicionamento que os estudantes assumem sobre a possibilidade de leitura das revistas por alunos do ensino médio podem ser relacionadas às suas imagens sobre o texto, sobre o estudante de ensino médio e, inclusive, sobre si próprios visualizando-se no exercício docente. Esse imaginário, que é construído a partir da relação deles com as suas histórias de vida em determinados contextos, é constitutivo da sua discursividade e deixa vestígios em suas materialidades lingüísticas, tanto nas respostas ao questionário elaborado após a atividade

quanto na discussão que seguiu-se após a leitura dos textos.

Estruturamos o texto em quatro capítulos, sendo que o primeiro refere-se a considerações sobre a divulgação científica e uma revisão bibliográfica sobre pesquisas que a tiveram como objeto de estudo. No segundo capítulo expomos o apoio teórico e metodológico adotado nesta investigação. O terceiro capítulo é composto pela caracterização da atividade de leitura de textos de divulgação científica desenvolvida junto aos licenciandos em física, bem como as condições de produção próximas e imediatas dessa atividade. O quarto capítulo tem por objetivo a exposição de algumas análises que procuram responder as questões de estudo desta pesquisa. Por último, apresentamos algumas considerações a partir do trabalho realizado.

I. Considerações sobre a divulgação científica

O que caracteriza a divulgação científica e suas funções em nossa sociedade não está muito bem delimitado. Bueno (1985) e Gaspar (1993) conceituam, além da divulgação de assuntos científicos pelos meios de comunicação de massa, os museus, feiras e centros de ciências como manifestações também integrantes da divulgação científica. Para Silva (2006) o termo “divulgação científica” compreenderia um conjunto tão grande e diverso de textos, envolvidos em atividades tão diferentes, que todas as tentativas de definição e categorização a-históricas acabariam malogradas.

Parece que o termo divulgação científica, longe de designar um tipo específico de texto, está relacionado à forma como o conhecimento científico é produzido, como ele é formulado e como ele circula numa sociedade como a nossa (p. 53).

Albagli (1996) traz características sobre duas experiências no campo da divulgação científica: a mídia (particularmente o jornalismo científico) e os museus e centros de ciência. Massarani (1998), com base em Roqueplo, afirma que divulgação científica pode ser toda atividade de explicação e de difusão dos conhecimentos, da cultura e do pensamento científico e técnico, sob duas condições:

A primeira delas é que essas explicações e essa difusão do pensamento científico sejam feitas fora do ensino oficial ou de ensino equivalente. A segunda condição imposta por ele é que tais explicações extraescolares não devem ter como objetivo formar especialistas, nem mesmo aperfeiçoá-los em sua própria especialidade. (...) A divulgação científica deve se dirigir ao maior público possível sem, no entanto, excluir o cientista ou o homem culto (p. 19).

De acordo com Zamboni (1997), a divulgação científica seria entendida como uma atividade de difusão, dirigida para fora de seu contexto originário, na qual são produzidos e circulam conhecimentos científicos no interior de uma comunidade de limites restritos, sendo que a divulgação mobilizaria diferentes recursos, técnicas e processos para a veiculação das informações científicas e tecnológicas ao público em geral. Para essa autora:

(...) o discurso da divulgação científica constitui um gênero particular de discurso, que desloca a ciência de seu campo de destinação precípua e a difunde para os estratos leigos da sociedade. Se é constitutivo do discurso estar voltado para o destinatário, e se esse destinatário se concebe diferentemente em diferentes condições de produção, tal como ocorre com os destinatários do discurso científico e com os do discurso da divulgação científica, é lícito concluirmos que estamos diante de dois gêneros discursivos distintos, e mais, colocados em funcionamento em campos discursivos distintos (p. 126).

Orlandi (2001), debruçando-se sobre a divulgação científica, defende a idéia que o seu discurso não é uma soma de discursos: ciência mais jornalismo igual divulgação científica. Ele é uma articulação específica com efeitos particulares, que se produzem pela inunção a seu modo de circulação. Ela considera a divulgação científica uma relação estabelecida entre duas formas de discurso – o científico e o jornalístico – na mesma língua e não entre duas línguas. “O jornalista lê em um discurso e diz em outro”. (p. 22). Para a autora, esse processo tem como resultado maior, que interfere na sociedade, a produção do que ela chama de efeito de “exterioridade” da ciência:

A ciência sai de si, sai de seu próprio meio para ocupar um lugar social e histórico no cotidiano dos sujeitos, ou seja, ela vai ser vista como afetando as coisas a saber no cotidiano da vida social. O efeito de exterioridade da ciência em relação ao discurso científico em uma formação social como a nossa é uma necessidade. Ou seja, é assim que nossa sociedade funciona com o Estado. A ciência apresenta-se no cotidiano da sociedade (p. 23).

Com base no nosso objeto de estudo – o funcionamento de revistas de divulgação científica na leitura por licenciandos em física – procedemos um recorte necessário tendo em vista essas revistas. Para Gomes (2001), revistas de divulgação científica procuram veicular textos com linguagem acessível a não-especialistas. Podemos citar como exemplos de revistas de divulgação: *Ciência Hoje*, *Pesquisa Fapesp*, *Superinteressante*, *Galileu*, *Scientific American Brasil*, *National Geographic*, *Horizonte Geográfico* e *Com Ciência Ambiental*. Cada uma delas possui particularidades próprias com relação à política editorial, a distribuição, o público-alvo e a linguagem utilizada. Ribeiro (2007), após citar revistas de divulgação, ressalta que as características da divulgação feita por cada uma das revistas seriam

diversificadas.

O público alvo da revista *Pesquisa Fapesp*, por exemplo, é distinto daquele da revista *Superinteressante*. Da mesma forma, a linguagem utilizada pela revista *Ciência Hoje*, por exemplo, é diferente daquela que encontramos na revista *Galileu*. Ou seja, com o aumento no número de periódicos disponíveis atualmente, maior a variedade de características que podemos encontrar e elencar, muito embora todos esses periódicos sejam considerados instrumentos de divulgação científica.

De acordo com Fossey (2006), no caso da divulgação científica impressa, essa prática envolveria formas específicas de falar sobre ciência que cada publicação realizaria de maneira singular, sendo que cada uma dessas publicações se configuraria ao mesmo tempo como um espaço de representação de uma macrocategoria – a divulgação científica – e de representação de uma singularidade própria a cada uma das revistas, resultando em formas distintas de produzir significações. Analisando as revistas *Superinteressante* e *Pesquisa Fapesp*, para essa autora ambas se configurariam como revistas de divulgação científica, porém cada uma delas divulgaria segundo critérios distintos, produzindo, por isso, discursividades distintas. “Neste contexto, um dos elementos mais importantes que parece desencadear todos os traços diferenciados entre as duas publicações é a imagem de público-alvo” (p. 23). Para essa autora, na conclusão do seu estudo, *Superinteressante* e *Pesquisa Fapesp* possuiriam um conjunto de regras que delimitaria suas possibilidades do dizer, sendo que para cada publicação seria possível observar um determinado divulgador, assim como um público-alvo e uma imagem de ciência específicos.

Além de considerarmos que cada publicação de divulgação científica apresenta características e objetivos próprios, também classificamos as duas revistas trabalhadas nesta pesquisa como sendo parte do jornalismo científico, que seria um subcampo dentro da divulgação científica. Para Bueno (idem):

O jornalismo científico se constitui em um caso particular de divulgação científica e refere-se a processos, estratégias, técnicas e mecanismos para veiculação de fatos que se situam no campo da ciência e da tecnologia. (...) O

conceito de jornalismo científico deve, obrigatoriamente, incluir o de jornalismo, apropriando-se das características enunciadas por Otto Groth: atualidade, universalidade, periodicidade e difusão (pp. 11-14).

De acordo com Salles (*apud* BUENO, idem), jornalismo científico seria “(...) a informação persistente de fatos, personalidades e acontecimentos relacionados ao campo da ciência, veiculada através dos meios de comunicação de massa e transmitidas em linguagem acessível ao grande público” (p. 23). Segundo Thiollent (1983):

Entendemos por jornalismo científico, o conjunto das atividades jornalísticas dedicadas a assuntos científicos e tecnológicos e direcionadas para o grande público dos não especialistas, por meio de diversas mídias: imprensa, rádio, televisão, jornais especializados e outras publicações a nível de vulgarização (p. 124).

Segundo esse autor, no jornalismo científico, os jornalistas desempenhariam um papel intermediário entre os cientistas e o público. Ele enumerou quatro tipos de audiência do jornalismo científico:

- a) A audiência do público em geral, de todas as idades e profissões, assistindo, por exemplo, a um programa de televisão tratando de um assunto científico.
- b) O público de nível cultural elevado, leitores das páginas científicas da grande imprensa ou eventuais compradores das revistas ou de livros especializados em divulgação científica.
- c) O público de estudantes de diversos graus recorrendo à informação científica como complemento de sua formação (pesquisas escolares etc.).
- d) O público sensibilizado a questões ecológicas, preservação da natureza, defesa do meio urbano ou defesa do consumidor (p. 125).

Após estabelecer que o primeiro grupo seria o mais corrente e poderia ser caracterizado como passivo, ao contrário dos outros que possuiriam certo caráter ativo, na medida em que os leitores buscariam a informação com determinados objetivos: “cultura geral, complementação do ensino, defesa ambiental etc.” (p. 125), no entanto, na sua maior parte, o jornalismo científico não seria concebido, no sistema atual, para atender a um tipo de expectativa ativa. Esse autor listou oito aspectos que descreveriam a presente situação do jornalismo científico

encontrados em diversos países, que resumimos a seguir:

- a) A informação científica obedece à lei dos “acontecimentos”. A seleção das notícias é feita em função dos aspectos espetaculares e não pelo conteúdo dos assuntos.
- b) Na forma dominante do jornalismo científico, a informação não depende somente dos acontecimentos, mas é ela encenada de modo sensacionalista e fantástico etc.
- c) Em certos casos, a informação amplia fenômenos de “modas intelectuais”. (...) Alguns intelectuais e cientistas são promovidos. (...) Nas entrevistas, os jornalistas, às vezes, destacam os aspectos da pessoa (...) e outros sinais estranhos considerados como traços de genialidade.
- d) Muitas informações científicas obedecem também às leis do mercado: promoção de produtos, de centros de pesquisa, de pessoas etc.
- e) (...) autores críticos encaram o jornalismo científico como “espetáculo da ciência” sem valor pedagógico. Os artigos e matérias não propõem ao leitor ou telespectador qualquer elemento de explicação e de reflexão.
- f) Quando o jornalismo científico consegue levar ao leitor (...) um conteúdo realmente informativo e pedagogicamente aproveitável, constata-se que o efeito é limitado aos que já possuem a maior “bagagem intelectual”. Nesse sentido, o jornalismo científico e outros tipos de formação complementar para adultos não reduzem as desigualdades educacionais e podem até as aumentar.
- g) Por tratar de assuntos científicos, o jornalismo científico não é menos “ideológico” do que as outras formas de jornalismo. Não escapa ao comprometimento. Além dos comprometimentos políticos e ideológicos do “progresso”, do “desenvolvimento” e do “humanismo”, o jornalismo científico pode reproduzir “ideologias” ou “filosofias” internas ao campo científico, bem como a concepção da neutralidade do conhecimento, do papel das cientistas na sociedade e da relação entre ciência e poder.
- h) (...) o jornalismo científico pode ampliar o chamado “efeito Mateus”. De acordo com o “efeito Mateus”, a comunicação atribui crédito e prestígio de modo seletivo à produção dos cientistas em função da fama que já possuem mais do que de reais méritos. (...) Esse fenômeno já existe na comunicação especializada e é ampliado na comunicação de massa, via jornalismo científico (p. 126-128).

Marques de Melo (1982) também faz algumas críticas ao jornalismo científico, já que ele refletiria a atualidade do jornalismo, sendo que este teria uma ideologia própria que se manifestaria através de duas características básicas: “*sensacionalismo* (para vender a notícia é

preciso despertar as emoções do público consumidor) e *atomização* (o real é percebido não em sua totalidade, mas em seus fragmentos: política, economia, esportes, ciência etc.)” (p. 19). Para o autor, essas premissas nos ajudariam a compreender a posição em certo sentido marginal do jornalismo científico ou a sua explicitação atrofiada:

A marginalidade advém do pequeno espaço que consegue conquistar no conjunto da superfície impressa dos jornais e revistas ou do tempo reduzido que ocupa na programação do rádio e da TV. A atrofia ocorre porque geralmente a presença dos fatos científicos no noticiário cotidiano se faz sobre o signo do fantástico, do sensacional, do pitoresco, do inusitado (p. 20).

Também debruçando-se na divulgação científica através da mídia, para Pechula (2002), quando a ciência se insere no contexto midiático – caracterizado pelo fenômeno da indústria cultural que faz com que a informação passe a ser um produto quantificado economicamente – transformando-se em notícia, a pesquisa se transforma em fonte de divulgação científica para a massa e, apesar de estar ainda em processo de hipótese e elaboração, é rapidamente divulgada.

Contudo, geralmente, não aparece como processo e nem são apresentados os problemas e conflitos inerentes à sua produção. Ao contrário, a pesquisa é divulgada como a descoberta, a criação já acabada ou com o início de uma descoberta que inexoravelmente alcançará o seu intento. O receptor (telespectador, leitor etc.) sem o saber, torna-se consumidor desse tipo de informação (p. 194).

A autora também chama a atenção para a ideologia produzida na divulgação científica, sendo que esta teceria um imaginário que, simultaneamente, atenderia às necessidades e objetivos da mídia e provocaria uma sensação de “satisfação” no receptor, fazendo com que ele se sinta “bem informado”.

Nesse propósito de produção ideológica, é criado um cenário na divulgação científica, no qual o discurso é proferido em nome do conhecimento científico-racional, mas elabora um imaginário que remete o receptor a uma visão “encantada” acerca da ciência (p. 194).

Ainda de acordo com Pechula (idem), com base nas premissas das referências

arquetípicas de Jung, a produção da notícia científica faria parte do imaginário no qual a ciência apareceria como a “grande mãe”, aquela que, sendo a origem, explicaria e resolveria os problemas. “Nessa acepção, a ciência, ou melhor, as descobertas e invenções científicas 'substituem' as explicações mítico-sagradas de mundo. Nas duas concepções descritas, a divulgação científica utiliza os signos da concepção mítico-sagrada de mundo” (p. 197).

Apontando para o problema que divulgar ciência não seria apenas montar um colar de pérolas composto por teorias de sucesso, descobertas geniais e invenções 'revolucionárias', Castelfranchi (2008) estabelece que comunicar a ciência seria mostrá-la em sua ação como uma atividade humana imersa na sociedade, atormentada, feita de dúvidas e de lutas.

É mostrar que a ciência, mais que uma máquina semi-mágica para fornecer respostas certas, é um jogo apaixonante para inventar novas perguntas. Além de comunicar fatos científicos, idéias, processos, o jornalista deve entender e tratar do contexto em que a ciência é gerada e usada, de sua gênese, que é também política e econômica, de seus efeitos e entrelaçamentos sociais e culturais às vezes dramáticos (p. 19).

Para esse autor, a função do jornalista científico não se restringiria apenas em informar, mas, comunicar a ciência jornalisticamente, implicaria em comunicar de forma crítica, situada, contextual e rigorosa. “Ao mesmo tempo, implica comunicar de maneira interessante, cativante, ágil e dentro dos vínculos frustrantes que o funcionamento da mega-máquina midiática impõe” (p. 19). Esse autor estabelece também que, a partir de acirrados debates sociais desencadeados pela ciência e tecnologia e dos fluxos de informação científica na sociedade globalizada, hoje alguns acreditam que um bom jornalista científico não poderia ser apenas um hábil cativador de audiências, um esperto simplificador de conceitos, um tradutor de termos e dados para linguagem 'comum', precisando fazer muito mais:

Além de fatos, acontecimentos, descobertas, invenções, deve saber contar, explicar, contextualizar as hipóteses, as teorias, os debates, as dúvidas. Junto com dados, noções, termos, deve saber lidar com estórias e personagens, e com a história, a filosofia, a sociologia das ciências. Deve saber mostrar, indagar e comentar não só as idéias científicas, mas também os métodos e os processos da ciência. E, além disso, o jornalista científico não pode abrir mão de sua

responsabilidade. Seu papel, como o de qualquer jornalista (...), não é apenas entreter, nem apenas informar, nem, ainda, educar. Sua missão é também a de *watchdog*: um “cão de guarda da sociedade” capaz de latir para denunciar práticas incorretas e abusos, para “catalisar” um debate informado e são sobre questões éticas levantadas por práticas científicas ou por aplicações tecnológicas, para colocar nas pautas de debate público potenciais desencadeamentos suspeitos ou ameaçadores no sistema de C&T ou em suas ligações com o sistema político, o aparato militar ou o mercado (p. 11).

Essas considerações de Castelfranchi (*idem*) advém de críticas a uma imagem de um modelo para a comunicação pública da ciência – que, segundo o autor, predominou até a década de 1980 – que alguns autores chamaram de “modelo de déficit”, no qual o público seria visto como uma massa homogênea e passiva de pessoas caracterizadas por déficits, falhas, buracos cognitivos e informativos que deveriam ser preenchidos por uma espécie de transmissão de tipo “inoculador” e a ciência seria pensada como autônoma em relação ao resto da sociedade e “impermeável”. Marques de Melo (*idem*) também critica essa característica do jornalismo científico, pois este “não é e não tem sido uma atividade voltada para a democratização do conhecimento, para a divulgação daqueles processos de produção do conhecimento novo, capaz de adquirir relevância social” (p. 20).

A partir das posições desses autores, consideramos a relevância da abordagem dos aspectos sociais e políticos na práxis do jornalismo científico, além dos resultados de pesquisas e elaboração de novos produtos que já são fortemente divulgados na mídia, fugindo da “retórica das conclusões”. Além disso, também atentamos para os processos históricos da ciência, assumindo a mesma posição de Jagle (1974), que estabeleceu que o jornalismo científico não pode ficar restrito apenas as produções atuais, mas também divulgar “a ciência como disciplina, ou seja, do acompanhamento dos conhecimentos já acumulados pela humanidade” (p. 643).

1. Elementos do jornalismo científico

Durante o processo de construção do texto de jornalismo científico são utilizados alguns recursos de linguagem, tendo por objetivo aumentar o grau de compreensibilidade do

texto tendo em vista a intenção do divulgador em se direcionar para um público de não especialistas. Um elemento apontado por Burkett (1990) para aumentar o grau de legibilidade dos textos sobre ciência envolveria a tradução de termos técnicos, sendo que esse vocabulário especializado do campo científico tornaria impossível a sua omissão nos textos. Entretanto, para esse autor: “o redator pode definir as palavras do cientista antes ou depois de sua colocação numa frase. Isso exige o planejamento da construção de cada frase de modo que a tradução, explicação ou definição pareça natural e não desajeitada” (p. 123). Gomes (2007), após pesquisar as diferenças e semelhanças entre os textos de pesquisadores e de jornalistas publicados na revista *Ciência Hoje*, observa, quanto a utilização de termos técnicos, que nos textos escritos por jornalistas, apesar de alguns casos em que as explicações não são satisfatórias, há maior preocupação com o esclarecimento da terminologia empregada, como apontada por Burkett (idem). A seguir selecionamos um trecho no qual podemos verificar a ocorrência de um termo técnico – efeito magnetocalórico – acompanhada de explicação: “Até agora, o efeito magnetocalórico – a capacidade de um material magnético absorver ou liberar calor quando submetido a um campo magnético” (FIORAVANTI, 2005b, p. 64).

Outro recurso muito utilizado nos textos de jornalismo científico são as figuras de linguagem, tais como analogias, comparações e metáforas. Para Burkett (idem), no corpo de texto, o jornalista científico pode usar instrumentos para retratar o que seria invisível para o não-cientista ou para uma pessoa treinada em ciência, mas numa disciplina diferente, sendo que esses instrumentos incluiriam a metáfora e a analogia. De acordo com esse autor:

A metáfora tenta descrever um evento, experiência ou pensamento com base em alguma outra coisa. (...) A metáfora insinua, em vez de estabelecer comparações exatas. Quando cientistas falam “catedral da ciência”, eles trazem à sua mente uma bela estrutura, elevando-se para os céus e construída com os tijolos e as pedras do conhecimento (p. 126).

Nos textos lidos pelos licenciandos podemos encontrar traços metafóricos principalmente nos títulos. Como nos exemplos: “ponte delicada”, “carbono em gotas” e “as longas asas dos neurônios”. Nesses casos, os léxicos “ponte”, “gotas” e “asas” estão

insinuando os fenômenos científicos que são explicados ao longo do texto.

Outro recurso apontado por Burkett (idem) é a analogia. Para esse autor:

A analogia exige que você faça ou insinue uma longa comparação entre duas situações nas quais você traça muitos pontos de similaridade. Por exemplo, você poderia ilustrar a enorme escala do tempo geológico antes dos humanos aparecerem na Terra em termos de cidades ao longo de uma caminhada ou viagem transcontinental de Nova Iorque a Los Angeles (p. 126).

Um exemplo de analogia que podemos encontrar em um dos textos lidos pelos licenciandos (e aproveitando o exemplo de metáfora que encontramos no texto com o título as 'asas dos neurônios') pode ser encontrada no exemplo: “Segundo esse grupo, a forma do neurônio casa-se com sua função, do mesmo modo que as asas curtas das galinhas as impedem de voar, enquanto as asas das andorinhas, proporcionalmente mais longas, lhes permitem amplos vôos” (FIORAVANTI, 2005a, p. 54). Aqui há uma analogia entre as formas dos neurônios e as funções que são definidas por essa forma, com as formas das asas das aves e as funções que elas desempenham no vôo. Gomes (2007) também classificou as analogias no jornalismo científico como um elemento explicativo, no qual o divulgador pressuporia conhecimentos já sistematizados pelo leitor. No caso aqui citado, o jornalista pressupôs o conhecimento do leitor sobre o tamanho das asas das aves com relação ao corpo para explicar as funções dos neurônios com relação às suas formas.

Outro recurso recomendado por Burkett (idem), que podemos verificar nos textos desta pesquisa, está na ambientação de cenário. A seguir selecionamos um trecho desse recurso num dos textos lidos pelos licenciandos. Podemos verificar nesse trecho como o divulgador constrói um ambiente ligado à área esportiva para explicar uma pesquisa sobre ilusão visual:

Em campo, lutando para acompanhar os lances em geral muito rápidos, o auxiliar do juiz identifica a presença do último zagueiro adversário só depois de olhar fixamente para o deslocamento do atacante e de se preocupar com o momento do passe final. Fica com a impressão de que o atacante estaria avançado, à frente do defensor, e levanta a bandeira, marcando o impedimento. Mas a jogada deveria ter prosseguido, porque os dois jogadores estavam na mesma linha – não havia irregularidade no lance. “O bandeirinha pode ser

facilmente traído pela ilusão visual”, assegura o neurofisiologista Marcus Vinícius Chrysóstomo Baldo (BICUDO, 2005a, p. 55).

Outro recurso utilizado pelo jornalista científico quando este escreve seu texto está no uso de citações diretas e indiretas. Uma característica que chamou a atenção de Gomes (2007) nos textos de divulgação científica da revista *Ciência Hoje* escritos por jornalistas foi a alta incidência do discurso relatado. De acordo com essa autora, com base nos estudos de Jacqueline Authier-Revuz:

A heterogeneidade mostrada se manifesta através de modalização autonímica, nas quais estaria inserido o discurso relatado, tanto na forma direta – quando o locutor se torna “porta-voz” das palavras do outro – quanto indireta – quando o locutor usa suas próprias palavras, isto é, parafraseia o outro, atuando, assim, como tradutor.

Para Gomes (idem), nos textos de divulgação escritos por jornalistas, destacar-se-ia principalmente a presença do estilo direto, sendo que a inserção da voz do outro obedeceria à seqüência “X” + verbo *dicendi* + identificação (nome, atividade/função e instituição a que está vinculado o especialista entrevistado) e permeia todo o texto. A seguir selecionamos um exemplo no qual podemos verificar a ocorrência do discurso relatado:

A idéia é controversa, como os próprios pesquisadores admitem. “Não há provas de que o carbono em sua fase líquida exista, embora nós acreditemos que sim”, explica o físico Daniel Ugarte, do Laboratório Nacional de Luz Síncroton (LNLS) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um dos autores do trabalho (...) (PIVETTA, 2005a, p. 58).

Podemos notar nesse trecho a ocorrência do discurso relatado em forma indireta, quando o divulgador afirma que a idéia é controversa com base nos pesquisadores, e da forma direta, quando ele utiliza a fala de um especialista. Aqui há todos os elementos da seqüência: “X” (a fala do físico) + verbo *dicendi* (explica) + identificação (Daniel Ugarte, físico e LNLS/Unicamp).

Nesta seção levantamos alguns recursos que o jornalista científico utiliza em seu

trabalho de construção de textos jornalísticos sobre ciência e tecnologia. Consideramos que podem existir outros recursos que não caracterizamos aqui, mas apontamos para alguns que consideramos relevantes para a compreensão de aspectos de textos dessa natureza e que surgem com maior frequência nos textos lidos pelos licenciandos em física, tais como o acompanhamento de explicações ao lado de termos técnicos, figuras de linguagem como metáforas e analogias, ambientação do cenário e o uso do discurso relatado. Após caracterizarmos alguns aspectos gerais da divulgação científica e do jornalismo científico, passamos a seguir a levantar alguns aspectos específicos de cada uma das revistas trabalhadas na atividade.

2. Caracterização das revistas trabalhadas na atividade

Nesta seção abordamos alguns aspectos históricos das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* que foram escolhidas para o trabalho de leitura com os licenciandos em física. Consideramos as duas publicações como fazendo parte da divulgação científica, tomando como referência o fato que elas se auto denominam dentro dessa esfera. Na capa de *Ciência Hoje* há a frase “Revista de divulgação científica da SBPC” em uma coluna situada em vertical e acima do número da edição. Já em *Pesquisa Fapesp*, podemos encontrar o termo divulgação científica no editorial da primeira edição após a transformação de *Notícias Fapesp* para *Pesquisa Fapesp*:

O avanço que agora apresentamos em seu projeto editorial, conferindo-lhe uma dimensão inquestionável de revista de divulgação científica, deve contribuir para aprofundar seu caráter referencial - e, em consequência, estimular a concessão de mais espaço ou tempo da mídia nacional à produção científica brasileira (MOURA, 1999, p. 5).

Outra semelhança entre *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*, que as distinguem de outros veículos de divulgação científica, como, por exemplo, *Superinteressante* e *Galileu*, é que na composição dos seus expedientes¹ há a presença de pessoas ligadas diretamente à comunidade

1 Seção de jornal ou revista onde constam os nomes do editor, dos repórteres, dos colaboradores etc.

científica, como físicos, biólogos, gestores de institutos de ciência e tecnologia, médicos, engenheiros, psicólogos, economistas, dentre outras áreas. Tal proximidade do campo científico permite que essas revistas pareçam ter respaldo e sejam aceitas por essa comunidade. Consideramos essa característica relevante para compreendermos a discursividade dessas revistas e seus modos de funcionamento, como, por exemplo, a facilidade em realizar entrevistas com cientistas para o levantamento de informações para as matérias e para acompanhar os eventos científicos, já que elas aparentemente são aceitas pelos membros dessa comunidade.

Apesar das duas revistas apresentarem similaridades com relação ao fato de se auto denominarem como veículos de divulgação científica e por cobrirem sistematicamente pesquisas desenvolvidas no país, podemos notar dessemelhanças quanto à autoria dos textos, já que em *Ciência Hoje*, desde seu nascimento em 1982, há uma divisão entre artigos de divulgação escritos por profissionais da ciência e da tecnologia e textos escritos por jornalistas, sendo que *Pesquisa Fapesp* – salvo raras e justificadas exceções – publica só textos escritos por jornalistas. Tal característica 'híbrida' de *Ciência Hoje* já gerou pesquisas comparativas como as que já citamos em Gomes (2007). Pelo fato dessa autora ter levantado inúmeras diferenças entre textos escritos por cientistas e jornalistas e, também com base em noções da análise de discurso, mesmo levando-se em conta que jornalistas e cientistas produzem textos de divulgação científica, consideramos que os textos de ambos são de natureza distinta, já que cada profissional está imerso em condições de produção específicas, além de terem uma relação histórica com a ciência também muito distinta. Tais diferenças entre esses profissionais deixam marcas quando eles produzem seus textos e, por isso, optamos por trabalhar na atividade de leitura com os licenciandos apenas textos escritos por jornalistas, haja vista nossas questões de estudo e a delimitação do *corpus* de trabalho.

A seguir traçamos um histórico inicialmente da revista *Ciência Hoje* e depois a revista *Pesquisa Fapesp*.

2. 1. *Ciência Hoje*

A primeira edição dessa revista foi veiculada em julho de 1982 durante a 34ª reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) em Campinas. Ela foi fruto de discussões realizadas no final dos anos 70 entre os membros da secretaria regional da SBPC do Rio de Janeiro que julgaram que os mecanismos internos de comunicação científica da entidade eram insuficientes para alcançar a sociedade. Com isso, essa secretaria, de acordo com Silveira (2000) “propôs que um novo veículo de comunicação de massa externo à comunidade científica fosse criado: o Projeto *Ciência Hoje*” (p. 43). Nessa pesquisa citada, podemos notar como o projeto *Ciência Hoje* foi gestado em um contexto de mobilização da secretaria regional da SBPC do Rio de Janeiro:

Em 1978, fazia um ano que Ennio Candotti tinha assumido a Secretaria da Regional Rio. Roberto Lent e Alberto Passos Guimarães (...) discutindo, em casa, questões sobre a política científica e tecnológica do país, concluíram que havia um descompasso entre os avanços da produção científica brasileira e as informações que chegavam ao público brasileiro. (...) Ao transmitirem suas conclusões para alguns amigos cientistas, rapidamente formaram um pequeno núcleo de pesquisadores que se interessavam em aprofundar tais conversas. Assim, em 13 de outubro de 1978, Roberto Lent, Alberto Passos Guimarães, Darcy Fontoura de Almeida e Fernando Lefevre reuniram-se pela primeira vez (SILVEIRA, idem, p. 50).

De acordo com Silveira (idem), esses cientistas começaram a discutir como a divulgação científica poderia ser utilizada enquanto ferramenta de ação política, no caso de redemocratização da comunidade científica brasileira. Dessa forma, foi iniciada a discussão da criação de uma revista de divulgação científica, sendo que gradativamente outros cientistas agregaram-se, como Gilberto Velho e Rafael Linden. Além disso, o financiamento da edição do primeiro número da revista *Ciência Hoje* foi realizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Os objetivos da publicação, para Ivanissevich (2002), com base no editorial da primeira edição, eram: “estabelecer um canal de comunicação entre a comunidade científica e o grande público; e promover o debate político em torno de questões como cidadania,

educação e participação universitária, possibilitando, assim, a democratização da ciência” (p. 34). Para esse propósito, “(...) era preciso superar um obstáculo que seria decisivo para impulsionar e sustentar o projeto original: substituir a linguagem hermética dos artigos científicos, carregada de jargões e fórmulas, por textos de maior simplicidade e clareza, sem perda do rigor científico” (p. 34).

De acordo com Silveira (idem), quinze anos depois da fundação da revista, em 1997, ocorreram algumas mudanças na linha editorial de *Ciência Hoje*, tendo por objetivo tornar a revista competitiva no mercado. Nesse sentido foi buscado atingir um público mais amplo e, conseqüentemente, adotar uma linguagem mais simples na revista. A partir desse momento, os artigos de fundo, escritos por pesquisadores, deixaram de ser o foco principal da revista, que passou a valorizar uma linguagem mais jornalística. Tais mudanças fizeram com que Ennio Candotti se afastasse da editoria por não concordar com a transferência da responsabilidade da editoria dos pesquisadores para uma jornalista e também com a saída da responsabilidade política da revista, expressada até então em seus editoriais. “Além disso, ele continuava acreditando que a CH não é uma revista de mercado e que ela só se justifica enquanto uma revista exemplar que procura explorar nichos bem específicos que a SBPC conhece” (SILVEIRA, idem, p. 69).

Em 1998, houve uma nova mudança na linha editorial em *Ciência Hoje*, sendo que foi aumentada a participação dos jornalistas na revista e também procurou-se por uma linguagem mais simples que conquistasse um público que em geral busca numa revista de divulgação científica.

Pode-se dizer que houve uma tentativa de popularização da revista, seja através da inserção de seções de apelo popular, por exemplo 'ficção'; ou da diminuição nos tamanhos dos artigos de fundo e simplificação da linguagem utilizada neles (SILVEIRA, idem, p. 70).

Sobre *Ciência Hoje* podemos concluir que essa revista foi gestada a partir de grupos da SBPC, na secretaria do Rio de Janeiro, que achavam que as iniciativas dessa entidade no âmbito da divulgação científica eram insuficientes e, levando-se em consideração o contexto

político turbulento em que vivia o país no final da década de 70, esse mesmo grupo também cobrava uma maior mobilização política na SBPC. Assim, *Ciência Hoje* pretendia unir esses dois esforços: divulgar ciência e tratar de questões políticas que a envolvem. Em 1997, após a reestruturação da revista, foi buscado um aumento no mercado e, para tal, utilizar uma linguagem mais próxima do público, mas foi diminuindo o perfil político nos textos de outrora.

2. 2. *Pesquisa Fapesp*

Publicação mensal editada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, *Pesquisa Fapesp* foi lançada em outubro de 1999, a partir do antigo *Notícias Fapesp*, sendo que esse informativo foi criado em agosto de 1995 e trazia basicamente informações institucionais ligados à Fapesp. Para Fossey (idem), a revista nasceu, dessa maneira, não como uma publicação voltada para o grande público, mas sim como um boletim que informava assuntos internos à instituição e que, portanto, tinha como público-alvo um grupo envolvido, direta ou indiretamente, com a Fapesp.

Desde março de 2002, além da revista ser enviada gratuitamente para uma lista de 22 mil pesquisadores, passou a vender assinaturas pagas e a ser comercializada em bancas de jornais, primeiro no estado de São Paulo e passando posteriormente a ser distribuída nas capitais e principais cidades brasileiras. Sobre os objetivos da revista, podemos encontrar algumas informações no site da revista²:

O objetivo básico da publicação é difundir e valorizar os resultados da produção científica e tecnológica brasileira, da qual a Fapesp é uma das mais importantes agências de fomento. Trata-se da única publicação jornalística do país especializada no segmento de ciência e tecnologia que tem por foco primordial a produção científica nacional, apesar de cobrir pontualmente as novidades internacionais. Por isso, a revista funciona como um pólo de contato e reconhecimento contínuo dos pesquisadores brasileiros e como referência indispensável para as editorias de ciência e tecnologia dos veículos de comunicação nacionais.

2 QUEM SOMOS. **Revista Pesquisa Fapesp**. Disponível em: <www.revistapesquisa.fapesp.br>.

Notamos nesse trecho a menção de que o objetivo dessa publicação seria difundir e valorizar a produção científica nacional, sendo que a Fapesp seria uma das mais importantes agências de fomento. Apesar de gradativamente essa revista começar a abranger a divulgação de pesquisas fora do estado, em detrimento de divulgar apenas notícias internas à Fapesp – como nos primórdios de *Notícias Fapesp* – podemos notar em suas páginas como a divulgação de pesquisas ligadas a essa instituição e, conseqüentemente, realizadas em São Paulo, continuam até o presente, o que também está de acordo com Fossey (idem):

Vimos que a revista foi se delineando como uma publicação interessante não apenas para indivíduos ou grupos vinculados à Fapesp, ao incluir em suas páginas reportagens que relatam o andamento da atividade de pesquisa nos laboratórios nacionais. Mas dar espaço para resultados de pesquisa não fez com que o tema “instituição Fapesp” fosse deixado de lado. Na verdade, o que mudou foram os caminhos para inserir as ações da Fapesp nas páginas da revista: uma de suas características essenciais é fazer reportagens que derivam de projetos financiados pela Fapesp.

Sobre o público-alvo da revista, no primeiro editorial logo após a transformação de *Notícias Fapesp* em *Pesquisa Fapesp*, na edição de outubro de 1999, encontramos a passagem: “Entendemos que *Pesquisa Fapesp* tem um vasto potencial para aproximar mais o mundo da pesquisa da opinião pública paulista, e mesmo nacional, porque está vocacionada para ser uma publicação de referência para a mídia” (MOURA, 1999, p. 5). Podemos notar nessa frase uma certa imagem de público-alvo dessa revista ligada a opinião pública, o que pode parecer um termo um tanto vago. Todavia, parágrafos posteriores no mesmo editorial, há o parágrafo:

Isso, contudo, não esgota nossas expectativas quanto ao papel da revista na divulgação científica: estamos confiantes de que ela atenderá a necessidades de informação especializada, mas em linguagem clara, de empresários, executivos, professores, estudantes e profissionais liberais de todo o país, de quem também vínhamos recebendo cada vez mais pedidos de inclusão em nossa mala (MOURA, idem, p. 5).

Nesse trecho o termo 'opinião pública' aparentemente é explicado como um grupo de pessoas que envolvem empresários, executivos e estudantes. Com base em Orlandi (1988), que se refere à existência de um leitor virtual inscrito no texto, já que o autor precisa imaginar um leitor imaginário que seria o destinatário do seu texto, consideramos que essa imagem de público-alvo da revista *Pesquisa Fapesp*, como fazendo parte da 'opinião pública', deixa vestígios em sua superfície textual e, levando-se em conta os processos jornalísticos, consideramos que essa imagem de público-alvo também estaria presente não somente no texto, mas em outras etapas da produção jornalística: elaboração da pauta, entrevistas, edição, diagramação, entre outras.

Sobre *Pesquisa Fapesp*, podemos concluir que, assim como *Ciência Hoje*, é uma revista com *gênesis* na própria comunidade científica e com participação efetiva de membros dessa comunidade, o que interfere nos modos de funcionamentos dessas revistas.

Após discutirmos algumas noções de divulgação científica, jornalismo científico e um pouco do histórico das revistas trabalhadas, passamos a revisar como a divulgação científica está sendo pesquisada em distintas abordagens.

3. Teses e dissertações

Fazemos a seguir uma revisão de pesquisas que trabalharam com a divulgação científica, tanto como objeto de análise enquanto veículos de mediação de conhecimentos quanto reflexões teóricas sobre a mesma. Com isso esperamos inserir e situar a presente pesquisa dentro do conjunto de pesquisas que trabalharam com a divulgação científica. Devido ao fato do termo 'divulgação científica' ser amplo, como pode ser verificado em Silva (2006), abrangendo também as iniciativas em espaços não-formais da educação, como museus e centros de ciências, optamos por excluir de nossa revisão essas manifestações, restringindo ao objeto desta pesquisa que são textos escritos de divulgação científica. A seguir selecionamos as dissertações e teses que pesquisaram a divulgação científica na Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Para isso, consultamos os termos “divulgação científica” e “jornalismo científico” nos títulos e palavras-chave na *Base Acervus* do *Sistema de Bibliotecas da*

Unicamp e, para localizar especificamente também os trabalhos feitos na área de ensino de ciências, incluindo os realizados fora da Unicamp, consultamos também o *Centro de Documentação em Ensino de Ciências* (Cedoc), da Faculdade de Educação, da Unicamp.

Inicialmente vamos nos referir a dissertações e teses da área de ensino de ciências. Fonseca (1996) teve como objetivo compreender as causas da dificuldade pelos alunos em cumprir um dos objetivos do ensino de ciências que é desenvolver no aluno o raciocínio crítico e a capacidade de síntese e correlação de fatos. A autora organizou uma pesquisa de campo para sondar o tipo de influência dos meios de comunicação de massa na construção de conceitos científicos pelos jovens (faixa etária entre 12 a 15 anos). Para isso foram realizadas atividades envolvendo textos sobre ciências dos jornais *Folha de São Paulo*, *Jornal do Brasil*, as revistas *Ciência Hoje das Crianças*, *Nova Escola*, partes do livro *Sexo e Juventude* e de um livro didático. As atividades consistiram na leitura dos textos em sala de aula, redação de resumos pelos alunos e questionários para fazer em casa. As análises procuraram identificar se os alunos acertavam ou não na construção do resumo e nas respostas dos questionários. A autora concluiu que, de um modo geral, os jovens têm muita dificuldade em articular o texto didático com o texto dos meios de comunicação. Nesse caso, a utilização exclusiva de recursos de mídia para introdução e desenvolvimento de conteúdos não promoveu nenhum tipo de construção de conceitos, ocorrendo o contrário. Para a autora, o emprego desses recursos deveria ser feito durante o processo de sedimentação dos novos conceitos pelos jovens, pois levaria tempo para que novas informações fossem incorporadas e sedimentadas, não bastando apenas falar sobre essas informações.

Alveti (1999) teve por objetivo investigar quais seriam as potencialidades dos artigos da revista *Ciência Hoje*, sejam de ordem pedagógica, epistemológica ou metodológica, para trabalhar conceitos da física moderna e contemporânea e para verificar como utilizar esses artigos de forma sistemática no contexto escolar. Diante disso, o trabalho do autor procurou contribuir para a utilização de materiais de divulgação científica na formação de professores de física para o ensino médio tendo em vista a inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no conteúdo programático escolar. Ele selecionou 199 artigos que tratam de

conceitos da física moderna e contemporânea, dentre os 291 registros existentes das várias seções da revista *Ciência Hoje*, compreendido cronologicamente entre o início da revista, em 1982, até dezembro de 1996. O estudo sobre os artigos foi caracterizado através dos aspectos da conceituação e da linguagem envolvidos, tendo em vista as suas implicações para o uso pedagógico. Após essa etapa, o autor inferiu que o artigo de divulgação científica mais indicado para ser utilizado em cursos de formação de professores, seja inicial ou continuada, no mínimo necessitaria:

- Os assunto da ciência física abordado no artigo, deve ser coerente com a ementa do programa escolar que se pretende explorar.
- A linguagem técnica deve ser acessível, evitando-se o excesso de termos específicos. A linguagem matemática deve estar presente somente para facilitar o entendimento do conceito abordado, nesse caso, evitando-se o formalismo mais avançado da física-matemática.
- O artigo deve apresentar possibilidades de ser inserido de forma sistemática numa programação escolar previamente definida, coerente com os objetivos educacionais almejados pelo professor (...) (pp. 133-134).

Souza (2000b) estudou a prática social de divulgar ciência para crianças por meio do cotidiano de produção da revista *Ciência Hoje das Crianças*, tentando buscar as formas de condução da política editorial e sua influência sobre a revista e como isso pode ou não influenciar a leitura das crianças. Para estudar essa prática social, a autora julgou ser necessária a compreensão do processo de produção da revista, como se estabeleceriam as relações entre pesquisadores, jornalistas/editores de texto e as crianças e estudar formas de apreensão do discurso contido na revista pelas crianças. Para a autora, as crianças, em sua maioria, tenderam a realizar leitura parafrástica, significando que reconheceram o discurso de autoridade da revista, expresso na correção de conceitos, informações, valores, crenças e métodos da ciência – elementos da cultura científica.

Silva (2003) buscou em sua pesquisa responder à questão: quais as concepções de *Ciência, Tecnologia e Sociedade* (CTS) são veiculadas em artigos de divulgação científica brasileiros? Ela procurou identificar as concepções de CTS em artigos de divulgação científica e discutir suas implicações para o ensino de ciências. Utilizando a análise de conteúdo para a

análise das revistas escolhidas (*Época*, *Galileu*, *Isto É*, *Superinteressante* e *Veja*) a autora concluiu que os artigos:

- apresentam uma concepção da C&T como atividade social, sujeita a mudanças estruturais, fatores econômicos, interesses políticos, implicações sociais e éticas, entre outros aspectos;
- evidenciam a existência de diferentes relações na produção do conhecimento científico, remetendo-nos para a questão de que a mesma tecnologia que nos alavanca para o desenvolvimento e para o progresso, contraditoriamente, acarreta problemas sociais;
- admitem a necessidade de desvelar quem é ou quais são os atores nas produções científicas com o objetivo de transmitir uma idéia de eficácia e credibilidade ao discurso da divulgação científica;
- retratam que os conhecimentos científicos e tecnológicos não estão centrados em si mesmos, mas transcendem a esfera social e imiscuem-se em outras esferas, tais como a política, a econômica, a cultural, a religiosa, entre outras e
- divulgam o conhecimento científico e tecnológico correlacionando-o às diversas esferas (social, política, econômica, religiosa e outras) (pp. 97-98).

Em outra frente de análise, a autora concluiu que os artigos ainda estão muito marcados pelo caráter empresarial dos meios de comunicação, significando que a mídia se preocupa demasiadamente com a ampliação de seu público-alvo e com a transformação da notícia em espetáculo. Para a autora, com isso a mídia deixaria de ser um instrumento a serviço do público, comprometida com sua função informativa, educativa, social, cultural, econômica, política e ideológica e passa a assumir um papel empresarial e capitalista, na medida em que se dispõe veicular a notícia dando ênfase ao aspecto mercadológico e minimizando o respectivo impacto social e científico.

Gama (2005) teve como objetivo analisar o funcionamento da leitura dos livros de divulgação científica, *Isaac Newton e sua maçã* de Kjartan Poskitt e *Albert Einstein e seu universo inflável* de Mike Goldsmith, em classes dos 1º e 2º anos do ensino médio de uma escola da rede pública do interior do estado de São Paulo. Ao procurar compreender esse funcionamento, a autora buscou indicadores de como esse tipo de leitura poderia produzir sentidos em classes do ensino médio. Dessa forma, foi também seu interesse indicar possibilidades para a leitura do discurso de divulgação científica no ambiente escolar.

Utilizando como referencial teórico a análise de discurso, originada por Michel Pechêux na França, para analisar os objetos de estudo (episódios de diálogos em sala de aula e bilhetes produzidos pelos alunos) a autora concluiu que a utilização do material de divulgação científica possibilitou a instauração na sala de aula de contextos de leituras que propiciaram a produção de sentidos diversificados e, com isso, possivelmente contribuíram para a aquisição de novas práticas de leitura e para a construção de histórias de leituras dos estudantes.

Lança (2005) investigou o funcionamento da leitura das leis de Newton, contidas no livro de divulgação científica *Isaac Newton e sua maçã* de Kjartan Poskitt, com alunos da primeira série do ensino médio de uma escola da rede pública da cidade de Jundiaí, no interior de São Paulo. A pesquisadora teve como objetivo verificar a produção de significados a partir da leitura do livro de divulgação científica já mencionado, considerando as condições de produção e as mediações ocorridas durante o desenvolvimento das aulas assumidas pela própria autora, utilizando a análise de discurso, originada por Michel Pechêux na França, como referencial teórico. Para Lança, o conjunto de questões elaboradas pelos alunos pesquisados mostrou que a leitura que fizeram de um mesmo texto foi diferenciada e os aspectos que julgaram mais interessantes também. Leitura que dependeu das leituras anteriores e da história de vida do aluno enquanto estudante e indivíduo inserido em um espaço social.

Giraldelli (2007) teve por objetivo analisar o funcionamento do texto *Tem um cabelo na minha terra! - uma história de minhoca*, em situação escolar, propondo, a partir de sua leitura, uma atividade com o objetivo de compreender algumas interpretações de crianças de três salas de quartas séries de uma escola de Hortolândia no interior de São Paulo. A autora verificou o modo como um objeto simbólico, no caso, a história lida, produziu sentidos, construiu significações e tornou possíveis gestos de interpretação, de acordo com a análise de discurso, com fundamentação principalmente em trabalhos de Eni Orlandi publicados no Brasil. A autora concluiu que, o texto, com características de divulgação científica e cartum (ilustrações com minhocas e outros seres apresentando comportamentos humanos) trouxe possibilidades de significações para as crianças. Ele foi mediador de um processo que suscitou algumas questões referentes à construção de conhecimentos científicos, à memória discursiva

e produziu diferentes gestos de interpretação para as crianças, sendo que elas interpretaram a história de acordo com a proposta do autor do texto, inclusive historicizando seus dizeres.

Em seguida selecionamos as dissertações e teses da área da educação. Sario (1995) apontou as revistas de divulgação científica para uma alternativa viável aos livros didáticos como fonte de informações em pesquisas bibliográficas em educação ambiental. Esse material bibliográfico, extraído das revistas *Ciência Hoje*, *Ecologia e Desenvolvimento*, *Geográfica Universal*, *Globo Ciência*, *Horizonte Geográfico*, *Os Caminhos da Terra* e *Superinteressante*, foi listado e agrupado de acordo com os principais temas ambientais contemporâneos, como, por exemplo: queimadas, desmatamento, principais formas de poluição, agrotóxicos, saúde e ambiente, camada de ozônio, aquecimento global, política ambiental e espécies ameaçadas de extinção. O autor pretendeu assim fazer com que cada um desses temas tenha, não só as indicações bibliográficas suficientes para que professores e alunos possam localizá-lo, como também uma pequena resenha e a indicação de palavras-chaves para auxiliar na sua busca.

Adinolfi (2005) pesquisou o modo como a bioética e a ética da ciência têm sido abordadas e a forma como se dá esse processo de educação informal e debate de temas éticos nas revistas brasileiras voltados para essa atividade. A autora trabalhou com dois veículos impressos dedicados exclusivamente à divulgação científica de maior circulação no Brasil em 2001, vendidos em banca e por assinatura: *Galileu* e *Superinteressante*. Ela concluiu que os artigos analisados trouxeram indícios do caráter de alienação entre a ciência e o homem comum. Através do processo de encenação da participação no processo comunicativo seria negada aos leitores a efetiva participação no mundo científico e tecnológico. Segundo Adinolfi, aceitando o confortável lugar proposto pela divulgação científica, o leitor não questionaria a ciência, nem a ética e a política da ciência. Os questionamentos propostos ao leitor seriam sempre, implícita ou explicitamente, respondidos a partir da posição clássica da ciência, de objetividade, unanimidade e infalibilidade. Os periódicos de divulgação científica brasileiros, analisados pela autora, apenas confirmaram essa posição, contribuindo para manter essa situação.

Na área de política científica e tecnológica encontramos duas dissertações. Silveira

(2000) teve por objetivo avaliar o papel da revista *Ciência Hoje* no processo de divulgação científica brasileira nas duas últimas décadas, pretendendo especificamente investigar e determinar o modelo de divulgação científica utilizado, identificar a visão e posição da *Ciência Hoje* enquanto representante da SBPC sobre a política científica e tecnológica brasileira, diagnosticar a política (implícita) de ciência e tecnologia defendida pela publicação e identificar quais comunidades científicas predominaram na divulgação científica da revista. A autora concluiu que através dos diversos veículos do projeto *Ciência Hoje* buscou-se parcerias junto à sociedade e outras instituições para as reivindicações políticas da SBPC, em especial aquelas que priorizavam a ciência como um bem público e, portanto, passível de ser financiado pelo estado. Além disso, a autora frisou que a revista foi instituída como um instrumento de ação política.

Giulio (2006) buscou compreender os impactos das informações sobre a contaminação por chumbo no dia-a-dia dos moradores de Adrianópolis-PR, principalmente quando tais dados foram divulgados amplamente pela mídia, no ano de 2001. Essa investigação ainda teve como objetivo conhecer e analisar as conseqüências advindas da ausência de uma estratégia previamente elaborada de comunicação de risco por parte dos pesquisadores durante e após seus estudos no local. Para a autora, o caso Adrianópolis foi um exemplo prático da influência da mídia na construção social do risco e na sua amplificação, mostrando que a imprensa, de fato, concede maior importância a notícias que envolvam conflitos, apelo humano, drama e imagens fortes. O imediatismo, característica inerente ao processo jornalístico, ajuda a promover coberturas fragmentadas, superficiais e sem revelar as reais causas dos problemas noticiados. No caso dos riscos ambientais, a autora concluiu que as notícias surgem e ganham cada vez mais espaço, principalmente, se envolvem vidas humanas expostas a alguma situação de risco.

Na área de lingüística encontramos uma tese e uma dissertação. Zamboni (1997) partiu da discordância com a interpretação da divulgação científica por Jacqueline Authier. Esta se funda na idéia de que o discurso dessa prática seria resultante de uma atividade de reformulação textual-discursiva de um discurso-fonte, o científico, em um discurso-segundo, o

da vulgarização. Segundo Zamboni, as coisas não se resumem a isso, embora também possam envolver isso. Ela vê na divulgação muito mais o trabalho de formulação de um novo discurso, que se articula com o campo científico – e o faz sob variadas formas – mas que não emerge dessa interferência como o produto de uma mera reformulação de linguagem. Contrariamente a esse modo de ver, Zamboni vê no discurso da divulgação científica um gênero discursivo particular, que, dissociado do campo científico, adquire vida própria, que tem no colorido e no envolvimento os ingredientes que toda boa mercadoria colocada à venda supostamente deve se revestir.

A proposta de Fossey (2006) foi de descrever os modos de divulgar ciência de duas publicações: *Pesquisa Fapesp* e *Superinteressante*. O pressuposto inicial da autora foi de que, por meio de uma análise das produções discursivas de divulgação da ciência, seria possível apreender, com base na materialidade discursiva dos dois tipos de publicação, os processos de construção de uma imagem de público-alvo e da imagem da função da ciência nessas comunidades discursivas que formariam os respectivos públicos-alvo. Nesse sentido, a autora buscou definir um certo modo de falar de ciência característico de cada publicação a partir de indícios textuais e não textuais, como, por exemplo, o vocabulário, as analogias, os modos de relatar, os tipos de anúncios comerciais, entre outros. Das análises, ela conclui que *Pesquisa Fapesp* é uma publicação que privilegia as formas de discurso relatado que faz referências enunciativas de uma forma menos evidente, diluindo, no fio do texto, a referência às suas fontes. Ela concluiu que, graças a esse modo de funcionamento que dilui as fontes enunciativas, *Pesquisa Fapesp* fala de ciência reproduzindo, no discurso, a proximidade com o campo científico que, de fato, ela possui. Quanto a *Superinteressante*, ela raramente deixa em aberto quem está falando, já que, ao ler suas reportagens, em todo o momento somos lembrados de que aquilo que preenche suas páginas foi dito por cientistas. Marca-se incessantemente um lugar para o jornalista e outro para os cientistas. A autora acreditou que essa distância enunciativa em relação àquilo que o jornalista relata é um indício da distância que há, de fato, entre a revista e as instituições de pesquisa e de produção científica.

Na área de comunicação encontramos uma dissertação e uma tese. Carli (1988) teve

por objetivo reunir e analisar informações que permitissem compreender as potencialidades e limitações das notícias científicas enquanto recurso no ensino de biologia, física e química no ensino médio, ao considerar que os programas curriculares e os livros didáticos de ciências não têm se ocupado da ciência contemporânea nem considerado o papel da ciência na sociedade. Assim, o autor forneceu notícias científicas aos professores das disciplinas já mencionadas e analisou questionários respondidos por eles. Para Carli, os resultados obtidos na análise das opiniões dos professores acerca da divulgação científica e das notícias escolhidas indicaram que é válida a utilização de notícias científicas nas aulas. Ele considerou que a utilização de notícias científicas ampliariam as possibilidades de uma educação preocupada com a formação integral do aluno, na medida em que ela possibilitaria:

- reconhecer as aplicações e as implicações do conhecimento científico e tecnológico na sociedade;
- um melhor conhecimento das estruturas e do funcionamento da ciência, enquanto instituição social e da participação do cientista nessa mesma instituição e na sociedade como cidadão;
- a transposição do conhecimento formal para aquele em que o aluno vive, num importante e necessário processo de contextualização sócio-cultural do saber adquirido na escola (p. 179).

Torrales Aguirre (1994) pesquisou contribuições que os jornalistas científicos poderiam conceder no processo de formação de pessoas, com base na constatação que a sociedade é cada vez mais científica e tecnológica. O autor propôs a criação de um laboratório de comunicação e educação, com tarefas de produção de material didático e científico, estabelecendo como o jornalismo científico poderia contribuir para essa proposta.

A partir da revisão de teses e dissertações que trabalharam com a divulgação científica como objeto de estudo, podemos notar como esse tema está sendo pesquisado por áreas diversas, tais como a lingüística, comunicação, educação em ciências e política científica, evidenciando o caráter multidisciplinar em que transita o fenômeno da divulgação científica.

3. 1. Artigos científicos

A seguir destacamos alguns artigos que pesquisaram a divulgação científica veiculados pelos periódicos: *Ciência & Educação*, *Investigações em Ensino de Ciências*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Caderno Catarinense/Brasileiro de Ensino de Física*, *Ciência & Ensino*, *Revista Ensaio* e *Revista Brasileira de Ciências da Comunicação*³. Delimitamos o período entre 2000 e 2007 e buscamos pela palavra-chave “divulgação científica” e “jornalismo científico” no título e nas palavras-chave. Como queríamos verificar artigos de pesquisa excluímos aqueles que se encontram em seções desses periódicos como 'memória' ou 'debate'. Nesta revisão não incluímos textos como Almeida e Ricon (1993), Almeida e Queiroz (1997), Almeida (1998) e Terrazzan (2000) anteriores ao período analisado. Apresentamos inicialmente os que trabalharam aspectos da divulgação científica em situações efetivas de ensino.

Silva e Kawamura (2001) partiram da assertiva que a física ensinada no ensino médio não chega nem mesmo ao começo do século passado, ignorando, portanto, as grandes descobertas ocorridas nesse século, bem como as grandes transformações sociais ocorridas em consequência. Partindo da suposição de que quase tudo o que se publica é atual e novidade, acreditaram ser provável que essa atualização de conhecimentos se tornaria uma consequência promovida pelo uso de textos de divulgação científica. Com isso, tiveram por objetivo contribuir para elucidar questões como:

- Qual a maneira mais adequada para utilizar esse material em sala de aula?
- Até que ponto é possível efetivamente utilizá-lo como instrumento para fazer com que os alunos aprendam um determinado conteúdo?
- Quais os possíveis cuidados que devem ser tomados no momento em que vamos utilizá-lo? (p. 319)

Para responder a esses questionamentos os autores descreveram e analisaram uma atividade em sala de aula em que o material de divulgação científica – textos impressos, seja

3 Esses periódicos são específicos da área de ensino de ciências, exceto o último citado que é específico da área de comunicação, já que julgamos relevante a verificação também de como a divulgação científica é investigada em uma área ligada à formação do autor da pesquisa.

na forma de livros de divulgação, artigos científicos para leigos, reportagens de jornais e revistas, notícias e perguntas de leitores – teve papel fundamental. Eles caracterizaram uma amostra do material de divulgação científica existente no mercado relativo a um tema específico (luz), visando encontrar subsídios para a elaboração de uma estratégia para implantação desse material em sala de aula, que ocorreu em uma turma do segundo ano do ensino médio, em uma escola da rede pública estadual paulista, dando-se ênfase especial à questão da natureza da luz, sendo que o tema ótica estava previsto para ser trabalhado ao longo de um bimestre. Foram realizados também seminários sobre a dualidade onda-partícula, a partir dos livros *Física divertida*, de Carlos Fiolhais e *A evolução da física*, de Einstein e Infeld.

Para os autores, comparando-se as perguntas iniciais e finais desenvolvidas pelos alunos, observou-se que o número de perguntas iniciais, por eles classificados como referentes a uma definição de luz, deixou de ter um papel expressivo, perdendo espaço após a atividade. Os autores consideraram que essas perguntas, do tipo “o que é luz?” ou “como descobriram a luz?” caracterizavam uma abordagem ingênua e elementar, que revelava a ausência de meios para problematizações mais elaboradas, correspondendo a uma primeira aproximação, referente talvez menos à essência do significado da palavra do que aos possíveis aspectos físicos envolvidos. Assim, a diminuição de perguntas nessa categoria, para os autores, poderia indicar um certo conhecimento mais expandido sobre o tema. Os autores concluíram que foi possível constatar que, utilizando-se como um dos recursos o material de divulgação, ocorreram mudanças significativas nas concepções gerais dos alunos do ensino médio. Essas mudanças foram observadas na modificação das idéias ou da chamada cultura dos alunos (demonstrada em seus interesses iniciais), em direção a uma postura que se aproxima mais da cultura científica (demonstrada nas indagações por eles colocadas ao final da atividade). Para eles, a introdução de textos de divulgação científica não consiste meramente em procurar inserir esse tipo de texto em situações usuais ou tradicionais de ensino, ficando evidente que, ao contrário, sua utilização requeria um planejamento e estruturação das atividades bastante específicos, que modificaria toda a prática usual. Afirmam ainda que, essas mudanças da

prática são fundamentais e decorrem da intrínseca relação entre o significado dos textos, o contexto em que são inseridos e a conseqüente modificação desse contexto pelo próprio uso do material.

