



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

EWERTON MORAES LUNA

**A CONSTRUÇÃO DO SIGNIFICADO DE ENERGIA NUCLEAR PELAS REVISTAS
DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: UMA ANÁLISE DE MATÉRIAS *ON-LINE***

**CAMPINA GRANDE/ PB
2017**

EWERTON MORAES LUNA

**A CONSTRUÇÃO DO SIGNIFICADO DE ENERGIA NUCLEAR PELAS REVISTAS
DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: UMA ANÁLISE DE MATÉRIAS *ON-LINE***

Trabalho de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Barros.

**CAMPINA GRANDE/ PB
2017**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

L961c Luna, Ewerton Moraes.

A construção do significado de energia nuclear pelas Revistas de divulgação científica [manuscrito] : uma análise de matérias on-line / Ewerton Moraes Luna. - 2017.
197 p. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ens. de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação: Prof. Dr. Marcos Antonio Barros, Departamento de Física".

1. Divulgação científica. 2. Jornalismo científico. 3. Energia nuclear. I. Título