Martins *et al.* (2004) descreveram uma situação concreta de sala de aula na qual diferentes tipos de texto – jornalístico, divulgação e didático – foram utilizados e concentraram o foco na utilização do texto de divulgação como recurso didático. Eles tiveram por objetivo analisar, dentre os diferentes movimentos de apropriação documentados, as re-elaborações discursivas realizadas pela professora. Os autores buscaram relacionar o uso do texto de divulgação científica com o contexto escolar no qual ele circula por meio da observação de uma única aula de ciências que tinha como tema central a clonagem e que ocorreu em uma turma de supletivo da sexta série do ensino fundamental em horário noturno em uma escola pública localizada no município do Rio de Janeiro. Segundo relato da professora, essa turma, que já havia estudado conteúdos relacionados à biologia celular no início do ano letivo, manifestou, no decorrer do ano, interesse por questões relacionadas ao tema da clonagem (possivelmente por influência da novela “O Clone”, exibida naquela ocasião pela Rede Globo de Televisão). Nesse contexto a professora planejou a aula observada utilizando três textos como recursos didáticos: uma reportagem da revista *Superinteressante* que tratava da questão da clonagem da ovelha Dolly realizada em 1997, uma reportagem do *Jornal Extra* (jornal carioca de grande circulação) que noticiava o lançamento de um concurso para escolher "clones" dos integrantes do programa de televisão “Casseta e Planeta” e um esquema de célula animal extraído de um livro didático. Os autores realizaram também uma entrevista com a professora da turma. Os resultados mostraram que, nessa aula, o texto de divulgação funcionou como um elemento estruturador, ajudando a motivar perguntas e organizar explicações. A leitura do texto e as mediações estabelecidas por professora e alunos permitiram contextos para a aquisição de novas práticas de leitura e desencadearam debates que tiveram alto grau de participação dos alunos. Assim, foi possível estabelecer relações com o cotidiano dos alunos, ampliar seu universo discursivo e ressaltar aspectos da natureza da prática científica. Entre as re-elaborações discursivas realizadas pela professora, os autores

destacaram: a transformação do texto original, por meio da seleção e destaque para conteúdos básicos e de caráter geral e a conseqüente adequação de sua extensão ao contexto do trabalho de sala de aula; a introdução de atividades de leitura (livre e dirigida) e a utilização conjunta com outros textos, didáticos e de jornal, sendo que essas escolhas podem ser entendidas como relacionadas às pressões impostas pelo contexto de sala de aula, tais como, a duração fixa das aulas, os compromissos com programas de curso e a necessidade de avaliação.

Zanotello e Almeida (2007) tiveram por objetivo analisar a produção de sentidos por alunos do primeiro ano do ensino médio, a partir da leitura do livro *Isaac Newton e sua maçã* de Kjartan Poskitt, através do registro escrito realizado por eles, em resposta a uma atividade proposta. Tendo por referencial teórico a análise de discurso, originada na França por Michel Pechêux, eles concluíram que a linguagem utilizada pelo autor se revelou um atrativo para a leitura. Para os autores, a utilização do livro se mostrou adequada como um recurso pedagógico para diversificar o trabalho nas aulas de física, pois consideram fato que quanto mais atividades diversificadas forem desenvolvidas, mais alunos participarão dos processos de ensino e de aprendizagem, já que é comum a observação que o formato atual dos cursos de física no nível médio é eficaz para uma parcela pequena de alunos.

Também encontramos trabalhos que se detiveram nas relações entre textos de divulgação científica e livros didáticos. Martins *et al.* (2001) investigaram um aspecto do uso didático de materiais que não foram originalmente concebidos para esse fim através de um exemplo no qual um texto de divulgação científica, originalmente publicado na revista *Ciência Hoje*, foi adaptado e incluído em um livro didático de biologia para o ensino médio. Os autores analisaram a adaptação de um texto que trata das relações entre o fogo e o cerrado, originalmente publicado em um número especial da revista *Ciência Hoje* que reúne artigos relacionados a *ECO 92* para compor uma seção de leitura que conclui um capítulo sobre ecossistemas no livro *Biologia* de César & Sezar o qual, segundo os autores, é atualmente um dos principais textos didáticos para o ensino médio em termos de percentual de vendas e utilização nas escolas. Concluíram que, no processo de adaptação do texto de divulgação para o uso didático, foi possível notar uma redução significativa de informações que, além de

eliminar o conteúdo, também alterou o próprio caráter do texto. Outras características marcantes no processo de re-elaboração do texto de divulgação são os eventos de substituição lexical e a menor densidade léxica do texto didático, sendo que, se por um lado elas permitem tornar a leitura do texto mais acessível a um público de não especialistas, por outro os autores se perguntaram em que medida essas operações transformam padrões lingüísticos talvez fundamentais que caracterizam o pensamento e a atividade científica.

Nascimento (2005a) teve como objetivo analisar as operações de re-elaboração discursiva pelas quais um texto de divulgação científica sobre clonagem passa ao ser incluído em um livro didático de ciências. A autora analisou dois textos como objetos de estudo: o primeiro, originalmente publicado na revista *Ciência Hoje das Crianças* e o segundo decorrente de sua adaptação para o livro didático *Ciências e Educação Ambiental* destinado à sétima série do ensino fundamental. A autora notou que a presença de operações de re-elaboração do discurso da divulgação científica, quando este passa a compor o livro didático, indica que os dois tipos de textos possuem objetivos diferentes. O texto adaptado passa a integrar uma estrutura mais ampla de modo que ao se relacionar com outras partes e conteúdos do capítulo sobre genética são alterados não apenas sua composição lingüística, mas também seu público-alvo e objetivos. O texto de divulgação assume o papel de mais um elemento composicional do livro didático cuja função central consiste na inserção de assuntos atuais.

Outros trabalhos investigaram características ligadas ao conteúdo científico veiculado pelos meios de comunicação. Ressaltamos que dois deles – Jurberg e Macchiute (2006) e Medeiros (2007) – foram os dois encontrados na *Revista Brasileira de Ciências da Comunicação* e, portanto, de um campo distinto dos outros que foram publicados em revistas da área de ensino de ciências.

Xavier e Kerr (2004), considerando que são muito comuns e equivocadas as abordagens catastrofistas e deterministas sobre o efeito estufa, analisaram o tratamento concedido a ele em revistas e jornais não científicos de grande circulação e em livros paradidáticos. Nas análises dos textos jornalísticos, os autores notaram a tendência a apresentar uma hipótese como algo definitivo e a classificação do efeito estufa como algo

maléfico e a adoção de uma visão de que ele se desdobraria em catástrofes inevitáveis. Quanto aos livros paradidáticos, os autores verificaram que eles mostraram-se mais coerentes com as abordagens e hipóteses desenvolvidas pela comunidade científica, mas ainda assim alguns autores deixaram lacunas significativas ao tratarem do tema. Ao pensarem a sala de aula, os autores afirmaram que, todas as informações, cientificamente corretas ou não, disponibilizadas nesses materiais, poderiam ser usadas para o aprimoramento dos conceitos envolvidos ou para apresentação de um efeito ou conceito. Admitiram que as falhas ou distorções presentes nos textos poderiam ser usadas de maneira positiva, servindo de base para o ensino de conceitos e informações que têm base científica por meio da interação e do diálogo entre professores e alunos. Os autores finalizaram afirmando que trabalhar com assuntos e informações atuais é extremamente importante para a motivação do estudante, auxiliando-o na formação de uma visão global do tema, em seu desenvolvimento como cidadão e no aprimoramento de sua capacidade de diálogo e crítica.

Jurberg e Macchiute (2006) averiguaram de que forma a mídia abordou o tema câncer. Eles avaliaram os conteúdos de três revistas informativas, de periodicidade semanal (*Veja*) e mensal (*Saúde!* e *Pesquisa Fapesp*) sobre o tema “câncer”, no período de 1996 a 2004. Os autores pretenderam caracterizar, de acordo com suas especificidades, o espaço destinado ao tema, a abordagem mais usual e identificar detalhes específicos considerando a natureza de cada uma. A pesquisa foi realizada baseando-se na análise de conteúdo. Das notícias sobre câncer analisadas nos três veículos, os autores encontraram um número superior de matérias e notas e nenhum artigo escrito por médicos e especialistas. As revistas *Saúde!* e *Pesquisa Fapesp* divulgaram mais os resultados de cientistas brasileiros do que reproduziram as conquistas alcançadas por pesquisadores estrangeiros. Os autores constataram que as revistas de circulação nacional preferiram não detalhar nenhum tipo de câncer em suas matérias sobre a doença. Porém, quando o fizeram, ressaltaram os tipos de câncer que também são os de maior ocorrência na sociedade brasileira. Os autores concluíram também que, embora haja consciência sobre a importância da prevenção e do diagnóstico precoce, foram poucas as contribuições da divulgação científica nesse aspecto.

Medeiros (2007) analisou as diferenças entre a cobertura geral e a realizada nos espaços privilegiados para a informação científica em três jornais brasileiros, *O Globo*, *Jornal do Brasil* e *Folha de S. Paulo*, durante os anos do primeiro grande pico de atenção da mídia em relação aos organismos transgênicos: 1999 e 2000. Utilizando a análise de conteúdo, a autora concluiu que houve diferenças entre as duas coberturas, notando-se que nos espaços reservados à ciência, tendeu-se a: usar um maior número de fontes por matéria; citar periódicos científicos; explicar a ciência subjacente aos fatos e feitos em discussão; citar agências noticiosas e outros veículos da mídia (jornais, revistas, rádios e emissoras de TV).

Há outros trabalhos que se detiveram em aspectos teóricos da divulgação científica. Nascimento (2005b), a partir da constatação que poucas reflexões teóricas têm sido feitas acerca do contexto de produção da divulgação científica e da adaptação de seus textos em aulas de ciências, teve como objetivo tecer reflexões teóricas sobre a dinâmica de produção da divulgação científica por uma comunidade que compartilha determinados pensamentos. Ela também fez considerações sobre sua posterior inserção no ambiente escolar levando-se em conta as possíveis dificuldades geradas na aprendizagem de conceitos científicos durante a utilização do texto de divulgação.

Segundo Pechula (2007) a ciência moderna, cujo apogeu é alcançado com a teoria positivista do século XIX, tem sua identidade orientada para a dominação e a manipulação dos fenômenos, conferindo ao homem um poder efetivo sobre a natureza e a imposição do saber dominante. Tal saber sofre um impulso nas primeiras décadas do século XX, com o avanço das descobertas científicas que proporcionam o desenvolvimento da tecnologia, dando início à chamada “revolução tecnológica”. Entretanto, tais descobertas ampliam e extrapolam o estatuto da teoria e método positivistas. Simultaneamente, os meios de comunicação permitem que a divulgação científica extrapole os muros das universidades e instituições de pesquisas e torne-se acessível à população em geral. Amparado por essas perspectivas, a autora refletiu sobre a recepção da ciência construída e transmitida por esses dois “veículos” de conhecimento e informação.

A partir da análise de um texto veiculado por *Superinteressante* sobre clonagem, a autora

concluiu que há um paradoxo entre a ciência produzida e discutida nas universidades – que passa, continuamente, por um debate amplo e conflituoso, cujos limites são sempre postos em questão pelos próprios cientistas – e a divulgação dessas descobertas e criações que, ao serem produzidas pelos meios de comunicação, são “revestidas”, quase que invariavelmente, de um imaginário mítico-sagrado, no qual o discurso científico racional aparece com uma roupagem mágica e encantada, sendo que é essa visão de ciência que entra na vida dos receptores (consumidores) que, sem o saber, consideram a informação recebida como um conteúdo pronto e acabado e passam a viver sob o imaginário ingênuo de que, sob a proteção científica, todos os problemas podem ou poderão ser resolvidos. O discurso predominante sobre a ciência, suas descobertas e criações, ainda estão sustentados na concepção moderna, que sobrepõe a razão empírica a todas as demais formas de conhecimento, ao mesmo tempo em que enaltece o seu poder sobre a natureza. Por isso o imaginário é o de que a ciência pode resolver todas as coisas, sendo que esse imaginário, no âmbito social, é ingênuo e desconexo daquele forjado nos centros e instituições de pesquisa. Os signos de apreensão da informação, entretanto, remetem a um imaginário ingênuo que atribui à ciência uma concepção divinizada e mitificada.

Bertolli Filho (2007) teve por objetivo colocar em discussão uma parcela da produção definida como de responsabilidade dos divulgadores científicos. O autor analisou livros de ciências biológicas e suas derivações e conclui que os textos de divulgação devam ser aproveitados nas aulas de ciências e biologia.

A partir da presente revisão bibliográfica em trabalhos que tiveram como objeto de estudo a divulgação científica, podemos notar a diversidade de pesquisas com esse tema, abrangendo aspectos lingüísticos, educacionais, comunicativos e sociais da divulgação científica. Também ressaltamos as pesquisas que trabalharam com a leitura de textos de divulgação científica em situações efetivas de ensino. Tais pesquisas evidenciam a preocupação dos pesquisadores em ensino de ciências com as relações entre divulgação científica e educação formal, tanto na inserção de tópicos atuais quando foram trabalhados textos de jornais e revistas quanto em leituras diferenciadas do livro didático quando foram utilizados livros como *Isaac Newton e sua maçã*. Também ressaltamos os trabalhos que

tiveram por objetivo investigar os conteúdos sobre ciência contidos nos meios de comunicação e as maneiras com que essa ciência foi divulgada na mídia.

II. Apoio teórico e metodológico

1. Considerações sobre a análise de discurso

Como apoio teórico para a investigação de como um grupo de licenciandos em física atribuiu sentidos para textos de divulgação científica e para levantar aspectos do imaginário desses licenciandos sobre a possibilidade de funcionamento desses textos em classes de ensino médio utilizamos a vertente da análise de discurso originada na década de 60 na França por Michel Pêcheux, principalmente com apoio em textos produzidos no Brasil por Eni Orlandi. Esse referencial pareceu-nos adequado pois ele considera que a linguagem não é transparente, bem como admite que a relação entre homem, pensamento e mundo não acontece de forma direta e sim mediada. Já a noção de discurso, enquanto efeito de sentidos entre interlocutores, nos favorece condições para compreender essas relações mediadas. Nessa vertente da análise de discurso, procura-se compreender a língua fazendo sentido, enquanto trabalho simbólico e parte do trabalho social geral, constitutivo do homem e da sua história, concebendo a linguagem como mediação necessária entre o homem e a realidade natural e social. Essa mediação, que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive.

A análise de discurso busca compreender os mecanismos que funcionam na construção dos discursos, sendo que alguns desses mecanismos são as condições em que são produzidos os discursos. Para Orlandi (2005), a análise de discurso possibilita o trabalho dos processos de produção da linguagem e não apenas seus produtos. “Podemos considerar as condições de produção em sentido estrito e temos as circunstâncias da enunciação: é o contexto imediato. E se as considerarmos em sentido amplo, as condições de produção incluem o contexto sócio-histórico, ideológico” (p. 30). Assim, levamos em consideração na leitura dos licenciandos tanto as condições imediatas que ocorreram no momento da atividade quanto as condições mais amplas, como, por exemplo, os seus históricos de leitura de textos de divulgação científica. Essas condições são constitutivas dos posicionamentos que eles assumem quando são instados a responderem o que mais chamou-lhes a atenção no texto ou quando imaginam trabalhar o texto em sala de aula. Para Pêcheux (1988), o sentido de uma palavra, de uma

expressão, de uma proposição etc., não existe “em si mesmo”, mas, ao contrário, é determinado pelas posições que estão em jogo no processo sócio-histórico no qual as palavras, as expressões e as proposições são produzidas. “Poderíamos resumir essa tese dizendo: *as palavras, expressões, proposições, etc., mudam de sentido segundo as posições sustentadas por aqueles que as empregam*, o que quer dizer que elas adquirem seu sentido em referência a essas posições” (p. 160).

Junto com a noção de condições de produção, recorremos também às considerações da análise de discurso referentes ao interdiscurso. Para Orlandi (2005), este é definido como aquilo que fala antes e em outro lugar.

(...) é o que chamamos memória discursiva: o saber discursivo que torna possível todo dizer e que retorna sob a forma do pré-construído, o já-dito que está na base do dizível, sustentando cada tomada da palavra. O interdiscurso disponibiliza dizeres que afetam o modo como o sujeito significa em uma situação discursiva dada (p. 31).

Sobre a memória discursiva Pêcheux (1999) ressalta que ela não deve ser entendida no sentido diretamente psicologista da “memória individual”, mas nos sentidos entrecruzados da memória mítica, da memória social inscrita em práticas e da memória construída do historiador. O autor considera a memória como estruturação de materialidade discursiva complexa, entendida em uma dialética da repetição e regularização:

(...) a memória discursiva seria aquilo que, face a um texto que surge como acontecimento a ler, vem restabelecer os “implícitos” (quer dizer, mais tecnicamente, os pré-construídos, elementos citados e relatados, discursos-transversos, etc.) de que sua leitura necessita: a condição do legível em relação ao próprio legível. (...) A questão é saber onde residem esses famosos implícitos, que estão “ausentes por sua presença” na leitura da seqüência (...) (p. 52).

Assim, buscamos nas respostas dos licenciandos desta pesquisa a um questionário aplicado após a leitura, bem como suas falas registradas na discussão após a atividade, indícios de interdiscursos – ou os implícitos indicados por Pêcheux – que estariam proporcionando

condições para que eles se manifestem, por exemplo, contra ou a favor da utilização de textos de divulgação científica no ensino médio.

Outra noção da análise de discurso que consideramos relevante para a compreensão dos discursos dos licenciandos é a de imaginário. Em análise de discurso, não bastaria ao analista simplesmente descrever com minúcias os traços sociológicos empíricos – classe social, idade, sexo, profissão – pois são as formações imaginárias, constituídas a partir das relações sociais que funcionam no discurso, como, por exemplo, a imagem que se faz de um pai, de um operário, de um presidente etc. “Há em toda língua mecanismos de projeção que permitem passar da situação sociologicamente descritível para a posição dos sujeitos discursivamente significativa” (ORLANDI, 1994, p. 56).

De acordo com Orlandi (2005), segundo o mecanismo da antecipação, todo sujeito tem a capacidade de colocar-se no lugar em que o seu interlocutor ouve suas palavras.

Ele antecipa-se assim a seu interlocutor quanto ao sentido que suas palavras produzem. Esse mecanismo regula a argumentação, de tal forma que o sujeito dirá de um modo, ou de outro, segundo o efeito que pensa produzir em seu ouvinte. (...) Dessa maneira, esse mecanismo dirige o processo de argumentação visando seus efeitos sobre o interlocutor (p. 39).

Brandão (1991) cita como exemplo o interior de uma instituição escolar, onde há o 'lugar' do diretor, do professor ou do aluno, marcados por propriedades diferenciais. No discurso, as relações entre esses lugares acham-se representadas por várias formações imaginárias que designam o lugar que destinador e destinatário atribuem a si e ao outro. “Dessa forma, em todo processo discursivo, o emissor pode antecipar as representações do receptor e, de acordo com essa antevisão do “imaginário” do outro, fundar estratégias de discurso” (p. 36).

Assim, precisamos levar em consideração que quando os licenciandos desta pesquisa são questionados se pediriam a alunos de ensino médio que lessem o texto é estabelecido um processo com várias formações imaginárias, o qual é constituído por representações que eles possuem de um texto em revista, da divulgação científica, dos tópicos atuais da física que são

divulgados pelas revistas, dos estudantes de ensino médio e, também, do imaginário que eles possuem de si próprios visualizando-se no exercício docente, entre outras possibilidades.

1. 1. Leitura e discurso

A postura assumida para a verificação de aspectos da leitura dos estudantes em física desta pesquisa está baseada nas concepções sobre leitura advindas da análise de discurso. Para Orlandi (1988), a leitura, numa concepção mais ampla, pode ser entendida como atribuição de sentidos. Assumindo um ponto de vista discursivo na reflexão sobre leitura alguns fatores têm que ser levados em consideração:

- a) o de se pensar a produção da leitura e, logo, a possibilidade de encará-la como possível de ser trabalhada (se não ensinada);
- b) o de que a leitura, tanto quanto a escrita, faz parte do processo de instauração do(s) sentido(s);
- c) o de que o sujeito-leitor tem suas especificidades e sua história;
- d) o de que tanto o sujeito quanto os sentidos são determinados histórica e ideologicamente;
- e) o fato de que há múltiplos e variados modos de leitura;
- f) finalmente, e de forma particular, a noção de que a nossa vida intelectual está intimamente relacionada aos modos e efeitos de leitura de cada época e segmento social (p. 8).

Segundo Orlandi (idem), a leitura não seria uma questão de tudo ou nada, mas uma questão de condições de produção de sentidos e de historicidade.

Historicidade do texto, mas também historicidade da própria ação da leitura, da sua produção. Daí nossa afirmação de que a leitura é o momento crítico da produção da unidade textual, da sua realidade significante. É nesse momento que os interlocutores se identificam como interlocutores e, ao fazê-lo, desencadeiam o processo de significação do texto. Leitura e sentido, ou melhor, sujeitos e sentidos se constituem simultaneamente, num mesmo processo. Processo que se configura de formas muito diferentes, dependendo da relação (distância maior ou menor) que se estabelece entre o leitor virtual e o real (p. 10).

Para Orlandi (idem) haverá modos diferentes de leitura, dependendo das condições de

produção em que se dá e de seus objetivos. Na tensa relação entre paráfrase (o mesmo) e polissemia (o diferente), os componentes das condições de produção da leitura entram não como elementos únicos, mas justamente em suas posições relativas. “E é nessa relação de posições histórica e socialmente determinadas – em que o simbólico (lingüístico) e o imaginário (ideológico) se juntam – que se constitui as condições de produção da leitura” (p. 11).

Um aspecto importante na produção da leitura seria a incompletude, noção que é definida pelo implícito e pela intertextualidade. Para Orlandi (idem) quando se lê, considera-se não apenas o que está dito, mas também o que está implícito. Aquilo que não está dito e que também está significando. A intertextualidade seria a relação de um texto com outros, sendo que eles podem ser existentes, possíveis ou imaginários. Com isso, os sentidos que podem ser lidos em um texto não estão necessariamente nele. “O(s) sentido(s) de um texto passa(m) pela relação dele com outros textos” (p. 11).

Após vermos que na leitura os sentidos podem ser múltiplos e que dependem das condições em que foram produzidos, julgamos ser relevante a noção de autoria na perspectiva discursiva, com o objetivo de fornecer subsídios para procurarmos compreender como o grupo de licenciandos desta pesquisa leram textos de divulgação científica. Para Orlandi (1996), a função de autor é tocada de modo particular pela história, sendo que ele consegue formular, no interior do formulável, e se constituir, com seu enunciado, em uma história de formulações.

O que significa que, embora ele se constitua pela repetição, esta é parte da história e não mero exercício mnemônico. Ou seja, o autor, embora não instaure discursividade (...), produz, no entanto, um lugar de interpretação no meio dos outros. Esta é sua particularidade. O sujeito só se faz autor se o que ele produz for interpretável. Ele inscreve sua formulação no interdiscurso, ele historiciza seu dizer. Porque assume sua posição de autor (se representa nesse lugar), ele produz assim um evento interpretativo. O que só repete (exercício mnemônico) não o faz (p. 70).

Com isso, a autora fez a distinção entre:

a) a repetição empírica, exercício mnemônico que não historiciza;

- b) a repetição formal – técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza;
- c) a repetição histórica, a que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva, saber discursivo, em uma palavra: interdiscurso. Este, a memória (rede de filiações), que faz a língua significar. É assim que sentido, memória e história se intrincam na noção de interdiscurso (p. 70).

Com base nessas categorias de repetição, procuramos nas interpretações dos licenciandos se eles repetiram o texto palavra por palavra, de maneira empírica, contando com suas palavras na repetição formal ou se realizaram um exercício de historicidade trazendo elementos externos ao texto durante a interpretação do mesmo, característica da repetição histórica.

1. 2. Dispositivo teórico-analítico da interpretação

Para os escopos desta investigação, julgamos necessário destinar uma atenção especial às considerações da análise de discurso sobre a posição que o analista assume para realizar seu trabalho de análise. Para Almeida (2004), em qualquer estudo, a explicitação do dispositivo teórico colocado a funcionar é fundamental e quase sempre seu papel vai além daquilo que freqüentemente é suposto pelos autores do estudo. Para a autora:

(...) o suporte teórico não entra em cena apenas na análise de informações obtidas com a intenção de se solucionar um problema; as convicções que esse referencial possibilita, direta ou indiretamente, já se fazem presentes na definição desse problema. Por outro lado, a construção de um dispositivo analítico vai além do simples uso do referencial teórico, e está associada à natureza do problema a ser analisado (p. 44).

Para Orlandi (2005), esse dispositivo tem como característica colocar o dito em relação ao não dito. O que o sujeito diz em um lugar com o que é dito em outro lugar, “o que é dito de um modo com o que é dito de outro, procurando ouvir, naquilo que o sujeito diz, aquilo que ele não diz mas que constitui igualmente os sentidos de suas palavras” (p. 59).

Segundo Orlandi (1996), longe de dar um procedimento de análise estrutural do texto em seus pontos de fechamento e de deriva, enquanto analista de discurso, o que ele se propõe

é mostrar a relação da posição do analista com os gestos de interpretação do sujeito. Para Pêcheux (2002) a posição de trabalho, em referência à análise de discurso, não supõe de forma alguma a possibilidade de algum cálculo dos deslocamentos de filiação:

Ela supõe somente que, através das descrições regulares de montagens discursivas, se possa detectar os momentos de interpretações enquanto atos que surgem como tomadas de posição, reconhecidas como tais, isto é, como efeitos de identificação assumidos e não negados (p. 57).

Podemos citar como exemplo de trabalho que destaca a diferenciação entre referencial teórico e dispositivo analítico o trabalho de Rodríguez (2000) que ressalta a importância da postura do analista frente ao fenômeno. Para Orlandi (2005), o dispositivo deve explicitar os gestos de interpretação que se ligam aos processos de identificação dos sujeitos e suas filiações de sentidos, descrevendo a relação do sujeito com sua memória. “Nessa empreitada, descrição e interpretação se inter-relacionam. E é também tarefa do analista distingui-las em seu propósito de compreensão” (p. 60). A autora ressalta também que não se espera do analista o trabalho numa posição neutra, mas que esta seja relativizada em face da interpretação, atravessando o efeito de transparência da linguagem, da literalidade do sentido e da onipotência do sujeito.

De acordo com Orlandi (idem) o analista constrói seu dispositivo analítico, que ele particulariza, a partir da questão que ele coloca face aos materiais de análise que constituem seu corpus e que ele visa compreender, em função do domínio científico a que ele vincula seu trabalho. “Com esse dispositivo, ele está em medida de praticar sua análise, e é a partir desse dispositivo que ele interpretará os resultados a que ele chegar pela análise do discurso que ele empreendeu” (p. 62).

A partir das noções de dispositivo analítico e condições de produção consideramos que as especificidades dos textos de divulgação científica trabalhados com os licenciandos em física são relevantes para a compreensão da relação dos mesmos com os textos. Com isso, levantamos a seguir algumas especificidades do jornalismo que fazem parte as revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* que foram lidas pelos licenciandos. Para tal, recorremos a

alguns autores das áreas de comunicação para o levantamento de algumas características do jornalismo. Entretanto, neste trabalho, não adotamos a perspectiva de comunicação como sendo: “emissor, receptor, código, referente e mensagem”, pois ela não nos traz contribuição para a compreensão dos posicionamentos dos licenciandos em uma perspectiva discursiva. De acordo com Orlandi (2005), para a análise de discurso, não se trata apenas de transmissão de informação, não havendo essa linearidade na disposição dos elementos da comunicação, como se a mensagem resultasse de um processo assim serializado:

(...) alguém fala, refere alguma coisa, baseando-se em um código, e o receptor capta a mensagem, decodificando-a. Na realidade, a língua não é só um código entre outros, não há essa separação entre emissor e receptor, nem tampouco eles atuam numa seqüência em que primeiro um fala e depois o outro decodifica etc. Eles estão realizando ao mesmo tempo o processo de significação e não estão separados de forma estanque (p. 21).

Orlandi propõe, ao invés de mensagem, pensar o discurso, dizendo que não se trata de transmissão de informação apenas, pois, no funcionamento da linguagem, que põe em relação sujeitos e sentidos afetados pela língua e pela história, temos um complexo processo de constituição desses sujeitos e produção de sentidos e não meramente transmissão de informação.

São processos de identificação do sujeito, de argumentação, de subjetivação, de construção da realidade etc. Por outro lado, tampouco assentamos esse esquema na idéia de comunicação. (...) As relações de linguagem são relações de sujeitos e de sentidos e seus efeitos são múltiplos e variados (idem, p. 21).

2. A notícia no discurso jornalístico

Antes de adentrarmos no universo noticioso, ressaltamos que utilizamos, para o termo notícia, a mesma consideração de Ponte (2006): “Quando falamos assim de notícia, falamos em sentido lato, englobamos diversos registros discursivos de jornalismo: [texto de] notícia, reportagem, artigo, editorial” (p. 16). Squarisi e Salvador (2005) também não diferiram notícia e reportagem: “(...) não se faz diferença entre notícia e reportagem. Reportagem sempre é

notícia” (p. 55).

A notícia é um dos elementos mais básicos da prática jornalística. Podemos assepticamente defini-la como um relato de um acontecimento atual e de interesse público publicado pelos meios midiáticos. Diversos autores se preocuparam em definir seus conceitos e funções e outros se preocuparam em compreender a notícia em um universo mais abrangente. Em uma perspectiva asséptica da notícia, de acordo com Lage (2005), o que caracteriza o texto jornalístico é o volume de informação factual e, para o autor, é resultado da apuração e tratamento dos dados, pretendendo informar e não convencer. “Isso significa que o relato, por definição, está conforme o acontecimento – este sim, passível de crítica e capaz de despertar reações distintas nos formadores de opinião e entre os receptores da mensagem em geral” (p. 73). Para Lage, a notícia é o texto básico do jornalismo, sendo que ele expõe um fato novo ou desconhecido, ou uma série de fatos novos ou desconhecidos do mesmo evento, com suas circunstâncias. Sinteticamente, para o autor, “o texto noticioso canônico não quer convencer, pretende mostrar o que aconteceu. Seu fundamento é a fala comum, o modo como contamos uns aos outros as novidades” (p. 179). Para Erbolato (1991), as notícias são comunicações sobre fatos novos que surgem na luta pela existência do indivíduo e da própria sociedade.

A imprensa investe capitais enormes, contrata jornalistas e técnicos dentro de sua área, para a função básica de informar. O noticiário deve ter utilidade pública para os leitores e influenciá-los pessoalmente, mostrando-lhes que devem ter um interesse no assunto divulgado. O maior número de leitores corresponde à melhor qualidade da notícia (p. 52).

Ainda de acordo com Erbolato (idem), uma das características da notícia, além da factualidade, é a objetividade, na qual as notícias devem ser publicadas de forma sintética, sem rodeios e de maneira a dar a noção correta do assunto focalizado. Para o autor, “quem colhe dados, observando o local ou entrevistando pessoas capacitadas a proporcionar informações para a matéria, deve agir com isenção de ânimo. Honestidade e imparcialidade são atributos exigidos do repórter” (p. 56). Para o autor, só se consideraria completa uma notícia quando ela

proporcionasse ao leitor a idéia exata e minuciosa sobre um acontecimento, ou mesmo previsão do que vai ocorrer. “O repórter cobre os fatos com toda a minúcia, ou antevê o que poderá ocorrer” (p. 57).

Tais conceitos de notícia se detiveram às características mais essenciais do jornalismo, como o acontecimento, o factual, a informação e a objetividade, concedendo pouca importância ao contexto sócio-histórico em que estão inseridas a produção de notícias e, por conseguinte, um tanto incoerentes com a perspectiva discursiva adotada nesta pesquisa. Assim, passamos a seguir a situar o universo noticioso dentro de um ponto de vista mais coerente com a análise de discurso, procurando autores que de alguma forma se preocuparam em situar o fenômeno jornalístico dentro das questões sociais e políticas inerentes a essa atividade.

Com intenção distinta dos autores que citamos, Marcondes Filho (1986) debruça-se sobre as questões ideológicas – no sentido marxista do termo – e sociais da prática jornalística. Para o autor, atuar no jornalismo é uma opção ideológica, ou seja, definir o que vai sair, como, com que destaque e com que favorecimento, corresponde a um ato de seleção e de exclusão.

Este processo é realizado segundo diversos critérios, que tornam o jornal um veículo de reprodução parcial da realidade. Definir a notícia, escolher a angulação, a manchete, a posição na página ou simplesmente não dá-la é um ato de decisão consciente dos próprios jornalistas. É sobre a notícia que se centra o interesse principal no jornalismo (p. 12).

De acordo com o autor, torna-se notícia aquilo que é “anormal”, mas cuja anormalidade interessa aos jornais como porta-vozes de correntes políticas. Marcondes Filho (idem) exemplifica que uma embriaguez qualquer não é notícia, sendo que ela só será se mexer com personagens que desagradam essas correntes ou que representam poderes que o jornal pretende combater. O jornal, assim, arranja e acomoda o extraordinário na sua argumentação diária contra setores ou grupos sociais. Para o autor, “este é um lado da questão: a notícia funcionando como agitação orientada, como forma de atizar, de pôr mais lenha no confronto de posições políticas” (p. 13).

Ainda sob o prisma marxista, para Marcondes Filho (idem), notícia é a informação transformada em mercadoria com todos os seus apelos estéticos, emocionais e sensacionais. “Para isso a informação sofre um tratamento que a adapta às normas mercadológicas de generalização, padronização, simplificação e negação do subjetivismo, sendo um meio de manipulação ideológica de grupos de poder social e uma forma de poder político” (p. 13).

Para Genro Filho (1987), também assumindo um referencial teórico marxista, o jornalismo teria uma maneira própria de perceber e produzir seus fatos. “Sabemos que os fatos não existem previamente como tais. Existe um fluxo objetivo na realidade, de onde os fatos são recortados e construídos obedecendo a determinações ao mesmo tempo objetivas e subjetivas” (p. 186). Para esse autor, a objetividade jornalística esconde a ideologia burguesa, cuja função é reproduzir e confirmar as relações capitalistas. “Essa objetividade implica uma compreensão do mundo como um agregado de “fatos” prontos e acabados, cuja existência, portanto, seria anterior a qualquer forma de percepção e autônoma em relação a qualquer ideologia ou concepção de mundo” (p. 188).

Partindo de um referencial teórico com base nos estudos do filósofo americano Charles Sanders Peirce, para Henn (2002):

As notícias formam signos cujos objetos são as ocorrências que pululam no cotidiano. Estão aptas a produzir interpretantes de diferentes matizes, que vão desde a formação de opinião sobre determinados episódios até a geração de ações concretas na sociedade (p. 50).

Para Henn, os acontecimentos, que são alvo de decifração dos jornalistas, já se apresentam como signos, sendo articuladas pelas fontes (pessoas ou instituições às quais os jornalistas recorrem a fim de obter dados para suas matérias) e estão imbuídas de interesses diversos.

(...) ao produzir notícia, o repórter opera uma atividade interpretante. É o elo de uma cadeia que se costurou muito antes dele (o acontecimento em si, seu estabelecimento no cotidiano, os envolvimento econômicos e políticos e, sobretudo, a pauta formam pontos da cadeia que antecedem a decodificação jornalística) (p. 50).

Com isso, não seria possível a prática da objetividade, como expressa por Erbolato, pois, para Henn (idem), a notícia seria o resultado interpretante de um processo. “A importância desse enfoque é que ele quebra um dos principais mitos que animam o jornalismo moderno e que até hoje sustenta-se pelas redações, chamado de *objetividade da notícia*” (p. 50).

Segundo Rossi (1985), a imprensa, de acordo com o mito da objetividade, deveria colocar-se em uma posição neutra e publicar tudo o que ocorresse, deixando ao leitor a tarefa de tirar suas próprias conclusões. Para o autor, se fosse possível praticar a objetividade e a neutralidade, a batalha pelas mentes e corações dos leitores ficaria circunscrita à página de editoriais.

No Brasil, os editoriais foram, de fato, durante algum tempo, o principal campo dessa batalha. Mas a evidência de que a objetividade é impossível acabou de transferi-la a todas as páginas de jornais. Afinal, entre o *fato* e a *versão* que dele publica qualquer veículo de comunicação de massa há a mediação de um jornalista (não raro, de vários jornalistas), que carrega consigo toda uma formação cultural, todo um *background* pessoal, eventualmente opiniões muito firmes a respeito do próprio fato que está testemunhando, o que o leva a ver o fato de maneira distinta de outro companheiro com formação, *background* e opiniões diversas (p. 10).

Seguindo a mesma tendência de análise entre as interações entre fato e a notícia, de acordo com Henn (idem), esse algo do qual a notícia ocupa o lugar convencionou-se chamar de fatos, acontecimentos ou ocorrências do mundo seria, em última instância, a própria realidade e a realidade cotidiana. Todavia, para esse autor, “o circuito que esse signo percorre é muito ruidoso para que se generalizem conclusões dessa natureza. Porque incluso nela está o mito da objetividade, que ainda anima as práticas jornalísticas da atualidade” (p. 51). Assim, entre a notícia e o objeto que ela representa existe uma série de mediações, um desencadeamento de signos interpretantes que irá redundar na publicação e sua respectiva repercussão. Também preocupado com a relação notícia e acontecimento, para Motta (2002), enquanto processo comunicativo, as notícias atuam como mito, oferecendo mais do que o

fato:

(...) oferecem tranquilidade, familiaridade, fornecem respostas verossímeis a perguntas desconcertantes e explicações dos fenômenos complexos como desemprego e inflação. Os mitos tranquilizam (...) ao oferecer-nos contos que explicam fenômenos desnorteantes. As notícias, como os mitos, não contam as coisas como elas são, mas contam as coisas segundo o seu significado. Assim, as notícias são um tipo particular de narrativa mitológica com os seus próprios códigos simbólicos que são reconhecidos pelo seu público (p. 316).

Adotando uma dimensão política para a análise do conhecimento jornalístico, Ponte (2006) citou diversos autores que expressaram essa dimensão. Tuchman (*apud* Ponte, *idem*) desconstrói a ilusão de objetividade no discurso jornalístico, apontando-lhe não só condicionamentos exercidos pelas políticas editoriais das organizações jornalísticas, mas também dimensões éticas no sentido da responsabilidade social do jornalista. Esse autor considera as notícias como atividade legitimante do *status quo*, ao apresentarem-se como conhecimento verdadeiro e aponta para três processos inter-relacionados que reforçam essa premissa:

- a *reflexividade* da cultura jornalística nas formas como dá como adquiridas e como incorpora práticas profissionais;
- o *recorte e enquadramento* de atividades e experiências do mundo que têm em conta critérios de noticiabilidade e da sua representação relativamente estável e
- a *reificação* na forma como constroem e apresentam esses recortes do mundo (p. 151).

Segundo Ponte (*idem*), esses processos conferem uma dimensão política às notícias, que se traduz na ofuscação da realidade social em vez da sua revelação, na confirmação da legitimidade do Estado e no apoio a um capitalismo corporativo. Tuchman (*apud* Ponte, *idem*) sublinha a natureza política da transformação da informação das fontes em fatos objetivos. “Pela sua objetivação por uma descrição normal, 'natural', dada como certa, por esta identificação das fontes como fatos, os profissionais da informação criam e controlam a controvérsia, *contém* o consenso” (p. 152).

Partindo dessa perspectiva, julgamos necessário verificar os estudos de como

determinados assuntos se transformam em notícia. Para Traquina (2005), uma conclusão geral dos estudos sobre os conteúdos dos meios noticiosos é que as notícias apresentam um “padrão” geral estável e previsível:

A previsibilidade do esquema geral das notícias deve-se à existência de critérios de noticiabilidade, isto é, à existência de valores-notícia que os membros da tribo jornalística partilham. Podemos definir o conceito de noticiabilidade como o conjunto de critérios e operações que fornecem a aptidão de merecer um tratamento jornalístico, isto é, possuir valor como notícia (p. 63).

2. 1. Critérios de noticiabilidade

Para auxiliar-nos no levantamento de aspectos das condições em que são produzidos os textos trabalhados nesta pesquisa, julgamos ser conveniente abordarmos as condições em que determinado assunto teria que se encaixar para ser notícia. Para Wolf (2006), a noticiabilidade é constituída pelo conjunto de requisitos que se exigem dos acontecimentos – do ponto de vista da estrutura do trabalho nos órgãos de informação e do ponto de vista do profissionalismo dos jornalistas – para adquirirem a existência pública de notícias.

Tudo o que não corresponde a esses requisitos é “excluído”, por não ser adequado às rotinas produtivas e aos cânones da cultura profissional. (...) Pode também dizer-se que a noticiabilidade corresponde ao conjunto de critérios, operações e instrumentos com os quais os órgãos de informação enfrentam a tarefa de escolher, quotidianamente, de entre um número imprevisível e indefinido de fatos, uma quantidade finita e tendencialmente estável de notícias (p. 190).

Segundo Wolf (idem), definindo-se a noticiabilidade como o conjunto de elementos através dos quais o órgão informativo controla e gere a quantidade e o tipo de acontecimentos, dentre os quais há que seleccionar as notícias, podemos definir os valores-notícia como um componente da noticiabilidade, sendo que esses valores constituem a resposta à seguinte questão: quais os acontecimentos que são considerados suficientemente interessantes, significativos e relevantes para serem transformados em notícias?

Wolf (idem) faz a ressalva que, apesar da dissertação sobre esses fatores se apresentar

como uma lista de simples valores-notícia, esses valores funcionam, na prática, de uma forma complementar.

Na seleção dos acontecimentos a transformar em notícias, os critérios de relevância funcionam conjuntamente, “em pacotes”: são as diferentes relações e combinações que se estabelecem entre diferentes valores/notícia, que “recomendam” a seleção de um fato (p. 196).

Para Wolf (idem) os valores-notícia são critérios de relevância espalhados ao longo de todo o processo de produção, sendo que não estão presentes apenas na seleção das notícias, mas participam também nas operações posteriores, embora com um relevo diferente. Ele faz a categorização dos valores-notícia com base nos pressupostos implícitos ou de considerações relativas:

- a. às características substantivas das notícias; ao seu conteúdo;
- b. à disponibilidade do material e aos critérios relativos ao produto informativo;
- c. ao público;
- d. à concorrência (p. 200).

Quanto às características ligadas ao conteúdo, Wolf (idem) divide em dois aspectos: a importância e o interesse da notícia, sendo que a importância parece ser determinada por quatro variáveis:

1. Grau e nível hierárquico dos indivíduos envolvidos no acontecimento noticiável;
2. Impacto sobre a nação e sobre o interesse nacional;
3. Quantidade de pessoas que o acontecimento (de fato ou potencialmente) envolve e
4. Relevância e significatividade do acontecimento quanto à evolução futura de uma determinada situação (pp. 201-205).

Quanto ao interesse da notícia, este estaria ligado às imagens que os jornalistas têm do público e também ao valor-notícia que Golding e Elliot (*apud* WOLF, idem) definem como “capacidade de entretenimento”. São interessantes as notícias que procuram dar uma interpretação (no sentido de foco) de um acontecimento baseado no aspecto do “interesse

humano”, do ponto de vista insólito ou das pequenas curiosidades que atraem a atenção.

Em outra seleção dos critérios dos valores-notícia, Traquina (2005) seleciona a morte; a notoriedade do ator principal do acontecimento; a proximidade, sobretudo em termos geográficos, mas também em termos culturais; a relevância, que seria o impacto da notícia sobre a vida das pessoas; a novidade; o tempo, que seria a existência de um acontecimento na atualidade já transformada em notícia; a notabilidade, ou qualidade de ser visível; o inesperado, que seria a notícia que irrompe e que surpreende a expectativa da comunidade jornalística; o conflito ou controvérsia; a infração, que refere-se sobretudo a transgressão das regras e o escândalo.

Para facilitarmos a visualização de alguns valores-notícia que enumeramos, procuramos alguns exemplos nos textos trabalhados com os licenciandos em física. Um valor-notícia que aparentemente podemos notar nas duas publicações trabalhadas nesta pesquisa é a *proximidade*⁴.

O CMS será o detector que os pesquisadores brasileiros ligados ao HEPGrid Brasil irão trabalhar. Mas outros três detectores, o Atlas, o Alice e o LHCb, também vão ter a colaboração de pesquisadores brasileiros do CBPF, da UFRJ e da USP (OLIVEIRA, 2005, p. 69).

Outro critério de notícia que também podemos encontrar nas revistas desta pesquisa é o fator *novidade*. Praticamente todos os textos lidos pelos licenciandos trazem algum novo material, algum novo procedimento ou uma nova teoria científica. Eis alguns exemplos:

Novos conceitos científicos estão transformando o modo como os eletrodomésticos funcionam. (...) O próximo aparelho a passar por uma metamorfose similar deve ser a geladeira (FIORAVANTI, 2005b, p. 62).

Um novo aparelho para medir a fotocondutividade (...) está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O protótipo é muito mais simples e eficiente do que o equipamento atualmente adotado em laboratórios que pesquisam esse fenômeno no mundo (MATTOS, 2006, p. 51).

4 Grifos nossos.

Outro valor-notícia que podemos notar nos textos é a *personalização* ou a notoriedade do ator principal do acontecimento. Para Ponte (2006), a apresentação em torno de sujeitos está mais próxima dos imaginários de conhecimento histórico. As duas revistas desta pesquisa mostram, de alguma forma, os personagens que fazem a ciência, bem como personagens históricos do desenvolvimento científico. Eis alguns exemplos desse fator:

Esses equipamentos estão instalados no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, na capital paulista, num acordo com a Unesp, que possui o professor Sérgio Ferraz Novaes, do Instituto de Física Teórica (IFT), como coordenador do projeto. Novaes, que trabalhou no Fermilab por dois anos, entre 2000 e 2002, lidera uma equipe de quatro pesquisadores: Eduardo de Moraes Gregores, Sérgio Morais Lietti e Pedro Galli Mercadante do IFT, vinculados ao projeto Jovem Pesquisador financiado pela FAPESP, e Rogério Luiz Iope, estudante de pós-graduação da Escola Politécnica da USP (OLIVEIRA, 2005, p. 65).

O desejo de intervir em outras áreas começou há pouco mais de 60 anos, quando o físico austríaco Erwin Schrödinger publicou o livro *What Is Life?*, aplicando conceitos da física para entender a surpreendente estabilidade da informação genética. Schrödinger também lançou a idéia de que os cromossomos de cada célula poderiam conter mensagens codificadas - era o código genético, mais tarde confirmado experimentalmente pelos biólogos. Foi outro físico, Francis Crick, falecido em julho, que interpretou a imagem de raios X do DNA, para a qual a própria autora, a bióloga Rosalind Franklin, olhava sem imaginar que era a prova final da estrutura helicoidal da molécula responsável pela transmissão das características hereditárias entre os seres vivos (FIORAVANTI, 2004, p. 50)⁵.

Não pretendemos levantar todos os valores-notícia que poderiam ser levados em conta na produção e seleção dos assuntos que são veiculados em *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* consideramos que podem haver outros que aqui não foram mencionados. Tivemos por objetivo, ao citar exemplos, ver como alguns valores-notícia podem ser identificados nessas revistas. Com o levantamento dessas características pudemos identificar se elas contribuíram com o estabelecimento de condições de produção identificáveis nos discursos dos licenciandos em física quando instados a assumirem determinadas posições referentes à divulgação

5 Grifos nossos.

científica naquelas revistas.

A partir do exposto sobre como diversos autores vêm a notícia, podemos estabelecer alguns critérios próprios. Concordamos que as notícias têm que necessariamente atender a exigências funcionais do seu gênero, tais como remeter a um acontecimento factual e interessar ao grande público (se tratar-se de um veículo de comunicação de massa), ou a algum nicho em específico (se tratar-se de um veículo especializado). Mas, consideramos que essas características não podem estar desvinculadas dos modos de produção da notícia jornalística, sendo necessário observar outras questões, como os princípios ideológicos das pessoas e instituições que trabalham diretamente com a produção de notícias, a relação/interação entre os acontecimentos e a notícia e os supostos interesses do receptor (ouvintes, telespectadores e leitores) da práxis jornalística. Quanto aos valores-notícia, apesar do levantamento de alguns critérios de noticiabilidade, ressaltamos que estes não possuem existência intrínseca, pois estão de alguma forma remetidos aos aspectos políticos da produção jornalística, como vimos com Ponte (*idem*). Levando-se em consideração a dimensão política para a análise do conhecimento jornalístico, os critérios de noticiabilidade aparecem como parte da política editorial dos meios de comunicação e dos profissionais que neles trabalham.

2. 2. Aspectos editoriais e textuais do jornalismo

As características do texto jornalístico vêm se alterando desde o século XIX até os dias atuais. Uma das principais mudanças foi a adoção do lide⁶, que pode ser sintetizado nas respostas às questões sobre o fato narrado no primeiro parágrafo do texto: Quem? O quê? Onde? Quando? Como? Por quê? Outra alteração foi a mudança da ordem das informações no texto, sendo que chamamos de “pirâmide invertida” a técnica de ordenar os fatos segundo a ordem de relevância do acontecimento. Tais características deram ao jornalismo um foco maior na informação. Para Lustosa (1996), a partir dos anos de 1950 adotou-se em nosso país essas técnicas de elaboração da notícia, institucionalizada pelos manuais de redação que foram criados por todos os grandes jornais. Segundo Natalício Noberto (*apud* LUSTOSA, *idem*) o lide:

6 Aportuguesamento do verbo inglês *to lead* (conduzir).

(...) foi criado pelos jornalistas norte-americanos há quase cem anos a fim de substituir o chamado estilo britânico, que consistia em redigir notícias para os jornais observando fielmente a ordem cronológica dos fatos – como nos livros de ficção. Ele explica que o estilo britânico era conhecido no Brasil como nariz de cera e tinha a finalidade de “preparar o espírito do leitor para receber o impacto da notícia, boa ou má” (p. 77).

Segundo o manual de redação e estilo do jornal *O Estado de S. Paulo* (MARTINS, 1997), o lide deve ser objetivo, completo, simples e, de preferência, redigido na ordem direta. Para Amaral (1969):

Ao redigir-se uma notícia, há que se ter em mente, de início, as interrogações seguintes, tão velhos quanto atuais: Quê? Quem? Onde? Quando? Como? Por quê? Teremos, então: Quê e Quem? – a substância; Onde? Quando? Como? Por quê? – os acidentes. Um sujeito, um complemento direto, complementos circunstanciais. Aí estão a ossatura e a musculatura da notícia. (...) Todos eles visam a captar e prender a atenção do leitor, fazendo com que o texto – ou o jornal inteiro, se possível – seja lido até o fim (p. 64).

Essa característica do lide apontada por Amaral de atrair a atenção dos leitores possivelmente faz com que ele seja presença obrigatória nos manuais de redação e nos cursos de jornalismo. Para Genro Filho (idem), o caráter pontual do lide visa à reprodução do fenômeno em sua manifestação empírica, fornecendo um epicentro para a percepção do conjunto. “É por esse motivo que o *lead* torna a notícia mais comunicativa e mais interessante, pois otimiza a figuração singularizada da reprodução jornalística” (p. 196). Amaral (idem) recomendou que um procedimento que deve ser observado é a disposição em ordem decrescente de importância de todos os dados da notícia. “Isso é o que se chama de *pirâmide invertida*. Os fatos principais encabeçam o texto; vêm, em seguida, os fatos de importância intermediária; e o final do texto comporta, apenas, informações que, de nenhum modo, alteram a compreensão da notícia” (p. 65). Para Genro Filho (idem) a primeira notícia redigida segundo a técnica da “pirâmide invertida” teria aparecido no *The New York Times* em abril de 1861. A partir da segunda metade no século XX alguns dos mais importantes periódicos latino-americanos passaram a publicar notícias das agências norte-americanas, redigidas

segundo esse modelo. Segundo Amaral (idem), o emprego da pirâmide invertida tem sua razão primeira no leitor, pois os fatos mais importantes são ministrados em altas doses, quase ao mesmo tempo, a fim de que sua atenção não seja desviada da informação e ele se mantenha preso à mesma.

Já no jornalismo de revista há uma certa 'liberdade' para escapar de certas uniformidades do noticiário cotidiano, embora essa 'liberdade' também esteja direcionada à atração e manutenção do leitor ao texto e a edição como um todo. De acordo com Lustosa (idem) a revista, ao contrário do que ocorre com os jornais e emissoras de rádio e televisão, não haveria a preocupação da construção de um lide igual ao modelo típico dos veículos que narram fatos relativos aos acontecimentos da atualidade (p. 103). Para Vilas Boas (1996):

Rompidas as amarras dos diversos tipos de *lead* conhecidos, uma reportagem de revista pode começar pelo final. Dependendo do caso, é um propósito original, além de despertar mais o interesse do leitor e dar mais ênfase a certos incidentes e pormenores. De modo geral, a *ordem* evidencia as características intemporais do texto de revista. É jornalismo do que passou, mas não exatamente do que se passou ontem. A revista, normalmente, mistura fatos do passado com fatos ainda em evidência no jornalismo diário (p. 22).

Sodré e Ferrari (1986) concederam atenção especial para as aberturas das notícias. Para eles, ela destina-se basicamente a chamar a atenção do leitor e conquistá-lo para a leitura do texto, costumando-se usar palavras concretas, frases curtas, incisivas e afirmativas, estilo direto e, quando possível, indicar de saída o ângulo mais importante. Para os autores, sair da convencional abertura informativa, em busca de estilo mais literário, poderia ser uma alternativa para interessar o leitor. Para Vilas Boas (idem) o que conquista a atenção do leitor para a leitura de uma reportagem são as aberturas.

Na revista, por exemplo, quase sempre se escolhe a abertura menos convencional ou puramente informativa. Isso não impede que o jornal diário traga em suas páginas de domingo uma abertura mais literária, como alternativa para despertar o interesse do leitor. A revista não precisa de um *lead*, qualquer que seja o tipo. A revista precisa de uma abertura envolvente (p. 45).

A seguir daremos dois exemplos de aberturas (o primeiro parágrafo) dos textos trabalhados com os licenciandos em física. O primeiro aparentemente com um toque mais 'literário' e o outro mais próximo do lide padrão.

O espocar de um champanhe precede a fumarola que se derrama da garrafa, inebria o ambiente com seu perfume de brioche, leveduras, frutas brancas e nozes e anuncia o próximo movimento: verter a bebida dourada e nervosa numa taça estreita e alta, a *flûte* dos franceses, cujas bordas são tomadas pela erupção de pequenas borbulhas que avançam sobre a superfície do líquido. Passados alguns instantes, a cortina de espuma que agitava a parte superior da flûte se desfaz quase por completo. Mas, das paredes inferiores do copo, continua a brotar a assinatura do mais famoso e imitado vinho, as bolhas de dióxido de carbono (CO₂), o popular gás carbônico, um dos dois subprodutos da fermentação dos açúcares outrora presentes na bebida (o outro é o álcool) (PIVETTA, 2005b, p. 58).

Nessa passagem podemos notar o uso de um vocabulário mais próximo do texto literário (espocar, fumarola, inebriar), um léxico galicista (*flûte*), uma prosopopéia ao atribuir o adjetivo 'nervosa' para um ser inanimado (a taça), além do teor narrativo para o ato de beber. A notícia – o processo de formação das esferas de gás carbônico obedece a uma seqüência de diferentes ritmos de borbulhamento em função da passagem do tempo – aparece somente no final do segundo parágrafo. Eis outro exemplo de abertura:

Em três estudos recentes, pesquisadores de Minas Gerais e de São Paulo apresentam contribuições teóricas e experimentais que devem ajudar no desenvolvimento de um tipo especial de computador que povoa a mente dos físicos há três décadas, desde que o químico Charles Bennett, da gigante da informática IBM, demonstrou que era possível usar características das partículas atômicas para processar informações. É o computador quântico, assim chamado por funcionar segundo as leis da mecânica quântica, área da física que investiga os fenômenos do mundo dos átomos e das moléculas (ZORZETTO, 2005, p. 54).

Nesse trecho podemos notar uma aproximação maior com o texto noticioso padrão. Todos os elementos do lide estão inclusos, mesmo que o 'quando' e o 'como' sejam explicados com mais detalhes nos outros parágrafos e que pareçam um tanto genéricos nesse parágrafo.

Para facilitar a visualização destrinçamos o conteúdo do parágrafo nas questões elementares do lide:

***Quem:** pesquisadores de Minas Gerais e de São Paulo;*

***Quando:** recente;*

***O quê:** contribuições teóricas e experimentais no desenvolvimento do computador quântico;*

***Onde:** Minas Gerais e São Paulo;*

***Como:** três estudos;*

***Por quê:** possibilidade de usar características das partículas atômicas para processar informações deixada pelo químico Charles Bennett.*

Podemos notar também a notícia sendo exposta logo na primeira linha, o estilo direto adotado pelo jornalista ao utilizar verbos no presente ('apresentam' e 'povoa') e a preocupação em explicar porque o computador quântico tem esse nome com uma definição do que a mecânica quântica se ocupa.

2.3. Elementos da diagramação

Para Erbolato (1981), diagramar é desenhar previamente a disposição de todos os elementos que integram cada página de jornal ou revista.

É ordenar, conforme uma orientação pré-determinada, como irão ficar, depois de montados e impressos, os títulos, os textos, as fotografias, os anúncios, os desenhos e tudo o mais a ser apresentado na edição, indicando o número de colunas das matérias e outras especificações complementares (p. 51).

Embora existam outros elementos da diagramação, enfocamos apenas os que aparecem nas revistas trabalhadas nesta pesquisa. Portanto, aprofundamos nas noções de título, antetítulo, subtítulo, legenda, texto-legenda e boxe.

O título, segundo definição de Joaquim Douglas (*apud* ERBOLATO, *idem*), “é a frase tipograficamente composta em letras grandes, que se dispõe acima do texto, com a finalidade básica de dar ao leitor uma orientação geral sobre a matéria que encabeça e despertar o interesse pela leitura” (p. 27). Para Amaral (*idem*) qualquer observador pode julgar um jornal por seus títulos, pois dão o tom da publicação – séria, escandalosa, equilibrada – informando

também sobre a qualidade de seus redatores e sua capacidade criadora, pois, ao escrever poucas palavras, o profissional já mostra sua capacidade e traz a tona o grau de experiência da profissão, sendo que um mau título altera e até mesmo destrói a qualidade de uma boa matéria.

O título é a designação que se põe acima da matéria, chamando a atenção do leitor para a mesma, de forma objetiva, clara, apelativa, resumida, capaz de *prender* qualquer um que lhe ponha os olhos e de levá-lo ao texto. A sua idéia é a idéia central, a mais jornalisticamente possível, do assunto que ele assinala (p. 86).

De acordo com Erbolato (*idem*) o título também tem a função de embelezar as páginas. Para esse autor, o título deve estar de acordo com a importância da notícia, classificando o valor jornalístico da matéria. “Se ela é de repercussão os tipos devem ser grandes e ocupar várias colunas. (...) [O título deve] Ser atraente do ponto de vista vernacular e tipográfico. Uma bela frase, concisa e apelativa, causa excelentes efeitos” (p. 36). Já o antetítulo seria formado com letras menores, se comparados ao título, e colocados antes do título de uma notícia. O subtítulo seria um título secundário, subordinado ao título e logo abaixo deste. Podemos notar nas revistas, lidas pelos licenciandos, que *Pesquisa Fapesp* utiliza subtítulos e *Ciência Hoje* antetítulos. Na figuras 1 e 2 podemos notar como as revistas desta pesquisa utilizam esses recursos:



Figura 1 - Título e antetítulo: Recorte de texto da revista *Ciência Hoje* com exemplos de título e antetítulo indicados pelas setas



Figura 2 - Título e subtítulo: Recorte de texto da revista *Pesquisa Fapesp* com exemplos de título e subtítulo indicados pelas setas

Já a legenda, para Amaral (idem), é uma frase curta de duas ou três palavras, explicando o fato, o desenho, o mapa ou qualquer ilustração que figure no jornal. “Sua função é a de dizer a significação daquilo que acompanha” (p. 69). Para o manual da Abril (idem), toda foto deve ter legenda, tratando-se de um serviço essencial para o leitor.

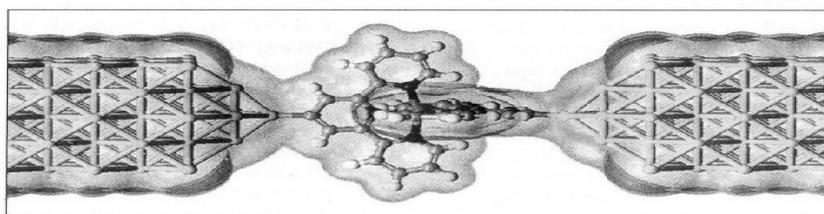
Quando folheia uma revista, o que ele vê em primeiro lugar? Os títulos e as fotos. Nesse momento, vai querer saber o que as fotos mostram e por que elas estão ali. Se não descobrir instantaneamente, ele poderá virar a página. Talvez não volte mais. Uma das funções da legenda é evitar essa tragédia (p. 23).

Já o texto-legenda seria uma legenda mais ampla, comportando maior número de palavras, mas sem nenhum parágrafo. Para Amaral (idem), “seu estilo é, também, simples, mas exige a capacidade de resumo. O texto-legenda pode constituir, também, uma chamada para o texto referente à fotografia que, por conveniência ou importância, vai publicada em outra página, de acordo com a natureza” (p. 69). Nas figuras 3 e 4 vemos exemplos desses recursos nos textos trabalhados com os licenciandos.

do transporte de ele-
s, mesmo nos da mi-
dem não se aplicar a
s da nanoeletrônica.
uma nanojunção, sis-
reitíssimo, até da lar-
io, que co-
tores, tem
vas.
riais de di-
quanto em
s pode-se
comporta-
tron trans-
te sofre in-
médio” de
nos arred-
s especiais,

Ferretti, Arrigo Calzolari, Rosa Di Fe-
lice, Franca Manghi e Elisa Molinari, da
Universidade de Modena, na Itália, e
Marco Buongiorno Nardelli, da Uni-
versidade da Carolina do Norte. No ar-
tigo, os autores propuseram uma ma-

ma *Physical Review*
descrevia descoberta
tamento dos átomos
ouro, material estrat-
cação de component
rações de computac
transform
inovações
para a qu-
tão mais
Brasil. “N-
importân-
mação de
mas é pre-
haja uma
capaz de g
mação da
dutos”, diz



Nanojunção: uma molécula liga dois fios de ouro



PESQUISA FAPESP 115 •

Figura 3 - Legenda: Exemplo de legenda indicado pela seta

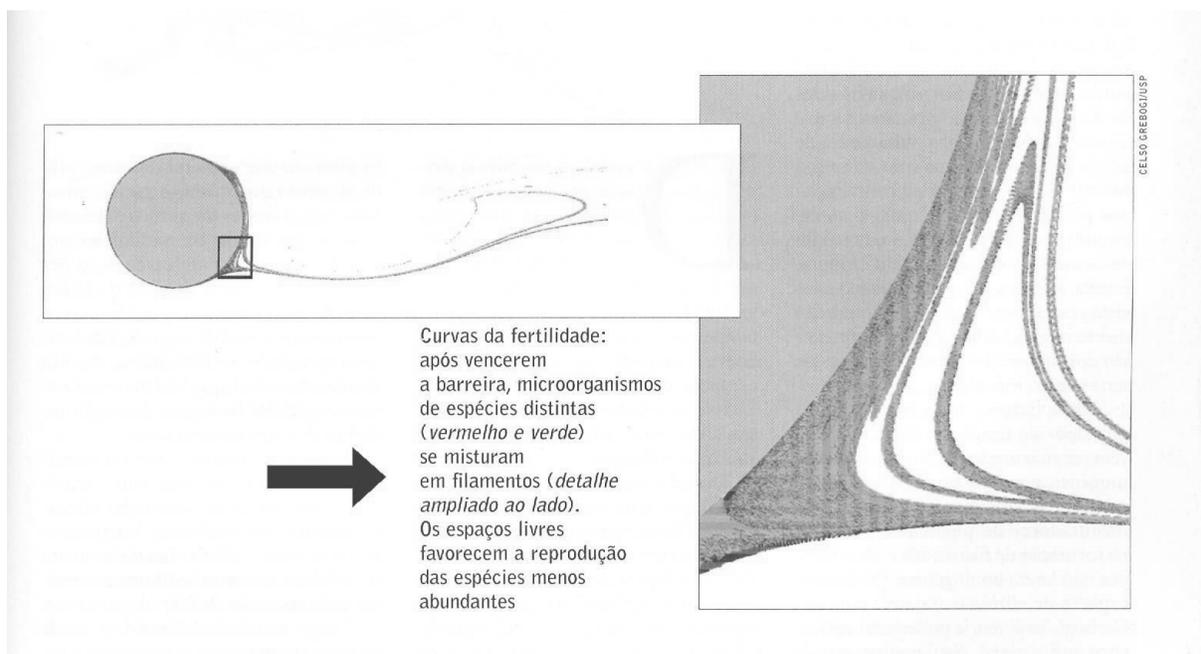


Figura 4 - Texto-legenda: Exemplo de texto-legenda indicado pela seta

Outro recurso utilizado nos textos trabalhados nesta pesquisa é o boxe, um apêndice de uma notícia ou reportagem, nunca sendo editado separadamente. Para Lustosa (idem) sua função primordial é possibilitar uma melhor descrição de um ambiente ou de um personagem, a fim de permitir ao leitor situar diferentes elementos que interferem na informação principal

da notícia.

(...) existem informações que não podem ser incluídas dentro do texto de uma notícia, por maior que seja a competência do redator. O exemplo mais comum são as matérias de cunho científico. Uma informação sobre fusão nuclear a frio, por exemplo, ganhou grande destaque nos jornais no final de abril de 1989. É lógico que uma matéria de tal natureza exige uma explicação sobre o que vem a ser uma fusão nuclear (p. 165).

Mostramos na figura 5 um exemplo de boxe em um dos textos trabalhados com os licenciandos. Podemos notar como o conteúdo do boxe serve para descrever com mais detalhes a cidade onde está sendo construído o observatório.

EM DIA

IMPACTO AOS PÉS DOS ANDES

Os primeiros dados científicos do Auger ainda não permitem dizer de onde vêm os zévatrons, mas outro resultado do observatório é evidente: o impacto social, econômico e cultural sobre Malargüe, cidade na província de Mendoza, nos pampas do oeste argentino, onde foi instalado o observatório.

Aos pés dos Andes, Malargüe, com 26 mil habitantes, viu seu cotidiano transformado nos últimos 10 anos, quando o Auger chegou lá. Paul Mantsch, pesquisador do Fermilab (Estados Unidos) e administrador do projeto, diz que a relação do Auger com a população local é “excepcionalmente boa”. Raúl Rodríguez, prefeito da cidade, dá a entender que o sentimento é recíproco em relação ao Auger, que virou atração turística. Segundo ele, a cidade já oferecia dois atrativos: neve e natureza. “Agora, temos também o produto ciência”, afirma. A razão é que muitos dos turistas que chegam, entre junho e julho, ao aeroporto de Malargüe, rumo a Las Leñas (famosa estação de esqui a cerca de uma hora e meia de carro dali), acabam querendo conhecer a sede do observatório, cuja arquitetura moderna se destaca na avenida principal. Segundo Mantsch, de 5 mil a 6 mil pessoas por ano passam pelo Centro de Visitação do Auger.

De uma hora para outra, comerciantes, garçons e recepcionistas passaram a lidar com visitantes cujo espanhol, muitas vezes, se resume a um *muchas gracias*. A prefeitura então decidiu construir, em Malargüe, uma escola de inglês (hoje com 500 alunos), apadrinhada pela Universidade de Congresso, na cidade de Mendoza. Restaurantes e hotéis, por exemplo, aumentaram o faturamento.

O prefeito destaca, entre os convênios internacionais pós-Auger, um com a Universidade de Michigan (Estados Unidos), que permitiu enviar para lá três malargüinos para estudar engenharia. “Já pensamos em abrir nossa própria universidade”, revela Rodríguez. A mais próxima – uma subsede da Universidade de Mendoza – fica em San Rafael, a 200 km dali.

distância de 15 km”, compara o físico Carlos Ourivio Escobar, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de

ção do méson pi (ou pión), feita pelo grupo da Universidade de Bristol (Inglaterra), com participação decisiva do físico brasileiro-

caiu meio fora da rede de detectores”, explica o francês Antoine Letessier-Selvon, responsável pela análise dos dados. Suspeita-se



nos pampas do oeste argentino

Figura 5 - Boxe: Podemos notar como o boxe é diagramado de maneira distinta do texto

2. 4. Sobre as revistas

Após caracterizarmos algumas noções sobre o universo noticioso, delimitamos um recorte necessário tendo em vista nosso objeto de estudo. Em primeiro lugar, considerando que o meio no qual circulam notícias é extremamente amplo, abrangendo a televisão, o rádio, a internet e os veículos impressos, optamos pelo último para a nossa análise. O segundo recorte necessário, dentro do campo dos veículos impressos (jornal e revista), fez com que nos aprofundássemos nas especificidades das características das revistas, haja visto nossa escolha, na atividade de leitura dos licenciandos, por *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* que são revistas impressas de periodicidade mensal. Para Vilas Boas (1996), revista e jornal são circunstancialmente diferentes, sendo a periodicidade um fator determinante do estilo de texto de uma revista.

As revistas de informação geral chegam às bancas do mesmo modo que um sabonete ao supermercado. Por isso precisam de atrativos que as diferenciem do jornalismo dinâmico e veloz de todos os dias. O texto das revistas de notícias é um desses atrativos. Utiliza recursos que, nos limites do posicionamento político-empresarial, são a conciliação da prática de noticiar com a de narrar (p. 101).

A particularidade das revistas de circularem uma vez por semana, ou, no caso das revistas trabalhadas nesta investigação, uma vez por mês, faz com que não haja demasiada preocupação com a atualidade, embora elas não possam se desvincular totalmente dela. Para Lustosa (idem), a matéria da revista é geralmente uma reportagem descompromissada com o factual e com os acontecimentos rotineiros, objetivando muito mais uma análise dos fatos e de suas conseqüências, pois raramente pode ou procura oferecer novidades no sentido do que é assegurado pelas emissoras de televisão, de rádio e pelos jornais. Para esse autor, mesmo quando o texto da revista é relativamente curto, ao contrário do que acontece com outros veículos de comunicação de massa, a sua estrutura e conteúdo procuram oferecer uma matéria mais rica em detalhes e informações diferenciadas. Segundo Scalzo (2004) não seria possível imaginar uma revista semanal de informações que se limitasse a apresentar para o leitor, no domingo, um mero resumo do que ele já viu e reviu durante a semana, sendo necessário

explorar novos ângulos, buscar notícias exclusivas, ajustar o foco para aquilo que se deseja saber e entender o leitor de cada publicação. A autora exemplifica que nas redações de jornais ou de telejornais, quando acontece um terremoto tudo treme, precisando correr e dar a notícia em cima da hora. Já nas revistas, a redação não treme ou estremece bem menos. “Se for para falar do terremoto, será necessário descobrir o que ninguém sabe sobre ele, explicá-lo de forma diferente” (p. 42). Para a autora, nas revistas quinzenais ou mensais – como é a periodicidade das publicações trabalhadas nesta pesquisa – esse aspecto é ainda mais evidente. “Além de se distanciar ainda mais do tempo real da notícia, a publicação de periodicidade mais larga obriga-se a não perecer tão rapidamente, a durar mais nas mãos do leitor. É por isso que a notícia “nua e crua” nunca teve lugar de destaque em revistas” (p. 42).

O jornalismo de revista pode diferir do jornal também pelo estilo adotado. Para Vilas Boas (idem), sem perder de vista certas regras básicas do estilo jornalístico, a revista compreende uma grande variedade de estilos.

Sem dúvida que é uma prática jornalística diferenciada. Numa revista encontramos a fotografia, o *design* e o texto. Em termos de atualidade, apesar de permanecerem mais tempo nas bancas, as revistas são produtos mais duráveis que os jornais. É preciso lembrar novamente que a revista é mais literária que o jornal no que se refere ao tratamento dado ao texto. Admite usos estéticos da palavra e recursos gráficos de modo bem mais flagrante que os jornais. Além disso, a revista é mais artística quanto aos aspectos de programação visual (p. 71).

Para facilitar a visualização das particularidades do texto de revista elencadas até aqui, vamos procurar alguns exemplos de passagens nas quais haveria indícios da manifestação de tais características nos textos trabalhados nesta investigação. Eis um exemplo da conciliação entre narrativa e notícia, além da interação *design* e texto:

Medina puxa lentamente a fita e descola uma película de grafite com umas poucas camadas de grafeno. Em seguida, cola essa amostra entre duas lâminas de vidro que secarão sob uma luz muito forte. Foi mais ou menos assim, no início deste ano, que ele verificou que talvez seja possível reduzir ainda mais a espessura das amostras de grafite (ZORZETTO, 2006, p. 54).

Nessa passagem podemos encontrar, aparentemente, a união da narrativa – de como o cientista obteve o material – e a notícia da verificação da possibilidade de redução da espessura das amostras de grafite, ou seja, a conciliação da prática de noticiar com a de narrar. Além disso, podemos notar na mesma notícia sobre o grafite a interação de *design* e texto, usos estéticos da palavra, recursos gráficos e o lado artístico quanto aos aspectos de programação visual. Pelo fato dos átomos de carbono divulgados no texto arranjam-se em hexágonos regulares como os favos de uma colméia, o corpo de texto foi inserido dentro de um hexágono cor de mel⁷.

Para Vilas Boas (*idem*) os principais aspectos do estilo jornalístico são ritmo, jeito, equilíbrio, linguagem, apresentação, símbolos, ética e personalidade, sendo que ter estilo em jornalismo é assumir uma forma peculiar de linguagem. “O caso das revistas informativas, e até mesmo das ilustradas e especializadas, não é diferente. Cada uma tem seu estilo, seu modo de ser, sua linguagem. Não raro, esta linguagem é definida pelo tipo de leitor que se quer atingir” (p. 39).

Assim, aparentemente, a linguagem adotada pelas revistas pode apresentar um maior aprofundamento nos conteúdos abordados, adoção de recursos estéticos, maior riqueza de figuras de linguagens (metáforas, analogias, sinédoques etc.) e de tipos textuais (descrição, narração, entre outros), em comparação com os jornais diários. Para Vilas Boas (*idem*), de acordo com a angulação, a linguagem e os ingredientes determinados no projeto, o jornalista pode servir-se de outros fatores para desenvolver o texto de uma reportagem para revista.

Enumerar, descrever detalhes, comparar, fazer analogias, criar contrastes, exemplificar, lembrar, ilustrar, dar testemunhalidade são apenas algumas trilhas da “rota para as Índias”. (...) Confrontar as idéias, por exemplo, é muito comum e eficaz no texto de revista, dependendo, obviamente, do contexto (p. 19).

O autor alerta que a analogia, muitas vezes, pode ser confundida com o recurso da comparação, pois na analogia as semelhanças são apenas imaginárias – explicar o

7 Como pode ser verificado nos anexos.

desconhecido pelo conhecido ou o estranho pelo familiar. “Na comparação, ao contrário, as semelhanças são reais, em que entram normalmente os conectivos de comparação (tão, tanto, como, do que, tal qual)” (p. 20).

Vilas Boas (idem) também chama a atenção para o uso dos verbos *dicendi* e propõe uma fuga aos já cansativos 'diz' e 'afirma' na elaboração dos textos de revista.

Como seres humanos, os personagens podem reclamar (ou chorar), vociferar, implorar, exaltar, esbravejar ou espernear. Tudo depende do tom em que ele ou ela dizem alguma coisa. São muitos os verbos que, além de darem um toque de beleza ao texto, transmitem informações interessantes sobre o personagem (p. 20).

A fuga aos já conhecidos verbos *dicendi* 'diz' e 'afirma' dos noticiários e a busca por verbos que poderiam transmitir informações interessantes sobre o personagem podem ser encontrados nos trechos abaixo extraídos de um dos textos trabalhados com os licenciandos. “Comparar” e “acreditar” vão aparentemente além de “dizer” ou “afirmar”, agregando possíveis ações e comportamentos às falas dos personagens, sendo, no nosso caso, cientistas⁸.

“Os neurônios são como indivíduos, que aprendem a viver em sociedade, o cérebro”, compara Costa. “Mais estímulos tendem a estabelecer mais conexões entre os neurônios, mas podem também reduzir as conexões.” (FIORAVANTI, 2005a, p. 55).

“A evolução do nosso trabalho, junto com mais investimento, permitirá, dentro de alguns anos, transformar nosso grupo em uma Tier 1”, acredita Santoro (OLIVEIRA, 2005, p. 67).

Podemos notar também, no primeiro exemplo, como é utilizado o recurso da comparação, na qual as semelhanças são reais – ao contrário da analogia – e no uso do conectivo de comparação 'como'. Tais recursos são encontrados com maior frequência nos textos de revista se comparados aos textos de jornais diários.

Apesar dessas particularidades aparentemente demonstrarem uma certa “liberdade” do jornalista de revista para a criatividade e o estilo, o manual de redação da editora Abril (1990),

8 Grifos nossos.

que mostra como os jornalistas devem escrever em suas revistas, ressalva que essas características – na abertura em especial – não devem afastar o leitor do texto:

Em relação às fórmulas, adote esta: não abuse de nenhuma. Quando você tiver uma boa história para contar, conte-a. Quando você tiver uma bela comparação para apresentar, apresente-a. Mas, acima de tudo, explique desde logo por que sua matéria está sendo publicada. (...) Sim, por quê? Por uma única e excelente razão: é que ela apresenta um fato novo e relevante capaz de despertar o interesse do leitor. Trata-se do gancho. Pode ser o principal acontecimento político da semana, (...) uma maneira diferente de arrumar os móveis da sala ou um jeito mais seguro de emagrecer. Seja lá qual for, coloque o gancho no lugar dele: a abertura. O leitor agradecerá ao descobrir sem perda de tempo que está diante de um texto que lhe prestará um serviço (p. 26).

O 'gancho' pode ser definido como uma justificativa para a inclusão da notícia dentro da publicação e está ligado à estimulação do leitor ao texto. Citamos abaixo dois exemplos em que encontramos aspectos dessa característica nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* nos textos lidos pelos licenciandos:

Dessas colisões, que duram menos de um bilionésimo de segundo, surgem informações que ajudam a entender mais profundamente as reações que originaram os elementos químicos há cerca de 14 bilhões de anos, na formação do Universo, e as que ainda hoje ocorrem no interior de estrelas como o Sol, das quais resultam luz e calor para a Terra. Pode-se também conhecer melhor os limites das forças que agem entre as partículas elementares da matéria (FIORAVANTI, 2006, p. 53).

Pesquisadores brasileiros conseguiram produzir de maneira barata um filme (...) que, em temperaturas de -193°C , adquire propriedades supercondutoras. O feito é substancial, já que materiais supercondutores só apresentam essas características em temperaturas próximas ao zero absoluto (-273°C) e sua manufatura envolve centenas de milhares de dólares (FURTADO, 2006a, p. 44).

Podemos notar como nos dois trechos os autores aparentemente se preocupam em relacionar o que está sendo tratado no texto com a justificativa dos motivos dessa divulgação. No primeiro trecho podemos notar como os experimentos no acelerador irão auxiliar na compreensão das reações químicas e físicas da matéria. No segundo trecho notamos como o

material é mais vantajoso que o anterior, tanto do ponto de vista científico quanto econômico. Tais informações parecem justificar ao leitor os motivos por que tais pesquisas estão sendo divulgadas.

Vimos nesta seção algumas peculiaridades das revistas que podem ser encontradas de alguma maneira nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Assim, conjuntamente com as especificidades do jornalismo e do jornalismo científico, investigamos como elas puderam contribuir de alguma forma na interpretação do grupo de licenciandos que leram os textos de divulgação científica.

III. Procedimentos metodológicos

1. Condições de produção imediatas da leitura

Nesta seção detalhamos como ocorreram as atividades de leituras de textos de física publicados em revistas nacionais de divulgação científica, bem como características do contexto dessa leitura que consideramos relevantes para os propósitos desta pesquisa.

1. 1. Sobre a disciplina

A disciplina *Conhecimento em física escolar I*, na qual ocorreram as atividades de leituras de textos de divulgação científica aqui analisadas, com duas horas-aulas semanais, foi ministrada no primeiro semestre do ano de 2007. Grande parte dos alunos eram recém-chegados à universidade e talvez ainda estivessem vivendo a euforia do ingresso na mesma.

De acordo com a ementa dessa disciplina, ela pretende analisar questões específicas do ensino de física e de campos e conhecimentos envolvidos em propostas de solução para essas questões. No semestre em que realizamos a atividade seus objetivos foram contribuir para que o licenciando: analise criticamente e se posicione quanto às suas representações sobre ciência e ensino, e, especialmente, sobre o ensino da física no ensino médio; em uma pesquisa em ensino de física, que compreenda o funcionamento de suas partes (objetivos, procedimentos, aportes teóricos e resultados) e note a relevância dos modos de relacionar essas partes na exposição da pesquisa; contribuir para que o licenciando reconhecesse algumas das tendências da pesquisa em ensino de física.

As atividades previstas para a disciplina envolveram a participação em exposições orais, leituras coletivas e individuais, trabalhos práticos, participação em discussões em pequenos grupos ou com toda classe, elaborações escritas de análise e síntese de textos, produção e solução de questões relativas aos conteúdos trabalhados na disciplina.

Entre os textos lidos pelos alunos ao longo do semestre, alguns trataram de pesquisas envolvendo a leitura em aulas de ciências.

1. 2. Relação do pesquisador com a disciplina

Nossa relação com a disciplina *Conhecimento em física escolar I* não foi apenas com o

intuito de levantar informações para esta investigação, sendo que também foi como bolsista *PED* da turma. *PED* é uma sigla para *Programa de Estágio Docente*, que, segundo dados da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Unicamp, “concentra todos os esforços da universidade para o aprimoramento docente dos seus alunos de pós-graduação”. De acordo com a resolução *GR n.º 14/07*, artigo primeiro, o objetivo do programa é o de “aperfeiçoar para o exercício da docência os estudantes de pós-graduação da Universidade que queiram, voluntariamente, participar do programa”⁹. O artigo primeiro ainda ressalta que a “capacitação para o exercício da docência (...) só poderá ocorrer junto à Graduação e sob a orientação e responsabilidade de um docente da Unicamp, portador do título de doutor”.

A participação de apoio à docência aconteceu de modo funcional, auxiliando na organização e controle dos trabalhos solicitados, controle de frequência e organização de materiais para as aulas. No primeiro dia de aula, a docente responsável pela disciplina, que também é orientadora desta pesquisa, fez a seguinte apresentação:

(...) Atualmente coordeno um grupo de pesquisa na FE e as pesquisas que desenvolvemos têm muito a ver com questões de linguagem no ensino de física. Isso justifica que vocês vão estar tendo junto comigo um monitor, que é *PED*, estágio didático, aluno de mestrado, meu orientando... E é jornalista, mas um jornalista que ama física (parece), tem experiência com jornalismo científico na graduação e vai estar trabalhando conosco.

Nessa fala, a docente responsável pela disciplina de alguma forma atrelou-nos especificamente às questões sobre linguagem ao justificar a formação de jornalista, o que poderia parecer *a priori* uma formação um tanto exótica para um trabalho de monitoria em um curso de física. Porém, uma provável relação com a física e a ciência poderia ser encontrada quando a docente mencionou o fato de termos alguma experiência com jornalismo científico e aparentemente demonstrarmos gostar de física. Tais posicionamentos, eventualmente, podem ter se constituído em condições de produção de leitura na atividade com textos de divulgação científica. Possivelmente, para os licenciandos, seria possível que falássemos a partir dos

⁹ Apesar da inscrição ser voluntária, há uma cota de bolsas específicas para cada instituto da Unicamp. A bolsa abrange cinco meses e o valor é equivalente ao nível. Nem todos os estudantes de pós-graduação que atuam como *PED* são contemplados com bolsa.

campos da linguagem, da comunicação, do jornalismo, mas não de tópicos específicos da física ou da matemática. Eles provavelmente não esperariam que fosse falado, por exemplo, sobre a carga elétrica fracionária do *quark up*, nem indagariam sobre o formato do universo, mas poderiam esperar que falássemos sobre a linguagem dos textos de divulgação e o hábito de leitura de revistas especializadas em jornalismo científico.

Além da apresentação da professora no primeiro dia de aula, sentamo-nos quase sempre à frente dos alunos e do lado da professora, fato que de alguma forma deu evidência da nossa posição distinta de um aluno regular da disciplina. Tal situação física em classe possivelmente tenha provocado nos alunos uma imagem sobre o *PED* entrelaçada com a imagem da docente. Porém, o fato da professora nos apresentar como seu orientando de mestrado – e, assim como eles, também um aluno – é um fator não menos relevante. Além disso, apresentávamos uma faixa etária¹⁰ relativamente próxima à deles, o que de alguma maneira pode ter estreitado o aparente distanciamento. Ao longo do semestre alguns alunos procuravam-nos solicitando auxílio para o desenvolvimento dos trabalhos, perguntavam questões das atividades ou pediam para enviar recados para a professora, via correio eletrônico.

1. 3. Sobre a atividade

A atividade de leitura de textos sobre física contidos nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* aconteceu no último dia de aula da disciplina, após alguns dias de greve dos profissionais da universidade, enquanto a professora chamava os alunos individualmente para informar-lhes sobre as notas finais. Portanto, a atividade já se encontrava *a priori* fora do âmbito dos critérios de avaliação, sendo uma condição que também pode ter tido a sua influência nos modos de leitura. A partir da imagem gravada em vídeo, pudemos notar diversos tipos de expressões dos alunos ao se aproximarem da mesa da professora. Uns manifestavam felicidade ao serem informados sobre as notas, outros levavam as mãos à cabeça e exibiam uma expressão de reprovação e desapontamento perante o resultado. Tal situação também pode, eventualmente, ter influenciado seus discursos após a leitura.

10 Entre 18 e 25 anos.

Os textos de física foram selecionados a partir do período de setembro de 2004 até outubro de 2006. Fizemos uma busca de todos os textos indicados como *Física* no índice da revista e, como queríamos selecionar textos com características do jornalismo, na revista *Ciência Hoje* restringimos nossa busca apenas à seção *Em dia*, pois textos dessa seção costumam ser escritos pelos profissionais da redação. Quanto à *Pesquisa Fapesp* não houve esse procedimento, já que regularmente todos os textos são escritos por jornalistas. Todos os textos trabalhados na atividade estão no anexo I. A seguir estão relacionadas a revista, edição, título do texto e autor:

Revista	Edição	Título	Autor
<i>Ciência Hoje</i>	208 – Setembro/2004	Brasil na Grid	Vanessa Macedo
<i>Pesquisa Fapesp</i>	104 – Outubro/2004	Mentes versáteis	Carlos Fioravanti
<i>Ciência Hoje</i>	213 – Março/2005	À espera de novas ondas	Renata Moehlecke
<i>Pesquisa Fapesp</i>	105 – Novembro/2004	Outra forma de ver a fusão atômica	Texto sem assinatura
<i>Ciência Hoje</i>	215 – Maio/2005	Patrimônio cultural preservado	Mário César Filho
<i>Pesquisa Fapesp</i>	107 – Janeiro/2005	O caos amigável	Francisco Bicudo
<i>Ciência Hoje</i>	216 – Junho/2005	Visão eletrônica	Fred Furtado
<i>Pesquisa Fapesp</i>	109 – Março/2005	Carbono em gotas	Marcos Pivetta
<i>Ciência Hoje</i>	218 – Agosto/2005	Radiação sob medida	Fred Furtado
<i>Pesquisa Fapesp</i>	110 – Abril/2005	O frio e o calor que vêm dos ímãs	Carlos Fioravanti
<i>Ciência Hoje</i>	223 – Janeiro-Fevereiro/2006	Os zévatrons estão chegando	Cássio Leite Vieira
<i>Pesquisa Fapesp</i>	111 – Maio/2005	Golpe de vista	Francisco Bicudo
<i>Ciência Hoje</i>	225 – Abril/2006	Transmissão barata e eficiente	Fred Furtado
<i>Pesquisa Fapesp</i>	112 – Junho/2005	Três passos adiante	Ricardo Zorzetto
<i>Ciência Hoje</i>	229 – Agosto/2006	Simples, sensível e eficiente	Rosa Maria Mattos
<i>Pesquisa Fapesp</i>	115 – Setembro/2005	Ponte delicada	Texto sem assinatura
<i>Ciência Hoje</i>	230 – Setembro/2006	A hora e a vez da ferrita de cádmio	Almiro Franco Neto
<i>Pesquisa Fapesp</i>	116 – Outubro/2005	Altas energias	Marcos de Oliveira
<i>Ciência Hoje</i>	232 – Novembro/2006	Pesquisar e ensinar	Fred Furtado
<i>Pesquisa Fapesp</i>	117 – Novembro/2005	No embalo das bolhas	Marcos Pivetta
<i>Pesquisa Fapesp</i>	118 – Dezembro/2005	As longas asas dos neurônios	Carlos Fioravanti
<i>Pesquisa Fapesp</i>	120 – Fevereiro/2006	Choque de partículas	Carlos Fioravanti
<i>Pesquisa Fapesp</i>	122 – Abril/2006	Colméias de carbono	Ricardo Zorzetto

Tabela 1 - Textos lidos pelos licenciandos. As edições 107 da *Pesquisa Fapesp* e 230 da *Ciência Hoje* apresentam dois textos com a retransmissão física. Os textos escolhidos para a atividade foram, com isso, sorteados

Os alunos receberam as revistas e, para facilitar a localização do texto a ser lido, colocamos um clipe na página onde ele se iniciava. Depois, falamos para os alunos: “Então, o texto a ser lido está num clipe que eu coloquei... que é sobre física”. Com o objetivo de facilitar a indicação, pegamos a revista de um aluno e folheamos até chegar no texto de física. Depois dissemos: “Então, aqui... (aponto a indicação *Física* do índice da revista e no topo da página do texto) Física. É uma retranca, nós chamamos de retranca”. Podemos considerar essa fala uma condição relevante do desenvolvimento da leitura, pois, quem seria esse 'nós' proferido? Quem chamaria algo de 'retranca'? Há indícios nessa fala de uma posição de jornalista implicitamente escondida no pedido para os alunos lerem.

Uma condição de produção da leitura que julgamos relevante ressaltar é que cada estudante recebeu um texto diferente dos textos recebidos pelos seus colegas. Já na disciplina que estavam concluindo, todos os estudantes liam o mesmo texto.

Após os 23 alunos presentes no dia da atividade terem uma revista e a explicação mencionada anteriormente, eles receberam uma folha A4 contendo um questionário com quatro questões versando sobre a leitura dos textos. Segue abaixo o questionário, bem como o texto introdutório:

Nesta disciplina você leu alguns artigos científicos da área de Educação em Ciências. Entre as temáticas desses artigos; uma refere-se à leitura em aulas de Física. Queremos avançar na compreensão dos limites e possibilidades dessa atividade e para tal estamos lhe propondo a leitura de um texto de divulgação científica sobre física. Solicitamos que responda as seguintes questões:

- 1 – Título e autor do artigo.
- 2 – O que mais chamou sua atenção nesse artigo?
- 3 – Você gostaria de saber mais alguma coisa sobre esse assunto? O quê?
- 4 – Você pediria a alunos de ensino médio que lessem esse artigo? Se sim, diga se seria para leitura em casa ou na classe e diga também qual seria a finalidade dessa leitura. Se sua resposta for não, justifique o motivo do não.
- 5 – Quais os temas de física pelos quais você se interessa mais? Como acredita que poderia aprender mais sobre esses temas?

Durante a leitura e preenchimento do questionário, a docente, como mencionamos

anteriormente, continuou chamando os alunos individualmente para informar-lhes sobre as notas finais. Como alguns alunos acabaram a atividade antes de outros, possivelmente por causa da diferença de tamanho entre os textos, ou pelo próprio envolvimento com a leitura, muitos deles se descontraíram, andando pela sala e conversando entre si. Havia um clima de férias no ar, característico de um último dia de aula do semestre. Nesse momento, nos aproximamos de dois deles e pudemos notar que conversavam sobre o texto “Mentes versáteis” (FIORAVANTI, 2004), sendo que um deles afirmou já ter lido o texto e que ele influenciou na sua escolha pelo curso de física. O outro ressaltou como o físico poderia trabalhar em várias áreas, premissa contida no texto.

Após aproximadamente vinte minutos de leitura e elaboração das respostas do questionário, solicitamos aos alunos que dispusessem as carteiras em modo de círculo, procedimento usual na disciplina que estavam concluindo, e depois começamos a conversar sobre a leitura dos textos. Muitas vezes, do ponto de vista do jornalismo, sentimo-nos presente em uma entrevista coletiva “às avessas”. Em uma entrevista coletiva, geralmente há uma pessoa (ou mesmo um grupo) que é entrevistada ao mesmo tempo por diversos jornalistas, pois existem situações em que, se o entrevistado resolvesse atender todos os jornalistas individualmente, levaria muito tempo, principalmente quando se trata de uma personalidade famosa ou um representante de um acontecimento importante. Há algumas regras, como, por exemplo, organização de uma fila de jornalistas para fazerem a sua, e quase sempre única, pergunta, e também prioridade para jornalistas de rádio e TV que estiverem ao vivo ou para profissionais da mídia impressa diária que precisarem enviar os seus textos antes do fechamento da edição. Na atividade com os licenciandos foi o inverso, sendo que o pesquisador interagiu com várias pessoas ao mesmo tempo e sobre um assunto que supostamente todos poderiam dialogar, cada um à sua maneira. Diversas vezes os alunos debateram o assunto entre eles, sem a intermediação direta do pesquisador, mesmo que algumas vezes ele tenha incitado a abordagem de certos aspectos que considerava relevantes para os propósitos desta investigação.

Durante a interação com os licenciandos procuramos fazer algo diferente do que

estamos habituado na *práxis* jornalística, pois em uma entrevista jornalística usualmente buscamos informações referentes ao conteúdo de determinado assunto. Nesta pesquisa, com base no referencial teórico utilizado, procuramos abordar assuntos que os próprios licenciandos traziam e verificar indícios de outros discursos que poderiam estar presentes em suas falas. Além disso, procuramos enfatizar para toda a classe algumas das idéias que eram verbalizadas por um dos estudantes, buscando saber outros posicionamentos sobre a mesma manifestação. A seguir segue um trecho desse tipo de ocorrência:

Estudante: É então, o meu texto eu achei que seria legal, dar para um aluno que não é de física, mas sei lá... de ensino médio, porque mostra uma visão diferente da profissão de físico.

Pesquisador: Ou seja, então o ensino médio não traduz a função do físico. Ai a revista contemplaria essa...

Estudante: Ah, eu acho.

Pesquisador: Concordam?

Todavia, ocorreram também situações que aproximam mais aquela aula da entrevista jornalística, em casos nos quais o jornalista direciona a resposta junto com a pergunta, principalmente quando quer 'plantar' determinada idéia que defende¹¹ na fala do entrevistado. Houve em alguns momentos uma certa tentativa de direcionamento através de perguntas, como no exemplo a seguir, possivelmente devido à preocupação com a aridez de alguns textos:

Pesquisador: (...) O que vocês acharam? Leitura técnica demais?

Na próxima seção expomos algumas análises do questionário aplicado após a leitura dos textos de divulgação, bem como alguns trechos do diálogo mantido entre o pesquisador e o grupo de licenciandos.

¹¹ Mas não pode assumir como sua por causa do mito da objetividade e imparcialidade nas redações.

IV. Produção de sentidos pelos licenciandos através da leitura

1. Especificidades do discurso jornalístico e interpretações dos licenciandos

Nesta seção relacionamos algumas interpretações dos licenciandos com relação a especificidades do discurso jornalístico e buscamos a compreensão de como foram produzidos sentidos nas suas leituras. Para tal, buscamos o auxílio das categorias de repetição que já expusemos anteriormente a partir de Orlandi (1996) e o apoio do que anteriormente comentamos sobre características do jornalismo científico e das notícias.

1. 1. Critérios de noticiabilidade

Podemos notar que nos textos lidos pelos licenciandos há a divulgação de alguns aspectos de pesquisas desenvolvidas no Brasil, o que nos faz rememorar o valor-notícia da proximidade que, segundo Traquina (idem), além de ser de natureza geográfica, também apresenta um caráter cultural. Para Burkett (idem), quanto mais perto os leitores estão do local de um evento, mais provável que os jornalistas e editores o considerem de interesse noticioso e passível de ser divulgado. Também consideramos que, com base em Ponte (idem), que se debruçou sobre aspectos políticos do jornalismo, o valor-notícia da proximidade de algum modo está relacionado com os posicionamentos políticos dos meios de comunicação. Nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* podemos notar a divulgação de como o desenvolvimento científico nacional traria benefícios à nação e o quão importante seria estar participando de projetos em ciência e tecnologia, justificando os investimentos estatais no setor, principalmente os de alto custo. Lembramos que as duas revistas trabalhadas estão atreladas a entidades científicas que financiam ou defendem o aumento das verbas para pesquisa, no caso a SBPC para a revista *Ciência Hoje* e a Fapesp para a *Pesquisa Fapesp*. Já apresentamos alguns exemplos anteriormente e a seguir selecionamos outro trecho¹² – de um dos textos lidos pelos licenciandos – em que podemos encontrar indícios desses aspectos em uma notícia sobre a criação de uma rede informacional para o tratamento de dados do LHC e da participação brasileira nessa iniciativa.

12 Grifos nossos sempre.

Um novo acelerador de partículas, o Large Hadron Collider (LHC), será inaugurado pelo Centro Europeu para Pesquisas Nucleares (Cern) em 2007 na Suíça. (...) Para interpretar o imenso volume de dados que resultará das experiências feitas no LHC, será necessário o uso de uma tecnologia denominada Grid. A boa notícia é que o Brasil vai fazer parte desse projeto.

Além da redatora considerar uma boa notícia o fato do Brasil participar desse projeto, ao longo do texto, em citações diretas do físico Alberto Santoro, é narrado como ocorreram as negociações feitas pelo grupo brasileiro.

Apesar de ainda não haver qualquer termo oficial assinado, o Brasil esteve na vanguarda do projeto Grid para a física de altas energias desde o início. “Discutimos com nossos colegas no exterior, fizemos propostas agressivas para trazer e atrair para o país maior atenção e contribuição da comunidade. Tivemos sucesso em todas as nossas propostas e temos tido apoio internacional”, diz Santoro.

Podemos notar nesse trecho como a redatora, com base na fala do físico, parece destacar como o grupo brasileiro foi bem sucedido na implementação do projeto Grid, além de ressaltar o apoio da comunidade internacional. Já no trecho abaixo, notamos justificativas de investimentos no setor:

Segundo o físico, a finalidade da participação brasileira no Cern é a curiosidade científica, mas ele considera alta a probabilidade de que inúmeros resultados possam ser obtidos pelo país, como resultado desse esforço. “A realização do nosso trabalho implica a invenção de diversas soluções tecnológicas que poderão favorecer a fabricação nacional de produtos que atualmente importamos. Acho muito importante perceber o projeto sob essa perspectiva, pois, dessa forma, podemos encarar seu financiamento não como gasto, mas como investimento”, ressalta.

Nesse trecho notamos como são expostos os supostos benefícios secundários que a participação nacional no Cern poderia trazer à sociedade, já que o principal seria a ‘curiosidade científica’, e como esses benefícios justificariam os financiamentos estatais. Podemos notar como esse texto parece se inserir em um campo discursivo em que se

complementam o valor-notícia da proximidade possivelmente atrelado ao histórico dessas revistas em defenderem ou justificarem os financiamentos governamentais em pesquisa.

O licenciando que leu esse texto, respondendo ao questionário aplicado após a leitura, na questão sobre o que mais chamou sua atenção nesse artigo, manifestou uma certa coerência com o tom adotado pelo texto:

“(...) Um grande benefício da construção do LHC, pode vir a ser do aumento de pesquisas em nosso país, pois terá grupos de pesquisas brasileiros analisando as colisões e radiações geradas pelo acelerador.”

Podemos notar como os benefícios da participação brasileira no LHC que o texto aborda parecem ter chamado a atenção desse licenciando quando instado a estabelecer uma interpretação com relação ao texto. Sua resposta nos traz indícios da repetição formal, quando a interpretação se resume a uma técnica de produzir frases em um exercício gramatical que não historiciza, já que ele parece repetir, com suas próprias palavras, os benefícios da participação brasileira no Cern que o texto expõe com ênfase.

Um outro texto aborda como um grupo de físicos brasileiros “perdeu a corrida” para a colocação em funcionamento de um detector de ondas gravitacionais. No trecho a seguir identificamos as justificativas do motivo que fez com que o grupo brasileiro “perdesse a corrida” para os holandeses, mesmo sendo ele o autor do projeto: “Perdemos a primeira corrida por estarmos aguardando a chegada de algumas peças importadas e equipamentos que os holandeses conseguiram mais rápido”, conta o físico Odylio Aguiar, chefe do projeto brasileiro no Inpe” (MOEHLECKE, 2005, p. 54). Mesmo com o fato do grupo brasileiro não conseguir colocar em funcionamento o detector mais rápido que os holandeses, no trecho seguinte é abordado como o detector será colocado em funcionamento antes do grupo italiano: “Ele também comenta que um terceiro detector será montado em Roma. ‘O nosso deverá entrar em operação antes do italiano’, avisa” (idem). Podemos notar nesse trecho uma possível intenção do autor do texto em estabelecer uma idéia de vanguarda da produção científica brasileira no mundo, divulgando uma pesquisa de detecção de ondas gravitacionais através de uma ‘corrida’ entre grupos de pesquisa estrangeiros com o grupo nacional, sendo que este

‘perde’ para os holandeses mas ‘ganha’ dos italianos. O licenciando que leu esse texto, quando instado a responder o que mais chamou-lhe a atenção nele, respondeu:

“Bom, o que me chamou mais atenção foi a construção do detector em outro país, mesmo sendo o Brasil pioneiro.”

Nessa resposta também podemos notar indícios da ocorrência da repetição formal, já que esse estudante pareceu reproduzir com suas palavras a idéia do texto em mostrar um revés sofrido por um projeto brasileiro. Podemos notar que esse licenciando manteve essa atenção também na resposta à pergunta seguinte, quando instado a se manifestar sobre se gostaria de saber mais alguma coisa sobre esse assunto:

“Gostaria de saber o porque que o Brasil não foi o primeiro, quais foram os impedimentos?”

Após atentar para o fato de um grupo holandês colocar um projeto em que o grupo brasileiro era pioneiro, essa atenção voltou quando esse licenciando expressou que gostaria de saber mais sobre quais motivos provocaram essa situação, parecendo também entrar no campo discursivo da 'competição entre grupos' proposta pelo autor do texto.

Em outra referência à pesquisa nacional, podemos encontrar um trecho que aponta o fato do Brasil não conseguir transformar descobertas científicas em inovações tecnológicas, situação levantada pelo físico Adalberto Fazzio:

O desafio é transformar os achados em inovações práticas, missão para a qual outros países estão mais preparados que o Brasil. “Nossa pesquisa tem importância teórica e na formação de recursos humanos, mas é preocupante que não haja uma política industrial capaz de garantir a transformação da riqueza em produtos”, diz Fazzio (PONTE delicada, 2005, p. 45).

A interpretação do licenciando que leu esse texto aparentemente trouxe aspectos dessa característica da ciência nacional, ao ser questionado sobre o que mais lhe chamou a atenção no texto lido:

“Que a participação do Brasil seja somente teórica, por não termos recursos para aplicar a teoria na criação de novos produtos.”

Além de parecer se preocupar com o problema apontado pelo físico Adalberto Fazzio, na questão sobre se pediria a alunos do ensino médio que lessem o texto esse licenciando pareceu continuar se detendo a aspectos do desenvolvimento científico nacional:

“Sim. Para a leitura em casa com o objetivo de inteirar os alunos a acontecimentos científicos e para que lessem o final do texto e soubessem, mesmo que superficialmente, a participação do país em novas descobertas.”

Nas suas respostas podemos notar como ele estabeleceu uma interpretação aparentemente com base na idéia do texto em divulgar a participação nacional no desenvolvimento científico, até nos momentos em que há críticas nessa área. Com isso consideramos alguns elementos da repetição formal, já que ele pareceu se deter à idéia central do texto em abordar aspectos da participação nacional na pesquisa científica.

Além de repetições formais, na resposta sobre o que mais havia chamado-lhe a atenção no texto lido encontramos indícios da repetição histórica no que se refere a aspectos da ciência nacional:

A possibilidade de países subdesenvolvidos e com problemas financeiros no que diz respeito as verbas para pesquisa, desenvolver um equipamento de alta tecnologia a ponto de ser equivalente aos que são produzidos nos ditos países centrais.

Apesar do texto abordar que um protótipo desenvolvido no Brasil para medir a fotocondutividade seria mais simples e eficiente do que o equipamento atualmente adotado em laboratórios que pesquisam esse fenômeno no mundo, o texto não traz informações sobre problemas financeiros para o financiamento de pesquisas. Assim, podemos notar na resposta desse licenciando a referência a elementos externos ao texto em um exercício de historicidade quando instado a interpretar com base no que mais chamou-lhe a atenção no texto lido.

Outro critério de noticiabilidade que também podemos identificar em uma das respostas dos licenciandos é o fator inesperado, como vimos com Traquina (2005). Na

resposta sobre se pediria a alunos de ensino médio que lessem o artigo que haviam acabado de ler, podemos notar na resposta de um licenciando como o fato da pesquisa constatar um fenômeno já observado descartaria a possibilidade dele ser trabalhado de alguma maneira no ensino médio:

“Não. (...) não é muito motivador, pois termina com a constatação do esperado. A experiência de Alinka, no exterior parece bem mais interessante.”

Esse licenciando colocou como justificativa para a não utilização do texto o fato de que ele não seria motivador, pois termina, segundo ele, com a 'constatação do esperado'. A seguir selecionamos um trecho do texto lido por ele que nos traz subsídios para a compreensão de tal posicionamento: “Os físicos verificaram então que a probabilidade de o hélio 6 quebrar-se é maior que a de outras partículas normais, cujo comportamento já havia sido caracterizado por meio de experimentos feitos por outros grupos de pesquisa nos últimos anos” (FIORAVANTI, 2006, p. 54). Quanto à pesquisa da física Alinka Lépine-Szily no exterior, chamada pelo licenciando de ‘bem mais interessante’, encontramos o trecho:

Esses trabalhos mostraram que os núcleos exóticos (...) fundem-se com outros núcleos do mesmo modo que os núcleos normais. (...) Essa conclusão contrariou não só a intuição mas também os modelos teóricos, segundo os quais os núcleos exóticos seriam doadores naturais de prótons ou nêutrons (idem).

Podemos notar no posicionamento desfavorável a utilização desse texto no ensino médio por esse licenciando o fato dele considerar relevante que o texto traga assuntos que ‘contrariem’ ou que estabeleçam algum tipo de controvérsia, ao contrário de assuntos que não provoquem essa ‘ruptura com a normalidade’. Também notamos na sua resposta a ocorrência da repetição formal, já que ele pareceu se deter ao texto nos trechos que ele considerou ‘interessante’ por contrariar a intuição e ‘constatar o esperado’ quando os fenômenos ocorridos já tinham sido observados. Tal discurso poderia ser remetido a um posicionamento que consideraria a imprevisibilidade como um valor necessário para a transformação de acontecimentos em notícias. Segundo Ponte (2006): “Porque o que acontece de forma

institucionalizada, repetitiva e em intervalos curtos não atrai tanto a atenção como a ruptura desse continuum (...). O inesperado encontra a sua margem de fascínio para jornalistas e auditório” (p. 209). Esse licenciando pareceu reforçar tal especificidade do discurso jornalístico com seu posicionamento, pois possivelmente para ele seria motivador se o texto trouxesse algo inesperado ou raro e que contrariasse o senso comum, provocando o fascínio dito por Ponte (idem).

Apesar de abordarmos como alguns valores-notícia são interpretados por esses licenciandos, lembramos que esses valores estão de alguma forma atrelados às esferas políticas dessas revistas, como o fato delas defenderem o aumento de verbas para as pesquisas científicas ou justificarem os investimentos que já estão sendo realizados. Podemos notar indícios desse movimento discursivo em uma das interpretações dos licenciandos, que, quando instado a mencionar o que mais havia lhe chamado a atenção no texto, respondeu:

“A narrativa do início, onde é falado como é retirada a amostra de grafite. E também o investimento feito pela FAPESP.”

No texto lido por esse licenciando podemos identificar um trecho na qual há indícios de ter sido uma condição de produção da sua resposta: “Os avanços dessa equipe não se restringem a essa refinada colagem. Como resultado das pesquisas que contaram com R\$ 1 milhão da FAPESP (...)” (ZORZETTO, 2006, p. 54). Podemos notar indícios da repetição formal, já que esse licenciando pareceu ter repetido com suas próprias palavras a intenção do autor em justificar um investimento de um milhão de reais feito pela Fapesp. Esse exemplo nos concede subsídios para a compreensão de como a política editorial da revista *Pesquisa Fapesp* está direcionada a justificar os investimentos da Fapesp e como ela é de alguma forma condição de produção para a interpretação do licenciando que leu esse texto.

1. 2. Recursos lingüísticos e textuais

Além de mencionarmos algumas interpretações dos licenciandos com relação a alguns critérios de noticiabilidade que podemos encontrar nessas revistas, também podemos

identificar outras interpretações ligadas a especificidades do discurso jornalístico referentes a recursos lingüísticos e textuais, como aberturas em forma de narrativa e o uso de figuras de linguagem como as analogias.

Quanto às aberturas, lembramos que nas revistas existe uma certa liberdade se comparadas ao jornal diário, pois os autores podem escapar da abertura noticiosa padrão e utilizar outros tipos textuais, como a narrativa. Podemos encontrar aspectos desses recursos no trecho abaixo em que é narrada, no primeiro parágrafo, a situação em que o físico selecionou o material de sua pesquisa:

Debruçado sobre uma bancada de fórmica branca, o físico peruano Juan Medina Pantoja cola uma fita adesiva em uma das faces de um bloco prateado quadrado menor que a unha do polegar. O material entre seus dedos é uma amostra de grafite ultrapura, que apenas sob certas condições comporta-se como metal (ZORZETTO, 2006, p. 54).

Podemos notar como o autor abriu o texto não com as informações básicas do lide (Quem? O quê? Onde? Quando? Como? Por quê?) e sim conciliou a prática da narrativa com a notícia, como nos diz Vilas Boas (1996). O licenciando que leu esse texto pareceu ter levado esses recursos em consideração quando instado a responder sobre o que mais havia lhe chamado a atenção no texto:

“A narrativa do início, onde é falado como é retirada a amostra de grafite...”

Quanto ao tipo de repetição, a sua resposta nos traz indícios da repetição formal, já que ele se detém, com suas palavras, na narrativa de como o físico selecionou a amostra de sua pesquisa. Tal interpretação parece ratificar as considerações de Sodré e Ferrari (1986) que as aberturas das notícias buscam chamar a atenção do leitor e conquistá-lo para a leitura do texto. Com esse objetivo os autores afirmam que pode ser necessária uma fuga da convencional abertura informativa, em busca de um estilo mais literário – como o uso nesse caso da narrativa – como uma possibilidade para interessar o leitor, idéia também defendida por Vilas Boas (idem). Além da abertura, também encontramos uma interpretação de um licenciando

aparentemente voltada para a importância do boxe para os textos jornalísticos, como explicado por Lustosa (1996). Ao ser questionado sobre se gostaria de saber mais alguma coisa sobre o assunto, podemos notar como ele se posicionou quanto à possibilidade de descrever detalhes fora do texto:

“(...) poderia colocar detalhes, dados ou outras coisas sobre o assunto separadamente do texto.”

Outro recurso incentivado na produção de textos jornalísticos para revistas que podemos identificar com alguma frequência nos textos lidos pelos licenciandos é a analogia. Como vimos com Vilas Boas (1996) o uso de comparações e analogias pode ser a “rota para as Índias” para a produção de textos jornalísticos para revistas, sendo que esse recurso também é incentivado na elaboração de matérias de jornalismo científico (BURKETT, 1990 e GOMES, 2007). Abaixo segue um exemplo da utilização de analogias em um dos textos lidos pelos licenciandos:

Trilhões de vezes menor que um grão de areia, um zévatron pode carregar energias macroscópicas. Receita para um desastre natural: faça um núcleo atômico crescer até atingir a desprezível massa de um miligrama. Agora dê a ele a energia de um zévatron e o lance contra a atmosfera terrestre. O impacto seria equivalente ao de um asteróide com a massa do monte Everest (8.848 m), viajando a 200 mil km/h (VIEIRA, 2006, p. 50).

A analogia parece ter chamado tanto a atenção desse licenciando que ele a reescreveu ao 'pé da letra', tendo inclusive o cuidado de utilizar aspas e reticências, na resposta sobre o que mais lhe chamou a atenção no texto lido:

“O tamanho de energia que possui esta partícula, que segundo a reportagem: ‘... faça um núcleo atômico crescer até atingir a desprezível massa de um miligrama. (...) O impacto seria equivalente ao de um asteróide com a massa do monte Everest (8.848m), viajando a 200 mil km/h...’.”

Nesse tipo de interpretação do texto realizado pelo licenciando podemos notar indícios da ocorrência da repetição empírica, quando a interpretação ocorre de forma mnemônica, não

historicizando o dizer, o que não é necessariamente ruim. O uso de uma analogia um tanto espetacularizada poderia estar criando condições para a inscrição desse licenciando na discursividade do texto. Lembramos o que nos diz Marcondes Filho (1986), que a notícia é a informação transformada em mercadoria com todos os seus apelos estéticos, emocionais e sensacionais. Com isso, podemos identificar uma possível intenção do autor em se inserir nesse campo discursivo, despertando sensações nos leitores, como a que obtivemos indícios a partir da manifestação do licenciando que leu esse texto.

Em outro exemplo de utilização de analogias nos textos de física lidos pelos licenciandos, podemos notar como os pesquisadores utilizaram uma analogia para explicar um fenômeno que até então não haviam notado e que foi importante para o desenvolvimento da pesquisa, pois, segundo o texto:

(...) ao examinar em detalhes os nanotubos gerados em seus experimentos, a equipe de pesquisadores (...) viu algo que ninguém tinha percebido ou dado importância: imagens de microscopia eletrônica revelaram a ocorrência de esferas sobre alguns nanotubos. Bolhas que lembram as gotas de orvalho que se formam sobre os fios de uma teia de aranha. (...) Era a pista de que precisavam para formular a sua teoria (PIVETTA, 2005a, p. 58).

O licenciando que leu esse texto, ao responder sobre o que mais lhe chamou a atenção no texto lido, também destacou a analogia do texto:

“O paralelo entre a formação dos nanotubos e processo de produção do orvalho.”

Nessa resposta podemos notar indícios da ocorrência da repetição formal, já que esse licenciando se deteve, com suas palavras, na analogia entre os nanotubos e a formação de orvalho que o texto expõe. Durante o diálogo mantido entre o pesquisador com a classe, após a leitura dos textos, esse licenciando, quando instado pelo pesquisador sobre a utilização de analogias no texto, ressaltou a importância da utilização de analogias para uma melhor explicação do fenômeno:

P: (...) Gostaria de saber se seria um problema, essas analogias, esses recursos.

(...)

Estudante: Eu acho difícil mostrar a realidade dos conceitos. São conceitos de difícil abstração, dependendo da pessoa que você vai apresentar. A analogia facilita a pessoa entender mais ou menos o que é o fenômeno.

A partir dessa resposta podemos notar indícios da repetição histórica, já que esse licenciando pareceu se remeter a um campo discursivo que ressaltaria a utilização de analogias para explicar fenômenos que fogem do senso comum, possivelmente ligado a sua memória discursiva. Podemos lembrar nessa fala o que nos diz Burkett (idem), que o jornalista científico poderia usar figuras de linguagem, como analogias, para retratar o que seria invisível para um não-cientista ou para uma pessoa treinada em ciência mas numa disciplina diferente e Gomes (2007) que classificou as analogias no jornalismo científico como um elemento explicativo, na qual o divulgador pressuporia conhecimentos já sistematizados pelo leitor. Essas considerações de alguma forma foram assumidas pelo autor durante a produção do texto e lembradas nas respostas do licenciando, estabelecendo uma certa interação entre interlocutores.

Podemos notar nas respostas transcritas nesta seção a menção a especificidades do texto de revista, quando os licenciandos se referiram às informações contidas na abertura e quando uma delas foi feita em forma de narrativa, um recurso incentivado nas aberturas dos textos para revistas. Outra característica desse tipo de texto notado por alguns licenciandos foi a utilização de analogias, recurso recomendado por autores da área de produção de revistas (VILAS BOAS, 1996) e do jornalismo científico (BURKETT, 1990 e GOMES, 2007).

1. 3. Aspectos sociais da ciência

Também podemos encontrar nas respostas dos licenciandos ao questionário do dia da atividade alguns aspectos sociais do desenvolvimento científico. No trecho abaixo, na resposta à questão sobre se gostaria de saber mais alguma coisa sobre o assunto lido, podemos notar como esse licenciando pareceu buscar informações exteriores ao texto, informações

relacionadas à sua memória discursiva, preocupando-se quanto a possíveis impactos da ciência no mundo:

“(...) como trata-se colidir partículas de modo que possa a atingir uma grande explosão, quase um “Big Bang”; pode-se portanto criar buracos negros em nosso planeta, devido a alta densidade concentrada em um único ponto. Fica-se esta discussão dos benefícios e contras ao LHC, gostaria de saber mais sobre o assunto de modo a avaliar melhor a situação.”

Apesar da questão colocada por esse licenciando ser uma controvérsia que alguns cientistas apontaram sobre o LHC e que circulou pela mídia quando esse acelerador foi colocado em funcionamento, o texto não menciona a possibilidade da criação de buracos negros no acelerador e, com isso, notamos como ele traz elementos externos ao texto na sua interpretação do mesmo e como estas parecem estar direcionadas aos benefícios e reveses da pesquisa científica para a sociedade. Na questão seguinte, sobre se pediria a alunos do ensino médio que lessem o texto e qual seria a finalidade dessa leitura se optassem favoravelmente ao texto, esse licenciando respondeu que pediria a alunos de ensino médio que lessem esse texto e, dentre suas justificativas, encontramos:

“Uma das finalidades deste artigo é analisar o desenvolvimento tecnológico, introduzir um pouco de história da ciência, falando de big bang, partículas elementares, nebulosas, quasares, etc. aumentando a curiosidade dos alunos pelo ensino de física. Falar um pouco de economia e critérios de inserção do mundo capitalista.”

Após apontar para os prós e contras do acelerador, esse licenciando novamente trouxe elementos externos ao texto ao estabelecer interpretações sobre ele, já que este não traz nenhuma informação sobre história da ciência ou critérios de inserção no mundo capitalista, sendo que esse licenciando aparentemente acreditaria que um dos critérios de inserção seria o desenvolvimento tecnológico. Em suas respostas podemos identificar indícios da ocorrência da repetição histórica, a que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva ou interdiscurso, pois elas se referem a tópicos não abordados no texto e, portanto, ligadas à sua memória.

Num outro licenciando também pudemos notar indícios de preocupação com as relações entre ciência e sociedade. Após manifestar que gostaria de conhecer mais sobre trabalhos envolvendo a aplicação da energia da fusão nuclear para o bem da humanidade na questão em que era questionado sobre o que mais gostaria de saber sobre o texto lido, esse licenciando disse que recomendaria o texto para alunos do ensino médio lerem e justificou dizendo:

“A finalidade seria trabalhar conceitos como fusão atômica, energia nuclear, Einstein, ambigüidade moral na ciência (...).”

Nesse caso também podemos notar indícios da repetição histórica, pois apesar do texto tratar de fusão atômica e energia nuclear, em nenhuma parte desse texto há considerações sobre a ambigüidade moral na ciência apontada por esse licenciando, o que caracteriza uma interpretação dele ligada a interdiscursos externos ao mesmo, característica da repetição histórica.

O posicionamento desses licenciandos quanto aos aspectos sociais da ciência parece reforçar as considerações de Castelfranchi (2008) sobre as funções do jornalista científico como um catalisador de um debate sobre questões éticas levantadas por práticas científicas ou por aplicações tecnológicas. Também notamos que esse assunto surgiu nas manifestações dos licenciandos mesmo quando o texto não abordava tais assuntos, sendo que em diversos momentos esses licenciandos pareceram realizar um exercício de historicidade ao relacionarem alguns impactos que a ciência traria à sociedade.

Não nos propusemos neste estudo a analisar possíveis influências sobre os licenciandos distintas do dia da atividade com os textos da *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Entretanto, não descartamos a possibilidade de que questões relacionadas aos modos de pensar a ciência estivessem relacionadas com o próprio programa da disciplina.

2. Linguagem da divulgação científica

Nas respostas ao questionário no dia da leitura de *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* e

durante o diálogo, após o recolhimento das respostas, surgiram também algumas interpretações dos licenciandos ligadas a linguagem dos textos de divulgação científica. Podemos notar na resposta a seguir, sobre se eles pediriam a alunos do ensino médio que lessem o texto que haviam acabado de ler, como o licenciando, cuja resposta apresentamos a seguir, pareceu acreditar que a leitura daqueles estudantes poderia promover a continuidade de leitura de textos dessa natureza:

(...) além de ter a possibilidade de incentivar os alunos a lerem mais textos de divulgação (João¹³).

Entretanto, apesar desse licenciando ter respondido dizendo que esses textos poderiam proporcionar condições para a continuidade da leitura de outros textos de divulgação, durante o diálogo estabelecido entre ele e o pesquisador após a atividade de leitura, podemos notar um posicionamento um tanto cuidadoso com respeito à possível adoção de textos dessa natureza no ensino médio:

Pesquisador: *Gostaria de saber o que vocês acharam da leitura. (...) O que vocês acharam? Leitura técnica demais?*

(...)

João: *Acho que se fosse trabalhar com os meus alunos teria que dar uma ajuda... em alguns conceitos... mas não é tão absurdo assim. Exige, se fosse uma aula, alguns conceitos básicos, fala de fusão nuclear, núcleos exóticos, isótopos, então teria que explicar isso daí, caso ele não soubesse, mas é interessante.*

P.: *Teria que ter uma explicação prévia?*

João: *Ou prévia; ou depois... para ajudar o aluno.*

Alguns minutos depois, ao ser questionado pelo pesquisador se a leitura tinha sido interessante ou chata, pudemos notar novamente a mesma preocupação com a questão de pré-requisitos exigidos pelo texto, sendo que a leitura seria chata para pessoas que não entendessem nada de física:

13 Utilizamos nomes fictícios. Como havia na turma apenas duas mulheres, usamos nomes masculinos para manter o anonimato de ambas.

Pesquisador: *Vocês acharam uma leitura chata ou interessante?*

João: *Interessante.*

José: *Também.*

João: *Poderia ser chata se a pessoa não entendesse absolutamente nada de física.*

Continuando a conversa, agora sobre os recursos que o divulgador utiliza no seu trabalho de divulgação de tópicos científicos, nesse caso as analogias, podemos notar o posicionamento favorável desse estudante em relação ao uso desses recursos com a finalidade de abranger um público maior que os especialistas, tornando-se acessível e prazeroso de ler.

Pesquisador: *(...) Então gostaria de saber se seria um problema, essas analogias, esses recursos.*

João: *Eu acho que não. Acho que não podemos ser arrogante a ponto de escrever um texto que só os físicos entendam.*

José: *Depende do público que você quer atingir.*

João: *Exatamente. Acho que não prejudica de forma alguma. Mais didático, mais prazeroso de ler.*

Apesar desse licenciando aconselhar a leitura de textos de divulgação científica para a manutenção do hábito de leitura, em vários pontos ele demonstrou uma certa preocupação com a linguagem dos textos e a abrangência do público-alvo além dos especialistas. Ao manifestar que a leitura poderia ser chata caso o leitor não entendesse nada de física e que um texto não pode ser escrito só para que os físicos possam compreender, podemos lembrar a fala de Gomes (2001) – baseada em Chaparro e Del Vechio sobre a revista *Ciência Hoje*, mas que também pode ser aplicada à revista *Pesquisa Fapesp* que esse licenciando leu – que a linguagem hermética dessa revista pode ser um dos fatores que têm impedido *Ciência Hoje* de alcançar integralmente o objetivo da divulgação científica. Para essa autora a revista está cada vez mais se distanciando de seu objetivo, limitando-se a um público cada vez mais específico e cada vez mais especializado.

Além da preocupação de João quanto a acessibilidade dos textos de divulgação, em outras situações podemos encontrar considerações dos licenciandos com relação ao nível de linguagem dos textos de divulgação e a controvérsia que eles provocam quando imaginados

em sala de aula no ensino médio, pelo fato de exigirem supostos pré-requisitos. Podemos notar no diálogo abaixo como esse tema é controverso:

Pesquisador: *Gostaria de saber o que vocês acharam da leitura. Comentassem o que leram. Se já leram divulgação científica antes. Aspectos gerais da leitura. O que vocês acharam? Leitura técnica demais?*

Fernando: *Não é muito técnica, mas o maior problema é o excesso de informação... Consegue explicar de uma maneira simples, bem explicativa...*

Lucas: *Pelo menos o texto que eu peguei eu não achei isso não. Uma pessoa normal, meu pai por exemplo, não vai entender nada.*

José: *Não sei se porque o meu texto é diferente, meu texto falava de física aplicada à biologia, medicina e genética e na economia. Tranquilo. Não tinha nada de técnico, o texto me informou normalmente (...). Não tinha nada de técnico não...*

Para compreender esses posicionamentos díspares entre Fernando, Lucas e José, olhamos para os textos lidos por eles. O texto lido por Fernando procurava divulgar como o grafite demonstrou, em determinadas situações, propriedades elétricas e magnéticas incomuns, surpreendendo os físicos. Já Lucas leu sobre um material líquido que está sendo utilizado para medir a radiação e José sobre como os físicos podem atuar em diversas áreas do conhecimento. Além de muitas outras diferenças possíveis, podemos notar nesses textos que os lidos por Fernando e Lucas divulgam informações sobre novas propriedades de materiais científicos, enquanto o texto lido por José mostra o campo de atuação de uma determinada profissão, nesse caso a de físico. Com isso, como apontado pelo licenciando José, consideramos que possivelmente o fato deles terem lido textos diferentes pode ter contribuído para que tenham tomado posturas diferentes: para José o texto foi 'tranquilo' e para Lucas uma 'pessoa normal' não entenderia. Lucas já havia manifestado preocupações com o nível requerido do texto na resposta ao questionário da atividade sobre o que mais lhe chamou a atenção, utilizando em vez do termo 'pessoa normal', 'pessoa comum':

Três aspectos chamaram atenção que são: O dosímetro agora ser líquido. A dificuldade que uma pessoa comum enfrenta ao ler o texto. No método anterior

*demorar até três (3) dias para saber o resultado*¹⁴.

O posicionamento desse licenciando sobre a dificuldade que uma 'pessoa comum' enfrentaria ao ler o texto, reapareceu no desenrolar da conversa, provocado pelo pesquisador:

Pesquisador: *Você está tocando em uma questão interessante, que muitos autores falam da divulgação científica, do jornalismo científico, que é o papel heurístico dos textos, ou seja, que uma pessoa ao ler o texto, mesmo que ela não entenda 100%, mas entenda 50 ou 20% do que está ali, mas pelo menos provoque a curiosidade. Para buscar outras fontes, para tentar ler um outro livro mais específico.*

Fernando: *Despertar o interesse... Para depois buscar algo mais característico.*

Lucas: *Ou não (celeuma na turma). O texto que eu li aqui, eu não teria curiosidade nenhuma de ler o que está por trás disso.*

P.: *Que texto você leu?*

Lucas: *Radiação sobre medida. Um que ele muda de cor quando passa uma radiação. Por exemplo, em termos técnicos, o que aconteceria com um líquido, isso sim, mas do jeito que ele aborda aqui, ele fala que o líquido é polidoismetoxilcincoetil sei lá, aí fica complicado isso daqui, agora alguém... Meu pai de novo para ler isso daqui, está me xingando...*

P.: *É, estamos chegando a conclusão que a linguagem não é tão comum assim né...*

Lucas: *É, eu falei desde o começo, que é complicado.*

João: *Às vezes a linguagem é simples mas confusa*

Lucas: *Ou não, o conteúdo dá para entender, muda de cor, aí beleza, agora a linguagem...*

Como já dissemos anteriormente, o texto lido por esse licenciando mostrou como um material líquido altera sua cor quando submetido a determinado nível de radiação. Podemos notar em sua fala que essa parte do texto que explica que o material muda de cor poderia ser considerada por esse licenciando como compreensível, com base quando ele diz 'isso sim'. Depois ele considerou complicado o aprofundamento de detalhes técnicos do líquido que o texto expõe. Segue abaixo esse trecho, que foi veiculado na revista *Ciência Hoje*:

A pesquisa começou há três anos como proposta de mestrado de Eric Alexandre

14 Grifo nosso.

Brito, aluno do DFM. (...) Um ano depois, os pesquisadores já haviam desenvolvido um protótipo utilizando o polímero conjugado poli[2-metóxi, 5(2'etil-helixiloxi)-p-fenilenovinileno] (MEH-PPV). Essa substância altera sua cor de acordo com a quantidade de radiação que absorve (FURTADO, 2005a, p. 58).

Esse trecho nos faz lembrar das colocações de Chaparro (*apud* GOMES, 2001) que critica *Ciência Hoje* por não ser um produto jornalístico, argumentando que:

(...) apesar das seções periféricas (como a que faz parte o texto lido por Lucas) escritas pelos profissionais da redação terem textos claros, redigidos com técnica jornalística, os artigos assinados pelos cientistas colaboradores freqüentemente afundam sob o peso de informações técnicas ou reflexões teóricas, sem cuidados de depuração e clareza (p. 106).

Apesar do texto lido por esse licenciando ser escrito por um profissional da redação, consideramos que essa afirmação de Chaparro se aplicaria a esse texto, por trazer informações especializadas, “exigindo leitores também especializados” (CHAPARRO *apud* GOMES, *idem*, p. 106). Segundo pesquisa de Gomes (2007), com textos da revista *Ciência Hoje*, o uso de termos especializados que ainda não fazem parte do vocabulário corrente de não-especialistas, sem qualquer esclarecimento, parece ser determinado pela idealização de leitores especialistas, sendo que isso ocorre com muita freqüência, em textos de autores cientistas, como apontado por Chaparro. No entanto, a autora estabelece que, nos textos produzidos por jornalistas esse tipo de situação também acontece – como no trecho citado acima – embora com uma incidência bem menor.

Outro licenciando também enfatizou a necessidade de pré-requisitos para interagir com esses textos de divulgação. Ao ser questionado sobre se pediria a um aluno de ensino médio que lesse o artigo, respondeu:

Não, pois considere o texto de difícil compreensão (tive muitas dificuldades). É pré-requisito para entender completamente o artigo conhecer ao menos um pouco como funciona a física quântica (Marcos).

O texto lido por esse licenciando procurava divulgar como estudos recentes estão

apresentando contribuições teóricas e experimentais que devem auxiliar no desenvolvimento do computador quântico. Pelo fato desse tipo de computador fazer parte da fenomenologia quântica, o texto traz alguns conceitos, como *éxciton*, *entrelaçamento quântico* e *bit quântico*. Podemos considerar que tais vocábulos possam ter sido condições relevantes que levaram esse licenciando a desaconselhar a leitura do texto para estudantes de ensino médio, já que ele mesmo manifestou ter tido dificuldades na leitura. Para ele, conhecer algumas noções de como funciona a física quântica seria uma condição para a compreensão 'completa' do artigo. Na pergunta do questionário sobre como acreditava poder aprender mais sobre o tema de física que mais lhe interessava, esse licenciando expressou uma certa coerência com esse posicionamento:

Óptica e eletromagnetismo. Creio que poderia aprender mais lendo alguns artigos, porém depois de já conhecer bem essas áreas, ou seja, depois de fazer essas disciplinas aqui na Unicamp¹⁵ (Marcos).

Após descartar a possibilidade de trabalhar o texto com alunos do ensino médio por acreditar que para a sua leitura seria necessária alguma noção de física quântica, na resposta transcrita acima podemos notar como ele mantém esse posicionamento em relação a ele próprio, já que só após passar pelas disciplinas ligadas aos temas no curso de física julga que poderia interagir com os artigos. Um imaginário da divulgação científica distinto dos objetivos dessa esfera, que é divulgar a ciência para um público além dos especialistas.

Assim, as considerações de Lucas e Marcos sobre a linguagem dos textos de divulgação científica colocam em xeque um dos conceitos mais básicos da divulgação científica e do jornalismo científico que é ser inteligível para um público mais amplo do que os especialistas. Recordamos com Thiollent (1983) que o jornalismo científico seria o conjunto das atividades jornalísticas dedicadas a assuntos científicos e tecnológicos direcionadas para o grande público dos não-especialistas e, considerando que Lucas e Marcos por diversas vezes apontaram que só pessoas com algum conhecimento prévio sobre os assuntos divulgados poderiam se interessar por esse tipo de leitura, para esses estudantes esse

¹⁵ Grifo do licenciando.

tipo de texto de divulgação científica poderia não ser adequado para um público não-especialista, contradizendo as concepções teóricas do jornalismo científico (THIOLLENT, idem e BUENO, idem) e, com isso, reforçando as críticas feitas a publicações dessa natureza (GOMES, 2001, 2007).

3. Textos de divulgação científica em classe no ensino médio: posições dos licenciandos

Nesta seção nos baseamos na questão do questionário do dia da atividade que solicitava aos licenciandos se posicionarem com relação à utilização do texto de divulgação lido no ensino médio, na qual questionamos se eles pediriam a alunos de ensino médio que lessem o texto lido por eles e, caso a resposta fosse afirmativa, o local em que seria realizada essa leitura. Questionamos também as justificativas para a negativa, caso optassem desfavoravelmente ao uso do texto no ensino médio. Para auxiliar-nos na tentativa de compreendermos tais posicionamentos também utilizamos algumas falas da discussão que ocorreu após a leitura dos textos.

Dentre os 23 licenciandos que responderam a questão, 15 deles, ou seja, pouco mais de 65% disseram que dariam o artigo para alunos do ensino médio lerem, enquanto que seis, ou pouco mais de 26%, disseram que não. Os dois restantes, menos de 9%, indicaram o uso como uma possibilidade em determinadas circunstâncias.

Nas respostas favoráveis ao uso do texto, podemos notar em algumas delas o objetivo da divulgação científica em mostrar outros aspectos da física distintos dos conteúdos normalmente contemplados no ensino médio.

“Sim, em casa para que eles vejam que a física não é só aquilo que eles vêem na aula.”

“Sim, eu aconselharia a ler (casa), pois com a leitura o estudante saberia que “uma coisa desta existe” e que realmente o estudo da física impressiona. Neste caso eu seria capaz até de ler junto para que pudéssemos debater juntos em sala de aula.”

Na primeira resposta podemos notar aspectos do imaginário desse licenciando com relação à divulgação científica possivelmente ligados a julgá-la um instrumento de abordagem de outras faces da física, além das usualmente vistas na aula. Já na segunda resposta consideramos o encantamento do licenciando com a temática do texto e com a própria física. Podemos relacionar tais imaginários sobre a divulgação científica aparentemente admitindo-a como um veículo de abordagem de aspectos da física exteriores ao que usualmente é visto no ensino médio. Também encontramos traços desse imaginário, ou seja, como possibilidade de abordagem de outros aspectos da física, em um diálogo mantido entre um licenciando e o pesquisador. Na resposta sobre se pediria a alunos do ensino médio que lessem o texto lido por ele, o estudante respondeu:

Sim, com a finalidade de informar sobre a profissão de físico e como ele interage com outras ciências (...).

Durante o diálogo sobre se seria necessário uma base teórica para compreender o texto e, por conseguinte, recomendar sua leitura para alunos do ensino médio, esse mesmo estudante aparentemente apenas manifestou-se favoravelmente ao uso do texto no ensino médio:

É então, o meu texto eu achei que seria legal, dar para um aluno que não é de física, de ensino médio, porque mostra uma visão diferente da profissão de físico.

Na continuação do diálogo, esse licenciando continuou defendendo a idéia de que recomendaria o texto para a leitura no ensino médio, já que ele proporcionaria a interação de aspectos da profissão do físico.

Pega por exemplo um texto que fala de partículas elementares ou sei lá um texto específico de conteúdo de física, talvez não interesse para o ensino médio, mas o texto que eu peguei falava de física sei lá em todas as áreas e de uma forma simples. Falou, que a física na medicina, é usado partícula para mostrar que a molécula de DNA tem aquela forma mesmo. Mas de uma forma simples. Então talvez seja interessante para os alunos do ensino médio falar assim: física não é aquele troço velho que faz fórmula e equação e tem coisas legais.

O texto lido por esse licenciando mostra como os físicos podem ajudar a resolver problemas na genética, na medicina e na liderança de equipes, parecendo se destacar dos textos lidos por outros licenciandos, que se atinham mais a conteúdos específicos de física. Também podemos notar no aluno anteriormente citado indícios da sua intenção em favorecer aos alunos do ensino médio o contato de outras faces da física além dos cálculos matemáticos.

Dentre as respostas favoráveis ao texto encontramos também a utilização do texto de divulgação científica somente com o auxílio do professor, devido ao fato desse texto conter conteúdos não abordados no ensino médio:

Sim. A leitura deveria ser feita em sala de aula pois há no texto termos que às vezes não são do conhecimento do aluno, sendo assim, seria possível uma breve explicação por parte do professor de cada “dívida”. A base da explicação do estudo é relacionada ao “spin”, propriedade do elétron que não é apresentado aos alunos no ensino médio.

Podemos notar nessa resposta como esse licenciando se imagina trabalhando tais textos no ensino médio, pois para ele o texto aborda assuntos que não são apresentados aos alunos desse nível de ensino, sendo que aparentemente para ele os alunos poderiam ter dificuldades em assuntos da física externos ao ensino médio e, por isso, precisariam do auxílio do professor para a solução das dúvidas.

Em duas respostas não favoráveis ao texto de divulgação, também notamos uma certa preocupação em diferenciar a física do ensino médio da do texto de divulgação que haviam acabado de ler:

Não, pois este artigo fala sobre assuntos não abordados no ensino médio e poderia levar o aluno a se perguntar o que são pions, muons e outras coisas e que não serão importantes a ele na hora do vestibular.

Não pediria, pois trata-se de um texto aparentemente desnecessário. É um assunto que não oferece possibilidades de associar com a matéria a ser dada.

No primeiro desses discursos notamos a posição do licenciando admitindo saber o que é importante para o vestibular e considerando que apenas isso interessaria, descartando assim a

possibilidade de trabalhar ou incentivar a leitura por alunos do ensino médio desse texto de divulgação. Por outro lado, não podemos descartar a possibilidade dele mesmo estar se perguntando sobre píons, múons e outras coisas de que o texto fala e daí considerar o texto de difícil compreensão. Quanto à segunda resposta, notamos que mesmo não se referindo ao vestibular, o seu critério para o 'não' indica a consideração do que é e do que não é necessário ensinar no ensino médio. Na resposta a seguir também encontramos uma possível referência à incompatibilidade entre os conteúdos dos textos de divulgação e do ensino médio:

Não. (...) O artigo trata de conceitos e estrutura da matéria, dificilmente abordada no segundo grau (matéria-onda) (...).

No texto lido por esse licenciando encontramos o trecho:

Os físicos verificaram que a probabilidade de esse núcleo exótico de hélio quebrar-se, após colidir com núcleos de alumínio, é somente de 10% a 20% maior que a de outras partículas que não apresentam uma nuvem pouco densa formada por dois nêutrons que giram ao redor do centro – o halo, típico do hélio 6.

Podemos notar nesse trecho alguns conceitos de estrutura da matéria, como 'núcleos exóticos' e 'nuvem pouco densa' lembrados pelo licenciando e com isso compreender seu posicionamento desfavorável à utilização desse texto no ensino médio por tais tópicos não serem contemplados nesse nível de ensino ou 'dificilmente abordados' como mencionou o estudante. Continuando a se preocupar com a incompatibilidade entre o texto e o ensino médio, após o diálogo sobre os pontos de vista dos licenciandos sobre a utilização de analogias nos textos de divulgação científica, esse mesmo licenciando aparentemente assumiu um posicionamento de que as analogias seriam inócuas na abordagem dos conceitos divulgados no texto, pois 'as bolinhas do ensino médio' não seriam capazes de explicar os conceitos de colisão da matéria.

Mateus: Meu texto falava de núcleos exóticos, fala de partículas, que os nêutrons formam um anel em volta do núcleo, isso daí, para quem não teve uma visão mínima de colisão da matéria, que é do ensino superior, aspecto

dual, o cara não vai entender com as bolinhas do ensino médio. (...) Em compensação, se esse texto for para o ensino público, não é legal, pois não vai conseguir tirar do texto tudo que ele precisa. Agora se for para uma classe de nível universitário aí compensa, porque ele já teve o mínimo de conhecimento para achar legal.

Pesquisador: *Então para você seria um empecilho (trabalhar esse texto no ensino médio)?*

Mateus: *(...) Tem que focar o conteúdo. (...) Ali tem um objetivo que tem um conteúdo. Ele é um texto que não pode passar para a escola gratuita. É uma coisa mais avançada. Para usar no segundo grau acho que pode e deve usar divulgação científica. Se for para um público já no nível superior aí usa esse, agora usar esse texto tem que ter um pouco a mais.*

Com base na sua última fala, que esse texto não poderia ser passado para a 'escola gratuita', pois seria um texto mais avançado, sendo que se for para um público de nível superior poderia ser utilizado o texto da *Pesquisa Fapesp* que ele leu. Possivelmente no imaginário desse licenciando a classificação de *Pesquisa Fapesp* como veículo de divulgação científica estaria em xeque, enquanto que para vários autores a divulgação científica deveria atingir um público maior que o de nível superior ou dos especialistas, como vimos com Bueno (1985); Gomes (2001); Thiollent (1983) e Burkett (1990).

Também não podemos deixar de notar que o licenciando se refere ao “ensino público” e depois à “escola gratuita” aparentemente julgando que lá o texto não seria compreendido.

Vimos nesta seção alguns aspectos do imaginário dos licenciandos que participaram desta pesquisa com relação à utilização do texto de divulgação científica das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* no ensino médio. Aparentemente, para alguns licenciandos o texto de divulgação poderia abordar outras faces da física distintas dos conteúdos normalmente contemplados no ensino médio, sendo que esse aspecto possivelmente gerou posicionamentos favoráveis à utilização do texto, como, por exemplo, a abordagem de aspectos da profissão do físico, e negativos, por tais tópicos não serem contemplados pelo vestibular ou porque não fazem parte da 'matéria a ser dada'. Também nos chamou a atenção o fato de um dos licenciandos se posicionar contrariamente ao uso do texto no ensino médio por ele ser mais 'avançado' e que por isso só poderia ser utilizado por um público de nível superior,

evidenciando possíveis questionamentos desse licenciando ao objetivo da divulgação científica que seria se direcionar para um público maior do que o de nível superior ou dos especialistas.

Também consideramos como condição de produção da leitura desses textos a polêmica envolvendo a inserção de tópicos atuais da física, referentes à física moderna e contemporânea, tópicos que essas revistas de alguma forma abordam, no ensino médio. Ostermann e Moreira (2000) já haviam notado o desafio da inserção de tópicos de física moderna e contemporânea no ensino médio quando revisaram uma quantidade maior de artigos que justificavam a atualização curricular em detrimento de artigos que efetivamente tratavam de concepções alternativas e propostas testadas em sala de aula para esses conteúdos. Para esses autores, colocar todas as reflexões sobre a física moderna e contemporânea na prática da sala de aula é ainda um desafio. Pudemos notar tal desafio quando os licenciandos imaginaram a abordagem no ensino médio de tópicos como: partículas elementares, spin, píons, múons, estrutura da matéria, matéria-onda, colisão da matéria, aspecto dual, entre outros.

Considerações finais

Apresentamos neste estudo algumas análises de interpretações na leitura por estudantes de um curso de licenciatura em física de textos de divulgação científica sobre física publicados em revistas de periodicidade mensal e que circulam no Brasil. Nossas análises basearam-se em aspectos da análise de discurso de origem francesa e em especificidades do jornalismo, tendo por objetivo compreender interpretações desse grupo de licenciandos ao lerem textos de divulgação científica sobre física nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Também buscamos compreender aspectos do imaginário desses estudantes sobre possibilidades de leitura desses textos por alunos do ensino médio.

Vimos modos diferentes de leitura e diversas repetições: formal nos momentos em que os licenciandos se detiveram no texto, verbalizando-o com as próprias palavras, empírica quando notamos a repetição 'papagaio' de uma analogia do texto e histórica quando encontramos indícios da inscrição de alguns licenciandos a uma rede de filiações ligadas à sua memória discursiva, principalmente em aspectos sociais da práxis científica. Todas essas repetições evidenciam a incompletude da produção da leitura, sendo que os sentidos não estão cristalizados nos textos de divulgação científica, nem em outros textos.

Especificamente sobre as condições de produção da leitura, o valor-notícia *proximidade* possivelmente atrelado ao histórico dessas revistas em defenderem o financiamento ou aumento de verbas para pesquisa – haja vista a relação delas com entidades científicas e, portanto, a disposição em enaltecerem os benefícios que o investimento em pesquisa poderia trazer ao país – poderiam ser considerados como condições de produção para a compreensão do estabelecimento de sentidos na leitura de alguns licenciandos. Outro critério de noticiabilidade notado foi o fator inesperado, quando um licenciando expressou que não recomendaria o texto para seus alunos porque ele 'constatou o esperado' e quando considerou uma pesquisa que contrariou as expectativas como 'bem mais interessante'. Seu posicionamento pareceu ter alguma relação com a práxis jornalística, pois, de acordo com o valor-notícia do inesperado, acontecimentos que rompem o previsto ou são raros possuem mais chances de serem transformados em notícia.

Além dos critérios de noticiabilidade, também identificamos outras interpretações dos licenciandos com relação aos recursos lingüísticos e textuais adotados pelos textos de divulgação. A importância de uma abertura que atraia a atenção do leitor para que ele leia o resto do texto e, para isso, a utilização de outros tipos textuais como a narrativa, fugindo da abertura noticiosa padrão, pôde ser identificada em uma das aberturas de um dos textos lidos pelos licenciandos, sendo que esse recurso aparentemente chamou a atenção de um deles, estabelecendo uma certa interação entre interlocutores. Outro recurso jornalístico aparentemente lembrado foi o *boxe*, quando um dos licenciandos sugeriu a colocação de detalhes fora do texto.

Outra condição de produção que obtivemos indícios na interpretação dos licenciandos foi o uso de analogias, que são uma recomendação tanto do campo de produção de revistas quanto do campo do jornalismo científico. Campos estes inclusos simultaneamente nas revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. Um dos licenciandos aparentemente interpretou de maneira empírica uma analogia do texto, sendo que a utilização de uma analogia um tanto espetacularizada poderia estar criando condições para tal repetição. Em outra interpretação ligada ao uso de analogias, um estudante defendeu o uso desse recurso para explicar fenômenos que fogem do senso comum, parecendo trazer elementos externos ao texto para defender esse posicionamento, uma característica da repetição histórica.

Alguns licenciandos se detiveram em aspectos sociais da ciência, mesmo quando o texto não trazia nenhuma informação sobre tais aspectos, parecendo assim realizarem um exercício de historicidade na abordagem de alguns impactos que a ciência poderia trazer à sociedade. Nesses casos podemos encontrar indícios da repetição histórica, quando a interpretação ocorreu com base em elementos ligados às memórias discursivas desses licenciandos.

Esses estudantes apontaram também para uma possível linguagem avançada das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* que haviam acabado de ler e, com isso, possivelmente estariam questionando o enquadramento dessas revistas na categoria de divulgação científica, já que para isso elas deveriam se direcionar para um público mais amplo que os especialistas ou de nível superior. Consideramos que tal situação notada pelos

licenciandos não seria inédita, pois já vem sendo apontada por alguns pesquisadores.

Quanto à utilização de tais revistas no ensino médio, vimos que aparentemente para alguns licenciandos o texto de divulgação poderia abordar outras faces da física distintas dos conteúdos normalmente contemplados no ensino médio. Consideramos que tal aspecto possivelmente gerou posicionamentos favoráveis à utilização do texto, como a abordagem de aspectos da profissão do físico, e adversos por tais tópicos não serem contemplados pelo vestibular ou porque não fazem parte da 'matéria a ser dada'. Tais posicionamentos nos permitiram apontar indícios do imaginário desses licenciandos sobre a física ensinada no ensino médio e a física presente em textos de divulgação científica. Apontamos também como condição de produção da leitura desses textos a polêmica envolvendo a inserção de tópicos referentes à física moderna e contemporânea no ensino médio, tópicos que essas revistas de alguma forma abordam. Pudemos notar tal situação quando os licenciandos imaginaram a abordagem de tópicos como: partículas elementares, spin, píons, múons, estrutura da matéria, matéria-onda, colisão da matéria, aspecto dual, entre outros, sendo que tal imaginário foi parte constitutiva nos discursos desses estudantes quando eles se posicionaram favoravelmente ou adversamente ao uso desses textos de divulgação no ensino médio.

O relacionamento entre os sentidos atribuídos à leitura de textos de divulgação científica das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp* por um grupo de licenciandos em física e algumas especificidades do campo jornalístico que fazem parte dessas revistas parece sugerir que a investigação de potencialidades e limites de revistas de divulgação científica, como as trabalhadas nessa atividade, em situações efetivas de ensino parece estar vinculada às condições em que esses textos são produzidos. Condições estas que ocorrem durante a batalha pelas mentes e corações dos leitores (ROSSI, 1985) pelos jornalistas, que estão de alguma forma imersos em esferas políticas que podem direcionar as especificidades do discurso jornalístico que mencionamos nesta pesquisa, como os critérios de noticiabilidade e os recursos lingüísticos e textuais, sendo que eles de alguma forma pareceram proporcionar condições para o estabelecimento de sentidos na leitura dos licenciandos, que manifestaram repetições de maneira empírica, formal e histórica.

Referências

- ADINOLFI, Valéria Trigueiro Santos. **Ética e mídia: os periódicos de divulgação científica brasileiros e seus discursos sobre ética da ciência**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2005.
- ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Revista Ciências da Informação**, Brasília, v. 25, n. 3, 1996.
- ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de e QUEIROZ, Elisabeth. Divulgação científica e conhecimento escolar: um ensaio com alunos adultos. **Caderno Cedes**, Campinas, n. 41, 1997.
- ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de e RICON, Alan Esteves. Divulgação científica e texto literário – uma perspectiva cultural em aulas de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 10, n. 1, 1993.
- ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. **Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis**. Campinas: Mercado de Letras, 2004.
- _____. O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica. In: ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de; SILVA, Henrique César da. **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas: Mercado de Letras, 1998.
- ALVETTI, Marco Antônio Simas. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista ciência hoje**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, UFSC, 1999.
- AMARAL, Luiz. **Técnica de jornal e periódico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1969.
- ANDRADE, Inez Barcellos de e MARTINS, Isabel. Discursos de professores de ciências sobre leitura. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, 2006.
- BERTOLLI FILHO, Claudio. A divulgação científica na mídia impressa: as ciências biológicas em foco. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, 2007.
- BRANDÃO, Helena Hathsue Nagamine. **Introdução à análise do discurso**. Campinas: Editora da Unicamp, 1991.
- BUENO, Wilson da Costa. **Jornalismo Científico no Brasil: Uma relação de dependência**. Tese (Doutorado em Comunicação) – Escola de Comunicação e Artes, USP, 1985.
- BURKETT, Warren. **Jornalismo científico: como escrever sobre ciência, medicina e alta tecnologia para os meios de comunicação**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1990.
- CARLI, Enio Borba. **Jornalismo científico e o ensino de ciências no Brasil: a utilização de notícias científicas no ensino de biologia, física e química do segundo grau**. Dissertação (Mestrado em Comunicação Social) – Instituto Metodista de Ensino Superior, 1988.
- CASTELFRANCHI, Yuriy. Para além da tradução: o jornalismo científico crítico na teoria e

na prática. In: MASSARANI, Luisa e POLINO, Carmelo. **Jornadas Iberoamericanas sobre la ciencia en los medios masivos: Los desafios y la evaluación del periodismo**. Santa Cruz de la Sierra: AEI, RICYT, CYTED, SciDevNet, 2008.

ERBOLATO, Mário. **Jornalismo gráfico: técnicas de produção**. São Paulo: Edições Loyola, 1981.

_____. **Técnicas de codificação em jornalismo: redação, captação e edição no jornal diário**. São Paulo: Ática, 1991.

FONSECA, Sarah Virgínia Filomena Leal Pinto da. **Os temas científicos e os meios de comunicação de massa**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, UFF, 1996.

FOSSEY, Marcela Franco. **A semântica global em duas revistas de divulgação científica: Pesquisa Fapesp e Superinteressante**. Dissertação (Mestrado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem, Unicamp, 2006.

GAMA, Liliane Castelões. **Divulgação Científica: leituras em classes de ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2005.

GASPAR, Alberto. **Museus e centros de ciências – conceituação e proposta de um referencial teórico**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, USP, 1993.

GENRO FILHO, Adelmo. **O segredo da pirâmide: para uma teoria marxista do jornalismo**. Porto Alegre: Tche, 1987.

GIRALDELLI, Carla Giulia Corsi Moreira. **Gestos de interpretação na leitura de um texto literário de divulgação científica: crianças em situação escolar**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2007.

GIULIO, Gabriela Marques di. **Divulgação científica e comunicação de risco – um olhar sobre Adrianópolis, Vale do Ribeira**. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Unicamp, 2006.

GOMES, Isaltina Maria de Azevedo Mello. O texto e o discurso na revista Ciência Hoje. In: GOMES, Maria Carmen Aires; MELO, Mônica Santos de Souza e CATALDI, Cristiane. **Gênero discursivo, mídia e identidade**. Viçosa: Editora da UFV, 2007.

_____. Revistas de divulgação científica: um panorama brasileiro. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 1, n. 23, 2001.

HENN, Ronaldo. **Os fluxos da notícia: uma semiose sistêmica**. São Leopoldo: Editora da Unisinos, 2002.

IVANISSEVICH, Alicia. Ciência fora do casulo. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 184, 2002.

JAGLE, Abram. Imprensa e educação científica. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 31, n. 6, 1979.

- JURBERG, Cláudia e MACCHIUTE, Bruno. Um olhar sobre as revistas: o caso da divulgação em câncer. **Intercom – Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, São Paulo, v. 29, n. 2, 2006.
- LAGE, Nilson. **Teoria e técnica do texto jornalístico**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- LANÇA, Tatiana. **Newton numa leitura de divulgação científica: produção de sentidos no ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2005.
- LUSTOSA, Elcias. **O texto da notícia**. Brasília: Editora da UnB, 1996.
- MANUAL de estilo Editora Abril: como escrever bem para nossas revistas. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, p. 26, 1990.
- MARCONDES FILHO, Ciro. **O capital da notícia: jornalismo como produção social da segunda natureza**. São Paulo: Ática, 1986.
- MARQUES DE MELO, José. Impasses do Jornalismo Científico. **Comunicação & Sociedade**, São Bernardo do Campo, v. 4, n. 7, 1982.
- MARTINS, Eduardo. **Manual de redação e estilo de O Estado de S. Paulo**. São Paulo: O Estado de S. Paulo, 1997.
- MARTINS, Isabel; CASSAB, Mariana e ROCHA, Marcelo Borges. Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 3, 2001.
- MARTINS, Isabel; NASCIMENTO, Tatiana Galieta e ABREU, Teo Bueno de. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, 2004.
- MASSARANI, Luisa. **A divulgação científica no Rio de Janeiro: algumas reflexões sobre a década de 20**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia e Escola de Comunicação, UFRJ, 1998.
- MEDEIROS, Flávia Natércia da Silva. As páginas de ciência de *prestige papers* brasileiros na cobertura dos transgênicos em anos de ‘hype’ (1999-2000). **Intercom – Revista Brasileira de Ciências da Comunicação**, São Paulo, v. 30, n. 1, 2007.
- MICHINEL, José Luis. **O funcionamento de textos divergentes sobre energia com alunos de física. A leitura no ensino superior**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2001.
- MONTENEGRO, Anisabel Glória Pachêco de. **A leitura de textos originais de Michael Faraday por estudantes do ensino fundamental e médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2005.
- MOTTA, Luiz Gonzaga. Teoria da notícia: as relações entre o real e o simbólico. In: PORTO, Sérgio Dayrell (org.). **O jornal: da forma ao sentido**. Brasília: Editora da UnB, 2002.

- MOURA, Mariluce. O nascimento de uma revista. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 47, 1999.
- NASCIMENTO, Tatiana Galieta. Contribuições da análise do discurso e da epistemologia de Fleck para a compreensão da divulgação científica e sua introdução em aulas de ciências. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, 2005b.
- _____. O discurso da divulgação científica no livro didático de ciências: características, adaptações e funções de um texto sobre clonagem. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 2, 2005a.
- OLIVEIRA, Odisséia Boaventura de. **Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na oitava série do ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp. 2001.
- ORLANDI, Eni Puccinelli. **Análise de discurso: princípios e procedimentos**. Campinas: Pontes, 2005.
- _____. **Discurso e leitura**. São Paulo: Cortez; Campinas: Editora da Unicamp, 1988.
- _____. Discurso, imaginário social e conhecimento. **Em Aberto**, Brasília, n. 61, 1994.
- _____. Divulgação científica e efeito leitor: uma política social urbana. In: GUIMARÃES, Eduardo (org.). **Produção e Circulação do Conhecimento: Estado, Mídia, Sociedade**. Campinas: Pontes Editores, 2001.
- _____. **Interpretação: autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. Petrópolis: Vozes, 1996.
- OSTERMANN, Fernanda e MOREIRA, Marco Antônio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, 2000.
- PÊCHEUX, Michel. **O discurso: estrutura ou acontecimento**. Campinas: Pontes, 2002.
- _____. Papel da memória. In: ACHARD, Pierre *et al.* **Papel da memória**. Campinas: Pontes, 1999.
- _____. **Semântica e discurso: uma crítica a afirmação do óbvio**. Campinas: Editora da Unicamp, 1988.
- PECHULA, Marcia Reami. A ciência nos meios de comunicação de massa: divulgação de conhecimento ou reforço do imaginário social? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 2, 2007.
- _____. Os signos míticos-sagrados na divulgação científica dos meios de comunicação de massa. **Comunicarte**, Campinas, v. 19, n. 25, 2002.
- PONTE, Cristina. **Para entender as notícias: linhas de análise do discurso jornalístico**.

Florianópolis: Insular, 2006.

RIBEIRO, Renata Alves. **Divulgação científica e ensino de física: intenções, funções e vertentes**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, USP, 2007.

RICON, Alan Esteves e ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Ensino da física e leitura. **Leitura: Teoria e Prática**, Campinas, v. 10, n. 18, 1991.

RODRÍGUEZ, Carolina Maria. **Língua, nação e nacionalismo: um estudo sobre o Guarani no Paraguai**. Tese (Doutorado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem, Unicamp, Campinas 2000.

ROSSI, Clóvis. **O que é jornalismo**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

SARIEGO, José Carlos Lopes. **Emprego de revistas de divulgação científica como instrumento na educação ambiental**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 1995.

SCALZO, Marília. **Jornalismo de revista**. São Paulo: Contexto, 2004.

SILVA, Henrique César da. **Discursos escolares sobre gravitação newtoniana: textos e imagens na física do ensino médio**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2002.

_____. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. 1, 2006.

SILVA, Hosana Salete Curtt da. **Artigos de divulgação científica e ensino de ciências: concepções de ciência, tecnologia, sociedade**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2003.

SILVA, José Alves da e KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científicas em sala de aula. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 18, n. 3, 2001.

SILVEIRA, Tatiana Scalco. **Divulgação e política científica: do bar do Mané à Ciência Hoje (1982-1998)**. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Instituto de Geociências, Unicamp, 2000.

SODRÉ, Muniz e FERRARI, Maria Helena. **Técnica de reportagem: notas sobre a narrativa jornalística**. São Paulo: Summus, 1986.

SOUZA, Guaracira Gouvêa de. **A divulgação científica para crianças: o caso da Ciência Hoje das Crianças**. Tese (Doutorado em Educação, Gestão e Difusão em Biociências) – Instituto de Bioquímica Médica, UFRJ, 2000b.

SOUZA, Suzani Cassiani de. **Leitura e fotossíntese: proposta de ensino numa abordagem cultural**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Unicamp, 2000a.

SQUARISI, Dad e SALVADOR, Arlete. **A arte de escrever bem: um guia para jornalistas e profissionais do texto**. São Paulo: Contexto, 2005.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, 1992.

_____. O potencial didático dos textos de divulgação científica: um exemplo em física. In: ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de; SILVA, Henrique César da. **Textos de palestras e sessões temáticas: III Encontro Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência**. Campinas: Graf. FE/UNICAMP, 2000.

_____. Grupo de trabalho de professores de física: articulando a produção de atividades didáticas, a formação de professores e a pesquisa em educação. **Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**. Águas de Lindóia, SP, 2002.

THIOLLENT, Michel. Jornalismo científico e suas funções no conjunto da comunicação social. **Comunicarte**, Campinas, n. 2, 1983.

TORRALES AGUIRRE, Daniel Idelfonso. **Jornalismo científico e nova educação: para a construção de nossa sociedade pós-industrial (humanista, científica e tecnológica)**. Tese (Doutorado em Comunicação) – Escola de Comunicações e Artes, USP, 1994.

TRAQUINA, Nelson. **Teorias do jornalismo: a tribo jornalística – uma comunidade interpretativa transnacional**. Florianópolis: Insular, 2005.

VILAS BOAS, Sérgio. **O estilo magazine: o texto em revista**. São Paulo: Summus, 1996.

WOLF, Mauro. **Teorias da comunicação**. Lisboa: Presença, 2006.

XAVIER, Maria Emília Rehder e KERR, Américo Sansigolo. A análise do efeito estufa em textos paradidáticos e periódicos jornalísticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n. 3, 2004.

ZAMBONI, Lilian Márcia Simões. **Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica**. Tese (Doutorado em Linguística) – Instituto de Estudos da Linguagem, Unicamp, 1997.

ZANOTELLO, Marcelo e ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, 2007.

Referências dos textos trabalhados na atividade

- BICUDO, Francisco. Golpe de vista. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 111, p.55-57, mai. 2005a.
- _____. O caos amigável **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 107, p.52-56, jan. 2005b.
- CÉSAR FILHO, Mário. Patrimônio cultural preservado. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 215, p. 52-53, mai. 2005.
- FIORAVANTI, Carlos. As longas asas dos neurônios. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 118, p. 52-55, dez. 2005a.
- _____. Choque de partículas. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 120, p.52-55, fev. 2006.
- _____. Mentis versáteis. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 104, p.50-53, out. 2004.
- _____. O frio e o calor que vêm dos ímãs. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 110, p.62-65, abr. 2005b.
- FRANCO NETO, Almiro. A hora e a vez da ferrita de cádmio. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 230, p. 42-43, set. 2006.
- FURTADO, Fred. Pesquisar e ensinar. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 232, p. 54-55, nov. 2006b.
- _____. Radiação sob medida. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 218, p.58, ago. 2005a.
- _____. Transmissão barata e eficiente. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 225, p. 44-45, abr. 2006a.
- _____. Visão eletrônica. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 216, p.56-57, jun. 2005b.
- MACEDO, Vanessa. Brasil na Grid. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 208 p.44-45, set. 2004.
- MATTOS, Rosa Maria. Simples, sensível e eficiente. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 229, p. 51, ago. 2006.
- MOEHLECKE, Renata. À espera de novas ondas. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 213, p.54, mar. 2005.
- OLIVEIRA, Marcos de. Altas energias. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 116, p.64-69, out. 2005.
- OUTRA forma de ver a fusão atômica. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 105, p.42-45, nov. 2004.
- PIVETTA, Marcos. Carbono em gotas. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 109, p.58-59, mar.

2005a.

_____. No embalo das bolhas. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 117, p.58-61, nov. 2005b.

PONTE delicada. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 115, p.45, set. 2005.

VIEIRA, Cássio Leite. Os zévatrons estão chegando. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, n. 223, p. 50-52, jan/fev. 2006.

ZORZETTO, Ricardo. Colméias de carbono. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 122, p.54-55, abr. 2006.

_____. Três passos adiante. **Pesquisa Fapesp**, São Paulo, n. 112, p.54-57, jun. 2005.

Anexos

Anexo I

EM DIA

FÍSICA País participa de projeto internacional para processar dados obtidos no acelerador LHC

Brasil na Grid

Um novo acelerador de partículas, o Large Hadron Collider (LHC), será inaugurado pelo Centro Europeu para Pesquisas Nucleares (Cern) em 2007 na Suíça. O objetivo do laboratório é descobrir o que é a matéria, do que ela é feita, qual a sua origem e como permanece unida formando objetos tão complexos como estrelas, planetas e seres humanos. Mas, para interpretar o imenso volume de dados que resultará das experiências feitas no LHC, será necessário o uso de uma tecnologia denominada Grid. A boa notícia é que o Brasil vai fazer parte desse projeto.

O LHC, um gigantesco túnel subterrâneo de 27 km de extensão, será capaz de provocar choques entre as partículas que compõem a matéria e desmembrá-las, tal como se encontravam logo após o *Big Bang*, a teoria mais aceita para a grande explosão que teria dado origem ao universo. A cada segundo, ocorrerão 40 milhões de colisões e, ao longo de um ano, a previsão de dados coletados será de 20 *petabytes* (1 *petabyte* = 10^{15} bytes). Uma das soluções propostas pelos físicos do Cern para manipular e proces-



DIVULGAÇÃO/CERN

O desenho indica a localização do túnel subterrâneo onde está sendo construído o LHC. Com 27 km de extensão, o túnel se encontra a cerca de 100 m abaixo da superfície, na fronteira da Suíça com a França

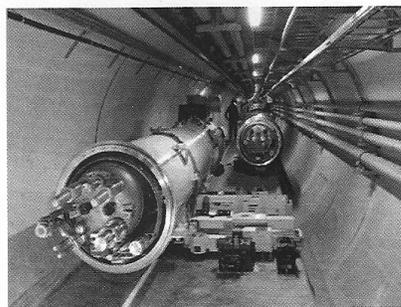
sações é criar uma avançada forma de comunicação e compartilhamento de dados, baseada na tecnologia Grid. A vantagem dessa opção é que ela permite a descentralização dos dados entre diversos países.

O Projeto de HEPGrid (High Energy Physics Grid) do Cern deverá contar com a colaboração internacional envolvida nos projetos do LHC: 56 participantes, entre países e organizações internacionais. Estados Unidos, França, Inglaterra, Alema-

nha e Itália já estão com projeto em andamento para armazenar parte das informações.

No Brasil está sendo articulado o grupo HEPGrid Brasil formado pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), pela Universidade de São Paulo (USP), pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (Unesp), pelas universidades federais do Rio de Janeiro (UFRJ), da Bahia (UFBA) e do Rio Grande do Sul (UFRGS) e coordenado pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), sob a supervisão do físico Alberto Santoro.

“Apesar de ainda não haver qualquer termo oficial assinado, o Brasil esteve na vanguarda do projeto de Grid para a física de altas energias desde o início. Discutimos com nossos colegas no exterior, fizemos propostas agressivas para trazer e atrair para o



O novo acelerador de partículas (LHC) em construção no túnel subterrâneo

país maior atenção e contribuição da comunidade. Tivemos sucesso em todas as nossas propostas e temos tido apoio internacional”, diz Santoro.

Segundo o físico, a finalidade da participação brasileira no Cern é a curiosidade científica, mas ele considera alta a probabilidade de que inúmeros resultados possam ser obtidos pelo país, como resultado desse esforço. “A realização do nosso trabalho implica a invenção de diversas soluções tecnológicas que poderão favorecer a fabricação nacional de produtos que atualmente importamos. Acho muito importante perceber o projeto sob essa perspectiva, pois, dessa forma, podemos encarar seu financiamento não como gasto, mas como investimento”, ressalta.

Embora o governo ainda não tenha liberado todo o orçamento necessário, a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) já está investindo na construção de um novo laboratório na Uerj que favorecerá a implantação de um avançado banco de dados para tornar a universidade apta a participar do HEPGrid Brasil.

“Também será necessário promover melhorias na infra-estrutura de rede da Uerj para que o banco de dados disponível seja acessado com facilidade. Nesse sentido, uma importante contribuição foi o Projeto Giga, da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), que proporcionou uma rede de alta tecnologia entre as principais instituições de ensino e pesquisa do Rio de Janeiro e São Paulo, incluindo a Uerj”, observa Santoro. “O Projeto Giga vai permitir a colaboração rápida e eficaz entre os colegas dos dois estados.”

Vanessa Macedo
Especial para *Ciência Hoje*/RJ

AGRONOMIA

CULTIVARES DE CAFÉ RESISTENTES À FERRUGEM

Cinco novas cultivares de café resultantes do cruzamento da variedade Catuaí com seleções de Híbrido de Timor acabam de ser disponibilizadas para cultivo comercial, graças a uma parceria entre a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (Epamig) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV). A variedade Catuaí é a mais plantada comercialmente no Brasil (com ótimas características agrônômicas e boa qualidade de bebida), e o Híbrido de Timor possui genes de resistência à ferrugem-do-cafeeiro. Portanto, além de apresentar as qualidades da Catuaí, as novas cultivares são resistentes à ferrugem.

Causada pelo fungo *Hemileia vastatrix*, a ferrugem é a principal doença do cafeeiro em todo o mundo, gerando perdas de 20% a 30% da produção de café quando não há controle químico, em geral feito com fungicidas sistêmicos ou à base de cobre. A doença apresenta surtos epidêmicos e é mais séria nos anos em que os cafeeiros têm produtividade elevada. Ataca sobretudo as folhas, ocasionando sua queda precoce e a seca dos ramos produtivos. Segun-



Lavoura da cultivar Catigua MG2 na Fazenda Experimental de Patrocínio (MG)

do o coordenador do Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro da Epamig/UFV, o agrônomo Antônio Alves Pereira, o plantio de variedades resistentes é a maneira mais fácil e mais econômica de evitar os prejuízos causados pela ferrugem.

Das cinco novas variedades, três (Catigua MG1, Catigua MG2 e Sacramento MG1) foram lançadas na Fazenda Experimental de Patrocínio e duas (Araponga MG1 e Pau-Brasil MG1) na de São Sebastião do Paraíso, ambas em Minas Gerais. Todas são de porte baixo, com cerca de 2 m de altura. Além de serem de fácil cultivo e economicamente vantajosas, ainda contribuem para a preservação do ambiente, já que permitem reduzir o uso de agrotóxicos. “As novas cultivares têm apresentado produtividade semelhante – e às vezes até superior – à das variedades comerciais de Catuaí”, comemora Pereira.

Desde o dia 18 de junho de 2004 toda farinha de trigo e de milho comercializada no Brasil deve ser enriquecida com ferro e ácido fólico antes de sair da fábrica. A medida da Anvisa pretende aumentar a ingestão das duas substâncias pela população. O ácido fólico previne a má-formação do tubo neural no feto, que pode resultar em anencefalia (ausência do cérebro), espinha bífida (malformação congênita que resulta no não fechamento das vértebras) e meningocele (defeitos na coluna). Já a adição de ferro à farinha tem a finalidade de prevenir a anemia provocada pela carência do metal. O Ministério da Saúde estima que cerca de 45% das crianças de até cinco anos tenham algum grau de anemia, doença que pode causar apatia e interferir no desenvolvimento intelectual e físico.

A partir do próximo ano, os veículos automotores serão obrigados a sair da fábrica com um novo extintor. O antigo modelo apagava o fogo em combustíveis líquidos (óleo e gasolina, por exemplo) e materiais elétricos energizados (como bateria e fiação elétrica). A nova versão, além das características da anterior, elimina as chamas dos materiais sólidos combustíveis: revestimentos, estofamentos, pneus, painéis e tapetes. O que torna o novo produto mais eficiente é a presença do fosfato monoamônico. Esse extintor tem garantia de cinco anos e não é recarregável. Para os veículos em circulação, haverá um programa de substituição entre 2005 e 2009.



■ CIÊNCIA

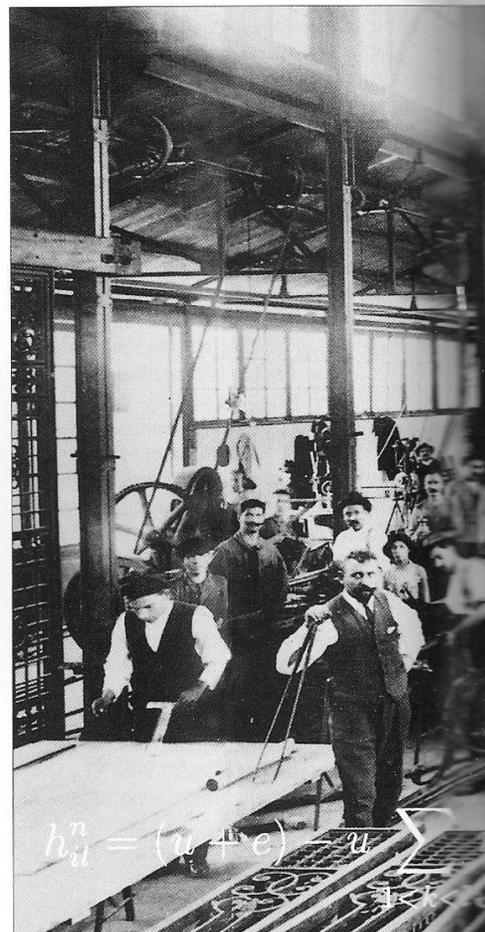
FÍSICA

Mentes *versáteis*

Físicos ajudam a resolver problemas na genética, na medicina e na liderança de equipes

CARLOS FIORAVANTI

A matemática na fábrica: estratégias de liderança determinadas a partir do apoio ou da rejeição do grupo



Para os físicos, não existem fronteiras que delimitem o espaço em que devem atuar. Não satisfeitos em explorar as entranhas dos átomos e os astros mais distantes do céu, começaram a ocupar outros territórios e a resolver problemas em genética, biologia e medicina – mais recentemente, também na economia e na administração de empresas. São incursões com estilo: em busca das regras simples que expliquem os fenômenos da natureza, eles não hesitam em deixar de lado detalhes que os especialistas de outras áreas consideram preciosos. E, dotados de uma notável capacidade de abstração, examinam fenômenos distintos – a propagação de tumores ou a flutuação do preço das ações nas bolsas de valores – a partir das mesmas técnicas matemáticas usadas em uma área da física, a mecânica estatística, para explicar as

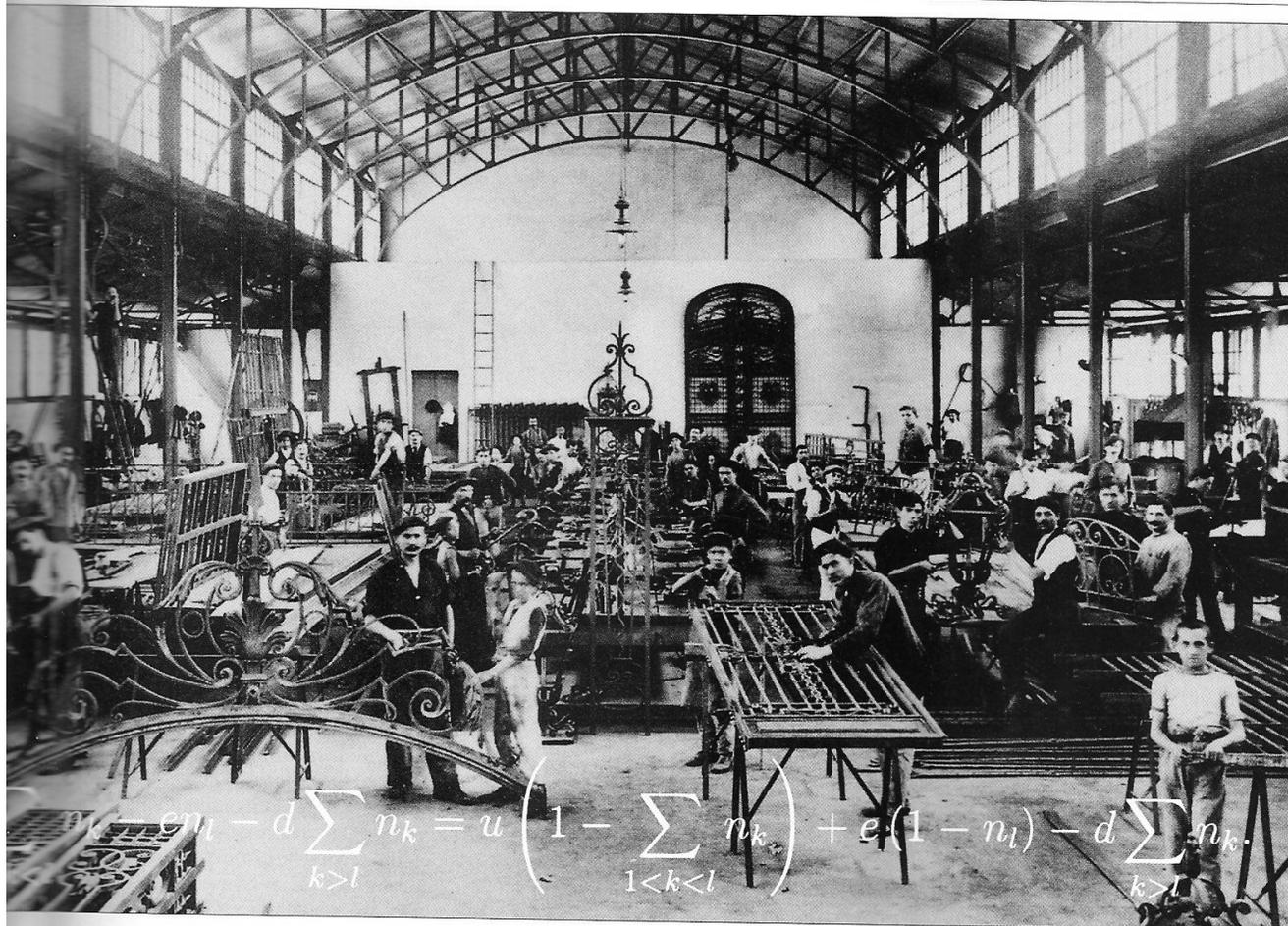
chamadas transições de fase, a exemplo da transformação da água em gelo.

No dia 8 de setembro, um encontro realizado no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) em homenagem aos 60 anos de José Fernando Perez, diretor científico da FAPESP e pesquisador na área de física matemática, deixou evidente essa versatilidade, com demonstrações de que os físicos também entendem de genes, de câncer ou de bolsas de valores. Nos últimos 20 anos, o próprio Perez aplicou os métodos da física matemática para criar modelos que explicavam fenômenos como a flutuação de populações de moscas ou a capacidade de alguns materiais de tornarem-se magnéticos de modo espontâneo.

“Nenhum fenômeno da natureza”, diz ele, “pode *a priori* ser excluído como objeto de estudo da física, que do ponto de vista epistemológico é uma

ciência arrogante. A física avoca a si o direito de estudar qualquer fenômeno natural”. No ano passado, Perez aproveitou o final de um debate sobre os 50 anos da descoberta da estrutura da molécula de DNA para, com certo humor, lançar uma provocação: “A moderna biologia deve cada vez mais ser percebida como um capítulo da física”.

A imagem do DNA - O desejo de intervir em outras áreas começou há pouco mais de 60 anos, quando o físico austríaco Erwin Schrödinger publicou o livro *What Is Life?*, aplicando conceitos da física para entender a surpreendente estabilidade da informação genética. Schrödinger também lançou a idéia de que os cromossomos de cada célula poderiam conter mensagens codificadas – era o código genético, mais tarde confirmado experimentalmente pelos biólogos. Foi outro físico, Francis



Crick, falecido em julho, que interpretou a imagem de raios X do DNA, para a qual a própria autora, a bióloga Rosalind Franklin, olhava sem sem imaginar que era a prova final da estrutura helicoidal da molécula responsável pela transmissão das características hereditárias entre os seres vivos.

De lá para cá, só cresceu a integração dos físicos com especialistas de outras áreas. “Além de empregar os princípios da física para compreender melhor a biologia, queremos, no sentido inverso, usar a biologia para entender a física”, diz o físico José Nelson Onuchic, co-diretor do Centro de Física Biológica Teórica (CTBP, na sigla em inglês), criado em 2002 na Universidade da Califórnia em San Diego (UCSD), nos Estados Unidos, com um financiamento de US\$ 10,5 milhões da Fundação Nacional de Ciência (NSF). Físicos e químicos do CTBP, trabalhando com

grupos experimentais, conseguiram demonstrar os princípios de enovelamento, agregação e reconhecimento de proteínas, já empregados no desenho de fármacos, e do funcionamento de canais de cálcio das células, com aplicações potenciais na regulação dos batimentos cardíacos.

Líder isolado - Mas quem não sabe o que é uma hamiltoniana ou um modelo de Ising, termos típicos no jargão dos físicos, pode ficar tranqüilo: cada vez mais os físicos procuram aprender a linguagem de outras áreas e tornar suas conclusões mais claras – ainda que seja um processo lento. Um dos palestrantes do encontro do dia 8, o físico português João Amaro de Matos passou dez anos estudando psicologia social, teoria econômica e sociologia, depois de se formar em física na USP e em administração de empresas pela Fundação

Getúlio Vargas de São Paulo. Foi como professor da Faculdade de Economia da Universidade Nova de Lisboa que chegou a um modelo matemático que sugere como deve agir um presidente de uma empresa, um professor ou, de modo geral, alguém que cuida de muitas pessoas, a partir do apoio ou da rejeição que receber do grupo.

De acordo com esse modelo, elaborado em conjunto com o economista Luis Almeida Costa, também de Lisboa, um presidente ou professor do tipo duro que se sinta isolado e sem apoio do grupo deve manter suas propostas na surdina e se comunicar apenas com os responsáveis pelos grupos de trabalho, até que as atitudes contrárias comecem a se diluir em meio à adesão crescente. Se contar com apoio de pelo menos uma parte do grupo, o melhor a fazer é fortalecer as equipes e incentivar a troca de idéias. “Esse modelo vai mostrar,

para cada situação, como controlar as interações entre as pessoas, de modo que todos sigam a atitude do líder do grupo”, comenta Matos, que foi aluno de mestrado e doutorado de Perez e morou no Brasil dos 14 aos 28 – hoje ele tem 43 anos.

O presidente da empresa ou o professor diante dos alunos, à medida que consigam mudar a atitude do grupo e ganhem adesões, comportam-se como os cristais que se formam na água prestes a se transformar em gelo e são capazes de atrair rapidamente outras moléculas de água e constituir cristais cada vez maiores, até toda a água congelar, a 0°C.

Publicada em 2002 no *Computational and Mathematical Organization Theory*, essa teoria explicou as estratégias inspiradas apenas na intuição e no empirismo, sem uma equação sequer. Um exemplo analisado pela equipe de Lisboa é a Divisão de Engenharia Aeroespacial da General Electric, tomada anos atrás por um turbulento processo de reformulação: em menos de dois anos, entraram e saíram três presidentes, até que um quarto conseguiu estabelecer os canais de comunicação mais adequados, eliminou os conflitos internos e retomou o caminho dos lucros.

Matos aplica o conceito de contágio de atitude para embasar também os mecanismos de sutis variações de preços nas bolsas de valores, regidas, de acordo com uma área relativamente nova, a econofísica, pelo comportamento de imitação: cada investidor compra ou vende ações de acordo com a tendência do momento, para evitar riscos e se manter no grupo a que pertence. “No mercado financeiro”, diz ele, “poucos sabem o que realmente estão fazendo”. Interações em rede e hierarquias explicam também como, no interior do corpo humano, as enzimas se organizam e os tumores se espalham.

Em busca de uma forma de diferenciar células normais das tumorais que facilite o tratamento médico, uma equipe do Instituto de Matemática e Estatística (IME) da USP e outra do Instituto Ludwig de Pesquisas sobre o

Câncer examinaram o comportamento de 376 genes de 99 amostras de tecidos de pessoas normais e de portadores de câncer do aparelho digestivo, normalmente diagnosticado já em estágio avançado. Num primeiro ensaio, realizado no início do ano passado, um computador do IME funcionou três semanas sem parar em uma análise exaustiva para identificar pequenos grupos de genes que revelassem a distinção entre as células.

Com base nos resultados desse teste, os pesquisadores desenvolveram mé-

Um presidente de empresa ou um professor do tipo durão que se sinta isolado deve manter suas propostas na surdina, até que as atitudes contrárias comecem a se diluir

todos alternativos de busca, mais realistas do ponto de vista computacional, sem comprometer a eficácia na identificação de grupos de genes que poderiam funcionar como classificadores, capazes de diferenciar uma célula normal de uma alterada.

Biochip - “É muito fácil gerar classificadores”, comenta o físico Eduardo Jordão Neves, coordenador da equipe do IME, que também apresentou seus resultados mais recentes no encontro do dia 8 na USP. “Difícil é encontrar aqueles realmente importantes, que possam ser extrapolados e empregados em outras situações.” A carreira científica de Jordão Neves iniciou-se com sua tese de mestrado, orientada por Perez, com importantes contribuições ao estudo matemático de modelos sobre materiais magnéticos.

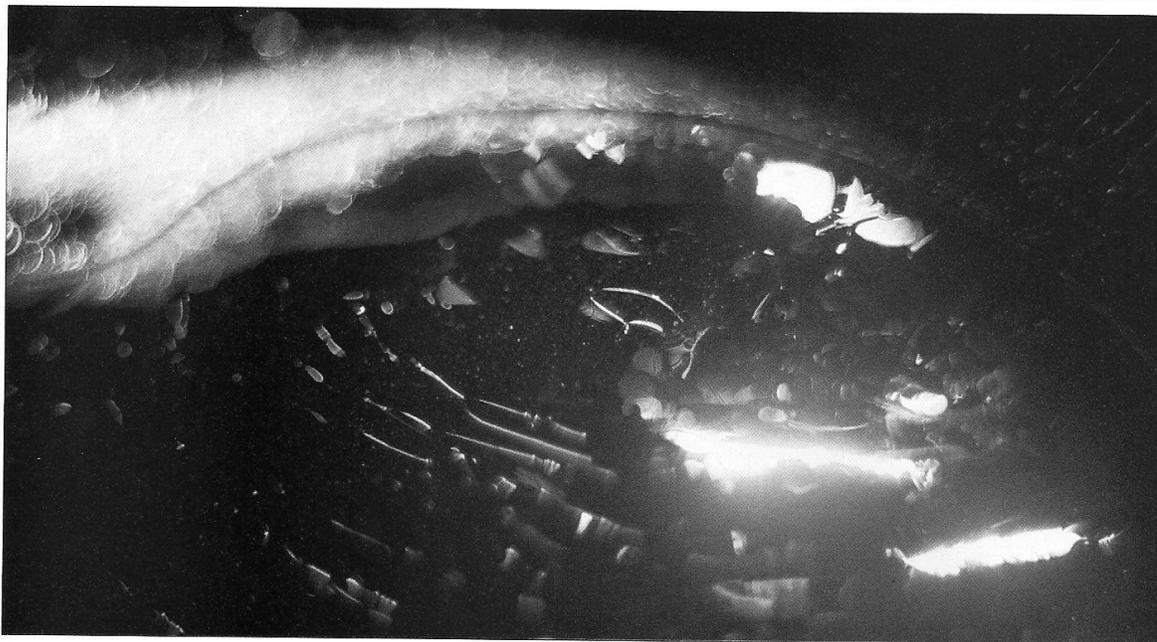
Analisando as informações geradas por lâminas de vidro que revelam a

atuação mais ou menos intensa de cada gene – os biochips –, os pesquisadores identificaram 41 duplas e 37 trios de genes que podem atuar juntos, mas de modo inverso: nas células normais, um deles pode ser produzido a mais e o outro ou os dois outros a menos, enquanto nos tumores ocorre o contrário. “A maneira de analisar dados gerados por biochips requer um forte conhecimento de matemática e de estatística que nós, médicos, não temos”, diz o médico Luiz Fernando Lima Reis, chefe do grupo do Ludwig e co-autor desse estudo, publicado em fevereiro na revista *Cancer Research*. Segundo ele, esse trabalho ajudou a criar classificadores moleculares para identificação precoce de outros tipos de tumores de cabeça e pescoço, prevendo quais indivíduos devem receber um tipo ou outro de tratamento.

Tapete vermelho - Algo mudou. Os físicos, que antes tinham o hábito de entrar aonde não eram chamados, agora são convidados e valorizados, numa época em que biólogos moleculares, geneticistas, biólogos em geral e médicos se vêem diante de um volume indescritível de informações. Há dez anos se estudava um gene por vez, mas hoje um conjunto de biochips analisa a ação de 10 mil genes a um só tempo.

Em março de 1999, ao discursar na celebração do centenário da Sociedade Americana de Física (APS, na sigla em inglês), o médico norte-americano Harold Varmus, então diretor dos Institutos Nacionais de Saúde (NIH) dos Estados Unidos, destacou o valor dos métodos de trabalho e dos equipamentos criados pelos físicos, como a radiografia, a tomografia, a ultra-sonografia, a ressonância magnética e a microscopia eletrônica, que colocaram a pesquisa biomédica em outro patamar.

Em seguida, Varmus lembrou que foi um físico matemático, Warren Weaver, quem primeiro usou o termo biologia molecular em 1932, sob o argumento de que, já naquela época, “a distinção entre física e química e mesmo matemática de um lado e biologia de outro seria tão ilusória quanto infeliz”. Por fim, talvez para não deixar o ego dos físicos inflar demais, o diretor



MIGUEL BOYAYAN

A transformação da água em gelo: modelo para entender outros fenômenos da natureza

dos NIH comentou que a luta contra as doenças depende também das energias de especialistas de outras áreas, como engenharia, ciências da computação, psicologia, sociologia e antropologia.

Evidentemente, a rapidez e a relevância dos resultados são proporcionais à capacidade de interação entre os especialistas das mais diversas áreas, possibilitada por uma linguagem comum. “Meu grupo se dispôs a entender um pouco mais de matemática, do mesmo modo que a equipe de Jordão Neves estudou biologia com mais atenção”, conta Reis, do Ludwig. “Ambos cedemos e hoje não falamos mais 100% grego uns para os outros.”

No Instituto de Física de São Carlos (IFSC) da USP, José Fernando Fontanari avançou mais facilmente em uma de suas linhas de trabalho, sobre os modelos matemáticos que tentam explicar o surgimento e a organização dos primeiros seres vivos, quando se aliou a um biólogo teórico, Eörs Szathmáry, do Collegium Budapest, na Hungria. Na Faculdade de Medicina da USP Eduardo Massad, que se graduou em medicina e em física, coordena um grupo com outros físicos e médicos para prever as possibilidades de disseminação de doenças como a febre amarela

ou a dengue, por meio de equações que levam em conta variáveis como a taxa de transmissão dos agentes causadores e o número de pessoas que o mosquito transmissor pode picar em um dia.

Limites - Os físicos sabem: suas propostas só serão realmente entendidas quando embaladas nos referenciais teóricos conhecidos pelos especialistas de outras áreas. “Não adianta chegar com modelos prontos e publicar os resultados apenas nas revistas de física”, comenta Matos. Eles também sabem que devem tomar cuidado ao aplicar os modelos matemáticos à realidade. Formulações mais realistas abdicam do gelo, formado apenas por moléculas de água, para se inspirarem em materiais sem estruturas definidas, como o vidro, constituído por elementos diferentes entre si, cada um interagindo com outro de modo próprio. De qualquer maneira, fica claro que a competência em lidar com estruturas matemáticas que descrevem sistemas complexos pode se espalhar do ferromagnetismo para ambientes tão diversos quanto a bolsa de valores ou um biochip.

Mesmo assim, nem sempre os físicos são capazes de expressar em fórmu-

las a complexidade da natureza. Em uma célula, a rede de interações entre as moléculas é absurdamente emaranhada. As ciências humanas também carregam a imprevisibilidade, já que as pessoas podem mudar de comportamento movidas pela própria vontade, diferentemente de um átomo. O físico Christof Koch e o biólogo Gilles Laurent, do Instituto de Tecnologia da Califórnia, Estados Unidos, em um artigo publicado na *Nature* em 1999, indicaram uma diferença básica entre o cérebro e grandes sistemas físicos como as galáxias: “O cérebro tem uma função, que é proteger o indivíduo (ou sua pele) em seu ambiente e assegurar a continuidade de seu genoma”. Já os aglomerados de estrelas teriam apenas uma *brute existence* – puramente física.

Mas os físicos acreditam que ainda podem ir muito além, como afirmou o norte-americano Robert Laughlin em uma conferência em San Diego em 2000, dois anos depois de ter ganhado o Nobel de Física: mais do que serem meros coadjuvantes e simplesmente fazer cálculos, os físicos é que devem dizer o que é realmente importante em cada área da ciência. Schrödinger, com o *What Is Life* em mãos, estaria de pleno acordo.

EM DIA

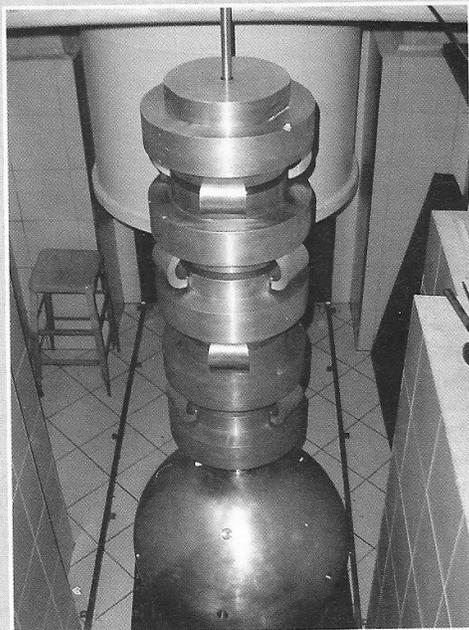
FÍSICA Pesquisadores do Inpe montam detector para captar oscilações gravitacionais

À espera de novas ondas

A disputa pela detecção de ondas gravitacionais ficou mais empolgante depois que um grupo de pesquisadores holandeses colocou em funcionamento, em novembro de 2004, o primeiro detector com antena esférica do mundo. Mas por muito pouco o Brasil não ganhou esse título: a iniciativa de reavivar o projeto de construção desse tipo de detector, proposto há 33 anos, partiu de uma equipe do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

“Perdemos a primeira corrida por estarmos aguardando a chegada de algumas peças importadas e equipamentos que os holandeses conseguiram mais rápido”, conta o físico Odylio Aguiar, chefe do projeto brasileiro no Inpe.

Detector de ondas gravitacionais do projeto Graviton



Ele também comenta que um terceiro detector será montado em Roma. “O nosso deverá entrar em operação antes do italiano”, avisa.

Aguiar destaca que a detecção de ondas gravitacionais vai se tornar uma nova janela para a observação do universo e representará o início de uma nova era na física. “Ela não só deverá comprovar a existência das ondas gravitacionais, anunciada por [Albert] Einstein [1879-1955], como também poderá mostrar eventos no universo que ainda nem conhecemos.”

Os cientistas esperam que as primeiras ondas gravitacionais sejam captadas dentro dos próximos anos. A onda gravitacional é semelhante à eletromagnética. Mas em vez de ser produzida pela oscilação de cargas elétricas, ela é formada pela vibração de corpos de grande massa. Assim como as ondas eletromagnéticas, as ondas gravitacionais viajam com a velocidade da luz.

Segundo Aguiar, as maiores ondas gravitacionais que chegam atualmente à Terra, que poderíamos chamar de ‘havaianas’, são em geral emitidas pela movimentação de buracos negros e estrelas de nêutrons, corpos compostos de imensa quantidade de massa compacta. Apesar do tamanho desses astros, a amplitude das oscilações chega ao planeta um bilhão de vezes menor que o diâmetro de um átomo. “Isso explica a dificuldade dos cientistas de captar esse tipo de onda”, diz o físico do Inpe.

A versão brasileira do equipamento está prevista para 2005. O aparelho holandês, que recebeu o nome de MiniGrail, já está ins-

talado na Universidade de Leiden, na Holanda. Semelhante à futura versão brasileira, o detector esférico possui seis sensores espalhados de forma homogênea em sua superfície. Esse posicionamento permite, caso uma onda gravitacional seja detectada, que os captadores digam em que ponto do céu a oscilação se originou e qual a sua polarização. “Esse é o diferencial do novo detector: o convencional, em formato de barra, não fornecia esses dados”, observa Aguiar. Em contrapartida, esses seis sensores (ou transdutores) são necessários, em vez de apenas um. Só agora os cientistas tiveram condições de trabalhar com essa tecnologia de utilização de vários transdutores e, por isso, o projeto original do físico norte-americano Robert Forward demorou tanto tempo para ser desenvolvido.

O físico também explica que o interior do aparelho deve funcionar sob temperaturas mais baixas que 269°C negativos. “O calor pode ser responsável por um ruído térmico, o que causaria falsas vibrações”, esclarece.

Existe outra técnica de detecção que utiliza interferometria a laser. Detectores com essa técnica estão sendo construídos em projetos que custam cerca de US\$ 100 milhões ou mais. O detector brasileiro sairá, no entanto, bem mais barato: por volta de US\$ 700 mil. “Mas isso não significa que a nossa tecnologia seja pior ou menos eficiente do que a deles”, adverte Aguiar.

Renata Moehlecke
Ciência Hoje/RJ

CIÊNCIA

FÍSICA

Outra forma de ver a fusão atômica

Experimento redefine o conhecimento sobre a interação de núcleos, da qual resulta a energia do Sol

Com frequência, a natureza se revela mais complexa do que os físicos gostariam e os obriga a repensar os modelos criados para explicá-la. Um experimento realizado na Bélgica com a participação de uma pesquisadora brasileira esclarece uma dúvida que inquietou os físicos nos últimos 20 anos: saber se um tipo especial de núcleo atômico – com partículas neutras (nêutrons) a mais e quase o dobro do tamanho normal – tornaria de dez a cem vezes mais fácil a fusão nuclear. Nesse fenômeno, os núcleos de dois átomos se unem e originam outro mais pesado, liberando quantidades elevadas de energia. Possivelmente o mais completo feito até agora, esse estudo revela que lançar um núcleo exótico a altíssimas velocidades contra o núcleo de outro átomo não aumenta a probabilidade de ambos se fundirem com o choque. Também não diminui. Essa supertrombada atômica gera outra forma de interação: o núcleo atômico comum recebe desse tipo de núcleo, chamado exótico, seus nêutrons excedentes, que provavelmente orbitavam ao seu redor formando uma espécie de nuvem, como informam os dados publicados em 14 de outubro na *Nature*.

Núcleo em expansão,
óleo sobre tela de
Iberê Camargo, 1965





FUNDAÇÃO IBERE CAMARGO

“Esse resultado não significa que retornamos à estaca zero, mas, ao contrário, saímos dela”, afirma a física Alinka Lépine-Szily, da Universidade de São Paulo (USP), co-autora do estudo da *Nature*. “Os modelos teóricos que indicavam uma probabilidade maior de ocorrer fusão nuclear nesses casos terão de ser revistos, agora com base em informações detalhadas.” Quem não se deixou apaixonar pela beleza da física pode até achar que essa descoberta não passa de detalhe. Mas não é. A fusão nuclear é a fonte de energia das estrelas como o Sol.

No interior das estrelas, a fusão ocorre porque a força gravitacional exerce uma pressão que aproxima os núcleos uns dos outros. Parte da energia liberada escapa na forma de radiação e torna possível a vida na Terra. É também a fusão dos núcleos atômicos de elementos químicos mais leves e simples – como o hidrogênio, formado apenas por uma partícula de carga elétrica positiva (próton) – que origina os núcleos de átomos maiores e mais pesados, a exemplo do hélio, do lítio e do carbono.

O interesse em compreender e dominar a fusão nuclear surgiu no início do século passado, quase 2.500 anos após o filósofo grego Leucipo postular que a matéria era constituída por átomos. No final da década de 1930, às vésperas da Segunda Guerra Mundial, o físico alemão Hans Bethe constatou que a fusão dos núcleos de dois átomos de hidrogênio liberava energia. Nessa fase de turbulência política e instabilidade econômica, esse fenômeno físico passou a ser visto como pos-

sível fonte de energia alternativa aos combustíveis fósseis – em especial carvão e petróleo.

A compreensão de como se comportam as partículas no núcleo dos átomos daria também ao ser humano um poder de destruição jamais visto, com o uso da fusão para a produção de poderosíssimas armas nucleares, como a bomba de hidrogênio ou bomba H –

Já usada em bombas de hidrogênio, a fusão nuclear pode se converter em uma possível alternativa aos combustíveis fósseis

já as bombas atômicas, como as lançadas sobre o Japão, são produzidas com base no fenômeno oposto, a fissão nuclear, em que o núcleo de átomos grandes se rompe, liberando energia. Na bomba H, a união dos núcleos de deutério – forma particular de hidrogênio cujo núcleo contém um próton e um nêutron – origina o elemento químico hélio, numa transformação semelhante à observada no interior do Sol. Ao se combinarem, esses núcleos perdem menos de 1% de sua massa, que se transforma em uma verdadeira montanha de energia, como prevê uma das mais conhecidas equações da física, desenvolvida por Albert Einstein, $E = mc^2$. Essa fórmula indica que a energia (E) produzida numa reação nuclear corresponde à massa (m) perdida multiplicada pela velocidade da luz (c) elevada ao quadrado – daí o valor ser tão elevado.

Mas não é tão simples repetir por aqui o que se passa no coração das estrelas. No cerne desses corpos celestes a pressão gravitacional e as temperaturas são tão elevadas que núcleos atômicos distintos se aproximam a ponto de conseguir se unir, vencendo a força de re-

pulsão. Até é possível atingir de modo artificial temperaturas tão elevadas, mas o consumo de energia é tamanho que praticamente torna a fusão inviável do ponto de vista econômico – só para ter uma idéia, é necessário explodir uma bomba atômica para iniciar a fusão dos núcleos na bomba H.

Em 1985, a equipe do físico Isao Tanihata, do Centro de Física Nuclear do Japão, notou que núcleos exóticos de lítio, chamados Lítio 11, contendo oito partículas neutras, eram mais volumosos do que seria de esperar. O motivo é que dois dos seus quatro nêutrons excedentes não permanecem coesos no núcleo, mas formam uma nuvem de nêutrons – na natureza, o núcleo do lítio contém apenas quatro nêutrons, além de três prótons.

Nesses núcleos exóticos, que duram menos de um segundo depois de criados, algumas dessas partículas neutras permanecem mais afastadas, formando uma espécie de nuvem ou halo, como dizem os físicos. Logo se imaginou que, menos coesos, núcleos exóticos facilitariam a fusão. Além disso, por apresentarem uma massa maior, era de supor que a força de atração entre os núcleos passasse a atuar a distâncias maiores e, desse modo, compensasse a força que repele as partículas de mesma carga elétrica – positiva, no caso dos prótons dos núcleos atômicos, como os retratados pelo pintor gaúcho Iberê Camargo na obra da página anterior.

O paradoxo do hélio 6 - Uma equipe internacional coordenada por Atsumasa Yoshida, do Japão, e Cosimo Signorini, da Itália, tentou comprovar a maior probabilidade da fusão de núcleos exóticos, em experimentos com Berílio 11 (com quatro prótons e sete nêutrons), mas os resultados foram negativos. Outro teste realizado por James Kolata, da Universidade Notre Dame, em Indiana, Estados Unidos, revelou o oposto: a fusão nuclear ocorria mais facilmente com o hélio 6. Com esses resultados, era impossível chegar a uma conclusão. Na tentativa de desfazer a dúvida, Jean Luc Sida, da Comissão de Energia Atômica, na França, reuniu um grupo internacional – formado por físicos belgas, franceses, italianos, poloneses e brasileiros – para realizar um experimento mais completo e uma análise mais detalhada que as anteriores.

O PROJETO

Estudo dos núcleos exóticos com feixes radioativos produzidos no laboratório Pelletron-Linac

MODALIDADE

Projeto Temático e Pronex

COORDENADORA

ALINKA LÉPINE-SZILY – USP

INVESTIMENTO

R\$ 600.723,48 (FAPESP e CNPq)



Representação
de uma colisão
atômica: nem
sempre há fusão

Utilizando o acelerador de partículas do Centro de Pesquisa de Ciclotron em Louvain-la-Neuve, os físicos lançaram núcleos de hélio 6 contra núcleos bem maiores, de urânio 238 – algo como sacar uma bola de tênis a velocidades próximas à da luz contra uma de futebol de campo. Se tudo desse certo e o hélio 6 facilitasse a fusão completa, deveriam surgir núcleos de um elemento químico ainda maior e mais pesado: o plutônio 244, com 94 prótons e 150 nêutrons. Quase instantaneamente após a fusão, o plutônio sofreria fissão e se dividiria em dois outros elementos químicos, emitindo radiação. Ao mesmo tempo, como se verificou, haveria emissão de partículas alfa, formadas por dois prótons e dois nêutrons, idênticos ao núcleo de hélio 4, características das reações nucleares.

Análise inicial dos dados, feita por Riccardo Raabe, primeiro autor do estudo da *Nature*, mostrou que realmente o hélio 6 havia provocado um número maior de fissões que o hélio 4. Mas essa era parte da informação. Faltava verificar o que havia se passado no início desse processo de transformações e disparado a fissão – toda fusão nuclear é seguida de fissão, mas nem toda fissão é causada pela fusão de núcleos atômicos. Quando avaliou o caminho que as partículas alfa percorriam até os detectores e a energia com que ali chegavam, o grupo do qual participou Alinka constatou que elas resultavam da perda de dois nêutrons do hélio 6 – aqueles que formavam o halo – para o núcleo de urânio 238, que, em seguida, sofria fissão. Estava claro: em boa parte das colisões, em vez da fissão ocorria transferência de nêutrons.

E o que aconteceu com o hélio 6? Na transferência, pode ter se rompido e liberado os dois nêutrons para o urânio, continuando a existir como hélio 4. Alinka pretende aprofundar na própria USP o estudo dessas reações que competem com a fusão. No início deste ano, começou a funcionar no Instituto de Física um equipamento que integra o projeto Ribras (sigla em inglês para feixes de íons radioativos) capaz de produzir feixes de núcleos exóticos (ver Pesquisa FAPESP nº 99, de maio de 2004). “Poderemos fazer aqui o que antes só era possível no exterior.” •

EM DIA

FÍSICA Nova técnica combate microrganismos e insetos em documentos históricos

Patrimônio cultural preservado

Abaixo, aparelho que emite radiação ionizante montado no IEN. Ao lado, um livro já esterilizado com a nova técnica

Parte do acervo histórico da Fundação Casa de Rui Barbosa, no Rio de Janeiro, está sendo recuperada graças a uma nova técnica desenvolvida por pesquisadores do Instituto de Engenharia Nuclear (IEN). Usando radiação ionizante, o método permite combater fungos, insetos, cupins e bactérias sem danificar os documentos.

A metodologia adotada é fruto de um trabalho conjunto realizado pelo físico Luis Eduardo Brandão, o engenheiro Marcus Alexandre Vallim de Alencar, pesquisadores do IEN, e pelas biólogas Manuela da Silva e Marília Nishikawa, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), ambos no Rio de Janeiro.

Depois de identificar os microrganismos mais encontrados em bibliotecas e museus – trabalho realizado pelas biólogas –, Brandão e Alencar estudaram o tipo e as doses de radiação ade-

quados para eliminá-los, sem que ela afetasse a estrutura dos livros e cartas a serem preservados.

Para testar o novo método, ele foi aplicado inicialmente em livros infectados da biblioteca da Fiocruz e do IEN. Foram levantados parâmetros técnicos, como tempo de exposição e dose efetiva para esterilizar cada uma das espécies de fungos identificadas. Em seguida, foram feitos experimentos para demonstrar que, nessa faixa, a radiação gama não provocaria danos, como a aceleração do envelhecimento natural do material ou uma possível descoloração de pigmentos impressos nos documentos irradiados.

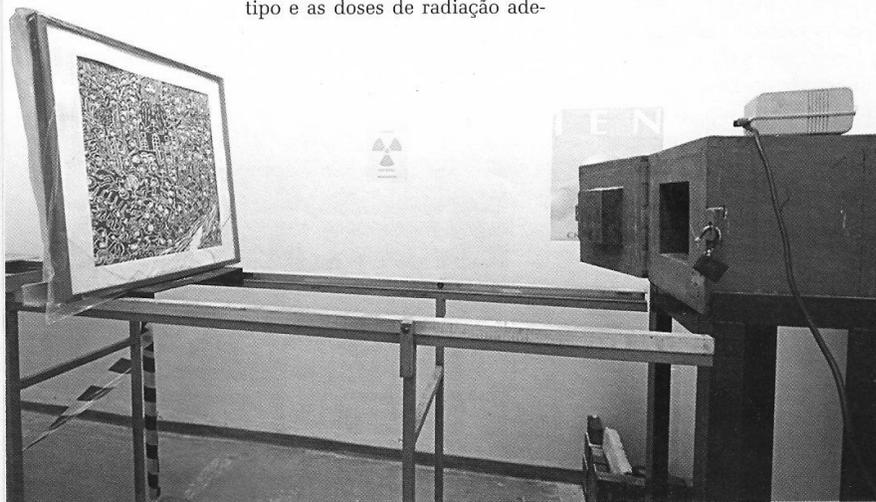
Como o resultado foi satisfatório, os pesquisadores entraram em contato com o setor de restauração da Fundação Casa de Rui Barbosa. As três instituições envolvidas desenvolveram então um projeto visando à implantação da



radioesterilização de modo a permitir sua aplicação em documentos históricos. As primeiras irradiações foram feitas em uma série de documentos pessoais do pintor modernista Vicente do Rego Monteiro (1899-1970).

“Essa nova técnica poderá ser aplicada em vários tipos de documentos – peças arqueológicas, películas, desenhos, quadros, roupas etc. –, com a segurança de que não afetará elementos como cor, rigidez e textura das obras, nem acelerar seu processo de envelhecimento”, afirma Brandão.

Os métodos habitualmente adotados usam produtos químicos que nem sempre podem ser aplicados com segurança nesses materiais, porque alteram sua estrutura, como a textura do papel ou as cores de uma pintura. Além de ser caro, o procedimento tradicional pode deixar resíduos químicos tóxicos para quem depois vai manipular as peças tratadas, sem contar que exige um tempo muito maior de tratamento: enquanto o processo químico requer um período de quarentena (de quatro a seis semanas), a radiação esteriliza o objeto em apenas quatro horas, permitindo sua manipulação logo após a aplicação, uma vez que não deixa qualquer resíduo.



FOTOS: FRED BALLOM

Radiação gama

Para garantir a eficiência do procedimento, os pesquisadores escolheram a radiação gama, ou seja, uma energia pura sem massa, diferente das radiações alfa e beta. As fontes de radiação usadas foram cobalto-60 e césio-137, as mesmas utilizadas em tratamento de radioterapia.

O objeto a ser desinfetado é lacrado e depois inserido no irradiador (um cofre que contém a fonte de radiação). Como não há interferência humana no procedimento, a obra é entregue ainda lacrada ao restaurador, que limpa o material, retirando os resíduos dos fungos mortos e as manchas provocadas por eles.

A técnica é capaz de exterminar pequenas colônias de fungos e até larvas de insetos. "Verificamos que os livros ionizados demoram mais tempo para ser reinfetados, ao contrário dos documentos tratados com produtos químicos, pois a técnica é muito mais eficiente: os livros tratados pela técnica convencional não são totalmente esterilizados e sempre fica algum resíduo de colônias vivas que acabam reinfestando os volumes", compara Brandão.

O clima tropical do Brasil, quente e úmido, propicia o desenvolvimento de fungos, principalmente em lugares como bibliotecas e museus, que concentram grandes quantidades de livros, couros, palhas, tecidos, colas, entre outros materiais alvos desses microrganismos. A conservação desses documentos requer uma climatização adequada, o que exige um montante de recursos financeiros que as instituições públicas não costumam ter. "Não adianta combatermos os fungos utilizando nosso método se as obras voltarem para áreas que não recebem cuidados especiais", alerta Brandão.

Mário Cesar Filho
Ciência Hoje/RJ

HUMBERTO FIORI

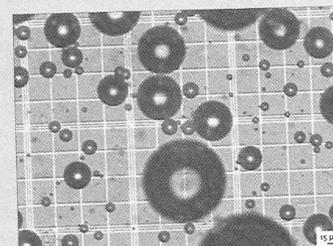
MEDICINA

TESTE SALVA BEBÊS PREMATUROS

A 'doença da membrana hialina', problema respiratório que leva à morte muitos bebês prematuros, pode ser diagnosticada rapidamente por um teste laboratorial bastante simples, como demonstrou pesquisa realizada pelo neonatologista Humberto Fiori nos hospitais São Lucas, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, e Moínhos de Vento, em Porto Alegre (RS). "É o primeiro estudo clínico que avalia os resultados práticos do uso desse teste como critério de identificação da doença em prematuros", afirma Fiori.

A doença é provocada pela falta do surfactante, substância que reduz a tensão superficial da película líquida que envolve os alvéolos pulmonares, facilitando a respiração. Como a produção do surfactante começa na fase final de gestação, os bebês prematuros são os que mais sofrem com a doença. "Em muitos hospitais, por prevenção, todos os bebês nascidos com menos de 30 semanas recebem doses de surfactante, embora a doença não se manifeste em todos", conta o médico. Os sintomas só aparecem horas após o nascimento: o bebê tem dificuldade para respirar, geme e fica com a pele arroxeada devido à falta de oxigenação. Se não for tratado precocemente, o pulmão pode entrar em colapso, piorando os resultados da terapia com surfactante e até ocasionando a morte do bebê.

O problema, segundo Fiori, é que ca-



Observação de microbolhas em microscópio

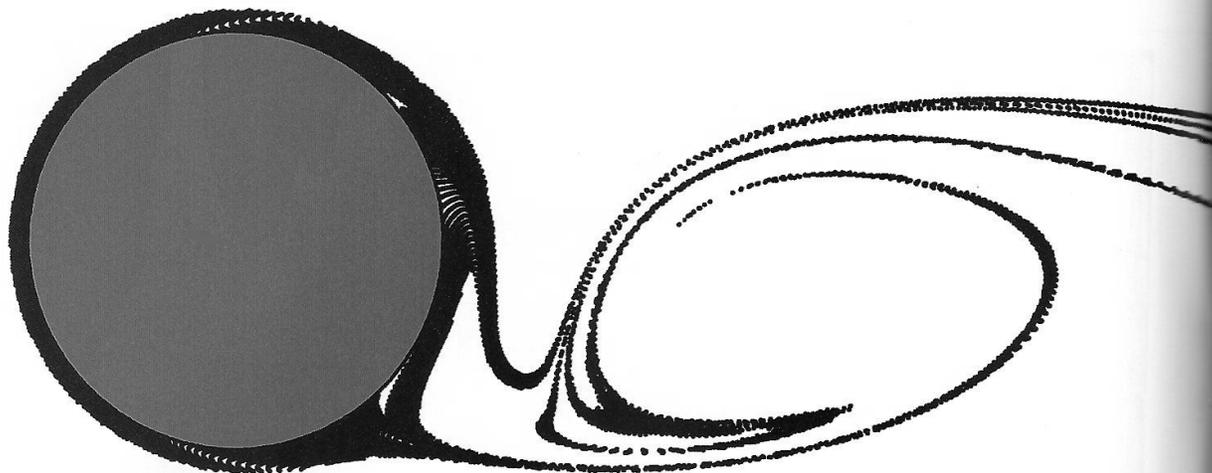
da dose do surfactante custa R\$ 1.000. "Com o teste, podemos estabelecer mais cedo qual bebê precisa do surfactante e evitamos submeter ao desgaste do tratamento os que não necessitam dele, além de obter uma economia financeira", explica. "Fora o tempo de cinco minutos gasto pelo profissional que executa o teste e a disponibilidade do microscópio e da lâmina (presentes em qualquer laboratório), gasta-se menos de R\$ 1 por exame."

O exame – conhecido como teste de microbolhas estáveis – foi criado pelo pesquisador inglês Richard Pattle em 1976 e consiste na observação microscópica das minúsculas bolhas formadas pela agitação de líquido amniótico, secreção traqueal ou gástrica de um paciente. As microbolhas só se formam na presença do surfactante. "O diagnóstico da doença é confirmado se a quantidade de microbolhas for inferior ao estipulado", conclui o neonatologista.

A Bireme, centro especializado da Organização Panamericana da Saúde (Opas), e a Fundação Oswaldo Cruz lançaram recentemente a Biblioteca Virtual em Saúde sobre Aleitamento Materno (BVS-AM). O site reúne os mais importantes estudos científicos sobre o tema e tem a cooperação de centros especializados em aleitamento de mais de 37 países latino-americanos e caribenhos. A biblioteca servirá como principal instrumento de apoio à tomada de decisões para a gestão de bancos de leite humano e para a promoção do aleitamento materno como estratégia de combate à fome e à mortalidade infantil.

O endereço eletrônico é <http://www.bvsam.bvs.br/html/pt/home.html>.





■ CIÊNCIA

FÍSICA

O caos *amigável*

Comportamentos aparentemente desorganizados podem beneficiar seres vivos e reações químicas

FRANCISCO BICUDO

A camada mais superficial dos oceanos abriga uma elevada variedade de organismos microscópicos, continuamente transportados pelas correntes marítimas. Em seu caminho pelos mares, essa rica mistura que compõe o plâncton – algas, bactérias, protozoários, crustáceos e moluscos – depara com obstáculos como ilhas, montanhas submersas ou mesmo barcos. Homogêneas a olho nu, essas extensas manchas de plâncton obrigatoriamente se dividem e contornam a barreira em um abraço envolvente, reencontrando-se em seguida. Mas, superado o obstáculo, a mancha antes compacta sofre distorções e se transforma em uma complexa rede de



Engenho e arte: formas sinuosas resultam de rigor matemático e solucionam antigos desafios da biologia

filamentos muito delgados. É que próximo a essas barreiras existem turbilhões na água que forçam esses organismos a percorrer trajetórias complicadas e aparentemente irregulares, num movimento classificado pelos físicos como caótico, repetido a cada novo obstáculo.

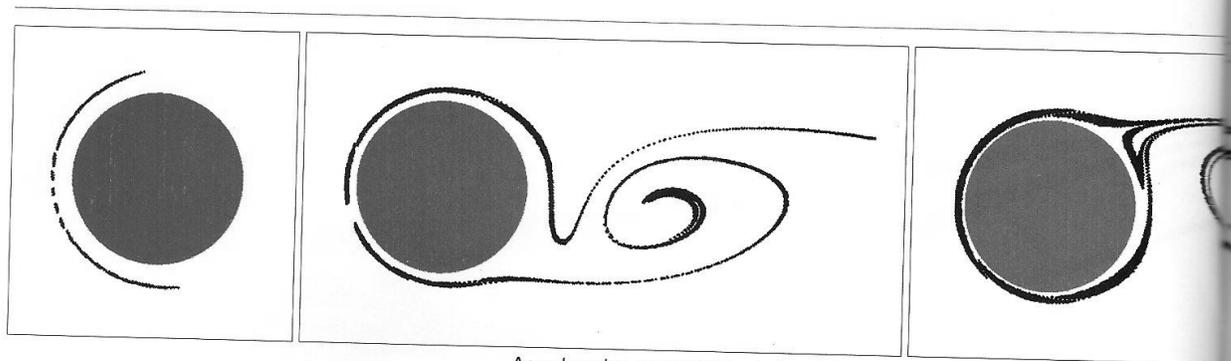
Uma equipe de físicos da Universidade de São Paulo (USP) estudou em detalhe a estrutura dos filamentos que se formam após o obstáculo e constatou que suas formas aparentemente irregulares podem ser descritas com precisão por fórmulas matemáticas da Teoria de Sistemas Dinâmicos – mais conhecida como Teoria do Caos, já aplicada no estudo de fenômenos tão distintos quanto o sobe-e-desce do mercado financeiro, as incertezas da meteorologia e até mesmo o ritmo dos batimentos cardíacos. Ao empregar a Teoria do Caos para prever a dispersão das espécies de plâncton, os físicos da USP encontraram uma possível solução para um dilema que inquieta os biólogos há quase meio século, o chamado Paradoxo de Hutchinson: por que o plâncton é formado por cerca de 8 mil espécies de organismos? Segundo teorias clássicas da biologia, esse número não deveria superar uma dezena por causa da competição por recursos naturais como oxigênio, luz e nutrientes.

Casos como esse mostram que nem sempre o caos é sinônimo de confusão e desordem, portanto, indesejável. “Em situações como a da mancha de plâncton se dispersando no mar”, explica o físico Celso Grebogi, “o caos aparece como algo benéfico, favorecendo a sobrevivência de um número maior

de espécies”. Pesquisador do Instituto de Física da USP, Grebogi é o principal autor de uma teoria que ajuda a entender – e prever – não só a proliferação de espécies de plâncton. Fundamentado na Teoria do Caos, esse modelo pode auxiliar também na explicação de outros fenômenos biológicos e químicos, como a formação do buraco na camada de ozônio que envolve a Terra.

Grebogi e sua equipe na USP desenvolveram essa nova teoria, chamada de Caos Ativo, em parceria com especialistas da Universidade de Eötvös, na Hungria. Nela, os pesquisadores lançaram uma idéia inovadora: em situações específicas o caos pode representar mais que um conjunto de expressões matemáticas capaz de descrever o comportamento de um sistema que se modifica com o tempo – por exemplo, o gotejamento de uma torneira que se fecha aos poucos. No caso de partículas sólidas diluídas em um fluido, sejam plânctons no oceano, sejam moléculas de poluentes no ar, o caos pode desempenhar um papel ativo e funcionar como catalisador, acelerando reações químicas ou interações biológicas, revelaram os pesquisadores no primeiro artigo sobre o assunto, publicado em 1998 na *Physical Review Letters*. O caos atuaria assim de modo análogo às enzimas produzidas pelo estômago ou pelo intestino, que aumentam a velocidade das reações que quebram os alimentos em partículas menores.

Aqui novamente o exemplo dos plânctons, responsáveis pela produção de cerca de metade do oxigênio do planeta, ajuda a compreender essa atividade catalisadora do caos. Há organização por trás dos filamentos sinuosos, formados por esses organismos marinhos após superar o obstáculo. A estrutura



Ao sabor das correntes marinhas: microorganismos do plâncton (*linha preta*) encontram um obstáculo (*em vermelho*), se dispersam em movimentos turbulentos e se reorganizam em filamentos que permitem a coexistência de milhares de espécies

desses filamentos é regida por leis matemáticas muito precisas: cada um deles apresenta uma forma complexa que se repete em escalas menores. Ampliados, esses filamentos se revelam formados por outros mais finos, que, por sua vez, são compostos por outros ainda mais finos – a mesma organização que se observa na pena de uma ave. É o que os físicos chamam de estrutura fractal. Nesse como em outros casos essa estrutura fractal surge em consequência do afastamento rápido e intenso de partículas antes muito próximas, provocado pelo movimento caótico do fluido que as arrasta.

Extinção amenizada - Em sua sala no Instituto de Física, Grebogi ilustra sua teoria com uma seqüência de imagens de computador e explica como tantas espécies distintas de plâncton conseguem conviver, em vez de as mais aptas levarem as outras à extinção. Ao se formarem, os filamentos segregam as diferentes espécies. Naturalmente, espaços vazios – sem plâncton – surgem entre esses filamentos e tornam a competição entre as espécies menos direta: as regiões sem plâncton funcionam como uma área de escape para as espécies menos adaptadas. “Essa forma de organização permite a todas as espécies conseguirem alimento, luz e oxigênio, ainda que algumas predominem sobre outras”, diz Grebogi.

Quando a população de um determinado tipo de plâncton torna-se muito reduzida, a área de escape torna-se

proporcionalmente maior e essa espécie ganha mais espaço para se expandir, explica o físico, neto de poloneses nascido há 57 anos em Curitiba, Paraná. “Assim ela consegue se reproduzir e voltar aos níveis normais”, afirma. “Ao acelerar a reprodução dessas espécies, o caos evita a extinção das menos eficientes e a conservação da diversidade”, diz o físico Alessandro Moura, do Instituto de Física da USP e integrante da equipe de Grebogi nesse projeto.

Os artigos mais recentes do grupo sobre o caos ativo foram publicados em 2004, na edição de março da revista *Chaos* e na de abril da *Physical Review Letters*. Mas a idéia de relacionar plâncton e Teoria do Caos havia surgido muito antes, cerca de dez anos atrás, quando Grebogi e seus colaboradores, conversando com amigos biólogos, descobriram que havia mais dúvidas do que explicações a respeito da existência das cerca de 8 mil espécies de animais e plantas do plâncton, com ciclos de vida que variam de dois minu-

tos a dois dias. Na década de 1960, o inglês George Evelyn Hutchinson tentou compreender o paradoxo que depois receberia seu nome. Especialista em ecossistemas aquáticos, ele pensou, evidentemente, como biólogo, destacando as variações anuais de temperatura e o ciclo verão-inverno como argumentos para justificar a sobrevivência de tantas espécies. Embora válidos, esses argumentos parecem ser insuficientes.

Grebogi começou então a considerar a ação do caos como uma possibilidade de explicação, com base em alguns indícios. O oceano, afinal, é um fluido repleto de partículas carregadas por correntes marítimas, com muitos obstáculos – em vez disso, as teorias biológicas supunham que o plâncton se distribuisse de modo homogêneo pela superfície dos mares, o que não ocorre de fato. O primeiro artigo com os fundamentos dinâmicos que levariam a uma solução para o Paradoxo de Hutchinson saiu em janeiro de 1998 na *Physical Review Letters*, assinado por Grebogi e seus colaboradores. O físico paranaense trabalhava então na Universidade de Maryland, nos Estados Unidos, e já era reconhecido como uma autoridade internacional nessa área. Foi também em 1998 que ele se tornou diretor científico externo vitalício do Instituto Max Planck para a Física de Sistemas Complexos em Dresden, Alemanha, onde passa dois meses por ano. Só três anos depois, em 2001, é que o físico elegante e de hábitos refinados, apaixonado por óperas – Mozart

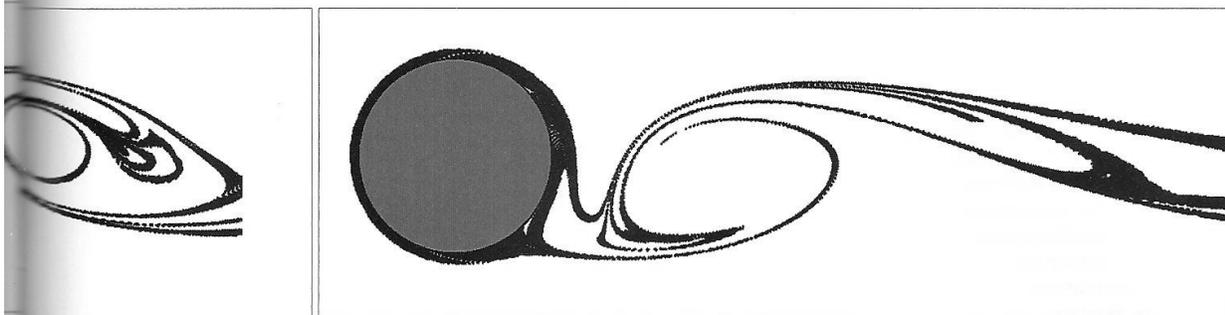
O PROJETO

Dinâmica caótica

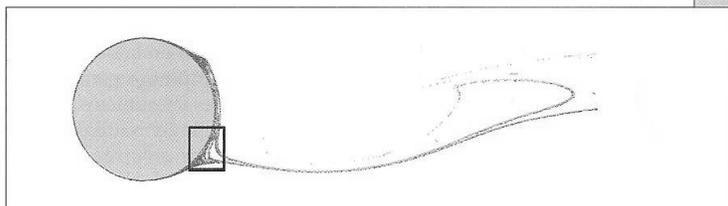
MODALIDADE
Projeto Temático

COORDENADOR
CELSO GREBOGI – IF/USP

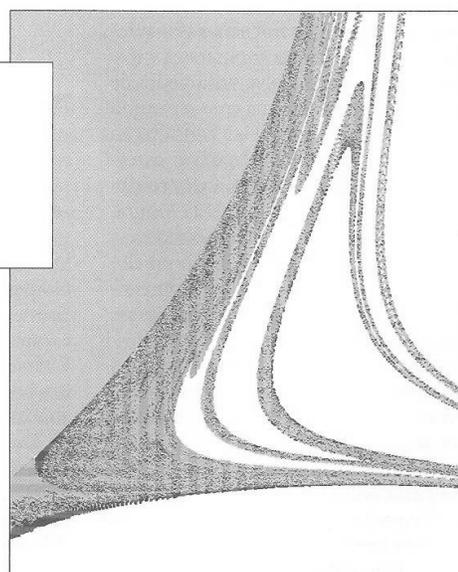
INVESTIMENTO
R\$ 682.179,67



CELSO GREBOGI/USP



Curvas da fertilidade: após vencerem a barreira, microorganismos de espécies distintas (*vermelho e verde*) se misturam em filamentos (*detalhe ampliado ao lado*). Os espaços livres favorecem a reprodução das espécies menos abundantes



CELSO GREBOGI/USP

ou Verdi para se distrair, Wagner ou Strauss quando deseja algo estimulante –, foi contratado pela USP. Este ano, de acordo com a Academia Brasileira de Ciências, ele se tornou o primeiro brasileiro cujos artigos científicos receberam mais de 10 mil citações, acompanhadas pelo Science Citation Index.

CFC e ozônio - Grebogi separa de uma pasta-arquivo outra figura – uma imagem de satélite –, com a qual demonstra que seu modelo pode também ajudar a compreender o processo de destruição

da camada de ozônio na alta atmosfera terrestre, a cerca de 20 quilômetros da superfície. Gás composto de moléculas formadas pela união de três átomos de oxigênio, o ozônio funciona como um escudo que impede a passagem dos raios ultravioleta do Sol, apontados como um dos principais responsáveis por queimaduras e pelo câncer de pele. Em 1985, pesquisadores da British Antarctic Survey constataram pela primeira vez uma redução de 30% na camada de ozônio sobre a Antártida. Em agosto de 2003, o buraco se esten-

dia por 17,4 milhões de quilômetros quadrados – mais de duas vezes a área ocupada pelo Brasil.

As moléculas de ozônio se desfazem em contato com o cloro de gases conhecidos como clorofluorcarbonetos (CFC), os mesmos usados em alguns refrigeradores para esfriar o ar. Na alta atmosfera, sob a ação dos raios ultravioleta, o CFC se quebra e os átomos de cloro se soltam: cada cloro pode desfazer mais de 100 mil moléculas de ozônio. É nesse momento que a Teoria do Caos surge como aliada para explicar a

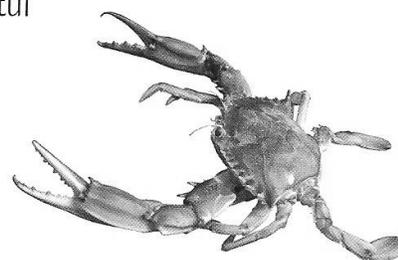
destruição irregular da camada de ozônio. Caso a distribuição do CFC fosse homogênea e regular, os átomos de cloro que se desprenderiam na alta atmosfera provavelmente atuariam sobre uma área específica e determinada da camada – e o buraco corresponderia a uma pequena região aproximadamente circular. Mas as moléculas de CFC descrevem trajetórias caóticas e formam filamentos fractais, semelhantes aos que se observam no plâncton.

A dispersão do gás em filamentos amplia a área de contato entre as moléculas de CFC e as de ozônio e acelera a destruição do gás que protege os seres vivos contra a radiação ultravioleta do Sol. Como regra geral, quanto maior a superfície de contato entre dois compostos químicos, maior será a velocidade de reação – basta comparar a rapidez com que se dissolve uma pedra de sal em um copo de água com o mesmo volume de sal em pó. “Essa constatação nos permite direcionar melhor os esforços para compreender a destruição da camada de ozônio”, comenta Moura. É uma amostra de que o mesmo caos visto como fonte de vida ou como elemento imprescindível para a compreensão de cenários até então confusos pode ser, às vezes, indesejado.

Em aplicações industriais como a produção de tintas, os pigmentos devem ser misturados da forma mais homogênea possível. O problema surge quando os movimentos caóticos dos misturadores de pigmentos resultam na formação de filamentos indesejáveis por não serem homogêneos. “Se formos capazes de eliminar o caos”, pondera Grebogi, “essa teoria poderia ter aplicações industriais”. Sua equipe estuda também os fluidos turbulentos, definidos pelo comportamento aleatório e extremamente complexo, a exemplo dos torvelinhos que se formam em um riacho ou do movimento do ar causado pela decolagem de um avião. Por ocorrer na atmosfera, nos mares e em outras situações nas quais os fluidos se movimentam com alta velocidade, a turbulência é um fenômeno de extrema importância prática, em especial para a aviação e a navegação. “Para fluidos com turbulência”, diz Moura, “suspeitamos que o efeito catalisador do caos talvez seja até mais poderoso”. •

Neurônios artificiais

Computador substitui células nervosas de siris e lagostas



Durante meia hora o siriazul permanece coberto por gelo em uma caixa de isopor no laboratório do físico Reynaldo Daniel Pinto, da Universidade de São Paulo (USP). Quando é retirado de lá, já está anestesiado pela temperatura baixa. Sobre a bancada, o pesquisador abre a carapaça desse crustáceo chamado de *Callinectes sapidus* e o examina por dentro. Entre os olhos está o cérebro e, logo abaixo, o estômago.

Daniel Pinto identifica os 30 neurônios que controlam o sistema de digestão e de mastigação do siris, isola-os cuidadosamente e inicia uma operação delicada: com o auxílio de um microscópio, implanta em uma dessas células nervosas um eletrodo de vidro preenchido com uma solução de cloreto de potássio, cuja ponta é mais fina que um fio de cabelo. Fios de cobre conectam esse eletrodo a um circuito eletrônico que converte os impulsos nervosos em números digitais, que podem ser entendidos por um computador comum, que agora cumpre um papel especial: substitui uma das células extraídas e atua como um neurônio artificial. Eis um siris biônico.

Nesse experimento, o físico avalia a capacidade do computador de executar a mesma função de um neurônio chamado disparador anterior, uma das 14 células nervosas que compõem o circui-

to pilórico, que comanda o transporte de alimento do estômago para o intestino. Se um desses neurônios é destruído ou se interrompe a comunicação com os centros nervosos no cérebro, os demais passam a emitir sinais elétricos desordenados e a digestão pára. É aí que o computador entra no jogo: devidamente programado, transforma-se em um neurônio virtual que se comporta como seu similar biológico, de modo semelhante a um marca-passo.

Outro eletrodo espetado no neurônio injeta uma corrente com íons – partículas atômicas carregadas eletronicamente – de potássio e de cloro que migram para a célula. Recria-se assim na célula o ambiente químico necessário à transmissão do impulso nervoso. Tão logo recebe o estímulo, a célula nervosa do siris reage e transmite a informação para os neurônios seguintes.

O PROJETO

Dinâmica não-linear

MODALIDADE
Projeto Temático

COORDENADOR
IBERÊ LUIZ CALDAS – Instituto de Física da USP

INVESTIMENTO
R\$ 476.477,50

EM DIA

FÍSICA Processamento digital de sinais permite extrair informações de imagens

Visão eletrônica

Ver uma imagem e dela extrair informações é algo que os humanos acreditam fazer sem pensar. Ao olhar uma cena composta por uma caneta e uma revista sobre uma mesa, uma pessoa é capaz de identificar cada objeto, sua finalidade e a relação entre eles. Mas esse processo aparentemente simples é, na verdade, muito complexo, e duplicá-lo eletronicamente tem sido um grande desafio não só para a física, como também para a engenharia e a computação. O Laboratório de Processamento Digital de Sinais e Imagens (LPDSI) do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) atua nessa área tanto em pesquisa básica, construindo instrumentos e criando técnicas para a análise de propriedades de novos materiais, quanto aplicada, identificando tumores em tomografias e reconhecendo caracteres em fotos de placas de carro. Essas pesquisas tecnológicas levaram a equipe a ganhar uma das 100 bolsas do programa Cientistas do Nosso Es-

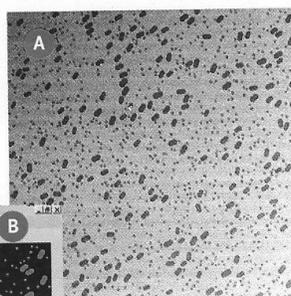
tado 2004, promovido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj).

Os primeiros estudos na área de processamento de imagens começaram na década de 1930, mas só tomaram impulso nos anos 60, sobretudo devido a suas aplicações espaciais e militares, como a eliminação de ruídos em imagens transmitidas por sondas ou a detecção de pistas de pouso em fotografias aéreas. O enfoque científico procura primordialmente copiar a visão humana e a capacidade do cérebro de extrair e processar informações. “Esse é um feito complexo e estamos longe de obter uma máquina que consiga reproduzir esse fenômeno perfeitamente”, explica o engenheiro elétrico Márcio Portes de Albuquerque, responsável pelo LPDSI.

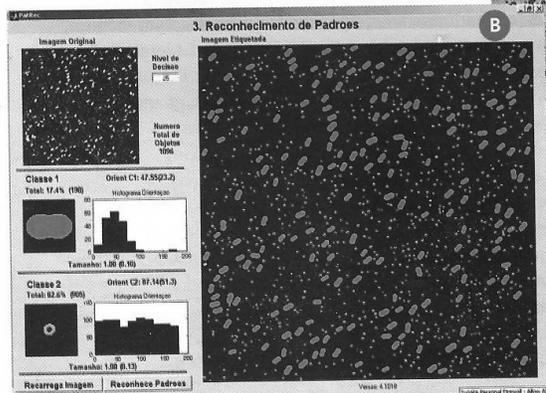
Segundo Márcio de Albuquerque, uma das grandes vantagens que esse campo proporciona é a automatização do tratamento de um grande volume de informação. “Um sistema de processamento de imagens poderia avaliar milhares de tomografias rapidamente, separando aquelas que apresentassem sinais de tumores, para um diagnóstico mais profundo por um médico”, exemplifica o engenheiro. Em alguns casos, o processo poderia ser todo automático, como o desenvolvido pela empresa dinamarquesa JAI-Pulnix, no qual um computador reconhece os caracteres das placas de carros infratores e emite as multas sem interferência humana. “Embora nosso cérebro seja mais eficiente para extrair significados, as máquinas são muito mais apropriadas para quantificar parâmetros físicos, como quantidade de um determinado elemento, ângulos etc.”

Várias etapas

O processamento digital de uma imagem ocorre em várias fases. Inicialmente, há a formação da imagem propriamente dita, que pode ser obtida por câmeras, microscópios eletrônicos, ultra-som etc. Nessa fase, características como resolução e quantidade de níveis de cinza (ou cores) devem ser muito bem avaliadas para se obter a representação adequada do objeto de interesse. Uma vez de posse do arquivo eletrônico, começa a etapa de pré-processamento. Ela se caracteriza pela manipulação dos *pixels* (do inglês, *picture elements*), os menores elementos de uma imagem a conter informação, para corrigir pro-



Micrografia eletrônica contendo 1.096 bactérias de dois tipos (A) e tela do programa usado no processamento, mostrando a segmentação e a análise dos atributos (B)



MÁRCIO PORTES DE ALBUQUERQUE/LPDSI

blemas como iluminação desigual ou interferência. A intenção é melhorar a qualidade, mas, dependendo do resultado do pré-processamento, pode ser necessário repetir a etapa de aquisição.

O processamento começa com a segmentação da imagem, ou seja, a separação e o destaque do que é relevante nela. Essa etapa é a mais crítica do processo e, por isso, também a mais delicada, pois todas as medidas serão feitas sobre as regiões nela identificadas. Isso pode ser realizado de diversas maneiras, sendo uma das mais comuns a binarização, na qual a imagem é dividida em áreas pretas e brancas. O pós-processamento corrige os principais defeitos ou imperfeições da segmentação, limpando as bordas da imagem e retirando os objetos cortados por ela. Finalmente, analisam-se os objetos medindo valores quantitativos, tais como tamanho, número, ângulo de inclinação etc., ou ainda outras características diretamente ligadas aos fenômenos estudados.

Um exemplo desse processo é a análise de uma imagem de microscopia eletrônica, simulada para conter dois tipos de bactérias. Após as etapas iniciais, efetua-se a segmentação. Nesse caso, as bactérias, independentemente do tipo, ficariam brancas, enquanto o fundo, sem interesse para o estudo, seria preto. Os microrganismos divididos na borda seriam eliminados (sua ausência poderia ser corrigida estatisticamente por meio de medidas repetidas). Tendo sido previamente informado quais os tipos de bactéria a isolar – por exemplo, uma esférica e outra em forma de bastão –, o computador os separaria e forneceria as informações requeridas.

De tumores a placas

Para o engenheiro elétrico Marcelo Portes de Albuquerque, irmão de Márcio e professor de processamento de sinais e imagens

do CBPF, as instituições científicas têm maturidade suficiente para contribuir no desenvolvimento tecnológico brasileiro. “Nosso trabalho – e as teorias que usamos – pode gerar aplicações para a sociedade”, observa. Ele explica que isso é resultado de um desejo do grupo de fortalecer o desenvolvimento tecnológico aplicado no CBPF.

Atualmente, o LPDSI desenvolve ferramentas para análise de imagens de filmes finos, cuja caracterização é um dos pilares dos avanços em microeletrônica e miniaturização de dispositivos ópticos. O grupo também atua em colaboração com o Laboratório de Processamento de Sinais da Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia (COPPE), elaborando técnicas de processamento de imagens para a detecção das trajetórias resultantes de colisões de partículas em experimentos de física nuclear.

Já na área tecnológica, o LPDSI atua em duas frentes: o reconhecimento de tumores em mamografias e o de caracteres em placas de automóveis. Ambas utilizam como base o modelo teórico definido pela estatística não extensiva, desenvolvida pelo físico brasileiro Constantino Tsallis, também do CBPF. Segundo ela, os *pixels* pertencentes a um determinado objeto estão correlacionados, o que permite extrair informações relevantes e desprezar aquelas que não interessam.

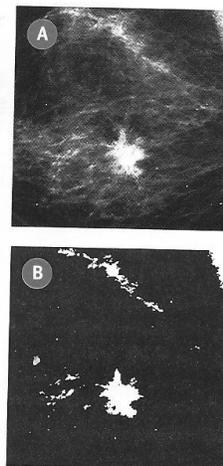
A necessidade do desenvolvimento de sistemas automatizados capazes de interpretar imagens fez com que uma empresa procurasse o laboratório. Esse trabalho tem permitido estabelecer um processo de transferência tecnológica com o objetivo de gerar um produto comercial, caracterizando bem um dos objetivos do grupo, o de levar a tecnologia de ponta desenvolvida no CBPF às empresas do parque tecnológico brasileiro. “O centro não está

simplesmente criando um programa para uma empresa. Estamos trabalhando em uma transferência tecnológica que, além de gerar um produto comercial, produzirá mão-de-obra qualificada para o mercado e patentes para o CBPF”, observa Marcelo de Albuquerque.

Ele conta que a primeira etapa foi estabelecer um banco de imagens de caracteres em placas nas mais variadas situações, para criar e testar o sistema. “Para se desenvolver um programa sólido, capaz de ser comercializado, é necessário ter pelo menos 5 mil fotos. Conseguimos 25 mil”, informa. A partir daí, o grupo estudou e escolheu a melhor fórmula computacional (algoritmo) para realizar o trabalho. Atualmente, já possuem um protótipo funcional que apresenta certas vantagens em relação aos modelos estrangeiros, como o uso de redes neurais e inovações nas técnicas de segmentação.

Para Márcio de Albuquerque, o futuro envolve a ampliação das atividades de processamento de sinais e imagens para a física experimental. Várias técnicas aplicadas em laboratórios podem servir também de soluções para problemas industriais, o que trará certamente o aumento de pedidos de patentes e o estabelecimento de elos com mais empresas, continuando assim o processo de transferência tecnológica e o reforço da participação do CBPF nesse setor. “A Lei de Inovação Tecnológica criará mecanismos que facilitarão esse tipo de interação”, explica o responsável pelo LPDSI.

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ



A mamografia (A) mostra a presença de tumor (região clara na área inferior) e a binarização (B) resalta a presença do câncer

■ CIÊNCIA

FÍSICA

Carbono em gotas

Teoria sustenta que nanotubos se formam num processo que lembra a produção de orvalho

Cilindros formados por uma camada enrolada de grafite com apenas um átomo de espessura, os nanotubos de carbono podem ser a matéria-prima para a criação de uma nova geração de componentes eletrônicos mais eficientes. Aparentemente versáteis como nenhuma outra estrutura física, podem atuar como condutor, semicondutor ou isolante elétrico. Para mudar suas propriedades, bastaria alterar a geometria das lâminas atômicas. Parece simples, mas ninguém sabe como nascem e crescem os nanotubos, tampouco como se controla a sua produção. Na edição de 11 de fevereiro da revista norte-americana *Science*, uma equipe de pesquisadores dos Estados Unidos, França e Brasil formulou uma teoria para explicar o surgimento de tais estruturas quando criadas pelo método do arco elétrico, o mesmo empregado para produzir os primeiros nanotubos de carbono em 1991. Teoria líquida – e certa, acreditam eles. Em vez de se edificar a partir do carbono gasoso, como até agora se pensava, os nanocilindros de grafite, estruturas sólidas, apesar das dimensões infinitesimais, são filhos de gotas de carbono geradas a temperaturas de alguns milhares de graus Celsius. Pelo menos é o que propõem os autores do artigo científico.

A idéia é controversa, como os próprios pesquisadores admitem. “Não há provas de que o carbono em sua fase líquida exista, embora nós acreditemos que sim”, explica o físico Daniel Ugarte, do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), um dos autores do trabalho (seu colega Jefferson Bettini, do LNLS, também participou do estudo). Como a temperatura de fusão do elemento químico mais abundante na Terra é superior a 4.000°C, alguns cientistas acreditam que o carbono evapora antes de fundir. De sólido, vira gás sem passar pela

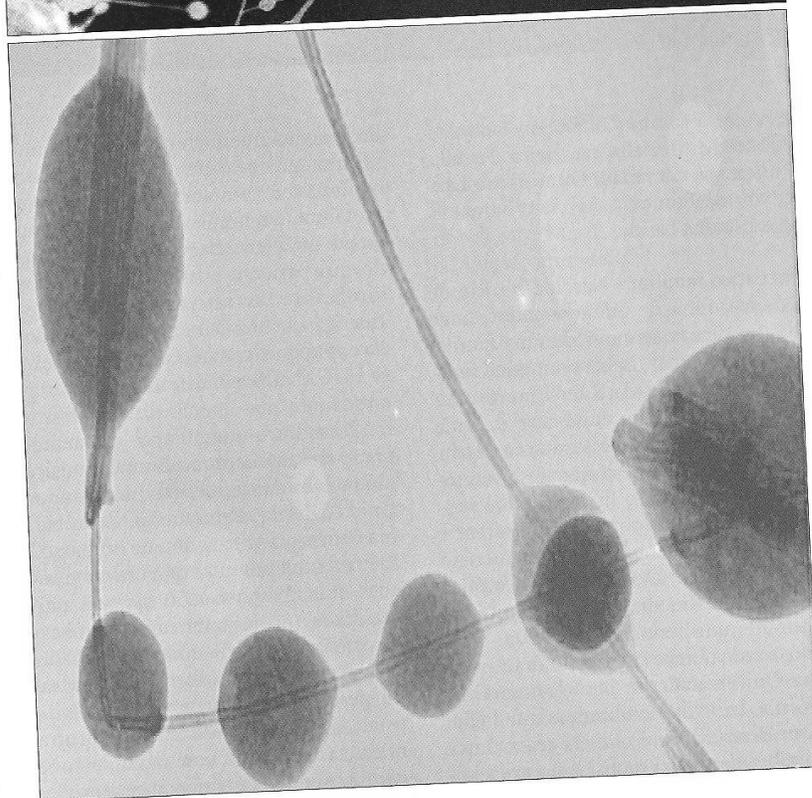
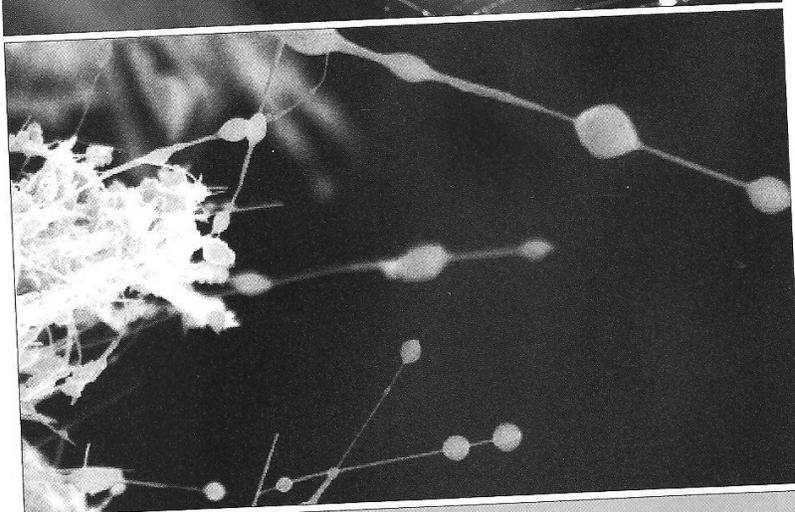
fase líquida, num fenômeno chamado sublimação, que acontece à temperatura ambiente com a naftalina colocada no armário. Então os pesquisadores formularam uma teoria para explicar a origem dos nanotubos a partir de uma forma de carbono cuja existência ainda não é totalmente aceita pela comunidade científica? Exatamente. E ainda publicaram o texto que apresenta a estranha tese numa das mais importantes revistas científicas. “Há dois anos, fizemos uma primeira versão do artigo, mas não estava bom. Jogamos o escrito fora e fizemos outro”, diz Ugarte. Apesar de questionável, a nova explicação para a formação dos nanotubos agradou.

A teoria se aplica apenas às fibras de moléculas de carbono produzidas pelo antigo método do arco elétrico, hoje pouco utilizado pelos grupos de pesquisa, que preferem recorrer a técnicas de menor custo para gerar seu material de estudo. Por esse método, os nanotubos surgem, misteriosamente, após a aplicação de uma alta descarga elétrica em eletrodos de grafite, a forma de carbono que recheia os lápis de escrever, mantidos numa atmosfera de hélio, um gás inerte. As hipóteses mais difundidas atribuem o aparecimento dos nanotubos ao rearranjo sólido, na forma de cilindros, de átomos de carbono que se evaporaram ao atingir temperaturas da ordem de 5.000°C. Mas, ao examinar em detalhes os nanotubos gerados em seus experimentos, a equipe de pesquisadores norte-americanos, franceses e brasileiros viu algo que ninguém tinha percebido ou dado importância: imagens de microscopia eletrônica revelaram a ocorrência de esferas sobre alguns nanotubos. Bolhas que lembram as gotas de orvalho que se formam sobre os fios de uma teia de aranha.

Era a pista de que precisavam para formular a sua teoria. “Apenas olhando as gotas percebemos que tinham alguma coisa a ver com líquido”, afirma o físico Walt A. de Heer, do Instituto de Tecnologia da Geórgia, Estados Unidos, principal autor



Teia de aranha com orvalho e duas imagens de bolhas de carbono viscoso sobre nanotubos: cenários semelhantes



do trabalho. “Então fizemos a seguinte pergunta: se as gotas foram um dia carbono líquido, e os nanotubos aos quais elas estão ligadas também são carbono, por que o carbono líquido não dissolveu o nanotubo? A resposta é que o líquido deve ter sido vidro de carbono a uma temperatura menor do que a do nanotubo.”

Segundo os pesquisadores, a sequência de eventos que levam ao surgimento dos nanotubos pode ser assim resumida. Primeiro, formam-se as gotas de carbono, resultado da liquefação desse elemento quando submetido a altíssimas temperaturas. Em seguida, devido à evaporação de átomos, a porção mais externa de cada gota se esfria muito rapidamente. Tal resfriamento, violento, cria na superfície da gota um revestimento de um líquido viscoso. De vidro de carbono. No interior da crosta vítrea, no entanto, ainda há carbono líquido e quente. “O resfriamento da parte interna da gota se dá por condução de calor, num processo mais lento do que a evaporação de átomos da superfície”, explica Ugarte. À medida que a temperatura cai dentro da gota, os nanotubos se cristalizam. Por fim, a gota se parte e os nanotubos atravessam o líquido viscoso que os revestia, restando sobre os nanocilindros porções de esferas vítreas. O resultado final é uma imagem de nanotubos com bolinhas, um cenário semelhante ao de uma teia de aranha pontilhada pelo orvalho.

FOTOS: BETTINI, P.C. SILVA/IME/INLS

MARCOS PIVETTA

EM DIA

FÍSICA Solução de polímero permite criar dosímetro mais simples e barato

Radiação sob medida

Quando se fala em medidor (dosímetro) de radiação ionizante (capaz de arrancar elétrons de átomos de carbono, hidrogênio e nitrogênio), logo se pensa nos velhos contadores Geiger, aqueles aparelhos que parecem ter um microfone ligado a eles e emitem sons de estalos. No entanto, pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) conseguiram criar um dosímetro totalmente novo, que usa um polímero líquido conjugado (que conduz eletricidade em vez de bloqueá-la) como mecanismo de medição. Desenvolvido pelos departamentos de Física e Matemática (DFM), em Ribeirão Preto, e de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, em São Paulo, ambos da USP, o novo dispositivo, além de barato, é versátil, pois permite tanto medições quantitativas (da dose de radiação absorvida) quanto qualitativas (que indicam se houve irradiação).

A idéia de se usar polímeros conjugados em dosimetria não é nova. Segundo o coordenador do projeto, o físico Carlos Graeff, do DFM, há 20 anos já há testes desse tipo, mas eles usavam o polímero na forma de filme, que só era capaz de aferir quantidades muito elevadas de radiação, da ordem de milhares de Gray (Gy). “O grande diferencial do nosso trabalho foi empregar a forma líquida do produto”, conta Graeff. A alteração permitiu que a substância também re-

gistrasse níveis bem mais baixos de energia, de apenas alguns Gy – a faixa a que os humanos costumam ser expostos em exames e tratamentos radiológicos.

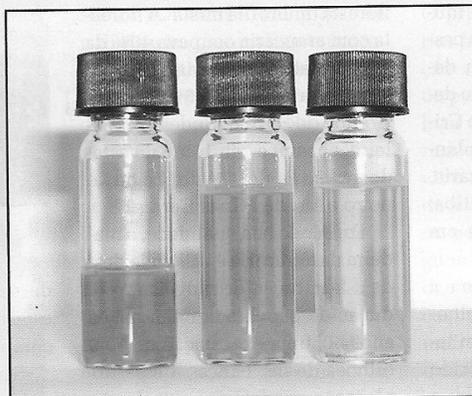
A pesquisa começou há três anos como proposta de mestrado de Eric Alexandre Brito, aluno do DFM, e com a participação do físico Rodrigo Bianchi, atualmente na Escola Politécnica. Um ano depois, os pesquisadores já haviam desenvolvido

dir com precisão a dose de irradiação”, explica o coordenador.

Como o princípio do dosímetro está na mudança de cor, Graeff diz que, além de se criar medidores quantitativos, é possível se fazer aparelhos qualitativos também. Por exemplo, em bancos de sangue, as amostras são irradiadas para garantir sua esterilidade. Com o novo dispositivo, o operador da fonte radioativa poderia saber se a dose necessária já foi atingida olhando a cor de um cartão contendo a solução de MEH-PPV: No método convencional, a aferição da irradiação leva horas ou até dias.

O novo sistema já está sendo patenteado e os pesquisadores agora trabalham para definir o limite inferior de medição. Bianchi também está testando o dosímetro com outros tipos de radiação, como o ultravioleta longo, que possui comprimentos de onda que variam de 280

a 400 nanômetros (um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro). “Essa é outra vantagem, além da simplicidade e do baixo custo: a ampla faixa de energias de irradiação ionizante que podem ser medidas”, observa Graeff. Segundo ele, o dispositivo pode estar no mercado em um ou dois anos.



Recipientes contendo o polímero conjugado líquido, que foi irradiado com doses crescentes (da esquerda para a direita) de radiação ionizante: 0 Gy, 1 Gy e 30 Gy

um protótipo utilizando o polímero conjugado poli[2-metóxi,5-(2'etil-helixiloxi)-p-fenilenovinileno] (MEH-PPV). Essa substância altera sua cor de acordo com a quantidade de radiação que absorve. De uma tonalidade original vermelho-alaranjada, o líquido migra gradualmente para o amarelo à medida que a dose aumenta. “A mudança de cor é proporcional à quantidade de energia absorvida. Ou seja, analisando a variação, podemos me-

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

CARLOS F. O. GRAEFF/USP

■ CIÊNCIA

FÍSICA

O frio e o calor que vêm dos ímãs

Equipe da Unicamp
descobre propriedades inesperadas
de materiais magnéticos

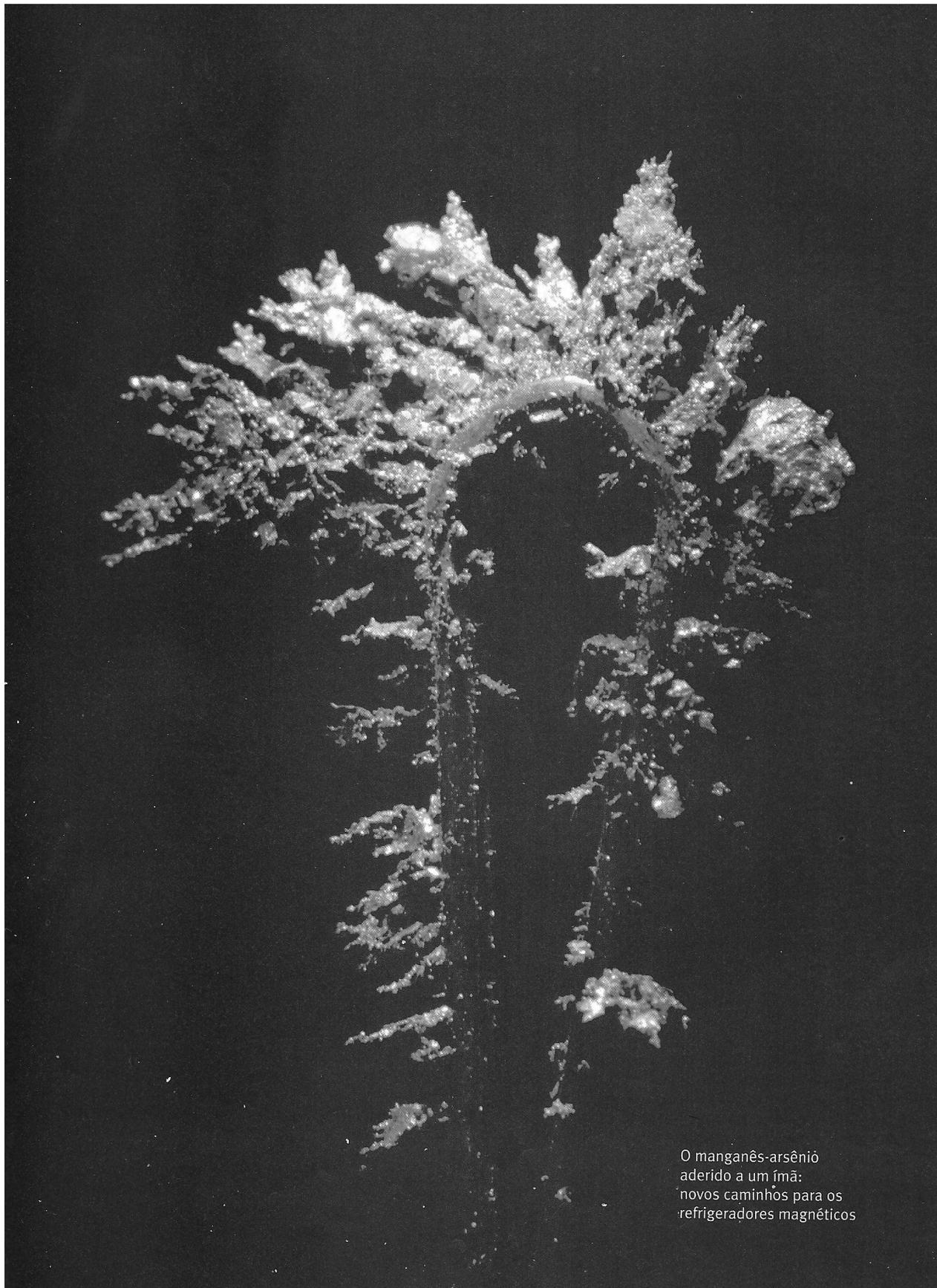
CARLOS FIORAVANTI

Novos conceitos científicos estão transformando o modo como os eletrodomésticos funcionam. Primeiro foi a televisão, cuja imagem não é mais gerada apenas pela colisão de elétrons ultra-acelerados com uma tela fluorescente. Aparelhos com telas de cristal líquido ou de plasma, por meio de correntes elétricas ou de gases que originam os sinais luminosos, oferecem imagens mais nítidas, ainda que a um preço equivalente ao de um carro – de R\$ 20 mil a R\$ 80 mil. O próximo aparelho a passar por uma metamorfose similar deve ser a geladeira: a próxima geração não vai funcionar por meio da expansão e da contração de um gás, que retira calor do ar ao circular pelos canos das paredes do refrigerador, mas por meio da ação de campos magnéticos, que devem cumprir a mesma tarefa com maior eficiência e menor perda de energia.

Nos protótipos de refrigeradores magnéticos – já em desenvolvimento em alguns países como Estados Unidos, Japão e França – o material adotado para reduzir a temperatura é o gadolínio, um metal escolhido por ser maleável e por apresentar uma eficiência aceitável à temperatura ambiente. Mas é quase certo que o gadolínio seja provisório: para os novos refrigeradores, buscam-se materiais capazes de esfriar ou esquentar com maior eficiência quando submetidos a um campo magnético. Descobertas recentes realizadas em Campinas mostram que podem de fato existir alternativas com melhor capacidade de refrigeração.

Físicos da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) verificaram que um composto formado por manganês e arsênio, sob alta pressão, apresenta uma capacidade de retirar calor do ambiente 20 vezes maior que a do gadolínio à pressão ambiente, de 1 atmosfera, a mesma sob a qual vivemos na superfície do planeta. É um achado científico relevante, ainda que por enquanto esteja longe de aplicação. A alta pressão a que esse composto de manganês e arsênio – o MnAs – tem de ser submetido para exibir esse resultado é apenas uma das limitações que impedem essa propriedade de ser usada de imediato nos protótipos de refrigeradores magnéticos.

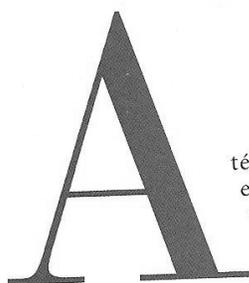
Mas pode sair daí algo novo até mesmo em termos práticos porque essa capacidade tão intensa de absorver calor – batizada pelos físicos da Unicamp de efeito magnetocalórico colossal – não havia sido observada antes em nenhum outro material. “Essa descoberta abre um campo de pesquisa de outros compostos que apresentem o efeito colossal e consigam extrair muito mais energia da região a ser esfriada, sem as limitações do manganês-arsênio”, comenta o físico Sérgio Gama, pesquisador da Unicamp e coordenador desse



O manganês-arsênio
aderido a um ímã:
novos caminhos para os
refrigeradores magnéticos

estudo, relatado na edição de 3 de dezembro da *Physical Review Letters*.

Nesse mesmo artigo, Gama também propõe uma explicação para o efeito colossal. Como ele e sua equipe verificaram experimentalmente, o manganês-arsênio esfria por meio de três efeitos associados (veja ilustração). O primeiro é o mecanismo mais comum dos materiais desse tipo: o desalinhamento dos *spins* dos elétrons. O *spin* é uma propriedade magnética das partículas atômicas elementares, com direção e sentido, assim como o campo magnético da Terra. A orientação do *spin* de uma partícula pode ser afetada por um campo magnético externo ou pelos *spins* das partículas vizinhas: quando os *spins* se alinham no mesmo sentido, a temperatura de um corpo qualquer aumenta – esse é o princípio pelo qual se pretende chegar a uma refrigeração mais eficiente. O segundo mecanismo que explica o efeito colossal é a transformação da própria estrutura atômica – a rede cristalina – do MnAs. Finalmente, o terceiro e mais importante artifício do MnAs para absorver energia resulta da interação da rede cristalina com o campo magnético, expressa por meio da deformação do material.

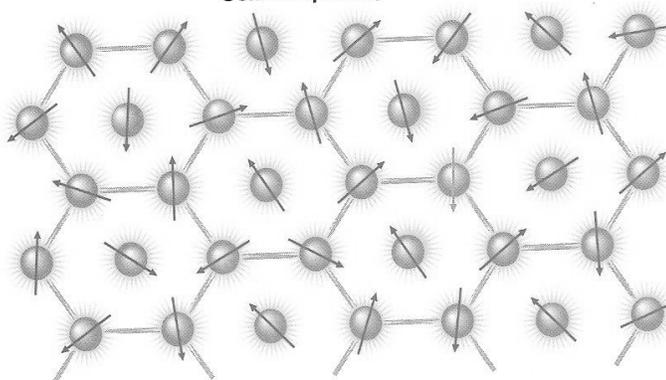


té agora, o efeito magnetocalórico – a capacidade de um material magnético absorver ou liberar calor quando submetido a um campo magnético – era explicado essencialmente por meio do alinhamento ou desalinhamento dos *spins*, sem que as mudanças na rede dos átomos tivessem muita importância. Quando submetidos a um campo magnético, em um ambiente termicamente isolado, os *spins* dos elétrons se alinham em um só sentido, abdicando assim do habitual pandemônio em que vivem. Esse ordenamento significa uma diminuição da entropia – ou desordem – de um sistema físico. Como não há troca de calor com o ambiente, a entropia to-

SIRIO J. B. CANÇADO

Ação em conjunto

Sem campo magnético



O cristal de manganês-arsênio apresenta uma estrutura atômica hexagonal, com os *spins* (setas) desalinhados.

tal deve ser constante: em consequência, os átomos ou moléculas do material submetido ao campo se desorganizam de modo a compensar o alinhamento dos *spins*. Maior desordem, maior agitação atômica – e a temperatura do material aumenta.

É por meio do alinhamento de *spins* que um pedaço de gadolínio esquenta 4°C quando colocado em um ambiente isolado termicamente, ao qual se aplica um campo magnético de 1,5 Tesla, cerca de 30 mil vezes maior que o campo magnético terrestre. Como o efeito é reversível, se retirado do campo, o gadolínio esfria os mesmos 4°C. Parece pouco para manter a cerveja bem gelada? Acontece que a construção dos refrigeradores magnéticos prevê o uso de trocadores de calor especiais, chamados regeneradores, que ampliam essa variação de temperatura. Para se tornar comercialmente viável, a refrigeração magnética depende também de novos arranjos geométricos de ímãs permanentes – como os já usados no leitor de disco rígido do computador ou nos motores que movem o limpador de pára-brisa dos carros – para que se formem campos magnéticos intensos e de baixo custo.

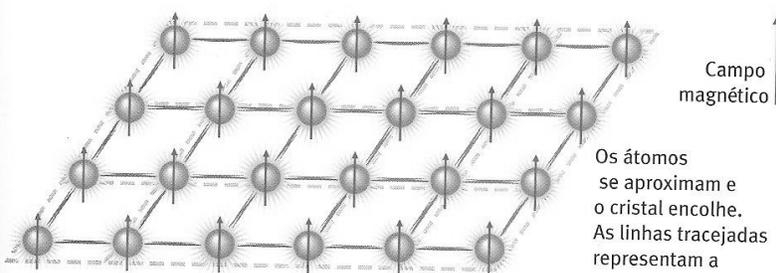
Com o gadolínio, a capacidade de absorver ou ceder calor é de origem puramente magnética: resulta principalmente do alinhamento dos *spins*. É assim

que acontece também com outros materiais que apresentam o efeito magnetocalórico clássico, o mais tênue dessa categoria. É também o mecanismo básico pelo qual funcionam os materiais que apresentam o outro efeito conhecido até agora, o chamado efeito magnetocalórico gigante, evidentemente mais intenso que o clássico, mas inferior ao colossal. Algumas ligas que exibem o efeito gigante – como a chamada 5:2:2, formada por cinco átomos de gadolínio, dois de germânio e dois de silício – contam também com outro artifício: absorvem um tanto de energia, o chamado calor latente, enquanto sua temperatura permanece constante. É o mesmo fenômeno que se verifica com um bloco de gelo derretendo: o gelo absorve calor, que é usado em sua transformação para o estado líquido; sua temperatura estaciona ao chegar a 0°C e só volta a subir depois de todo o gelo ter derretido.

Deformação - Gama demonstrou experimentalmente que, no caso do manganês-arsênio, além do alinhamento dos *spins* dos elétrons e do calor latente, o próprio conjunto dos átomos do material, que os físicos chamam de rede cristalina, contribui de modo decisivo para explicar essa notável capacidade de extrair calor do ambiente: submetido a pressão e a um campo magnético, o

Como o manganês-arsênio absorve e libera calor

Sob campo magnético



A estrutura do manganês-arsênio se torna romboédrica (*prismas de base losangular*) e os *spins* se alinham na direção do campo magnético (*seta maior*). Os átomos vibram mais intensamente e a temperatura do material aumenta.

Os átomos se aproximam e o cristal encolhe. As linhas tracejadas representam a estrutura atômica sem a interação magnetoelástica, responsável por essa deformação, que resulta nas linhas cheias do desenho.

manganês-arsênio também se deforma, provocando o efeito colossal, que é sete vezes maior que o efeito gigante. Outros materiais apresentam essa propriedade, chamada de efeito magnetoelástico, que normalmente causa sua deformação. Mas o MnAs é notável: contrai 3%. “É um valor absurdamente alto”, diz Gama, “já que a deformação de outros materiais é dezenas ou centenas de vezes menor”.

Embora dotado dessas propriedades, o manganês-arsênio não é um material conveniente para aplicações porque uma de suas características gera um problema insuperável: mesmo à pressão ambiente, não retorna ao ponto de origem quando submetido a um ciclo de aquecimento e resfriamento. Quando a temperatura aumenta, os *spins* se desalinham e seu arranjo atômico se modifica ao atingir 43°C – é esse o ponto em que ocorre a chamada transição magnética e estrutural. Mas o MnAs só volta ao estado inicial, com os *spins* alinhados e com a estrutura hexagonal, em uma temperatura muito mais baixa, de 35°C. É como se a água virasse vapor a 100°C e, resfriada, só voltasse ao estado líquido a 80°C. Se o MnAs fosse usado em um refrigerador, seria necessário uma energia extra para fazer o ciclo de refrigeração se fechar e outro ciclo recomençar – algo bastante ineficiente.

“Os ciclos de refrigeração precisam começar e terminar à mesma temperatura ou com variações mínimas, para reduzir as perdas de eficiência”, comenta Gama. Para complicar, quando o MnAs é submetido a altas pressões, essa diferença de temperatura aumenta ainda mais: chega a 32°C. Em busca de alternativas, o grupo da Unicamp descobriu, em estudos de outros grupos, que a diferença de temperatura entre o início e o fim do ciclo, a chamada histerese, aproxima-se do zero à pressão ambiente quando se substitui uma pequena parte (5%) do arsênio por antimônio. “Os compostos com maior quantidade de antimônio parecem promissores”, diz o coordenador do grupo da Unicamp, “embora ainda se observe histerese sob pressão”.

O PROJETO

Estudo do efeito magnetocalórico em compostos intermetálicos

MODALIDADE
Projeto Temático

COORDENADOR
SÉRGIO GAMA – Unicamp

INVESTIMENTO
R\$ 2.285.714,11 (FAPESP)

Célula brasileira - Gama trabalha com materiais magnetocalóricos desde 2000, mas começou a estudar o comportamento de materiais sob pressão a partir do que ele e seu grupo conheceram em um congresso de magnetismo realizado em julho de 2003 em Roma, capital da Itália. Foi ali que viram um dispositivo do tamanho de uma caneta – uma célula de pressão –, produzida, como descobriram em seguida, por um carioca que havia criado uma empresa em Cambridge, na Inglaterra. Como o preço era alto – cerca de US\$ 20 mil –, os físicos da Unicamp resolveram construir uma célula semelhante no Brasil. Fizeram um projeto próprio e conseguiram, aproveitando a habilidade dos técnicos do Instituto de Física. Construíram três células, já utilizadas por outros grupos de pesquisa do país. Cada uma delas custou menos de R\$ 3 mil em materiais.

A célula brasileira, que estava pronta dois meses depois do congresso na Itália, é um cilindro de cobre-berílio de 10 centímetros de comprimento por 8 milímetros de diâmetro, com dois pistões travados por dois parafusos. Os pistões pressionam uma cápsula com uma amostra de manganês-arsênio com 1 a 2 milímetros imersa em óleo mineral. Esse cilindro é colocado dentro de um aparelho chamado magnetômetro com um sensor supercondutor por interferência quântica (do tipo Squid, na sigla em inglês), que mede o magnetismo do material que se deseja estudar, colocado dentro de uma cápsula de teflon. Com esse aparato, a equipe de Gama pôde então medir o efeito magnetocalórico sob pressão, que na época ainda não havia sido descrito.

O primeiro material a ser medido sob pressão foi justamente o manganês-arsênio, já estudado pelos físicos da Unicamp por apresentar dois efeitos gigantes: o magnetocalórico e o magnetoelástico. Gama só não foi o primeiro a reportar o efeito magnetocalórico sob pressão porque um grupo espanhol da Universidade de Zaragoza, junto com outro, de Praga, República Tcheca, publicou antes, também na revista *Physical Review Letters*, os resultados a que haviam chegado com um composto formado por térbio, germânio e silício. Mas era apenas o efeito gigante, não o colossal.

do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro (RJ), e um dos primeiros brasileiros a embarcar no Auger.

Desde que o primeiro zévatron foi detectado em 1962, teóricos trataram de lançar hipóteses sobre a misteriosa identidade desses aceleradores cósmicos. Buracos negros ciclóticos? Estrelas de nêutrons com campos magnéticos intensos? Partículas exóticas e impensavelmente maciças? Galáxias colidindo? Pedacos do espaço que 'esqueceram' de explodir na formação do universo? (ver 'Um Einstein' gigantesco nos pampas' em CH nº 214).

Trilhões de vezes menor que um grão de areia, um zévatron pode carregar energias macroscópicas. Receita para um desastre natural: faça um núcleo atômico crescer até atingir a desprezível massa de um miligrama. Agora dê a ele a energia de um zévatron e o lance contra a atmosfera terrestre. O impacto seria equivalente ao de um asteroide com a massa do monte Everest (8.848 m), viajando a 200 mil km/h.

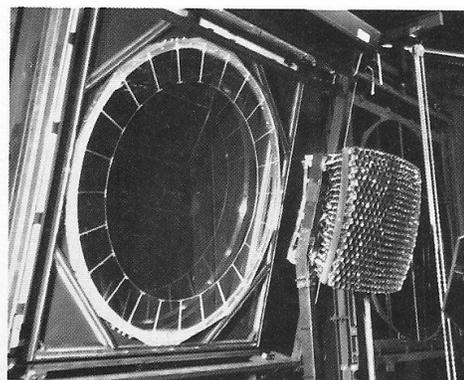
Os menos energéticos chegam à Terra em hordas (10 mil por m² por segundo). Para os moderados, essa quantidade cai para algo em torno de 10. Mas o fluxo dos zéva-

trons é frustrante: um por km² por ano ou, para os mais energéticos entre os energéticos, esse intervalo temporal pode se dilatar para um século. Obviamente, não seria o caso de espalhar detectores por 1 km² e esperar até 100 anos para capturar um deles. A saída é expandir a área. No caso do Auger, são 3 mil km² (três vezes o município do Rio de Janeiro).

Detectores de água

Ao todo, o Auger terá uma malha de 1,6 mil detectores, separados uns dos outros por 1,5 km (mil deles já estão instalados e funcionando). Cada detector é formado por um tanque plástico (3,5 m de diâmetro e 1,5 m de altura), contendo 12 toneladas de água ultrapura, para evitar a presença de bactérias que poderiam turvá-la.

A chuva que chega ao solo é formada principalmente por dois tipos de partículas: elétrons e os primos mais 'pesados' destes, os múons. Ao atravessar a água dos tanques, essas partículas emitem luz ultravioleta, que é captada por três sensores (fotomultiplicadoras). Imediatamente, a parte eletrônica do detector envia, via telefonia celular, um sinal para o 'quartel-general' do Auger, onde ocorre a análise de dados.



Cada tanque tem ainda um GPS (sistema de posicionamento global), que age como um relógio, marcando, com precisão de bilionésimos de segundo, o tempo que o chuveiro aéreo, que geralmente chega inclinado em relação ao solo, leva para 'aterrissar'. Toda essa eletrônica é alimentada por baterias, que, por sua vez, são carregadas por painéis solares. Mesmo nos casos de dias sem sol, as baterias agüentam o repuxo por cerca de 10 dias ininterruptos.

Um dos 24 telescópios distribuídos em quatro instalações na periferia da rede de detectores. À direita, lembrando um olho de mosca, arranjo com 440 sensores e, à esquerda, filtro que só permite a passagem de luz ultravioleta

Olhos de mosca

O Auger é um observatório híbrido. Explica-se. Além dos detectores, quatro 'olhos de mosca', estrategicamente posicionados na fronteira da rede de tanques, perscrutam o céu noturno sem nuvens e com luar fraco. Objetivo: detectar a luz extremamente tênue, também ultravioleta, gerada pela interação das partículas do chuveiro com as moléculas de nitrogênio do ar.

Cada olho contém seis telescópios, formados por uma colméia de espelhos curvos que captam essa radiação e a jogam sobre 440 sensores (fotomultiplicadoras, que lembram um olho de mosca, daí o nome) para ser amplificada. "Um telescópio desse tipo é capaz de detectar uma lâmpada de apenas quatro watts, cruzando o céu à velocidade da luz, a uma

Tanques plásticos, construídos no Brasil, esperam, do lado de fora da oficina do Observatório, pelo processo de montagem

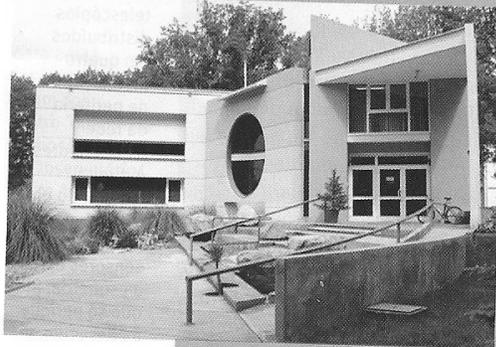


EM DIA

IMPACTO AOS PÉS DOS ANDES

Os primeiros dados científicos do Auger ainda não permitem dizer de onde vêm os zévatrons, mas outro resultado do observatório é evidente: o impacto social, econômico e cultural sobre Malargüe, cidade na província de Mendoza, nos pampas do oeste argentino, onde foi instalado o observatório.

Aos pés dos Andes, Malargüe, com 26 mil habitantes, viu seu cotidiano transformado nos



últimos 10 anos, quando o Auger chegou lá. Paul Mantsch, pesquisador do Fermilab (Estados Unidos) e administrador do projeto, diz que a relação do Auger com a população local é “excepcionalmente boa”. Raúl Rodríguez, prefeito da cidade, dá a entender que o sentimento é recíproco em relação ao Auger, que virou atração turística. Segundo ele, a cidade já oferecia dois atrativos: neve e natureza. “Agora, temos também o produto ciência”, afirma. A razão é que muitos dos turistas que chegam, entre junho e julho, ao aeroporto de Malargüe, rumo a Las Leñas (famosa estação de esqui a cerca de uma hora e meia de carro dali), acabam querendo conhecer a sede do observatório, cuja arquitetura moderna se destaca na avenida principal. Segundo Mantsch, de 5 mil a 6 mil pessoas por ano passam pelo

Centro de Visitação do Auger.

De uma hora para outra, comerciantes, garçons e recepcionistas passaram a lidar com visitantes cujo espanhol, muitas vezes, se resume a um *muchas gracias*. A prefeitura então decidiu construir, em Malargüe, uma escola de inglês (hoje com 500 alunos), apadrinhada pela Universidade de Congresso, na cidade de Mendoza. Restaurantes e hotéis, por exemplo, aumentaram o faturamento.

O prefeito destaca, entre os convênios internacionais pós-Auguer, um com a Universidade de Michigan (Estados Unidos), que permitiu enviar para lá três malargüinos para estudar engenharia. “Já pensamos em abrir nossa própria universidade”, revela Rodríguez. A mais próxima – uma subsede da Universidade de Mendoza – fica em San Rafael, a 200 km dali.

FOTOS DIVULGAÇÃO/PIRENE AUGER

distância de 15 km”, compara o físico Carlos Ourivio Escobar, do Instituto de Física Gleb Wataghin da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e coordenador do Auger no Brasil, onde há oito instituições participantes. Ao todo, 16 países integram o projeto, orçado em US\$ 50 milhões. Trabalham nele cerca de 250 físicos e 100 engenheiros especializados.

Três candidatos

De certa forma, o Observatório Auger representa uma segunda ‘era de ouro’ no estudo dos raios cósmicos. A primeira começou na década de 1930 e atingiu seu ponto alto na seguinte, quando foram detectadas várias partículas com o uso de emulsões nucleares (chapas fotográficas especiais). É dessa época a detec-

ção do méson pi (ou pión), feita pelo grupo da Universidade de Bristol (Inglaterra), com participação decisiva do físico brasileiro César Lattes (1924-2005).

Os resultados apresentados agora pelo Auger ainda não permitem apontar a direção do céu da qual chegam os ultra-energéticos. “Esses resultados representam apenas três meses de funcionamento. Precisamos ser pacientes e esperar por mais dados”, justifica o físico norte-americano James Cronin, prêmio Nobel de 1980 e um dos idealizadores do projeto, juntamente com o escocês Alan Watson e o francês Murat Boratav. Para investigar o céu setentrional, o Auger terá um gêmeo no Colorado (Estados Unidos).

O Auger já tem três candidatos a zévatron. “Infelizmente, o que nos pareceu mais energético

caiu meio fora da rede de detectores”, explica o francês Antoine Letessier-Selvon, responsável pela análise dos dados. Suspeita-se que a energia seja de 2×10^{20} eV.

Pelas próximas duas décadas, os pesquisadores esperam detectar cerca de 50 ultra-energéticos por ano. E, com base nessa estatística mais sólida, elucidar a direção no céu da qual vêm esses petardos espaciais. Daí, o próximo passo será apontar sondas e telescópios para lá, na esperança de solucionar um dos maiores enigmas da ciência.

Cássio Leite Vieira*

Ciência Hoje /R/

* O repórter viajou a Malargüe a convite da organização do evento

FÍSICA

Golpe de vista

Equações simples explicam a localização de objetos que parecem surgir do nada

FRANCISCO BICUDO

Vítimas preferenciais dos xingamentos de torcedores de futebol, principalmente ao marcarem os impedimentos, quando o atacante fica cara a cara com o goleiro, os bandeirinhas ficariam agradecidos caso uma ilusão visual chamada *flash-lag* fosse mais conhecida. Esse fenômeno, que poderia ser traduzido como *aquilo que é visto com atraso*, manifesta-se em situações na qual um objeto em movimento é surpreendido em sua trajetória por um segundo elemento, que surge muito próximo e de modo repentino. A cena que se forma dá a impressão de existir uma distância, ainda que pequena, entre os dois. O que aparece de surpresa parece estar atrás do primeiro, mas na realidade os dois estão emparelhados, lado a lado.

Esse poderia ser um argumento a ser usado pelos bandeirinhas para justificar alguns de seus erros. Em campo, lutando para acompanhar os lances em geral muito rápidos, o auxiliar do juiz identifica a presença do último zagueiro adversário só depois de olhar fixamente para o deslocamento do atacante e de se preocupar com o momento do passe final. Fica com a impressão de que o atacante estaria avançado, à frente do defensor, e levanta a bandeira, marcando o impedimento. Mas a jogada deveria



A bandeirinha Ana Paula da Silva Oliveira em um Corinthians x São Paulo: *flash-lag* sempre em campo

ter prosseguido, porque os dois jogadores estavam na mesma linha – não havia irregularidade no lance. “O bandeirinha pode ser facilmente traído pela ilusão visual”, assegura o neurofisiologista Marcus Vinicius Chrysóstomo Baldo, formado em física e em medicina, pesquisador do Instituto de Ciências Biomédicas (ICB) da Universidade de São Paulo (USP).

Baldo e Nestor Felipe Caticha Alfonso, do Instituto de Física da USP, partin-

do do que já se sabia sobre o funcionamento dos neurônios, criaram um modelo matemático que ajuda a explicar esse atraso na percepção de objetos. Os dois físicos aplicam às situações em que o *flash-lag* aparece uma abordagem matemática clássica, já usada para estudar a memória e o aprendizado, conhecida como redes neurais artificiais. De acordo com esse enfoque, as regiões do sistema nervoso responsáveis pela visão são divididas em camadas formadas por filas de neurônios que se comunicam simultaneamente com outros neurônios da camada seguinte, mas não apenas de uma maneira direta: cada célula nervosa pode interagir com as outras também de modo divergente e convergente, usando, portanto, rotas diagonais. Essa é a razão pela qual as informações levam mais tempo para fluir pela rede e, em consequência, demora a se formar a imagem do objeto que aparece de repente – eis o *flash-lag*. “Até agora, a maioria das explicações eram conceituais; não existiam modelos matemáticos com esse realismo biológico”, diz Caticha. “Fomos agora um instrumento mais preciso e realista, que pode ser testado experimentalmente.”

O modelo que criaram incorpora explicações físicas e fisiológicas, colocando em linguagem numérica as conexões entre os neurônios, os estímulos elétricos que permitem essa comunica-

ção e a própria estrutura de circuitos neuronais. Não há fórmulas enigmáticas, mas essencialmente apenas somas e multiplicações: o detalhe é que são dezenas ou mesmo centenas de equações resolvidas ao mesmo tempo por um programa de computador. Cada equação expressa duas variáveis-matemáticas: a atividade elétrica de cada neurônio e a soma das influências que cada um deles recebe dos outros com quem se relaciona.

O conhecimento consolidado sobre o funcionamento da visão foi o ponto de partida. Enxergamos porque a luz, ao penetrar nos olhos, estimula células fotossensíveis, localizadas na retina, que recobre a parede posterior interna do globo ocular e é composta por um complexo conjunto de camadas neuronais. É na retina que luzes e sombras transformam-se em impulsos nervosos, seguindo agora para um segundo conjunto de circuitos neuronais, o tálamo, uma espécie de filtro do sistema nervoso que direciona a informação para uma terceira estação de processamento, o córtex cerebral. É ali que se dá o fascinante processo de construção da percepção visual, que nos permite reconhecer um jogador em movimento próximo ao gol, uma silenciosa e colorida serpente na floresta ou um rosto familiar em meio à multidão. O modelo dos físicos incorpora justamente essa arquitetura em camadas que caracteriza o sistema nervoso, embora, em seu estágio atual, não haja um compromisso em se identificarem as camadas do modelo como sendo as complexas camadas de células corticais ou mesmo as camadas neuronais já presentes na retina.

Como em um teatro – Baldo compara cada camada a uma platéia de um teatro onde os lugares são numerados de acordo com as fileiras, representadas por letras, e as colunas, identificadas por números. Dessa forma, um neurônio localizado na primeira camada, lugar A5, interage com parceiros que ocupam, por exemplo, os assentos B4, B5 e B6 na segunda camada, que podem, por sua vez, dialogar com os companheiros C3 a C7, na terceira camada. Além disso, os impulsos elétricos troca-

dos entre eles – por meio de sinapses, também simuladas pelo computador – podem ser de ativação, quando o neurônio recebe uma ordem para fazer algo, ou de inibição, que corresponde a uma ordem para não fazer nada – como se fossem sinais positivos e negativos.

S

e um neurônio recebe sinais provenientes de cinco outros neurônios, por exemplo, três desses sinais poderiam ser de ativação e dois de inibi-

ção. Se o resultado dos sinais for maior que um valor previamente estabelecido pelo programa, o neurônio receptor dispara um novo impulso, que será transmitido à camada seguinte. Se a soma for inferior a esse valor, conhecido como limiar, uma propriedade fisiológica real, o neurônio permanecerá inativo, sem passar a informação adiante. É essa comunicação baseada em convergências e divergências, somada ao tempo que leva para se completar, que explica o fenômeno conhecido como *flash-lag*.

Baldo e Caticha acreditam que o modelo aplicado ao *flash-lag* poderá auxiliar na compreensão de outras ilusões visuais, como o efeito *Fröhlich*, quando um objeto em movimento aparece por detrás de outro, estático, e impede a formação dos detalhes do início da trajetória. Imagine uma onça surgindo detrás de uma árvore: muito provavelmente não será possível identificar sua boca e

focinho, que despontam primeiro detrás da árvore, e a imagem da onça será construída a partir da metade direita ou esquerda do rosto dela. A melhor compreensão sobre as diferentes ilusões visuais representa também a possibilidade de conhecer com mais detalhes o funcionamento geral da própria visão. Baldo não descarta a hipótese de qualquer imagem formada, mesmo as chamadas normais, que em tese não sofreriam interferências, poder ser considerada uma ilusão, pois jamais será a exata representação da realidade. “Creio que todos nós enxergamos a mesma pessoa ou o mesmo cenário com diferenças de detalhes, nem sempre sutis”, diz ele. “A visão é sempre uma leitura interpretativa do mundo e não há precisão absoluta.”

Imagens com atraso - O *flash-lag* começou a chamar a atenção em 1958, com um artigo do físico Donald MacKay, da Universidade de Keele, Inglaterra, publicado na *Nature*. Nesse trabalho, MacKay descrevia um fenômeno que permaneceria muitos anos sem explicação: quando ele chacoalhava uma lâmpada e a iluminava com uma outra fonte de luz estroboscópica – que acende e apaga em intervalos regulares, em *flashes* seguidos –, tinha a impressão de ver o filamento à frente, como se estivesse fora da lâmpada. Só em 1994 o psicólogo indiano Romi Nijhawan, atualmente na Universidade de Sussex, também na Inglaterra, ofereceu a primeira explicação sobre o fenômeno, ao afirmar que todos os objetos são vistos com atraso.

Assim, um carro que vem pela avenida pode já estar um metro adiante quando o cérebro consegue processar a imagem. Segundo Nijhawan, a evolução do cérebro humano teria desenvolvido um mecanismo de eliminar automaticamente a defasagem de espaço e o atraso na percepção da imagem, mas somente quando a trajetória já é conhecida. Se houver uma surpresa o cérebro não será capaz de fazer esses ajustes – e o *flash-lag* se manifestará. Por isso é que o risco de atropelamento é maior quando somos surpreendidos por um automóvel que parece ter surgido repentinamente na esquina.

Em 1995, Baldo e o físico norte-americano Stanley Klein, da Universidade da Califórnia, Estados Unidos, publicaram também na *Nature* outro

O PROJETO

Dinâmica temporal da percepção visual e sua modulação sensorial, atencional e comportamental

MODALIDADE

Linha Regular de Auxílio a Projeto de Pesquisa

COORDENADOR

MARCUS VINÍCIUS CHRYSÓSTOMO BALDO

INVESTIMENTO

R\$ 76.597,50 (FAPESP)



EDUARDO CESAR

Risco de atropelamento: o cérebro demora a formar a imagem do carro que pode já estar muito próximo

estudo sobre o *flash-lag*, mostrando que esse tipo de ilusão visual poderia decorrer de desvios da atenção. A idéia era simples: como a atenção é dedicada ao objeto em movimento, leva-se um tempo maior para perceber e determinar a posição de qualquer novo elemento que apareça no cenário como um *flash* e chame a atenção para si.

Neurônios em ponto morto – Argumentos bastante semelhantes foram utilizados três anos mais tarde, em 1998, por dois grupos independentes de pesquisadores: um chefiado pelo professor de optometria norte-americano Harold Bedell, hoje na Universidade de Houston, Estados Unidos; o outro coordenado por dois psicólogos, David Whitney, atualmente na Universidade de Western Ontário, no Canadá, e Ikuya Murakami, do NTT Communication Science Laboratories, no Japão. As duas equipes trabalhavam com a perspectiva

de tempos diferentes de percepção dos objetos – ou latências. Afirmavam que o cérebro, já acostumado com a cena previamente identificada, precisava passar por uma espécie de aquecimento para retomar sua atividade neural e registrar um novo objeto. É como se os neurônios já estivessem em posição de descanso, em ponto morto, e, graças ao estímulo repentino, se vissem obrigados a passar novamente pela primeira, segunda e terceira marchas até recuperar a velocidade normal. O modelo dos dois físicos unifica essas teorias, mostrando que as propostas antes discrepantes ou mesmo contraditórias são, na verdade, facetas de um mesmo fenômeno olhado por diferentes ângulos.

Agora, um aviso. Antes de apresentarem o modelo matemático que criaram e será publicado em breve na revista *Vision Research*, Baldo e Caticha costumam convidar para um teste quem os visita pela primeira vez. Pedem que o vi-

sitante se sente diante de um computador ligado e apagam a luz da sala, cheia de arquivos e de papéis espalhados sobre a mesa. Basta um clique no mouse e uma pequena barra aparece na tela, movendo-se sempre na horizontal, em linha reta. Quando atinge um ponto fixo, predeterminado e assinalado, um *flash* luminoso – uma segunda barra – pisca na tela. A tarefa é dizer aonde esse segundo ponto havia aparecido. Na maior parte das vezes, a resposta deste repórter foi: “Antes da outra”. Os pesquisadores sorriem satisfeitos, diante de mais uma vítima do efeito *flash-lag*: na verdade, as duas barras estavam sempre alinhadas. As explicações que os dois físicos oferecem em seguida esclarecem por que muitas vezes somos traídos pela visão e permitem encarar com mais solidariedade as dificuldades enfrentadas pelos bandeirinhas num campo de futebol, sob o olhar de milhares de torcedores. •

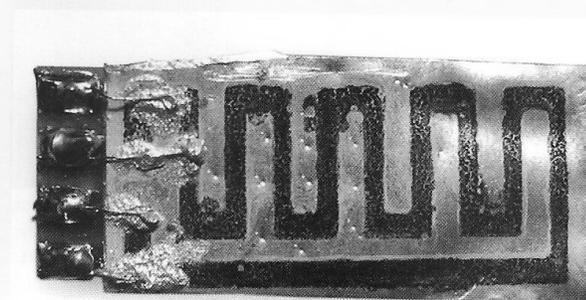
EM DIA

FÍSICA Brasileiros criam filme supercondutor para circuitos de componentes eletrônicos

Transmissão barata e eficiente

Pesquisadores brasileiros conseguiram produzir de maneira barata um filme – película com espessura de alguns micrômetros (1 micrômetro (μm) equivale a um milionésimo de metro) – que, em temperaturas de -193°C , adquire propriedades supercondutoras. O feito é substancial, já que materiais supercondutores só apresentam essas características em temperaturas próximas ao zero absoluto (-273°C) e sua manufatura envolve centenas de milhares de dólares. Os cientistas do Grupo de Vidros e Cerâmicas do Departamento de Física e Química da Universidade Estadual Paulista (Unesp), responsáveis pela conquista, utilizaram o filme para substituir o cobre da composição de circuitos impressos (placas onde são fixados componentes eletrônicos), obtendo melhor eficiência na transmissão de energia elétrica.

Os supercondutores pertencem a uma das quatro classes de materiais capazes de conduzir corrente elétrica. As outras são a de condutores, substâncias que conduzem bem a eletricidade, como os metais em geral, a de semicondutores, que apresentam mais resistência à passagem da corrente, e a de isolantes, que impedem o fluxo elétrico. Essa característica, que existe também nos condutores, só que em menor grau, é responsável pela perda de energia durante a transmissão. “Em vez de transmitir a energia, o material a converte em calor (feito Joule), como acontece nos chuveiros elétricos”, explica o físico



GRUPO DE VIDROS E CERÂMICAS DO DEPARTAMENTO DE FÍSICA E QUÍMICA/UNESP

sico Cláudio Luiz Carvalho, membro do Grupo de Vidros e Cerâmicas da Unesp e chefe da linha de pesquisa do filme.

Já com os supercondutores, a perda é extremamente pequena. Segundo Carvalho, linhas de transmissão construídas a partir desse material reduziriam a perda de energia em 90%, eliminando a necessidade de subestações que reforçassem a corrente transmitida de uma usina hidrelétrica para uma cidade. Os supercondutores também podem ser usados para medir pequenos ou gerar grandes campos magnéticos, como nos exames de ressonância magnética. “No Japão já se testam trens que viajam a grandes velocidades por levitarem sobre os trilhos, outro fenômeno mediado por esse tipo de material”, comenta o físico.

Velocidade no processamento

Carvalho começou a trabalhar nessa área em 1990 e se concentrou na produção de filmes em

O filme supercondutor (área escura) permite melhor condução da eletricidade e menor perda de energia

1999. Segundo o físico, o principal campo de aplicação para essas películas é a eletrônica, onde o uso dos supercondutores aumentaria, por exemplo, a velocidade de processamento do sinal e reduziria o problema de aquecimento dos dispositivos. Foi essa a motivação que levou os pesquisadores a substituir o cobre utilizado nas trilhas dos circuitos impressos pelo filme supercondutor.

Embora a praticidade de um material que funciona a temperaturas tão baixas possa ser questionada, o físico destaca que certos ambientes, como a Lua, por exemplo, estão muito abaixo de 0°C . Além disso, não é muito difícil manter os supercondutores nessas temperaturas, pois o resfriamento é relativamente barato hoje, já que o nitrogênio líquido,

FOTO DE FABRIM LENTE

usado para esse fim, custa centavos de dólar. “Mas a idéia é, no futuro, fazê-los operar em temperatura ambiente”, esclarece.

O sucesso do experimento não é a única vitória do grupo, que também conseguiu produzir a película por apenas US\$ 100. Quando comparada com metodologias estrangeiras que podem chegar a US\$ 500 mil, a técnica brasileira parece promissora. “O preço dos outros processos é alto porque eles requerem máquinas e insumos especiais, os quais conseguimos duplicar de outra maneira. Além disso, são processos de escala industrial”, conta Carvalho.

O Grupo de Vidros e Cerâmicas pretende agora aumentar a potência da corrente transmitida pelo filme e reduzir sua espessura. A idéia é, até o fim do ano, construir um dispositivo com componentes que utilizem a película e cujo funcionamento envolva o efeito Josephson, também conhecido como efeito de tunelamento. Nele, um elétron é capaz de ir de um ponto a outro – no caso, de um supercondutor a outro – passando por um meio isolante entre eles. “Um equipamento que utilizasse esse fenômeno teria um alto desempenho. Um computador, por exemplo, realizaria operações muito mais rapidamente que as máquinas convencionais”, ressalta.

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

MEDICINA

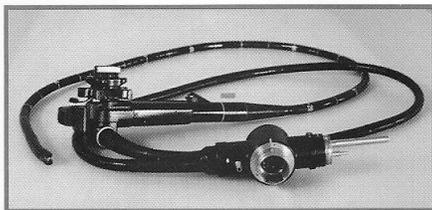
ENDOSCOPIA PODE SER RISCO PARA HEPATITE C

Se seu médico prescrever uma endoscopia gástrica, talvez valha a pena checar como os centros que fazem o exame higienizam o tubo óptico usado no procedimento. Segundo uma pesquisa da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a falta de esterilização do aparelho pode ser responsável pela transmissão do vírus da hepatite C, doença que pode levar à morte por cirrose ou câncer no fígado e para a qual não existe vacina.

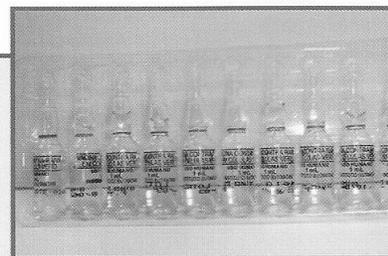
“Alguns estudos no exterior vêm sugerindo que a endoscopia digestiva pode ser um fator de risco para o contágio da hepatite C; então, decidi investigar essa associação no Brasil”, conta a biomédica Thaís Tiberly Espir, da Fiocruz. A pesquisadora entrevistou 253 pessoas que se candidataram a doar sangue no Rio de Janeiro. Os voluntários responderam se haviam passado por situações com conhecido potencial para a transmissão do vírus HCV — que ocorre por contaminação sanguínea —, como compartilhar seringas, passar por transfusões de sangue, cirurgias e tratamentos dentários, fazer tatuagens e piercings, ter relações sexuais sem preservativo e usar alicates em salões de beleza, e se haviam sido submetidos ao exame de endoscopia gástrica. As respostas foram então comparadas com os resultados do teste anti-HCV, procedimento de rotina para doadores de sangue em todo o território nacional.

Espir constatou que 25,9% dos HCV positivos não se enquadravam em nenhum dos fatores de risco tradicionais, mas tinham feito endoscopia gástrica. “No momento em que o endoscópio está dentro do trato digestivo, um paciente portador do vírus pode liberar secreções e sangue contaminados, transmitidos para outra pessoa que usa o mesmo tubo depois”, sugere a biomédica.

Para confirmar a hipótese, Espir visitou cinco serviços públicos de saúde que oferecem o exame. “Nenhum deles tinha protocolo de limpeza de endoscópio”, relata. Segundo ela, se o aparelho ficar imerso por no mínimo 20 minutos em uma solução com 2% de glutaraldeído entre a realização de um exame e outro, as chances de transmissão do HCV são quase nulas. “O problema é que não há uma legislação que estabeleça esse padrão no Brasil”, lamenta a biomédica, que realizou o estudo em seu mestrado em vigilância sanitária. No doutorado, ela pretende analisar a taxa de contaminação pelo HCV após a realização das endoscopias.



Uma vacina contra o vírus da raiva humana começou a ser produzida pelo Instituto Butantan (SP) em fevereiro e deve estar disponível no mercado brasileiro a partir de abril. Depois de testada em camundongos e macacos, a vacina foi aplicada em 200 homens, não sendo registrada nenhuma reação nervosa ou alérgica significativa. O produto dispensa o uso de soro animal, o que reduz bastante as chances de contaminação. Cada dose vai custar ao instituto R\$ 11,30, 30% a menos do que o valor pago pelo governo federal pela vacina usada atualmente no Brasil, importada da França. As cinco doses necessárias para a imunização devem ser tomadas por qualquer um que for mordido por cães, gatos ou morcegos.



NEUSA MARIA RAZATTI GALIANA

■ CIÊNCIA

FÍSICA

Três passos adiante

Físicos de Minas e São Paulo aprimoram manipulação e transmissão de dados em computadores quânticos

RICARDO ZORZETTO

E

m três estudos recentes, pesquisadores de Minas Gerais e de São Paulo apresentam contribuições teóricas e experimentais que devem ajudar no desenvolvimento de um tipo especial de computador que povoa a mente dos físicos há três décadas, desde que o químico Charles Bennett, da gigante da informática

IBM, demonstrou que era possível usar características das partículas atômicas para processar informações. É o computador quântico, assim chamado por funcionar segundo as leis da mecânica quântica, área da física que investiga os fenômenos do mundo dos átomos e das moléculas.

O resultado de aplicação prática mais imediata surge do trabalho do físico José Maria Villas-Bôas, ex-aluno de Nelson Studart na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), no interior de São Paulo, que atualmente realiza suas pesquisas de pós-doutorado na Universidade de Ohio, Estados Unidos. Villas-Bôas descobriu uma solução simples para falhas em um dos sistemas nanoscópicos, de milionésimos de milímetro, mais cotados para integrar o processador desses computadores do futuro: os pontos quânticos, pirâmides ou semi-esferas bilhões de vezes menores que a ponta de uma agulha, criadas sobre materiais semicondutores.

Ainda não se sabe qual será a aparência dos computadores quânticos, mas os físicos acreditam que a principal mudança ocorrerá na estrutura do processador e na forma de lidar com as unidades de informação, os bits. Nos computadores clássicos, os processadores são placas de silício do tamanho de uma moeda, com até 400 milhões de transistores. Quando o processador executa um comando, o transistor permite ou bloqueia a passagem de eletricidade e a informação é codificada em um sistema de dois números, zero ou 1. Em substituição aos transistores, os computadores quânticos deverão usar dezenas ou centenas de pontos quânticos, átomos ou corpúsculos de luz (fótons). E com vantagens. Enquanto o transistor lida com uma informação por vez, em uma relação de exclusão, o processador quântico trabalha simultaneamente com inúmeros estados físicos simbolizados por infinitas combinações



Rastros de luz:
quando o caminho
é a informação

da probabilidade de ser zero ou 1: por exemplo, 99% de chance de ser zero e 1% de ser 1 ou 42% de ser zero e 58% de ser 1. Eis a unidade de informação quântica: o bit quântico ou *qubit*.

Para realizar cálculos, os físicos atribuem valores arbitrários às propriedades das partículas atômicas, como o plano de vibração do campo elétrico dos fótons em um laser. Um exemplo ajuda a compreender. Pode-se determinar que o campo elétrico dos fótons oscilando no plano vertical, do mesmo modo que uma corda agitada por crianças, corresponde ao estado zero e a vibração na horizontal, ao 1. Segundo uma propriedade do mundo das partículas chamada superposição de estados quânticos, os fótons podem vibrar em infinitas direções ao mesmo tempo. Essa propriedade garante ao processador quântico uma agilidade inigualável para lidar com diferentes informações ao mesmo tempo e, em tese, elevar ao infinito a capacidade de processamento de um punhado de átomos.

Atualmente há ao menos duas propostas de utilização dos pontos quânticos para realizar operações lógicas. Na primeira, aprisiona-se uma única partícula de carga elétrica negativa (elétron) no interior dessas estruturas nanoscópicas e, em seguida, tenta-se controlar o sentido de rotação desse elétron com o auxílio de campos eletromagnéticos. Mas a alternativa aparentemente mais viável é bombardear o ponto quântico com pulsos rápidos de um laser cujos fótons vibram com mais energia que o elétron.

Nessa interação, o laser transfere energia ao elétron, que salta da região em que se encontra para outra mais energética no interior do ponto quântico, estruturas com 2 a 50 nanômetros. Como consequência, a região antes ocupada pelo elétron fica vazia e com carga positiva – a combinação estável do elétron excitado com a região vazia (buraco) compõe um estado que os físicos chamam de éxciton. Se desta vez o laser atingir o elétron excitado, a partícula de carga elétrica negativa retorna para a região de menor energia

do ponto quântico e o conjunto volta a seu estado original ou fundamental.

Foi essa possibilidade de criar esses estados distintos – um fundamental e outro excitado – que levou os físicos a proporem os pontos quânticos como alternativa de processador. Mas há dificuldades. Como a intensidade da corrente elétrica gerada por um único elétron é baixa, é preciso repetir várias vezes o bombardeamento com laser até se produzir uma corrente mensurável. É nessa fase que surgem os problemas. Artur Zrenner, da Universidade de Paderborn, na Alemanha, constatou que esse bombardeamento repetitivo produz uma interferência que impede a leitura precisa da informação codificada no estado de energia do ponto quântico e descreveu esse entrave em 2002 em um artigo na *Nature*. Em uma comparação com o mundo macroscópico, é como se fosse preciso olhar muitas vezes para uma pessoa a fim de saber se ela está de chapéu, mas a cada olhar se formasse uma nuvem de fumaça diante dos olhos, impedindo-nos de ver com clareza.

D

iante desse resultado, Villas-Bôas e os físicos Sergio Ulloa e Alexander Govorov, ambos da Universidade de Ohio, iniciaram a busca de explicações para essa interferência indesejável, semelhante à chiadeira que surge na recepção de uma rádio FM quando se atravessa uma região da cidade repleta de emissores. E a encontraram na origem dos pontos quânticos: na finíssima camada sobre a qual se formam essas estruturas. Composta pelo mesmo material semicondutor do ponto quântico – uma mistura de arseneto de gálio e arseneto de índio –, essa camada apresenta regiões nas quais podem surgir elétrons excitados com mais energia que no interior do ponto quântico, afetando a intensidade da corrente elétrica produzida, como descreveram Villas-Bôas, Ulloa e Govorov na *Physical Review Letters* de 11 de fevereiro.

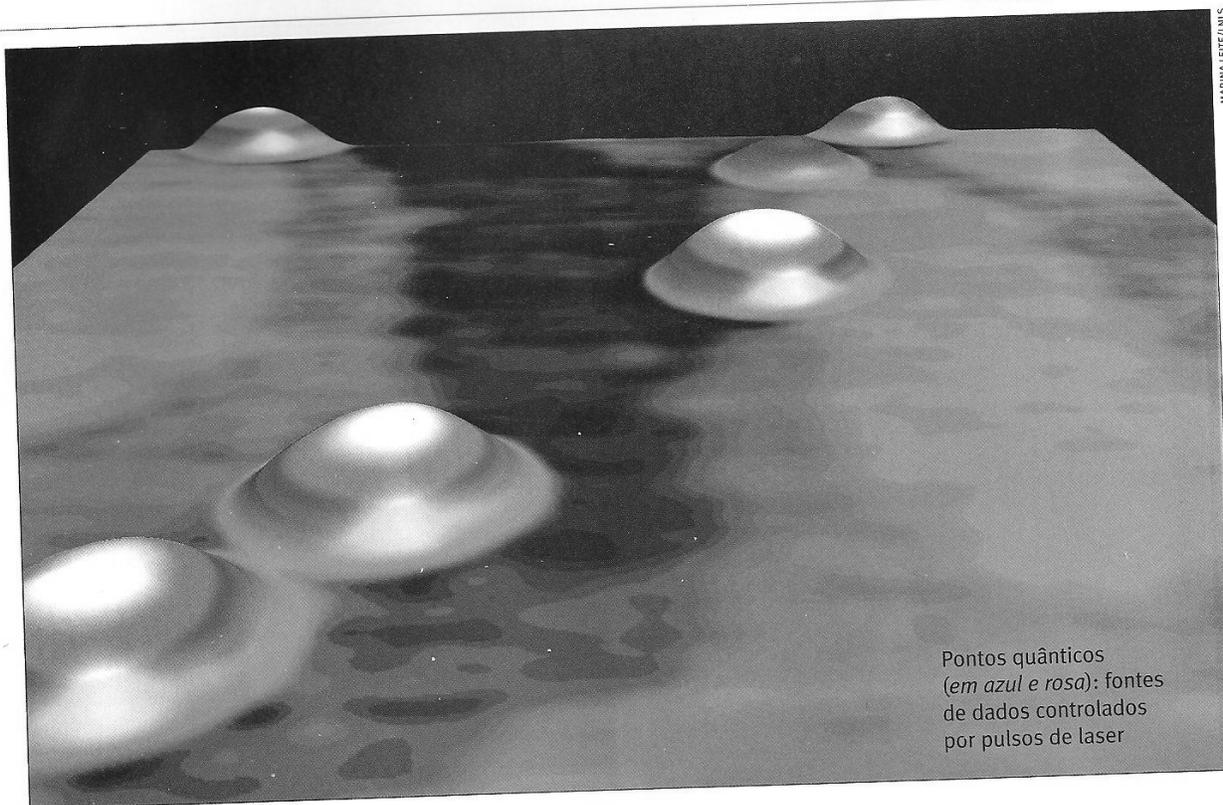
Como contornar o problema? Simples: é só bombardear o ponto quântico com pulsos de laser menos intensos e mais prolongados, propõem os pesquisadores. É que o uso de pulsos menos intensos reduz a probabilidade de gerar elétrons excitados de energia mais alta na camada abaixo do ponto quântico. E parece que funciona. “No ano passado, Artur Zrenner conversou comigo depois que apresentei esse trabalho na conferência Quantum Dot, no Canadá”, conta Villas-Bôas. “Mesmo sem conhecer meu estudo, ele refez os experimentos com pulsos de laser mais longos e obteve resultados melhores, mas não sabia explicar o porquê.”

Caminhos simétricos - Em paralelo ao progresso com os protótipos de processador quântico, físicos da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) apresentaram dois outros avanços relevantes: encontraram formas de aumentar a capacidade de processamento e de transmissão de informação de um computador quântico.

Na UFMG, Sebastião Pádua, Leonardo Neves, Gustavo Lima e Carlos Monken desenvolveram e testaram uma estratégia engenhosa que permite aumentar a quantidade de informação associada a cada bit quântico. Em colaboração com José Aguirre e Carlos Saavedra, da Universidad de Concepción, no Chile, a equipe de Pádua associou a informação a outra propriedade inerente aos fótons: o caminho percorrido por esses corpúsculos de luz.

Não há mágica. E algum esforço de imaginação ajuda a entender a proposta mineira. Ao atravessar um cristal especial, o feixe de laser é transformado em dois feixes de fótons gêmeos, que se propagam em sentidos diferentes, com ângulos simétricos em relação à trajetória inicial. Uma propriedade intrigante da física quântica chamada entrelaçamento quântico garante que duas partículas distintas e separadas – ou mesmo dois conjuntos de partículas, caso dos feixes-irmãos – reagirão de uma maneira predeterminada quando uma delas recebe um estímulo.

A equipe de Pádua direcionou cada um dos feixes-irmãos para um anteparo diferente, a 20 centímetros do cristal, e com quatro fendas muito estreitas, de



Pontos quânticos
(em azul e rosa): fontes
de dados controlados
por pulsos de laser

0,09 milímetro. Ao produzir os feixes de fótons gêmeos, os físicos os programaram para cumprir a seguinte exigência: ao sair do cristal, os corpúsculos de luz passariam por fendas simetricamente opostas. Assim, se o fóton da direita atravessasse a mais elevada das quatro fendas, o da esquerda obrigatoriamente cruzaria a mais inferior do anteparo esquerdo. Além da informação codificada no plano de polarização, agora é possível somar outras quatro informações, vinculadas aos caminhos que os fótons podem percorrer.

E quanto maior o número de fendas, mais informação será atrelada aos feixes-irmãos. Experimentos com anteparos de 4 e 8 fendas, descritos pela equipe mineira e chilena na *Physical Review Letters* de 18 de março, mostraram que a estratégia é viável e o índice de acerto, elevado: ao menos 96%. Os cálculos indicam que é possível obter bons resultados com até 10 fendas.

Pode-se argumentar que anteparos com fendas não são o melhor material para integrar um processador quântico. Mas o que interessa é o princípio de funcionamento. “Imagine que, no lugar

das fendas, temos fibras ópticas”, propõe Pádua. “Essa simples substituição permitiria transportar mais informação usando menos pulsos de luz.”

Pacote único - O autor da terceira contribuição é o físico Gustavo Rigolin, da Unicamp. Valendo-se de particularidades do entrelaçamento quântico, ele propôs uma saída a um dos gargalos da computação quântica: a transmissão de informações. De nada adianta um processador supereficiente, capaz de realizar em segundos cálculos que levariam bilhões de anos em um computador clássico, se os resultados tiverem de ser transferidos um a um até o local em que serão armazenados.

Quase 20 anos depois de revelar a possibilidade de usar partículas atômicas para realizar cálculos, Charles Bennett identificou em 1993 uma surpreendente propriedade da física quântica: o teletransporte, capacidade de transmitir características de uma partícula atômica a outra distante. Até recentemente a eficiência do teletransporte era baixa, porque só se conseguia transmitir as características de uma única par-

tícula por vez. Em um artigo na *Physical Review A*, Rigolin propõe procedimentos que permitem enviar simultaneamente inúmeros estados quânticos de um grupo de partículas para outro.

Imagine que se queira transferir as informações de uma centena de elétrons colocados na Catedral da Sé, no centro de São Paulo, para outra centena de elétrons na Candelária, região central do Rio. Rigolin descobriu que só consegue transmitir as características das partículas paulistanas para as cariocas se tiver à disposição outra centena de elétrons intermediários. Ao entrelaçar as partículas intermediárias com as paulistanas, ambas passam a compartilhar as mesmas características. Em seguida, as partículas intermediárias funcionam como uma ponte quântica ou canal quântico e transferem suas propriedades aos elétrons cariocas. Além de aumentar a capacidade de transmitir informações simultaneamente, esse modelo permite corrigir eventuais erros na informação transmitida e criar códigos de segurança mais eficazes, que denunciariam qualquer tentativa de interceptar a informação. •

FÍSICA Equipamento para medir fotocondutividade promete otimizar pesquisas na área de óptica

Simple, sensível e eficiente

Um novo aparelho para medir a fotocondutividade – propriedade que alguns materiais têm de conduzir eletricidade quando estimulados pela luz – está sendo desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O protótipo é muito mais simples e eficiente do que o equipamento atualmente adotado em laboratórios que pesquisam esse fenômeno no mundo.

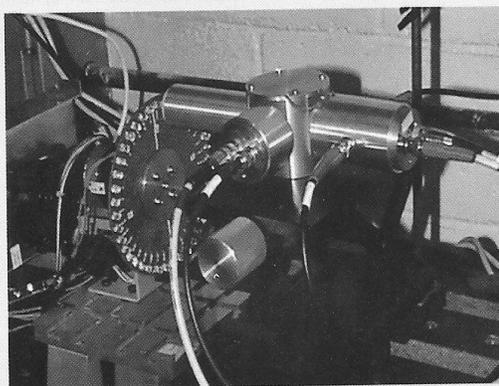
A fotocondutividade é uma propriedade física que está na base de muitos dispositivos de grande importância tecnológica. Esse é o caso dos mecanismos que produzem energia elétrica a partir da luz solar, medidores de luz, cristais fotorrefratários para memórias ópticas (que poderão substituir os CDs e DVDs como meio de armazenar informações) e para registrar fotografias e hologramas em tempo real, isto é, sem necessidade de revelação. Um equipamento simples e eficiente que permita estudar essa propriedade é de grande importância para pesquisas da área.

O processo para analisar a fotocondutividade consiste em aplicar uma tensão elétrica entre os extremos do material e, projetando sobre ele luzes com cores diferentes, medir a quantidade de corrente elétrica que cada uma produz. Cada cor de luz tem um comprimento de onda característico e uma energia fotônica – energia produzida pelos fótons (partículas de luz) – distinta associada. O atual processo para fazer esse ‘teste’ utiliza uma lâmpada de luz ‘branca’ e um monocromador, aparelho que decom-

põe essa luminosidade em suas diferentes cores. Cada tipo de luz (com cores diferentes) é jogado, um a um, sobre o cristal, começando com o estímulo energético mais fraco (o da cor vermelha e infravermelha) até o mais forte (violeta e ultravioleta), enquanto um medidor de corrente elétrica quantifica o efeito de cada uma delas sobre o material.

No entanto, o equipamento atualmente usado não é suficientemente sensível para o estudo de materiais pouco fotocondutores, como é exatamente o caso dos cristais fotorrefrativos usados nos hologramas. “Tentando resolver esse problema na pesquisa sobre cristais fotorrefrativos, desenvolvemos um aparelho muito mais sensível e mais compacto, que pode executar diferentes tarefas de maneira mais simples e com relação custo-benefício muito melhor que o já existente”, afirma Jaime Frejlich, do Laboratório de Óptica do Instituto de Física da Unicamp e um dos criadores do sistema.

Nesse novo aparelho, desenvolvido em conjunto com o aluno de engenharia mecatrônica Nilson Roberto Inocente Junior e com a física Renata Montenegro Pereira, em vez de uma luz branca são usados vários LEDs (diodos emissores de luz) de diferentes cores, que emitem luzes bastante monocromáticas (cores bastante ‘puras’). A luz ‘pura’ emitida por cada LED é muito mais potente do que a obtida pelo sistema ‘lâmpada branca/monocromador’ e por isso a corrente elétrica gerada é também maior e mais fácil de se medir.



O novo equipamento desenvolvido pela Unicamp permite medir a fotocondutividade (propriedade que alguns materiais têm de conduzir eletricidade quando estimulados pela luz) e é pouco maior que um videocassete

“Os LEDs são muito mais baratos, resistentes e eficientes do que as lâmpadas normalmente usadas para o mesmo fim”, explica Frejlich. Os diferentes LEDs são dispostos em uma espécie de bandeja rotatória automática onde são alternados e sucessivamente alinhados e ligados para iluminarem o material sob estudo. Um programa de computador controla o processo todo, coleta as informações e as processa, deixando-as prontas para serem analisadas pelo pesquisador. Além disso, o sistema mede e permite levar em conta a distribuição da luz dentro do material, fatia por fatia, o que representa uma inovação no estudo dos materiais fotocondutores. Um artigo publicado este ano na *Review of Scientific Instruments* descreve os primeiros resultados das pesquisas realizadas.

Rosa Maria Mattos
Ciência Hoje/RJ

CIÊNCIA

FÍSICA

Ponte delicada

Elétrons podem mudar de comportamento em conexões de nanofios

Não basta produzir fios de dimensões ínfimas, com a espessura de 1 milionésimo de milímetro, para pavimentar a promessa da nanotecnologia de miniaturizar dispositivos eletrônicos. Também é preciso aprender a emendar esses fios com conexões do tamanho de uma simples molécula, tarefa que começa a ser compreendida pelos físicos. Um artigo recente da revista *Physical Review Letters* lançou luzes sobre um fenômeno essencial no comportamento dos elétrons nessas emendas, as nanojunções. O trabalho, assinado por pesquisadores do Brasil, da Itália e dos Estados Unidos, mostra que as leis que regem o comportamento do transporte de elétrons em circuitos, mesmo nos da microeletrônica, podem não se aplicar a novos problemas da nanoeletrônica. Como exemplo, uma nanojunção, sistema metálico estreitíssimo, até da largura de um átomo, que conecte dois condutores, tem características novas.

Tanto em materiais de dimensões normais quanto em fios nanoscópicos pode-se considerar que o comportamento de um elétron transportado na corrente sofre influência do “efeito médio” de todos os elétrons nos arredores. Mas há metais especiais,

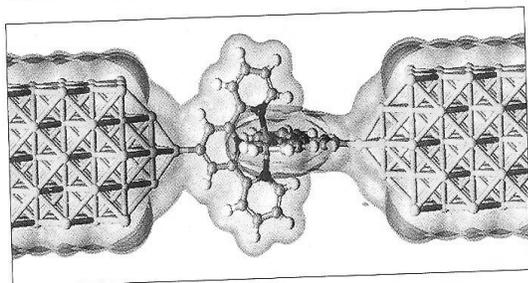
em que a existência de um estreitamento ou confinamento – caso típico da nanojunção – pode afetar a passagem de corrente. Esses metais estão na base de muitas propostas para eletrônica molecular. O trabalho levou em conta uma nanojunção de platina, metal com elétrons muito localizados numa mesma subcamada atômica. Na falta de espaço, os elétrons conduzidos são obrigados a evitar os elétrons hospedados no átomo. Em vez do efeito médio, domina a repulsão entre cada par de elétrons, fenômeno conhecido como “correlação eletrônica”.

“Ou esse efeito é considerado, ou se vai calcular tudo errado”, diz Marília Caldas, professora do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, que assina o artigo em parceria com Andrea Ferretti, Arrigo Calzolari, Rosa Di Felice, Franca Manghi e Elisa Molinari, da Universidade de Modena, na Itália, e Marco Buongiorno Nardelli, da Universidade da Carolina do Norte. No artigo, os autores propuseram uma ma-

neira matemática de incluir a correlação eletrônica no cálculo do transporte eletrônico e a aplicaram à nanojunção de platina. A representação da passagem dos elétrons pela junção (condutância ou transmitância) é diferente quando se utiliza o novo cálculo. O diagrama apresenta formas de patamares largos no caso do campo médio, o que indicaria boa condutância. Mas quando a repulsão de cada par de elétrons é incluída os patamares se deformam, com perda drástica da condutância.

O trabalho de Marília Caldas é um exemplo entre vários da *expertise* do Instituto de Física na pesquisa teórica sobre as propriedades de novos materiais. No final de 2001, estudo liderado por outro professor da instituição, Adalberto Fazzio, estampou a capa da mesma *Physical Review Letters*. O artigo descrevia descobertas sobre o comportamento dos átomos de nanofios de ouro, material estratégico para a fabricação de componentes para futuras gerações de computadores. O desafio é

transformar os achados em inovações práticas, missão para a qual outros países estão mais preparados que o Brasil. “Nossa pesquisa tem importância teórica e na formação de recursos humanos, mas é preocupante que não haja uma política industrial capaz de garantir a transformação da riqueza em produtos”, diz Fazzio.



Nanojunção: uma molécula liga dois fios de ouro

EM DIA

FÍSICA Fluido magnético poderá ter aplicação nas telecomunicações e na produção de computadores

A hora e a vez da ferrita de cádmio

Uma substância coloidal altamente transparente e capaz de responder a baixos campos magnéticos foi desenvolvida por pesquisadores dos institutos de Física e de Química da Universidade Federal de Goiás (UFG), com a colaboração do Instituto de Física da Universidade de Brasília (UnB). Trata-se de um fluido magnético (FM) à base de nanopartículas de ferrita de cádmio (CdFe_2O_4). Os fluidos magnéticos são suspensões coloidais que contêm partículas microscópicas dispersas em meio líquido. O tamanho dessas estruturas – que funcionam como pequenos ímãs manipuláveis – é geralmente inferior a 20 nanômetros (cerca de 5 mil vezes menor que o diâmetro de um fio de cabelo). Os FMs têm várias aplicações tecnológicas, podendo ser empregados na construção de dispositivos que medem campos magnéticos, em impressoras, equipamentos ópticos e aparelhos que ajudam a diagnosticar ou tratar doenças, como o câncer.

Segundo os físicos Andris Figuerôa Bakuzis e Osni Silva, do Instituto de Física da UFG, e membros da equipe que desenvolveu o material, o fluido à base de ferrita de cádmio é o mais transparente de todos os fluidos magnéticos já registrados na literatura especializada. Exames de amostras com o mesmo número de partículas revelaram que a ferrita de cádmio é cerca de 30 vezes mais translúcida do que um FM convencional, como, por exemplo, o colóide de maguemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$).

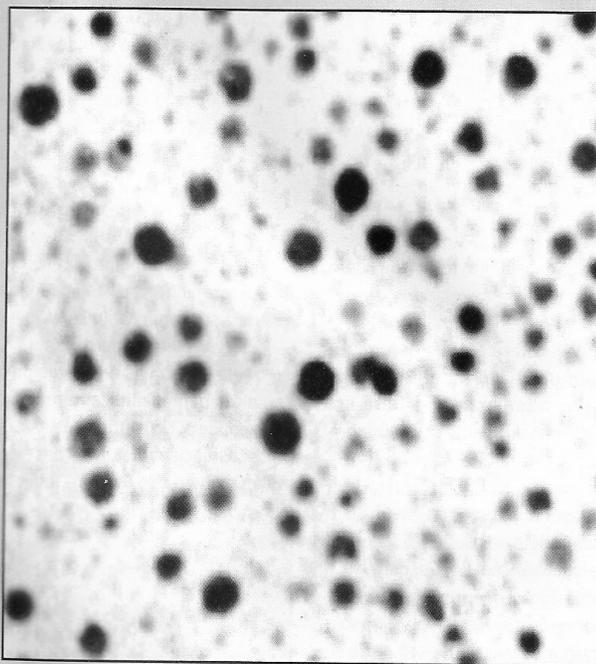


FOTO: ALEXANDRE FARELO SILVA

Imagem do fluido magnético de ferrita de cádmio obtida com auxílio de microscópio eletrônico de varredura

De acordo com os físicos da UFG, as aplicações ópticas dos FMs estão limitadas à quantidade de partículas imersas no fluido. Quanto mais nanoestruturas, menos transparente será o sistema. Mesmo em altas concentrações, o novo fluido se mantém claro.

Outra vantagem do fluido magnético de ferrita de cádmio é sua alta sensibilidade a campos magnéticos. Comparado à maguemita, a reação do novo colóide é cerca de 100 vezes mais intensa sob ação de uma fonte magnética. Na prática, é como se os 'ímãs' da

amostra de CdFe_2O_4 fossem muito mais fortes. Os fluidos magnéticos dependem de uma quantidade limite de nanopartículas para reagir a impulsos magnéticos. Por outro lado, uma concentração maior de nanopartículas torna a substância menos transparente. Testes feitos pelos pesquisadores da UFG demonstraram que o novo colóide, por reagir mais facilmente a campos magnéticos, dispensa uma grande concentração de nanopartículas, o que, simultaneamente, aumenta ainda mais a transparência da substância.

cia. A descoberta da ferrita de cádmio foi publicada na *Applied Physics Letters*, uma das mais conceituadas revistas de física aplicada do mundo. Pouco depois, a revista *Laser Focus World*, especializada na divulgação dos últimos avanços tecnológicos relacionados com a indústria fotônica, registrou a descoberta.

Os pesquisadores da UFG e da UnB apostam na viabilidade da produção comercial do fluido magnético de ferrita de cádmio, que é relativamente simples e de custo moderado. De acordo com Paulo César de Moraes, do Instituto de Física da UnB, algumas empresas estrangeiras já demonstraram interesse em produzi-lo comercialmente. Segundo Emília Celma de Oliveira Lima, pesquisadora do Instituto de Química da UFG que auxiliou na preparação do material, o processo se dá em três etapas. O primeiro passo é a síntese das nanopartículas, realizada através de uma reação de hidrólise que utiliza hidróxido de sódio (NaOH). Em seguida, as nanopartículas de ferrita de cádmio obtidas são submetidas a um tratamento especial para promover a estabilidade. Na fase final, as nanoestruturas são dispersas em solução aquosa diluída de ácido perclórico (HClO₄), formando suspensões coloidais (os fluidos magnéticos).

A patente do processo de fabricação do fluido magnético de ferrita de cádmio já foi solicitada ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Em futuro próximo, o material poderá ser utilizado na fabricação de moduladores ópticos (dispositivos de grande utilidade na área de telecomunicações) e de sensores magnéticos como os encontrados na parte física dos computadores.

Almiro Franco Neto

Especial para *Ciência Hoje/GO*

BOTÂNICA

DEFESA QUÍMICA CONTRA PRAGAS

Uma nova estratégia de defesa das plantas contra o ataque de predadores acaba de ser demonstrada em estudo feito na Universidade Estadual do Norte Fluminense (Uenf). Pesquisadores verificaram que a casca (tegumento) das sementes de soja contém proteínas capazes de matar insetos e fungos, evitando que atinjam seu conteúdo e as destruam. Antes, pensava-se que a casca dessas sementes se limitava a impor uma barreira física contra a entrada de microrganismos.

Já se sabia que no cotilédone (órgão interno da semente responsável por sua nutrição e sobrevivência) de alguns grãos há proteínas tóxicas a insetos e fungos. No entanto, em testes laboratoriais, os cientistas observaram que alguns desses animais morriam antes de atingir o interior da semente da soja. "Foi então que decidimos estudar mais detalhadamente a composição bioquímica do tegumento das sementes", afirma a bióloga Antônia Elenir Amâncio Oliveira, do Centro de Biociências e Biotecnologia da Uenf, e orientadora do estudo, realizado pela bióloga Patrícia de Oliveira Santos em seu mestrado. Foram encontradas duas proteínas na casca da soja que matam os insetos ao entrar em contato com eles: a peroxidase e a fosfatase.

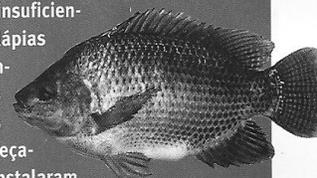
Em longo prazo, o estudo pretende viabilizar a criação de sementes geneticamente modificadas de outras plantas para torná-las mais resistentes a pragas. Um dos principais candidatos é o feijão-de-cordã, muito comum no Nordeste e que chega a ter 70% de sua produção perdida por causa de carunchos (insetos ou larvas que perfuram madeira, livros e cereais).

FOTO PATRÍCIA DE OLIVEIRA SANTOS



O *Callosobruchus maculatus*, mais conhecido como caruncho-do-feijão, em meio a sementes de soja

MAIOR PRODUÇÃO DE TILÁPIA • Um convênio firmado entre o Sebrae e a prefeitura de Pirai (RJ) para capacitar piscicultores transformou o município no maior produtor de tilápias do estado: em menos de um ano, a produção passou de uma para seis toneladas de pescado por mês. O manejo inadequado do peixe, a falta de pontos de escoamento e a produção insuficiente impediam que os criadores de tilápias sobrevivessem da atividade. Com consultoria especializada do Sebrae, os piscicultores aprenderam métodos corretos de limpeza e manejo, começaram a adotar ração de qualidade e instalaram aeradores (para oxigenar a água). O processamento adequado do peixe também acabou com o gosto de terra, considerado desagradável. O conhecimento especializado ainda permitiu que os criadores aprendessem a explorar todas as potencialidades do peixe. A tilápia agora é vendida em filé, a polpa é usada na merenda escolar e a pele é vendida para a indústria de couro para fabricação de bolsas e calçados.



TECNOLOGIA

FÍSICA

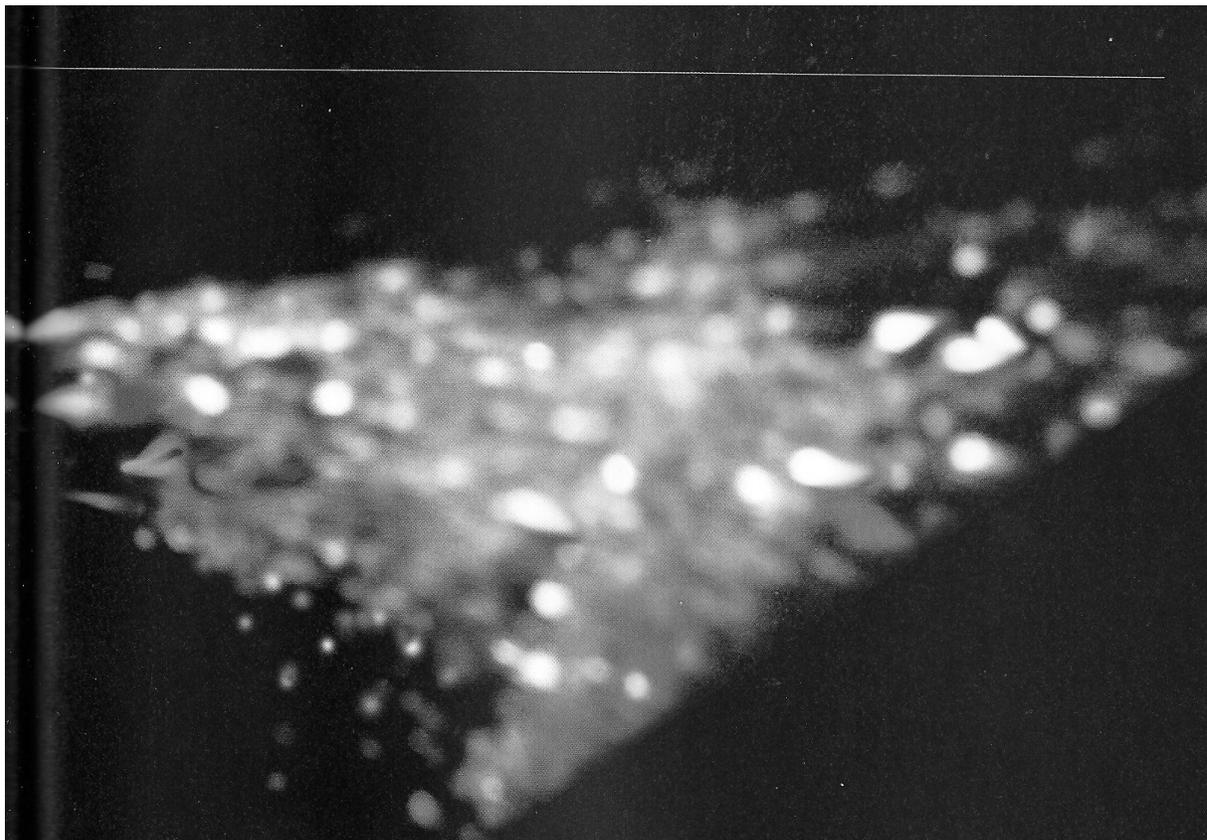
Altas energias

As ferramentas dos pesquisadores brasileiros para participar do gigantesco estudo de partículas subatômicas

MARCOS DE OLIVEIRA

U

m dos grandiosos, complexos e custosos experimentos científicos da atualidade, junto com a exploração espacial e os projetos genoma, é o estudo das menores partículas que constituem toda e qualquer matéria. Por mais paradoxal que pareça, os *quarks* e os léptons, por exemplo, formadores dos prótons, dos nêutrons e dos átomos e tudo o que mais existe no Universo, exigem instrumentos imensos chamados de aceleradores, além de avançados sistemas de computação com alta capacidade de transmissão e de armazenamento de dados. Só mesmo uma cooperação internacional, presente, por exemplo, na construção da estação espacial ou na transcrição



Resultado da colisão de partículas em simulação artística. Criação e espalhamento de novas partículas

dos genes, pode também concretizar a obtenção de novos conhecimentos da interação e da formação dessas partículas. É um conjunto de operações que também conta com dois grupos de pesquisadores brasileiros, da Universidade Estadual Paulista (Unesp) e da Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Eles estão finalizando um complexo computacional que vai reunir o equivalente a 380 computadores trabalhando em conjunto e a mais rápida conexão via internet do país. Tudo isso para estar interligados com os dois maiores e mais importantes aceleradores de partículas subatômicas do mundo, o Fermilab, sigla de Fermi National Accelerator Laboratory, situado próximo à cidade de Chicago, nos Estados Unidos, e o Cern, Centro Europeu de Pesquisas Nucleares, com sede em Genebra, na Suíça. Eles devem gerar 100 milhões de gigabytes (GB) de dados nos

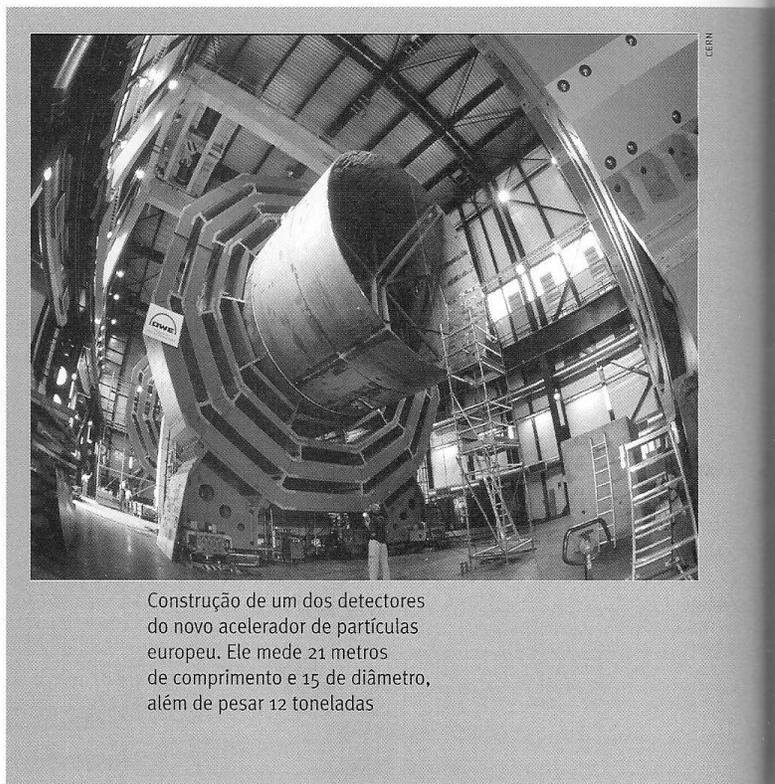
próximos dez anos. Esse número equivale à capacidade total de 2,5 milhões de discos rígidos com memória de 40 GB, os mais usados nos computadores atuais.

Última geração - Na capital paulista já está montado o Centro Regional de Análises de São Paulo, Sprace na sigla em inglês. Ele possui 114 unidades centrais de processamento (CPUs), ou processadores, e está finalizando, com financiamento da FAPESP, a instalação de mais 64, num total que deverá ter o equivalente a 178 processadores de última geração funcionando em paralelo. Esses equipamentos estão instalados no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, na capital paulista, num acordo com a Unesp, que possui o professor Sérgio Ferraz Novaes, do Instituto de Física Teórica (IFT), como coordenador do projeto. Novaes, que traba-

lhou no Fermilab por dois anos, entre 2000 e 2002, lidera uma equipe de quatro pesquisadores: Eduardo de Moraes Gregores, Sérgio Moraes Lietti e Pedro Galli Mercadante do IFT, vinculados ao projeto Jovem Pesquisador financiado pela FAPESP, e Rogério Luiz Iope, estudante de pós-graduação da Escola Politécnica da USP. No Sprace, a equipe possui, para armazenar os dados, discos de memória com capacidade de 12 terabytes (TB), o equivalente a 12 mil GB e a mais de 18 milhões de CDs.

No Rio de Janeiro, sob a coordenação do professor Alberto Santoro, da UERJ, junto com 20 pesquisadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em colaboração também com a Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e o Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/RJ), foram instaladas, num projeto da Financiadora de Estudos e Projetos (Finep) do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 200 CPUs com 7 TB de disco. Santoro, que é um veterano nesse tipo de pesquisa, trabalha com os dois grandes laboratórios de aceleradores há mais de 20 anos. Ele estava na equipe que descobriu, em 1995, no Fermilab, a partícula *quark top*, o último dos seis *quarks* previstos pela teoria que descreve as partículas elementares e suas interações.

O Sprace e o grupo do Rio de Janeiro formam o High Energy Physics (HEP) Grid Brasil, com atuação tanto nos experimentos do Cern como do Fermilab. As duas instituições adotaram recentemente uma das grandes inovações da área de informática surgidas nos anos 1990, que é o sistema Grid, um formato computacional que começa a se tornar uma ferramenta cada vez mais presente no processamento de dados científicos. No conceito *grid*, vários computadores estão em conexão num mesmo local, formando agrupamentos, também chamados de *clusters*, que podem estar ligados a outros grupos de computadores localizados tanto em um prédio ao lado como do outro lado do planeta.



Construção de um dos detectores do novo acelerador de partículas europeu. Ele mede 21 metros de comprimento e 15 de diâmetro, além de pesar 12 toneladas

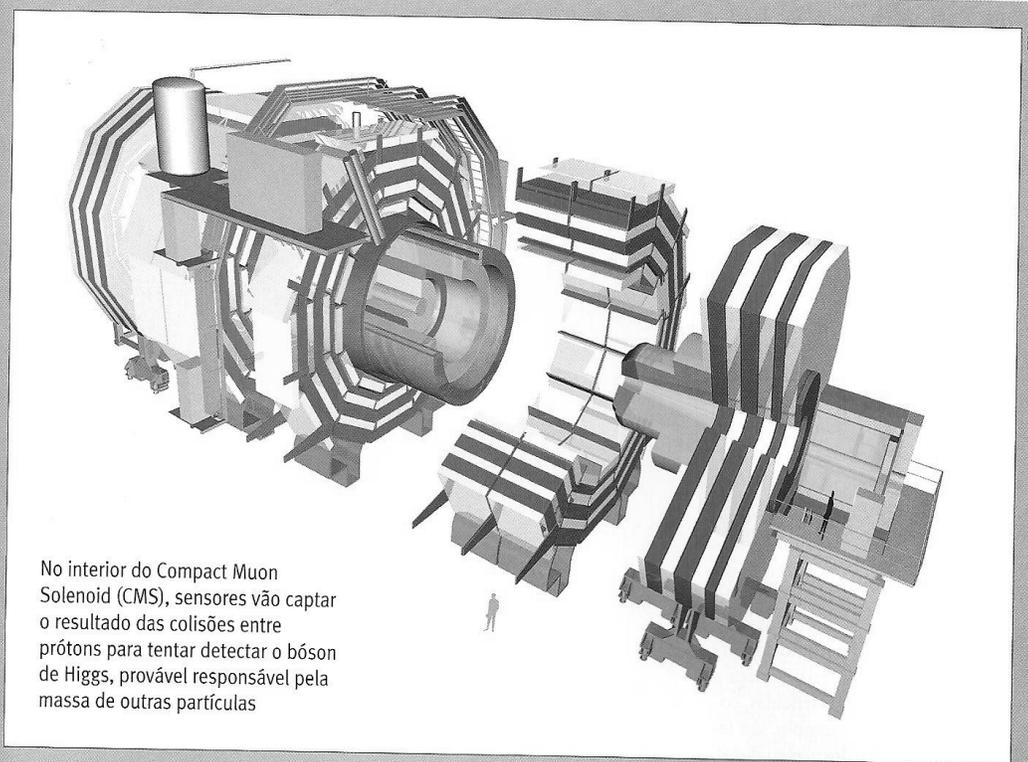
N

os Estados Unidos, a Fundação Nacional de Ciência (NSF na sigla em inglês) investirá US\$ 150 milhões nos próximos anos para comple-

tar a ligação em forma de *grid* de todas as comunidades científicas e de engenharia do país. Chamado de TeraGrid, o sistema oferece uma série de recursos de *hardware* e de *software* que começa a ser usado na decodificação de genomas e de proteínas, no diagnóstico de doenças e na previsão do tempo e de terremotos. Na Europa, o governo alemão anunciou em setembro um investimento de € 17 milhões para a formação de infra-estrutura nacional baseada na estrutura *grid*. A DGrid Network vai levar a todo o país a possibilidade de resolução de complexos experimentos científicos a distância. Estão incluídos

ai física de altas energias, que estuda as partículas produzidas nos aceleradores, a observação da Terra, astronomia, pesquisas em medicina e aplicações em engenharia. O sistema *grid* deve assim superar o conceito de supercomputador, equipamento caro e com pouca flexibilidade para aumentar ou diminuir a capacidade de processamento. No *grid* é só acoplar ou retirar um ou mais computadores.

“No sistema *grid* tudo funciona de forma automática e transparente, com as tarefas sendo direcionadas para os diferentes *clusters* que estejam com capacidade de processamento livre em um determinado momento”, explica Novaes. Todos trabalham com *softwares* abertos de forma que cada grupo possa também contribuir para o aperfeiçoamento do sistema. O *grid* da física de altas energias irá utilizar no Cern, quando um novo acelerador for inaugurado em 2007, uma arquitetura hierárquica que irá funcionar a partir de uma central, chamada de Tier 0, localizada na sede do laboratório, de onde



No interior do Compact Muon Solenoid (CMS), sensores vão captar o resultado das colisões entre prótons para tentar detectar o bóson de Higgs, provável responsável pela massa de outras partículas

os dados serão distribuídos por redes de alta velocidade para vários centros nacionais de nível 1 (Tier 1). A partir de cada Tier 1 os dados são distribuídos para centros nível 2 (Tier 2) e eles associados e destes para os de nível 3. O HEPGrid Brasil está na categoria Tier 2. “A evolução do nosso trabalho, junto com mais investimento, permitirá, dentro de alguns anos, transformar nosso grupo em uma Tier 1”, acredita Santoro.

Velocidade essencial - A conexão com os laboratórios de aceleradores de partículas exige uma excelente comunicação entre os vários grupos espalhados pelo mundo. Para isso a transmissão é toda feita por meio de fibras ópticas. Tanto os laboratórios da USP como os da Uerj recebem e enviam os dados via fibra óptica até os Estados Unidos, por meio de cabos submarinos. Estão previstas para os próximos anos, com a inauguração do novo acelerador do Cern, o Grande Colisor de Hádron, LHC na sigla em inglês, transmissões

de pelo menos 2,5 gigabits por segundo (Gbps). “Comparando-se com uma transmissão oferecida pelo sistema comercial de banda larga, com 256 kilobits por segundo (Kbps), poderíamos dizer que os pesquisadores estarão transmitindo numa velocidade 10 mil vezes maior ou que a mesma quantidade de dados levaria um segundo para ser transmitida para o Cern enquanto pela banda larga comum levaria três horas”, calcula Luis Fernandez Lopez, coordenador do Programa Tecnologia da Informação no Desenvolvimento da Internet Avançada (Tidia) da FAPESP.

Hoje toda a comunicação que sai do laboratório do Sprace segue via laser por meio de fibras ópticas encapsuladas em cabos submarinos até Miami. Atualmente o Sprace já opera em 622 megabits por segundo (Mbps), embora já esteja equipado para se conectar a 2,5 Gbps. “Em breve, com a entrada em operação do LHC, essa velocidade de transmissão será essencial para a continuidade das pesquisas nessa área”, diz Novaes.

As exigências futuras fizeram a FAPESP, que mantém a Rede Acadêmica de São Paulo (Ansp) e o Tidia, firmar um acordo com a NSF para financiamento do projeto Western Hemisphere Research and Educational Network (WHREN) – uma rede para ligar pesquisadores de todo o continente americano –, que deve ser inaugurado em dezembro deste ano com um cabo de fibra óptica para fazer a ligação São Paulo–Miami–Nova York com velocidades de 2,5 Gbps. Essa conexão vai suprir tanto a necessidade dos pesquisadores da área de física de altas energias como a de outros laboratórios. Na WHREN, a FAPESP entra com US\$ 1 milhão e a NSF com mais US\$ 1 milhão. O link com Nova York vai proporcionar velocidades de 10 Gbps dentro dos Estados Unidos e uma conexão com a Europa em velocidade de 40 Gbps. No Rio de Janeiro, o grupo de Santoro já dispõe de 1 Gbps de velocidade de transmissão com São Paulo, em rede experimental mantida pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa

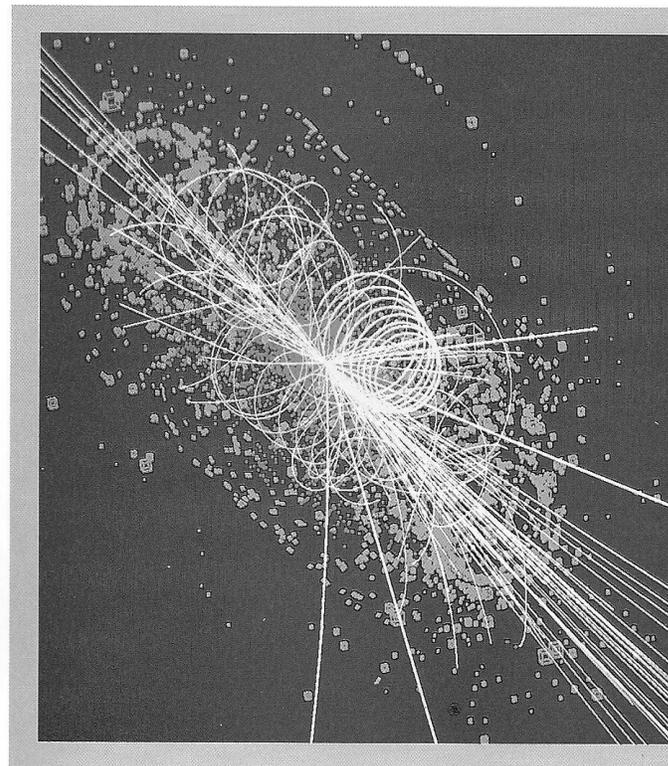
(RNP) do MCT e também com financiamento da Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (Faperj). A RNP estuda ainda uma conexão externa em 10 Gbps num acordo com a Rede Clara, sigla de Cooperação Latino-Americana de Redes Avançadas. Até o final do ano, uma interligação, na mesma velocidade, entre São Paulo e Rio de Janeiro, vai beneficiar todas as instituições de pesquisa.

T

oda a estrutura que permite a busca do conhecimento e do entendimento das partes

mais íntimas da matéria começa a funcionar quando duas partículas, como dois prótons, por exemplo, são levadas a colidir dentro dos aceleradores. É como se dois objetos quaisquer fossem acelerados a altas velocidades dentro de um anel metálico e se encontrassem e se aniquilassem no meio de um detector recheado de sensores que funcionam de forma semelhante a câmeras fotográficas. A destruição provoca como resultado a criação de um monte de estilhaços, ou, no caso, de partículas. O que os pesquisadores fazem é, comparativamente, analisar o tipo, a curvatura da trajetória dessas partículas produzidas e a energia que elas depositam nos detectores.

No mundo das partículas existem comportamentos “estranhos” para o nosso macro mundo, como o fato de que algumas possam conter partículas ainda menores que se transformam em outro tipo de partícula até então impensável. Um dos problemas para os pesquisadores é que existem partículas raras e por isso os experimentos necessitam de bilhões de colisões para estudá-las. “Dentro dos aceleradores circulares os prótons usados nos experimentos são impulsionados por radiofrequência e por eletroímãs supercondutores, instalados ao longo do círculo”, explica Novaes. “As partículas viajam nas cris-



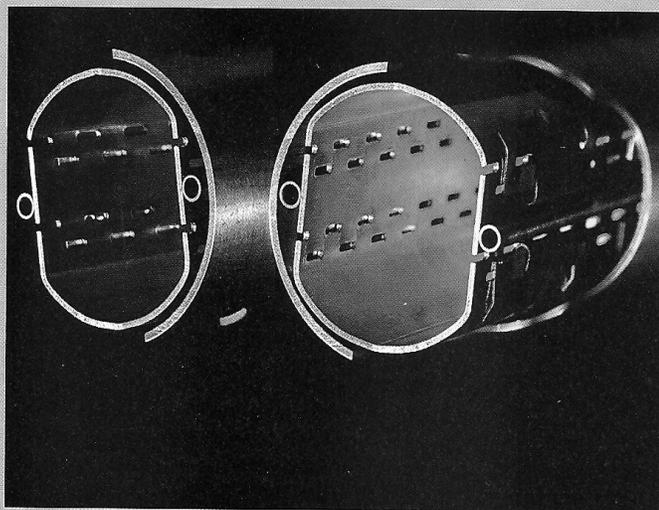
tas das ondas eletromagnéticas como surfistas”, diz Santoro.

O trabalho dos pesquisadores é identificar tanto as raras como as mais comuns partículas nas informações captadas pelos sensores depois das colisões. “Recebemos do Fermilab e do Cern um conjunto de dados para identificar as partículas, fazer as análises das interações e apresentar as conclusões”, explica Novaes. Hoje ainda existem partículas previstas na teoria e ainda não detectadas, como o bóson de Higgs, partícula que pode ser responsável pela massa de todas as demais. Outra possibilidade é a verificação experimental de modelos alternativos tais como os modelos supersimétricos, com novas partículas que levam o nome de gluínos, *squarks* e sléptons, ou aqueles que prevêem a existência de dimensões extras.

Todo esse esforço resulta em pesquisa sobre a formação e interação das partículas, mas também colabora no entendimento da formação do Universo, das estrelas e numa série de conhecimentos que são transportados para

tecnologias usadas no dia-a-dia. Uma delas foi a criação da World Wide Web, a conhecida *www*. Justamente para tornar mais amigável a interação entre os diversos pesquisadores que trabalham com partículas em vários países foi que o pesquisador do Cern, Tim Berners-Lee, criou o sistema *web*, em que bastava clicar num *link*, por exemplo, para ter acesso às informações. Os cientistas já trocavam dados por computador, mas isso era muito complexo, como lembra Santoro, que foi um dos primeiros brasileiros a usar o sistema *www*.

Imagens em pósitron - Na área médica, o estudo da física de altas energias levou ao aprimoramento do tratamento de tumores por meio de feixes de partículas e à tomografia por emissão de pósitrons (PET), cujo princípio fundamental é a emissão pósitron (ou anti-elétron, que são partículas com a mesma massa do elétron, porém com carga positiva) e oferecer imagens de alta definição do interior do corpo humano. O avanço tecnológico de circuitos inte-



Ao lado, simulação em computador do resultado da colisão entre prótons. Acima, telas metálicas que serão inseridas dentro da tubulação do anel do novo acelerador do Cern

grados para aquisição e processamento de dados e o uso da fibra óptica, que mais tarde se tornou generalizado nas telecomunicações, também tiveram grande contribuição no estudo das partículas.

Obter ganhos no conhecimento científico e, de quebra, incentivar inovações tecnológicas fazem dos aceleradores um experimento caro. Somente no funcionamento do Fermilab é gasto US\$ 1 milhão por dia, que é suprido pelo Departamento de Energia norte-

americano e administrado por uma associação de universidades. Enquanto o LHC europeu não começa a funcionar, o Tevatron do Fermilab é o maior acelerador de partículas em operação. O anel de colisão possui 6,3 quilômetros (km) de circunferência e 1 km de raio. O grupo brasileiro trabalha com dados de um dos dois detectores, o Dzero. Com uma estrutura de cinco andares de altura e 20 metros de comprimento, ele pesa mais de 5 toneladas e tem mais de 800 mil canais de leitura eletrônicos.

A colaboração científica reúne 18 países, além dos Estados Unidos e Brasil, como Canadá, Inglaterra, Argentina, Coreia do Sul, China, França, Rússia, Holanda e Alemanha. São 83 instituições, sendo 36 dos Estados Unidos, congregando 664 físicos, cerca da metade deles norte-americanos.

Era do exabyte - Com a entrada em funcionamento do LHC, em 2007, o número de pesquisadores envolvidos nessa área em todo o mundo deverá crescer. Em apenas um dos quatro detectores do LHC, o Compact Muon Solenoid (CMS), onde será produzido um montante de dados por segundo equivalente ao de 10 mil enciclopédias britânicas, já estão trabalhando mais de 2 mil pessoas, oriundas de 165 instituições dos 36 países participantes. Todos os pesquisadores do Cern vão operar com o equivalente a 50 mil computadores interligados no processamento das informações que ele vai gerar. No período de cinco a oito anos, o laboratório vai inaugurar a era do exabyte (EB), com a produção de 1 EB em dados digitais, ou 1 quintilhão de bytes. Se fosse possível armazenar essa cifra fabulosa em CDs, que possuem capacidade para 700 megabytes (MB), teríamos cerca de 1,4 bilhão de disquetes. Outra comparação é que esse 1 EB equivaleria a 20% de todo tipo de informação transformada para a via digital gerada no ano de 2002 no mundo, entre internet, revistas, jornais, livros e filmes.

O CMS será o detector que os pesquisadores brasileiros ligados ao HEP-Grid Brasil irão trabalhar. Mas outros três detectores, o Atlas, o Alice e o LHCb, também vão ter a colaboração de pesquisadores brasileiros do CBPF, da UFRJ e da USP. Como instrumento de trabalho, nos seus 27 km de circunferência, o LHC do Cern vai proporcionar colisões com sete vezes mais energia que o Tevatron do Fermilab. O norte-americano funciona com 2 trilhões de electronvolts (TeV) e o LHC vai operar com 14 TeV. Como ensina um texto no site do Cern: "1 TeV é comparável à energia que um mosquito usa para voar. O que faz o LHC tão extraordinário é que essa energia pode ser comprimida num espaço milhões de vezes menor que um mosquito".

OS PROJETOS

Física experimental de anéis de colisão: SP-Race e HEP Grid-Brasil

MODALIDADE
Projeto Temático

COORDENADOR
SÉRGIO FERRAZ NOVAES – Unesp

INVESTIMENTO
R\$ 709.342,00 (FAPESP)

Física experimental de altas energias: os experimentos Dzero do Fermilab e CMS do Cern

MODALIDADE
Programa de Apoio a Jovens Pesquisadores em Centros Emergentes

COORDENADOR
EDUARDO DE MORAES GREGORES – Unesp

INVESTIMENTO
R\$ 73.963,15 (FAPESP)

EM DIA

FÍSICA Aos 40 anos, Sociedade Brasileira de Física mantém as prioridades da época de sua fundação

Pesquisar e ensinar

Fazer com que os conhecimentos da física contribuam para a riqueza do país e melhorar o ensino de ciências no nível médio são alguns dos principais objetivos da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que completou 40 anos em julho último. Para comemorar o evento, a SBF organizou um encontro especial nos dias 2 e 3 de outubro, no Palácio das Convenções do Anhembi, em São Paulo (SP), que reuniu pesquisadores de todas as áreas da física e de todo o território nacional. Durante os dois dias, os cientistas traçaram um panorama da física de alta qualidade feita no Brasil e discutiram não só a necessidade da inserção desse campo científico na vida econômica brasileira,

como também maneiras de melhorar a formação dos professores de ciência.

A SBF foi fundada em 14 de julho de 1966, durante a 18ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), realizada naquele ano em Blumenau (SC) e presidida pelo físico José Goldemberg. Até então, os físicos marcavam seus encontros junto com os eventos anuais da SBPC. Mas, com o crescimento dessas reuniões e a busca pelo reconhecimento de sua profissão, os pesquisadores sentiram a necessidade de ter um espaço próprio. “É por isso que a SBF só foi surgir na década de 1960, embora a física brasileira já tivesse demonstrado sua qualidade desde os anos 30”, explicou o físico Adalberto Fazzio, do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) e presidente da SBF.

Entre as 113 pessoas, incluindo físicos e estudantes, presentes na formação da sociedade, estavam o primeiro presidente da SBF, bem como o primeiro presidente eleito, respectivamente Oscar Sala e José Leite Lopes (1918-2006) (ver ‘Ciência e educação em prol do Brasil’ em *CH* nº 231). O grupo determinou os objetivos da sociedade, como a melhor organização dos encontros e a edição de publicações científicas, por exemplo, a *Revista Brasileira de Física* (atualmente, *Brazilian Journal of Physics*). Apesar da história rica, os pesquisadores têm dificuldade em reunir documentos sobre a SBF. “Uma de nossas sugestões à sociedade é a criação de uma comissão para organizar a preser-

vação de textos e imagens referentes à SBF”, disse o filósofo da ciência Antônio Augusto Passos Videira, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, que, junto com a física Amélia Império Hamburger, da USP, falaram sobre a história da sociedade.

Aproximação com a indústria

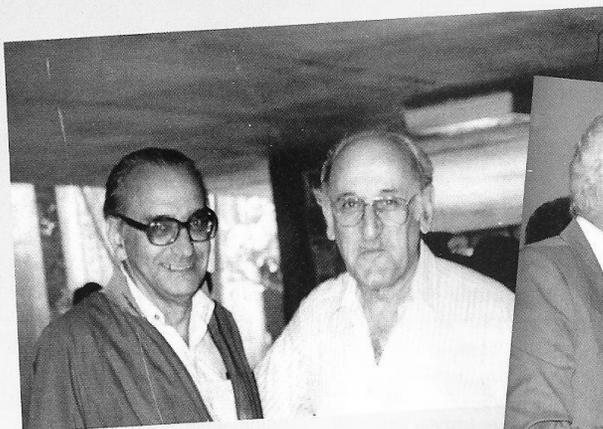
Para o presidente da SBF, a física brasileira gera muito conhecimento, mas pouca riqueza. “Formamos 250 doutores por ano e somos responsáveis por 2% da produção científica mundial nessa área, mas isso não se traduz em aplicações industriais”, revelou Fazzio. Segundo ele, nos países desenvolvidos, 50% dos físicos que terminam o doutorado vão para a indústria. No Brasil, isso não acontece e esses profissionais ou se tornam professores universitários ou fazem um pós-doutorado. “Além disso, as empresas brasileiras não costumam ter laboratórios para gerar inovação”, acrescentou o físico.

Em uma tentativa de mudar esse cenário, a SBF publicou em 2005 um livro, intitulado *Física para o Brasil: pensando o futuro*, com sugestões para a formulação de políticas de desenvolvimento científico e tecnológico. Uma delas é a de se criar um programa de pós-doutorado ligado às empresas, onde o físico trabalharia com inovação tecnológica. “As políticas nessa área têm de ser mais fortes”, enfatizou Fazzio. Ele também mencionou o tópico das patentes, mas, para o físico Paulo Cesar de Moraes, da Universidade de Brasília (UnB), esse assunto é fonte de alegrias, mas também

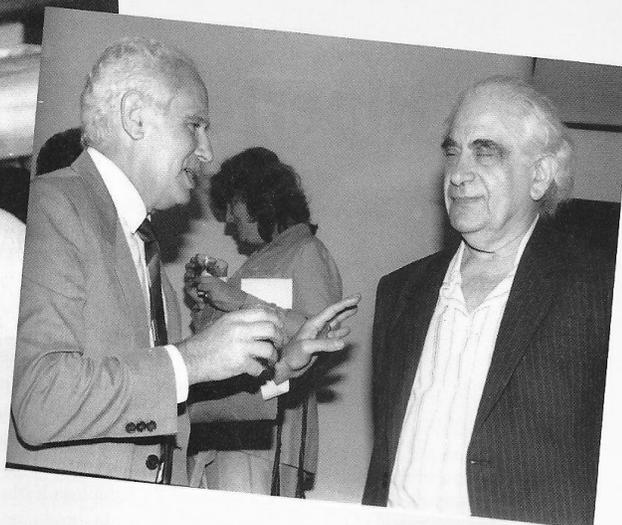


ARQUIVO DO INSTITUTO DE FÍSICA DA USP

EM DIA



Na década de 1980, no Instituto de Física da USP, acima Ramayana Gazinelli e Moysés Nussenzeig; à direita, José Goldemberg e Mario Schemberg. Todos já foram presidentes da SBF



de preocupações. “Embora tenham vários registros concedidos no Brasil, não possuímos suas contrapartes internacionais. Ou seja, quando os pedidos se tornarem públicos, corremos o risco de alguma companhia estrangeira se apropriar do nosso conhecimento”, informou Moraes, que acredita ser necessária uma política que auxilie a obtenção de patentes no exterior, um processo caro demais para a maioria das universidades. “Uma alternativa é a maior aproximação com a indústria, pois as empresas têm a capacidade de proteger seus interesses”, relatou.

O físico Odair Dias Gonçalves, presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), que representou o físico Sérgio Rezende, ministro da Ciência e Tecnologia, concordou com o colega. Em sua opinião, a ciência e a indústria avançaram muito no país, mas de maneira paralela, sem se encontrar. “A característica da política hoje é corrigir essa situação, propiciando maior interação entre essas duas áreas. Mas isso não significa abandonar a pesquisa básica”, observou Gonçalves. Ele citou os fundos setoriais como um exemplo de maior aproximação entre universidades e empresas, em especial, o CT-

Verde-amarelo, específico para inovação e que incentiva tanto os cientistas quanto as companhias particulares.

Melhores professores

Desde sua criação, a SBF teve uma participação forte na questão do ensino, tendo organizado, em 1970, o primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física (Snef). Mesmo assim, o presidente da sociedade acredita que há vários problemas com a educação de ciências no nível médio, como o reduzido tempo de atividade escolar nessa área. “Em algumas escolas, os alunos só têm duas horas semanais de educação científica. Hoje, é inadmissível que não se dê prioridade a esse campo”, ressaltou Fazzio. Em sua opinião, o Ministério da Educação (MEC) e o MCT devem atuar em conjunto, especialmente na questão da formação dos professores de ciência, considerada um ponto crítico. “É preciso aumentar o salário desses profissionais e melhorar sua qualificação, bem como investir em laboratórios escolares”, afirmou o físico, lembrando ainda da necessidade de estimular a divulgação científica.

O representante do MEC no evento, o físico Ronaldo Mota, secretário nacional de educação

a distância, compartilha da opinião de Fazzio. “Apesar do nosso parque científico desenvolvido, o ensino médio em ciências é ruim”, disse. Segundo Mota, é preciso estimular a parte experimental do estudo. Para isso, é necessário preparar os professores, pois o ensino de física tem um forte componente experimental. Ele comentou que a Universidade Aberta, iniciativa de educação a distância do MEC, desenvolveu uma fase presencial dos seus cursos com foco nessa área, onde o aluno comparece uma vez por semana ao pólo de apoio a distância mais próximo para ter uma aula de laboratório. O projeto-piloto teve 10 mil participantes, sendo três quartos deles de professores que não tinham título superior ou graduação na sua área de ensino. O secretário mencionou ainda a importância das novas tecnologias, como os objetos virtuais de aprendizado, simulações computacionais que auxiliam a compreensão do tema tratado. “Finalmente, estamos trabalhando também no desenvolvimento de livros-texto escritos por grandes pesquisadores”, concluiu Mota.

Fred Furtado
Ciência Hoje/RJ

CIÊNCIA

FÍSICA

No embalo das bolhas

Brasileiros e franceses mostram
que o champanhe borbulha
de quatro maneiras distintas

MARCOS PIVETTA

O espocar de um champanhe precede a fumarola que se derrama da garrafa, inebria o ambiente com seu perfume de brioche, leveduras, frutas brancas e nozes e anuncia o próximo movimento: verter a bebida dourada e nervosa numa

taça estreita e alta, a *flûte* dos franceses, cujas bordas são tomadas pela erupção de pequenas borbulhas que avançam sobre a superfície do líquido. Passados alguns instantes, a cortina de espuma que agitava a parte superior da *flûte* se desfaz quase por completo. Mas, das paredes inferiores do copo, continua a brotar a assinatura do mais famoso e imitado vinho, as bolhas de dióxido de carbono (CO₂), o popular gás carbônico, um dos dois subprodutos da fermentação dos açúcares outrora presentes na bebida (o outro é o álcool). Servido na taça adequada, e desde que ninguém se atreva a tomá-lo, o champanhe mantém sua efervescência, ainda que de maneira decrescente, por até cinco horas, garantem alguns especialistas – um teste de resistência que raramente deve ter sido feito fora dos laboratórios de pesquisa. Aliás, é justamente

da área científica, não da gastronomia, que vem o relato de uma recente descoberta sobre a dinâmica de produção das pérolas gasosas da bebida: físicos brasileiros e franceses mostraram que o processo de formação das esferas de gás carbônico obedece a uma seqüência de diferentes ritmos de borbulhamento em função da passagem do tempo. Enfim, desvendaram a matemática que embala os berçários de bolhas do champanhe, ou quase isso.

Parece conversa fiada, mas o achado é sério – e requereu a análise de aproximadamente 16 mil bolhas de gás, provenientes de uma centena de garrafas de champanhe cedidas pela Moët & Chandon, o maior fabricante da bebida. Apesar de representativa do que ocorre no tumultuoso interior do saboroso líquido, a amostra é uma fração ínfima do total estimado de bolhas contido numa única garrafa de 750 mililitros de espumante, da ordem de 20 milhões de unidades. Os resultados do trabalho, cuja parte experimental foi feita na França e cuja interpretação dos dados ficou a cargo dos brasileiros, saíram na edição de setembro da revista científica *Physical Review E*, publicada pela Sociedade Americana de Física. Os pesquisadores serviram champanhe a 20°C em taças (12 graus acima do recomendado), filmaram e fotografaram com uma câmera ultra-rápida por meia hora as cadeias de bolhas que nasciam em certos pontos dos copos e,

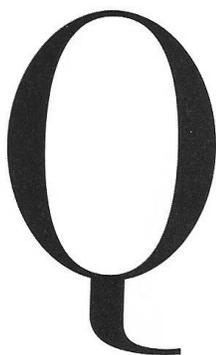


EDUARDO CESAR

por fim, estudaram as informações do experimento à procura de padrões que pudessem estar por trás da gênese das pílulas de efervescência. Encontraram. No mínimo, quatro regimes distintos de borbulhamento, que os físicos chamam de períodos, foram identificados. “Mas, em alguns casos, percebemos até sete períodos distintos”, comenta o físico Alberto Tufaile, da Universidade de São Paulo (USP), estudioso de sistemas caóticos em meios líquidos e um dos autores do trabalho. De qualquer forma, o relato formal dos pesquisadores deu conta, por ora, dos quatro principais padrões de borbulhamento do champanhe.

Inicialmente, assim que as taças recebem o líquido, as bolhas surgem aos pares, formam-se em grupos de duas em duas e dessa maneira ascendem até o topo; depois, aparecem de forma mais ou menos desordenada, em levadas com um número variável de unidades, como se estivessem numa fase de transição; em seguida, originam-se em trios, em bandos de três em três; e, finalmente, brota apenas uma bolha de cada vez, num movimento tão monótono como o tique taque de um relógio (*veja imagens ao lado*). As oscilações no ritmo da efervescência nunca fogem a essa seqüência circular de regimes: depois do período em que fabrica uma esfera de gás carbônico por vez, o champanhe volta a gerar contagens gasosas em duplas e assim por diante. O tempo de duração de cada um desses quatro padrões de borbulhamento pode variar de alguns segundos — logo após a bebida ser colocada no copo, quando a quantidade de gás carbônico no espumante ainda é elevada e os regimes se sucedem em alta velocidade — a alguns minutos, à medida que os níveis de CO₂ no líquido vão se reduzindo. “Depois de aproximadamente 15 minutos que o champanhe foi servido numa taça, a quantidade de dióxido de carbono dissolvida na bebida é muito pequena para provocar mais alterações nos padrões de formação de bolhas”, afirma o físico Gérard-Liger-Belair, da Universidade de Reims Champagne-Ardenne, outro au-

tor do estudo e especialista em bolhas de champanhe e de outras bebidas carbonadas. Nos pontos do copo capazes de gerar as pílulas de gás carbônico, os tais berçários de efervescência, predomina então o regime de produção de uma bolha gerada por vez.

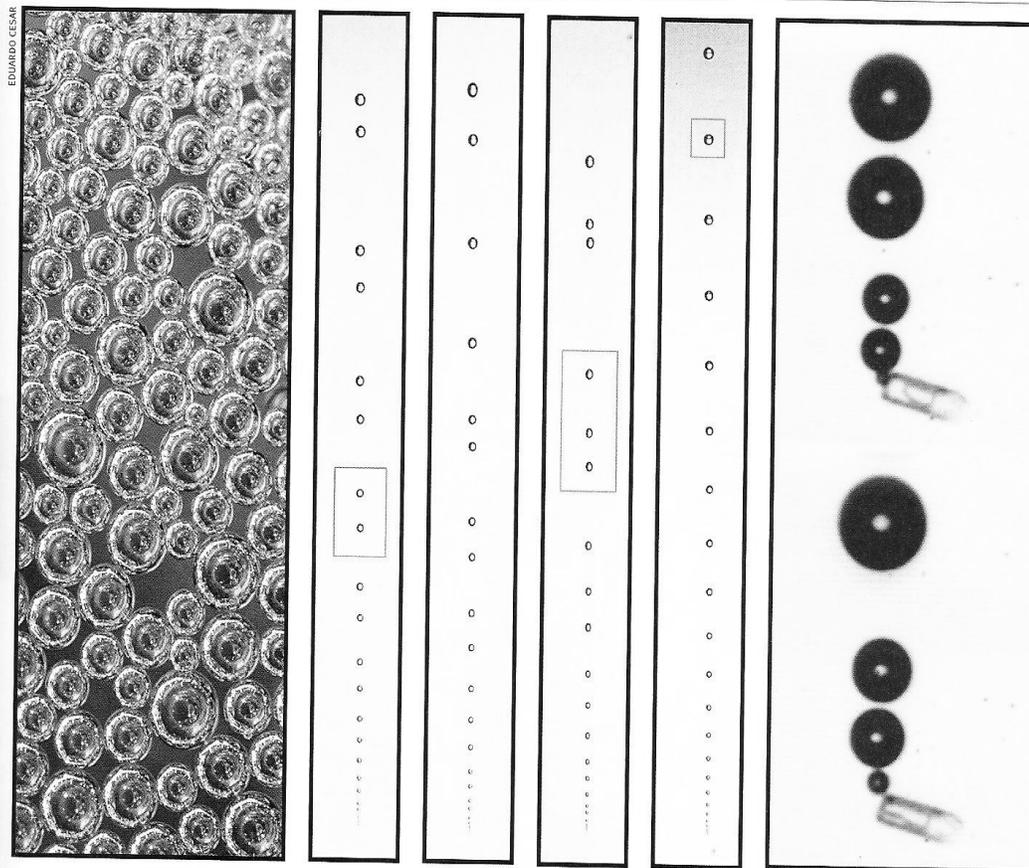


quando a diferença entre dois padrões sucessivos se resume ao acréscimo de apenas uma unidade no ritmo de produção do objeto em análise, os físicos descrevem esse fenômeno com o nome técnico de rota de adição de período. Também encontrado no movimento das ondas dos mares, nas respostas complexas de neurônios e em circuitos eletrônicos, para ficar em apenas alguns exemplos, a rota de adição de período indica, às vezes, que se está na ante-sala de um sistema caótico. No caso do champanhe, ainda não dá para afirmar se há ou não caos no processo de formação de bolhas. “Precisamos de mais dados para chegar a essa conclusão e de experimentos mais longos, nos quais possamos controlar a temperatura e a quantidade de dióxido de carbono dissolvido no champanhe, entre outros parâmetros”, pondera o físico José Carlos Sartorelli, da USP, que participou da análise do comportamento das borbulhas no vinho espumante. Aqui o termo caos, que na acepção popular é sinônimo de desordem e confusão, é empregado no sentido adotado por físicos e matemáticos: para designar sistemas dinâmicos não-lineares que, embora pareçam funcionar de forma aleatória, são regidos por alguns parâmetros e passíveis de certa previsibilidade, sobretudo nos momentos iniciais de seu funcionamento. Portanto, em poucas palavras, sistemas caóticos podem ser entendidos e, em alguma medida, controlados.

Compreender a dinâmica que leva a alterações no regime de produção de bolhas em meios fluidos ricos em gás, como é o caso dos vinhos espumantes

repletos de moléculas de CO₂, pode ser útil para o controle das mais diversas situações, muitas das quais sem nenhuma ligação com o mundo das bebidas fermentadas. O excesso de borbulhas em líquidos pode desencadear cenários de risco para animais e vegetais. Em plantas vasculares, o transporte de nutrientes pode ser interrompido devido ao surgimento de bolhas de gás no xilema, os tecidos que levam água da raiz para o resto do vegetal. “A principal causa de embolia em seres humanos (oclusão de um vaso sanguíneo por uma massa anormal de matéria proveniente de outra parte do corpo) também envolve a formação de bolhas a partir de líquidos supersaturados com gás dissolvido”, afirma Tufaile. “Uma embolia gasosa pode ainda acontecer em mergulhadores que retornam à superfície muito rapidamente depois de terem respirado o ar com alta pressão contido nos cilindros de mergulho.” Tragédias coletivas podem derivar de instabilidades provocadas em soluções líquidas que comportam muitos gases. Em agosto de 1986, um profundo lago do noroeste da República dos Camarões, o Nyos, que recobre a boca de um vulcão extinto e, por isso, recebe grande quantidade de dióxido de carbono em suas águas, expeliu uma nuvem desse gás e matou por asfixia 1.700 moradores dos arredores.

O sujinho das taças - Uma vez identificados os diferentes ritmos com que pulsa a produção de bolhas no champanhe, faltava ainda explicar que fatores provocavam a troca constante de regimes. Afinal, por que um berçário de bolhas no fundo do copo deixa de produzir esferas gasosas aos trios e passa, abruptamente, a originá-las de uma em uma? Belair esbarrou nesse mistério há alguns anos, mas só agora, com a ajuda dos brasileiros, conseguiu formular uma hipótese consistente sobre o fenômeno. E a explicação tem a ver com uma descoberta feita nesta década pelo próprio francês, que desconcertou muitos *gourmets*: as bolhas de vinhos espumantes nascem majoritariamente em pontos da parede do copo aos quais aderiram diminutas impurezas, em geral fibras cilíndricas de celulose de 100 micrometros, que ali chegaram vindas do ar ou são subprodutos de copos mal-lavados. Uma sujeirinha, inofensiva à saúde, é a



Os quatro regimes da efervescência: produção de esferas de CO₂ aos pares, de forma desordenada, aos trios e de uma em uma. À direita, detalhe do nascimento das bolhas nas microfibras de celulose

matriz das nobres bolhas do champanhe. Até então, muita gente acreditava que as bolhas brotavam exclusivamente de imperfeições, riscos e saliências, nas taças — crença que levava restaurantes a riscar suas próprias *flûtes* na esperança de servir espumantes mais borbulhantes aos clientes. Tal gesto, dizem os cientistas, é tão ineficaz quanto enfiar o cabo de uma colher de chá no gargalo da garrafa para reter o gás da bebida.

Voltando ao papel das impurezas na gênese da efervescência, as microfibras de celulose são ocas por dentro e possuem uma ínfima cavidade em uma de suas extremidades por onde o CO₂ dissolvido no champanhe entra e sai. “Em razão da pressão, da temperatura e de outros parâmetros químicos do líquido, essas bolsas de gás funcionam como um motor e ditam os ritmos de produção das bolhas”, explica Tufaile. Quando o interior da fibra atinge seu limite de

armazenamento de gás por difusão, esferas de dióxido de carbono se desprendem da cavidade. Em um segundo, ou no máximo cinco, as bolhas atingem a superfície, não sem antes aumentar de diâmetro, visto que ganham mais gás em seu movimento de ascensão. E, agarradas a elas, sobem as moléculas que carregam os aromas típicos do champanhe, que deliciam os consumidores.

Lenda e marketing - Entender e controlar o processo de formação das contas gasosas que dão vida aos espumantes é um desafio que o homem persegue desde o final do século 17, quando, reza a lenda (e o *marketing* dos produtores), d. Pierre Pérignon, monge beneditino da abadia de Hautvillers, pequena localidade da região de Champagne-Ardenne, “inventou” sem querer o primeiro vinho desse tipo, o champanhe. Embora não haja por ora nenhuma

comprovação científica de que os atributos de um espumante guardem alguma relação direta com as características de suas bolhas, degustadores profissionais interpretam a existência de pequenas, numerosas e duradouras borbulhas como um sinal de excelência. “Com certeza, é mais agradável aos olhos a presença de muitas bolhas diminutas num champanhe, mas não há conexão entre o tamanho das mesmas e a qualidade do produto”, esclarece Belair. A influência da taça é muito grande na efervescência de um espumante. “Já provei produtos de excelente qualidade que apresentavam poucas borbulhas e de diâmetro relativamente grande”, comenta o enólogo Mauro Celso Zanus, da Embrapa Uva e Vinho, de Bento Gonçalves, no Rio Grande do Sul. “Por isso é mais confiável avaliar a qualidade do espumante pela fineza e nitidez de seu aroma e paladar.”

■ CIÊNCIA

■ FÍSICA

As longas asas dos neurônios

Quantidade e eficiência das conexões dependem essencialmente da forma das células nervosas

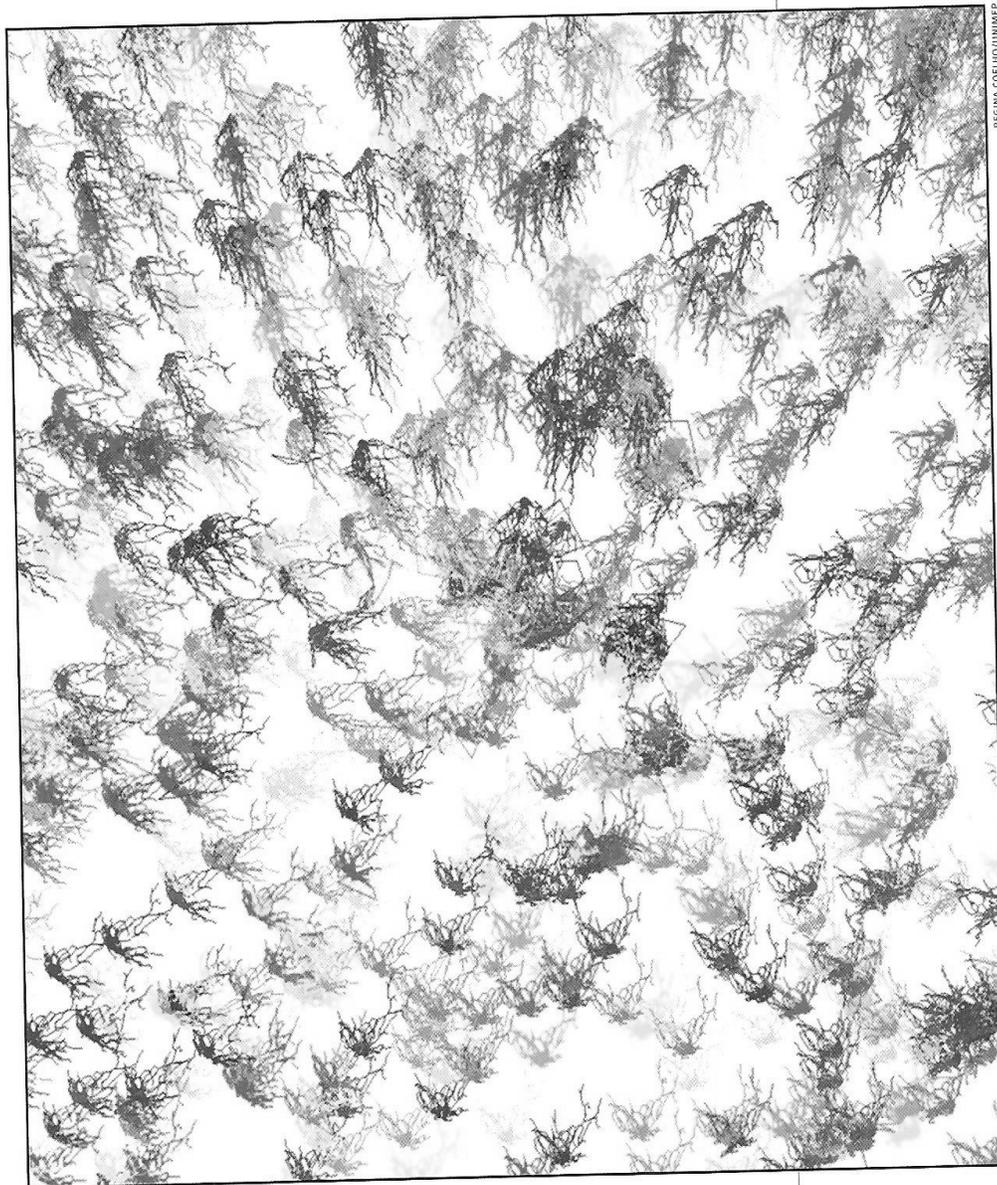
CARLOS FIORAVANTI

Dessa vez não são neurologistas, mas físicos e engenheiros que apresentam propostas novas – e aparentemente úteis – sobre os neurônios e o funcionamento do cérebro. Uma equipe do Instituto de Física de São Carlos demonstrou que a capacidade de os neurônios se conectarem não depende apenas dos caminhos já trilhados ou das ligações já esta-

belecidas. Depende também da própria forma dos neurônios: quanto mais ramificado for um neurônio, mais conexões poderá estabelecer com outros neurônios.

A conclusão parece óbvia, mas nem por isso deixa de ser importante. No Brasil é provavelmente a primeira vez que o sistema nervoso é analisado por meio da Teoria das Redes Complexas, um dos artificios matemáticos pelos quais se busca uma visão integrada dos fenômenos da natureza. Esse caminho leva também a outras conclusões, nem tão evidentes. Pode-se agora entender melhor, por exemplo, por que a informação circula com diferentes velocidades no sistema nervoso. Segundo os físicos, o tráfego é mais lento no córtex, a camada mais superficial do cérebro, porque os neurônios se distribuem de modo relativamente uniforme em um espaço plano e todos se conectam com seus vizinhos. As mensagens são mais velozes quando saem de um ponto do córtex e seguem para regiões mais distantes por meio de conexões de longo alcance, com menos intermediários.

A Teoria das Redes Complexas oferece outras formas de explicar a origem de alguns tipos de retardamento mental, que, vistas por esse olhar, resultariam não da falta de conec-



REGINA COELHO/DINMMP

Neurônios artificiais
(células ganglionares da
retina) em crescimento:
dendritos e axônios
expandem-se um pouco
a cada instante, atraídos pelo
campo elétrico produzido
pelos outros neurônios

xões, como se pensava, mas de seu excesso, que atrapalha o fluxo de informações. Em qualquer pessoa, o número e a eficiência das conexões regem tanto os fenômenos involuntários, como os batimentos cardíacos, quanto os voluntários, como a escolha da roupa pela manhã.

Em consequência de fatores genéticos e de estímulos ambientais, varia muito a forma dos neurônios, que podem ser pouco ou muito ramificados. Suas ramificações podem ser curtas ou longas. As curtas são os dendritos, que recebem as informações de outros neurônios. As longas, chamadas de axônios, com cerca de meio metro, enviam as mensagens. A arquitetura dessas células, ao permitir estabelecer mais ou menos conexões com outras, pode determinar as conexões e influenciar o funcionamento do cérebro, o comportamento humano e mesmo o desenvolvimento de algumas doenças. Foi o que demonstrou a equipe de São Carlos, por meio de análise de dados biológicos fornecidos por outros grupos de pesquisa e de simulações em computador do comportamento das redes de neurônios.

Segundo esse grupo, a forma do neurônio casa-se com sua função, do mesmo modo que as asas curtas das galinhas as impedem de voar, enquanto as asas das andorinhas, proporcionalmente mais longas, lhes permitem amplos vôos. Segundo Luciano da Fontoura Costa, coordenador da equipe do Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (USP), essa interdependência entre forma e função dos neurônios constitui um paradigma pouco explorado pela neurobiologia.

“O funcionamento global do sistema nervoso depende totalmente da forma, que, por sua vez, determina as interconexões entre os neurônios”, diz David Schubert, coordenador do laboratório de neurobiologia celular do Instituto Salk, dos Estados Unidos. Costa assinou com Schubert um estudo publicado na revista especializada *Journal of Neuroscience* sobre a aglomeração dos neurônios, que pode ser determinada pela adesão entre eles e com o ambiente extracelular: quando se agru-

pam muito, podem surgir problemas como o mal de Alzheimer. “A forma das células nervosas muda muito em doenças como o Alzheimer”, observa Schubert. “Entender a forma dos neurônios e como ela é regulada é essencial para desvendar o funcionamento do sistema nervoso em condições normais ou patológicas.”

C

osta, dessa vez com a participação do pós-doutorando Marconi Barbosa, verificou que grupos de neurônios com o mesmo número de elementos, cada um deles com o mesmo número de conexões, mas com formas distintas, podem funcionar de modo diferente. A conclusão emergiu de um experimento em computador no qual se fixou um conjunto de neurônios e se simulou uma função – a memória. De modo geral, a memória mais ou menos afiada depende de pelo menos duas variáveis: as ramificações e o espalhamento dos neurônios. “No caso da memória”, observa Costa, “o melhor é que os neurônios apresentem ramificações com uma ampla distribuição espacial”. Em um trabalho feito com Fernando Rocha e Silene Lima, da Universidade Federal do Pará (UFPA), Costa analisou a distribuição dos fotorreceptores – neurônios especializados em captar luz – da retina de um roedor, a cutia (*Dasy-*

procta agouti). O resultado, publicado na *Applied Physics Letters*, indica que não existe melhor ou pior espalhamento dos neurônios. “Dependendo da situação”, diz Costa, “os dois tipos de distribuição funcionam bem”.

Costa e o veterinário Marcelo Beletti, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), de Minas Gerais, demonstraram como se organizam os canais internos dos ossos que abrigam as artérias e as veias por onde flui o sangue que irriga e nutre a medula óssea, central de produção das células sangüíneas. Essas estruturas esponjosas, conhecidas como canais de Havers e de Volkmann, obedecem a uma hierarquia similar à das ruas e avenidas de uma cidade: há caminhos principais e secundários e alternativas mais longas ou mais curtas. Como proposto em um artigo na *Physical Review Letters*, há sempre um caminho mínimo entre dois pontos, além de redundâncias: se um canal entope, o sangue encontra desvios que compensam o bloqueio.

As conclusões resultam do estudo de um fragmento de fêmur de gato, cortado em finíssimas fatias e convertido em imagens. A reconstrução tridimensional do osso revelou uma rede de canais com 852 nós e 1.016 conexões. Nela as equipes de Costa e Beletti encontraram elos menos importantes, que podem ser fechados sem problemas, e os essenciais, cuja perda prejudica a irrigação sangüínea. É um conhecimento que pode ajudar a planejar cirurgias, implantes ou tratamentos médicos mais seguros.

Pequeno mundo - A Teoria das Redes Complexas está alimentando uma visão mais integrada dos organismos vivos, a chamada biologia de sistemas ou *systems biology*. “As redes complexas são adequadas para modelar e representar os problemas em biologia dos sistemas por incorporarem as transformações da própria rede, com a perda ou acréscimo de elementos ou de conexões”, diz Costa.

Essa abordagem já explicou uma característica inesperada das interações sociais, ao propor que a distância entre as pessoas era bastante pequena e qualquer uma poderia alcançar outra sem muitos intermediários: existem em média seis estágios de separação entre dois

O PROJETO

Desenvolvimento e avaliação de métodos originais e precisos em análise de formas e imagens de visão computacional

MODALIDADE

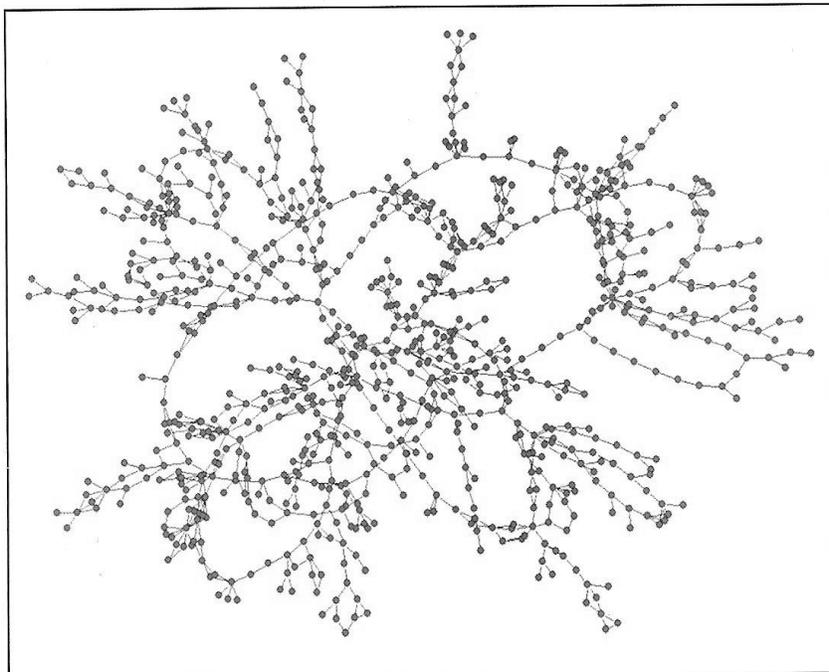
Projeto Temático

COORDENADOR

LUCIANO DA FONTOURA COSTA – IFSC-USP

INVESTIMENTO

R\$ 1.571.439,06 (FAPESP)
R\$ 48.000,00 (CNPq)
US\$ 180.000,00 (Human Frontier Science Program)



MATEUS VIANA/USP

A estrutura das conexões entre os canais de um osso (pontos vermelhos são os nós): desvios evitam obstruções

habitantes quaisquer da Terra. Teoricamente, qualquer leitor desta revista pode conhecer alguém que conhece alguém que conhece a supermodelo Gisele Bündchen. É o chamado pequeno mundo, expressão a que os físicos e sociólogos ajudaram a dar consistência.

Uma das conseqüências da aplicação dessa teoria é que às vezes alguns elementos de um conjunto – pessoas, células, genes ou proteínas – são mais importantes que outros. Cinco anos atrás, o físico húngaro Albert-László Barabasi, hoje na Universidade de Notre Dame, Estados Unidos, mapeou as conexões entre as páginas da internet e descobriu que elas seguiam a chamada lei de escala: poucos nós – os *hubs* – fazem muitas conexões, concentrando o fluxo de informações da teia de computadores. Os *hubs* são como os aeroportos, a exemplo do de Cumbica, na Grande São Paulo, que centraliza o tráfego aéreo nacional.

Os artifícios matemáticos dessa teoria reduzem fenômenos diferentes a conjuntos de conexões entre dois ou mais pontos. Barabasi aplicou esse conceito a outros problemas da biologia de

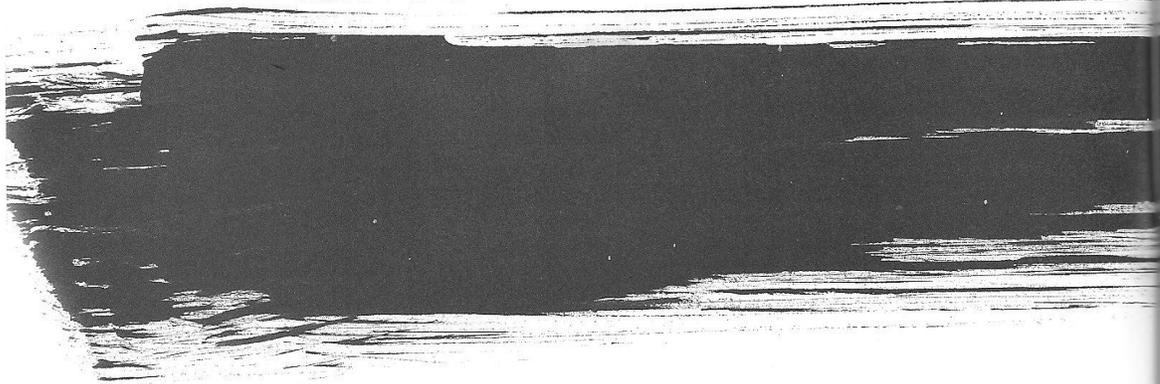
sistemas, como a rede de interação de proteínas: algumas são mais importantes que outras e, se danificadas, podem pôr em risco o funcionamento do organismo que ajudam a formar.

Uma sociedade de neurônios - Costa começou a aplicar os conceitos da Teoria das Redes Complexas em 2002. Foi quando o físico Dietrich Stauffer, da Universidade de Colônia, Alemanha, o convidou para analisar o funcionamento das redes neuronais seguindo os padrões de conexão de Barabasi. De acordo com o modelo clássico, cada neurônio se liga com todos os outros mais próximos, mas a realidade não é assim tão democrática. Stauffer e Costa chegaram a um modelo mais realista por meio das redes livres de escala, um dos filhotes mais férteis das redes complexas, que leva à formação de *hubs*. De acordo com essa abordagem, alguns neurônios seriam mais importantes e teriam mais conexões que outros.

“Os neurônios são como indivíduos, que aprendem a viver em sociedade, o cérebro”, compara Costa. “Mais estímulos tendem a estabelecer mais conexões

entre os neurônios, mas podem também reduzir as conexões.” Segundo ele, o funcionamento do cérebro depende dessas conexões, selecionadas desde o nascimento. O cérebro de um recém-nascido contém cerca de 100 bilhões de neurônios. Após migrarem para seus lugares definitivos, as células nervosas estabelecem o maior número possível de conexões com outros neurônios – cerca de 1 trilhão a mais do que seriam capazes de usar. Há quem acredite que lá pelos 10 anos de idade sobrevivam apenas as conexões mais usadas, em razão dos estímulos do ambiente.

Costa acredita que tem em mãos ferramentas versáteis, que poderiam ajudar a estudar e solucionar outros problemas, a exemplo da identificação de autores de textos literários, interpretação de imagens ou a expressão de genes durante o desenvolvimento animal. Mas também sabe que só a matemática não resolve tudo. “Trabalhos como esses só se desenvolvem com especialistas de muitas áreas, que não só fornecem dados biológicos, mas também são indispensáveis na interpretação dos resultados das pesquisas.”



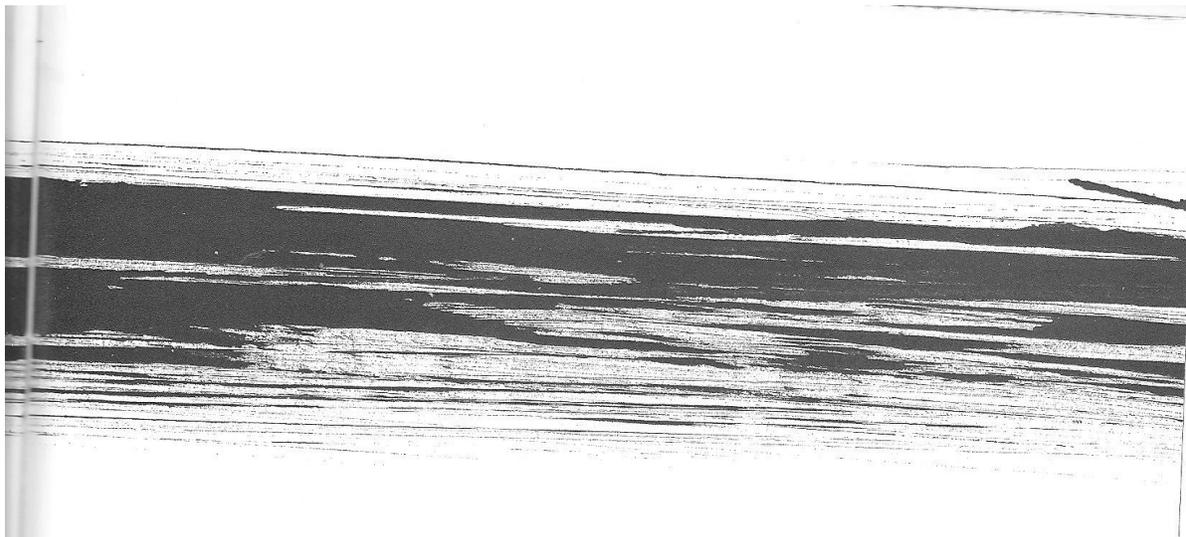
CIÊNCIA

FÍSICA

Choque de partículas

Experimentos em acelerador da USP revelam comportamento de núcleos exóticos

Saíram os primeiros resultados científicos originais dos experimentos feitos em São Paulo com uma máquina que está revelando um pouco mais do comportamento de partículas atômicas chamadas núcleos exóticos, dotados de prótons ou nêutrons a mais que os núcleos estáveis dos mesmos elementos químicos. No equipamento conhecido como Ribras, sigla em inglês de Feixes de Íons Radioativos, instalado há dois anos no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP), núcleos exóticos do elemento químico hélio – o hélio 6 – colidiram com um alvo fixo, formado por uma película de alumínio puro. Os físicos verificaram que a probabilidade de esse



núcleo exótico de hélio quebrar-se, após colidir com núcleos de alumínio, é somente de 10% a 20% maior que a de outras partículas que não apresentam uma nuvem pouco densa formada por dois nêutrons que giram ao redor do centro – o halo, típico do hélio 6.

Dessas colisões, que duram menos de um bilionésimo de segundo, surgem informações que ajudam a entender mais profundamente as reações que originaram os elementos químicos há cerca de 14 bilhões de anos, na formação do Universo, e as que ainda hoje ocorrem no interior de estrelas como o Sol, das quais resultam luz e calor para a Terra. Pode-se também conhecer melhor os limites das forças que agem entre as partículas elementares da matéria.

Grandalhães - Algumas espécies de núcleos exóticos são muito maiores que os núcleos com o mesmo número de partículas. É o caso do hélio 6, formado por dois prótons (partículas com carga elétrica positiva) e quatro nêutrons (sem carga elétrica) – dois nêutrons a mais que o hélio 4. São esses dois nêutrons extras que formam o halo, uma espécie de anel com um diâmetro igual ao do núcleo do chumbo 208, com 82 prótons e 126 nêutrons.

Nos últimos anos, em aceleradores de partículas da França, da Bélgica ou dos Estados Unidos, os físicos estudam como os nêutrons do halo podem influenciar a colisão com outros núcleos. Nesses experimentos, o hélio 6 colide com núcleos dotados de uma massa

muito maior que a do alumínio 27, como o urânio 238 e o chumbo 208. Nesses casos, segundo Alinka Lépine-Szily, pesquisadora do Instituto de Física da USP, o intenso campo elétrico dos núcleos mais pesados repele o hélio 6, já que os dois núcleos apresentam carga positiva, e o hélio 6 se desfaz antes mesmo da colisão nuclear.

Em 2001 e 2002, Alinka integrou a equipe que preparou e analisou alguns desses experimentos, realizados no acelerador do Centro de Pesquisa de Cíclotron em Louvain-la-Neuve, na Bélgica. Esses trabalhos mostraram que os núcleos exóticos, apesar de abrigarem partículas extras e se quebrarem facilmente durante a colisão, fundem-se com outros núcleos do mesmo modo que os núcleos normais. Detalhada em um artigo publicado em outubro de 2004 na revista *Nature*, essa conclusão contrariou não só a intuição mas também os modelos teóricos, segundo os quais os núcleos exóticos seriam doadores naturais de prótons ou nêutrons.

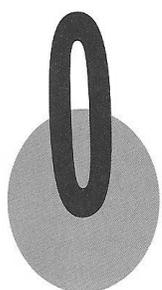
De volta ao Brasil, Alinka planejou outro tipo de experimento com os outros dois pesquisadores do Ribras, Rubens Lichtenthaler Filho e Valdir Guimarães, e com um físico nuclear experimental, Paulo Silveira Gomes, da Universidade Federal Fluminense (UFF). Escolhendo como alvo para o hélio 6 um núcleo atômico bem mais leve, o alumínio 27, cujo núcleo é formado por 13 prótons e 14 nêutrons, conseguiram reduzir a barreira coulombiana, definida como potencial elé-

trico repulsivo entre os núcleos em colisão, que faz os núcleos se quebrarem antes da colisão nuclear.

“Esses foram os primeiros experimentos de colisões de núcleos exóticos com alvos leves em baixas energias, próximas da barreira coulombiana”, diz Alinka. “Queríamos descobrir qual a probabilidade de o hélio 6 se quebrar ao colidir com um alvo com um campo eletromagnético bem mais tênue.” Era uma forma de fazer o núcleo exótico chegar intacto perto do alvo a ponto de ser atraído por uma das forças elementares, a interação nuclear forte, que mantém as partículas próximas entre si.

Durante uma semana, em dezembro de 2004, os físicos da USP, em colaboração com o grupo de Gomes, trabalharam dia e noite nesses experimentos. Criavam feixes de íons (partículas eletricamente carregadas) no oitavo andar da torre que abriga o acelerador de partículas da USP, o Pelletron, inaugurado em 1972. Os feixes são acelerados, descem à superfície e são desviados para vários equipamentos – um deles é o Ribras, com 7 metros de comprimento. De cada um milhão de núcleos de hélio 6, só aproximadamente um núcleo seguia exatamente em direção do alvo, vencida a barreira coulombiana e colidia com o núcleo de alumínio. Em consequência do choque, poderia se fragmentar, às vezes perdendo os dois nêutrons mais afastados do coração do núcleo, que poderiam – ou não – ser incorporados pelo alvo. Outra possibilidade seria que, após a colisão, se des-

viasse como se nada tivesse acontecido, como uma bola de bilhar batendo em outra.



Os físicos verificaram então que a probabilidade de o hélio 6 quebrar-se é maior que a de outras partículas normais, cujo comportamento já havia sido caracterizado por meio de experimentos feitos por outros grupos de pesquisa nos últimos anos. Esses resultados serão anunciados em março em um congresso internacional sobre fusão nuclear e constituem a matéria-prima da tese de doutoramento de uma das alunas de Alinka, Elisângela Benjamin, apresentada no final de janeiro.

Compensação - Foi o físico teórico Mahir Saleh Hussein, também do Instituto de Física da USP, quem concluiu que o hélio 6, por causa dos dois nêutrons do halo, que não se quebra tão facilmente, apresenta uma chance de fragmentar-se de 10% a 20% maior que os núcleos normais. Porém, os núcleos de hélio 6 também se preservam porque são grandalhões. Fragilidade e gigantismo atuam inversamente, uma característica compensando a outra, por causa do Princípio de Heisenberg, uma das leis básicas da mecânica quântica, a área da física que procura explicar o comportamento muitas vezes aparentemente sem regras das partí-

culas atômicas. “Por causa do Princípio de Heisenberg”, diz Hussein, “partículas fracamente ligadas ocupam áreas maiores no espaço”. Segundo ele, esse mecanismo de compensação ajuda a preservar a integridade do núcleo.

“Seria ótimo se houvesse aumento na fusão quando usamos núcleos exóticos”, diz Hussein. Se a fusão aumentasse, os núcleos exóticos poderiam ser vistos como doadores de nêutrons e prótons – algo que facilitaria não só a pesquisa para diagnósticos e tratamentos médicos. Em um artigo de 111 páginas publicado neste mês na revista *Physics Reports*, Hussein e outros dois físicos teóricos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Felipe Canto e Raul Donangelo, além de Gomes, da UFF, apresentam a teoria que ajuda a

explicar resultados experimentais obtidos nos aceleradores de partículas da Bélgica, da França, dos Estados Unidos, do Japão, da Itália e do Brasil.

Nesses equipamentos procura-se reproduzir as reações que originaram o Universo e os próprios seres humanos. Aproximadamente 80% de nosso corpo é constituído de água, formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio – todos bastante antigos. O núcleo do hidrogênio, com apenas um próton, formou-se minutos depois do Big Bang, a explosão que teria originado o Universo, há 14 bilhões de anos. Já os átomos de hidrogênio – um elétron girando ao redor de um próton – se constituíram 400 mil anos depois. E só um bilhão de anos mais tarde, à medida que o Universo esfriava e se expandia, começaram a se formar – no interior das estrelas, como resultado da fusão de elementos químicos mais leves – o oxigênio, que constitui 61% da massa do organismo humano, o carbono, que responde por 23%, e todos os outros elementos químicos mais pesados, como nitrogênio, cálcio, fósforo e ferro. Inicialmente soltos no espaço, aos poucos se uniram em nuvens que se adensaram tanto a ponto de originarem planetas como a Terra e suas formas de vida. Ainda hoje se formam hidrogênio e hélio no Sol, oxigênio e carbono em estrelas maiores, do tipo nova, e elementos químicos ainda mais pesados, como sódio, urânio e chumbo, nas explosões de supernovas, com uma massa milhares de vezes maior que a do Sol. Equi-

O PROJETO

Estudo de núcleos exóticos com feixes radioativos produzidos no Laboratório Pelletron-Linac do IF/USP

MODALIDADE

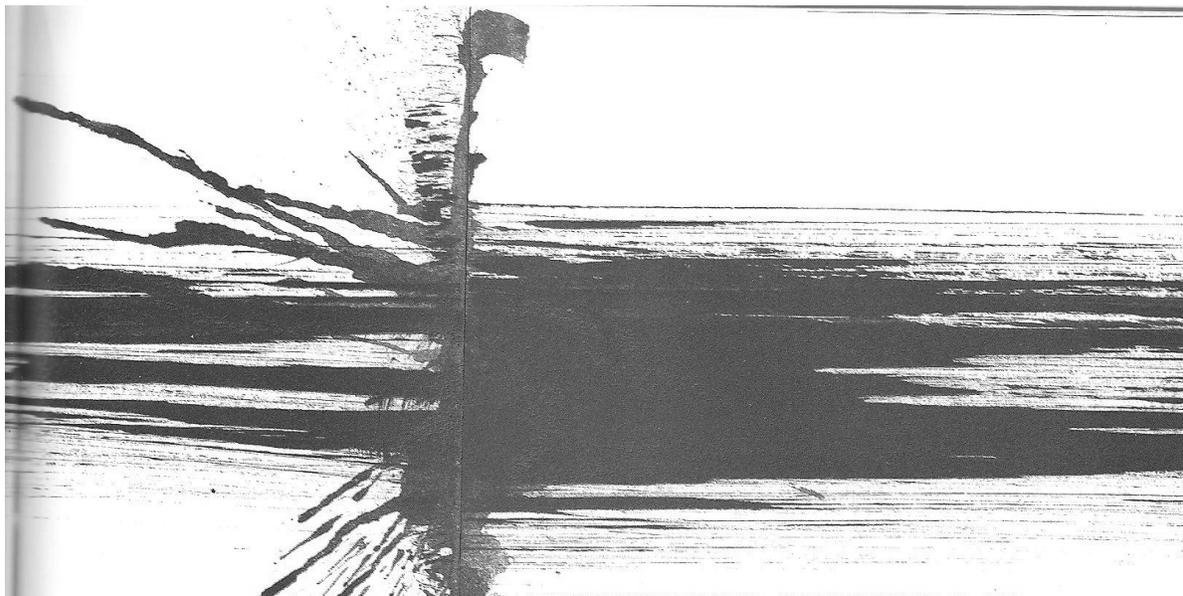
Projeto Temático – Programa Núcleos de Excelência (Pronex)

COORDENADORA

ALINKA LÉPINE-SZILY – IF/USP

INVESTIMENTO

R\$ 585.000,00 (FAPESP e CNPq)



pamentos como o Ribras funcionam como se fossem uma estrela do tipo nova, ao formar núcleos ricos em prótons e nêutrons de médio porte. Além do hélio 6, os físicos da USP já produziram núcleos de lítio 8, com um nêutron a mais que o lítio normal, de berílio 7, com dois nêutrons a menos, e de boro 8, com dois nêutrons a menos que o boro normal. Jogando-os contra átomos estáveis e mais imponentes – como o vanádio 51, reproduzindo experimentos já feitos por outros grupos, e agora com o alumínio 27, como não havia sido feito –, descobrem como os núcleos exóticos podem se quebrar.

Outros experimentos deste tipo talvez demorem um pouco. Ainda que seja novo e se equipare a outros equipamentos avançados no exterior, o Ribras depende do Pelletron, um acelerador de partículas que necessita de constante manutenção. E já não é muito fácil encontrar peças de reposição, que dependem de importação, relata Valdir Guimarães enquanto mostra a sala de comando do acelerador, formada por um misto de equipamentos típicos dos anos 1970, ao lado de outros, mais recentes. Logo depois dos experimentos com o hélio 6 o Ribras parou de funcionar porque uma peça do Pelletron quebrou. Os físicos acreditam que a peça será trocada e o Pelletron e todos os outros equipamentos que ele atende voltarão ao normal ainda no primeiro semestre deste ano. •

CARLOS FIORAVANTI

CIÊNCIA

FÍSICA

Colméias de carbono

Debruçado sobre uma bancada de fórmica branca, o físico peruano Juan Medina Pantoja cola uma fita adesiva em uma das faces de um bloco prateado quadrado menor que a unha do polegar. O material entre seus dedos é uma amostra de grafite ultrapura, que apenas sob certas condições comporta-se como metal. Produzida a temperaturas altíssimas, próximas às encontradas nas regiões mais profundas do planeta, essa é a grafite pirólítica altamente orientada, assim chamada por causa de sua estrutura: os átomos de carbono arranjam-se em hexágonos regulares como os favos de uma colméia e formam camadas com um átomo de espessura, as folhas de grafeno, que se sobrepõem umas às outras. **Camadas mais finas** - Medina puxa lentamente a fita e descola uma película de grafite com umas poucas camadas de grafeno. Em seguida, cola essa amostra entre duas lâminas de vidro que secarão sob uma luz muito forte. Foi mais ou menos assim, no início deste ano, que ele verificou que talvez seja possível reduzir ainda mais a espessura das amostras de grafite. “A essa temperatura, os átomos de carbono começam a se desprender da grafite e a combinar com o oxigênio do ar, formando gás carbônico”, explica o físico Yakov Kopelevich, coordenador do laboratório do Instituto de Física da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) em que Medina pesquisa. Ao acrescentar a etapa de secagem, Kopelevich e Medina acreditam ter encontrado uma forma de obter lâminas de grafite ainda mais finas que as obtidas apenas com o uso da fita adesiva. **Condutor ou isolante** - Os avanços dessa equipe não se restringem a essa refinada colagem. Como resultado das pesquisas que contaram com R\$ 1 milhão da FAPESP e do Conselho Na-

cional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Kopelevich e dois alunos, Medina e Robson Ricardo da Silva, identificaram propriedades elétricas e magnéticas que jamais se imaginou que a grafite pudesse apresentar – e ajudam a compreender por que a grafite pode se comportar ora como um metal e conduzir eletricidade, ora como um material isolante. **Efeito Hall** - Uma dessas propriedades é o chamado Efeito Hall Quântico, que coordena o movimento de partículas eletricamente carregadas – no caso da grafite, os elétrons – em superfícies planas. Descoberto por Klaus von Klitzing, físico do Instituto Max Planck que recebeu o Nobel em 1985 por causa desse achado, esse efeito é a versão para o mundo microscópico de um fenômeno identificado um século antes pelo físico norte-americano Edwin Hall. Hall observou o efeito que leva seu nome ao aplicar um campo magnético a uma barra condutora atravessada por uma corrente elétrica. O campo magnético, perpendicular à corrente, causa um desvio na trajetória dos elétrons, que se acumulam em uma das extremidades da barra, gerando um campo elétrico na direção transversal à da corrente. **Resistência variável** - Hall reuniu esses conceitos, bastante abstratos para a maioria das pessoas, em uma equação de apenas três termos que prevê como varia a capacidade de um material conduzir corrente elétrica à medida que se altera a intensidade do campo magnético. Usada pelos físicos na investigação das propriedades elétricas e magnéticas de metais ou semicondutores, essa equação mostra que a resistência Hall cresce de modo contínuo com o campo magnético. Mas esse fenômeno só vale para objetos macroscópicos nos quais as partículas eletricamente car-

Cinco séculos após sua descoberta, a grafite surpreende os físicos com propriedades elétricas e magnéticas incomuns

regadas se movimentam nas três dimensões – profundidade, largura e altura. No mundo das partículas, regido pelas leis da física quântica, pouco compreendidas até mesmo pelos especialistas, tudo é diferente. **Aos saltos** - Quando os físicos submetem um material qualquer a temperaturas baixas e a um campo magnético, o aumento da intensidade desse campo faz a resistência Hall crescer em saltos proporcionais, permanecendo constante entre um aumento e outro. Esse fenômeno toma a forma de gráficos que lembram lances de uma escada intercalados por patamares. Foi esse padrão de aumento da resistência Hall em consequência da variação do campo magnético que a equipe de Kopelevich detectou na grafite e detalhou em um artigo publicado em 2003 na *Physical Review Letters*. “A resistência à passagem de corrente elétrica entre uma folha e outra de grafeno é 100 mil vezes superior à resistência ao longo do plano”, diz Kopelevich, que há 13 anos trocou seu trabalho no Instituto Físico-Técnico de A. F. Ioffe, na gelida São Petersburgo, na Rússia, pelo calor abafado de Campinas. Nem mesmo os físicos, que duas décadas atrás imaginavam já ter descoberto tudo sobre a grafite, esperavam esses resultados. “É surpreendente que o Efeito Hall Quântico tenha sido observado na grafite”, comenta Douglas Galvão, da Unicamp, que estuda as propriedades de outro material composto de carbono, os nanotubos, formados por folhas de grafeno enroladas. **Mistério** - Ainda não se sabe ao certo por que o Efeito Hall Quântico, antes observado no silício e em outros materiais semicondutores, também ocorre na grafite submetida a temperaturas de cerca de 200° Celsius negativos e a campos magnéticos razoavelmente intensos. Uma explicação provém da própria es-

trutura atômica do grafeno, cujos elétrons, nessas condições, só podem se movimentar em duas dimensões. Os elétrons responsáveis pela condução da corrente elétrica localizam-se ligeiramente acima e abaixo do plano dos átomos de carbono, situados nos vértices dos hexágonos e unidos uns aos outros pela interação entre os demais elétrons. Na grafite, as folhas de grafeno são fracamente unidas umas às outras – eis por que se desprendem facilmente e deixam um traço acinzentado quando um prosaico lápis corre sobre o papel. **Supercondutividade** - Em outro artigo da *Physical Review Letters*, Kopelevich e Igor Luk'yanchuk, da Universidade de Picardie Jules Verne, na França, descobriram outra propriedade da grafite. Variando a intensidade do campo magnético, constataram que os elétrons livres desse material exibem um comportamento atípico, descrito por equações da física quântica criadas em 1928 pelo físico inglês Paul Dirac: esses elétrons movem-se como partículas sem massa, de modo semelhante às partículas de luz, os fótons. Em 2005 Andre Geim, na Inglaterra, e Philip Kim, nos Estados Unidos, viram em folhas de grafeno esse mesmo efeito. Os resultados obtidos pela equipe da Unicamp e publicados em 2003 também indicam a relação entre Efeito Hall Quântico e supercondutividade. **Como um ímã** - De fato, Kopelevich, Sergio Moehlecke, José Henrique Spahn Torres e Vladislav Lemanov haviam descrito a supercondutividade na grafite pura seis anos antes na *Physics of the Solid State*. Esse efeito precisa ser confirmado, mas reitera a possibilidade de que esse material possa ganhar outras aplicações tecnológicas: Kopelevich também verificou que a grafite, em condições específicas, pode funcionar como um ímã. •

RICARDO ZORZETTO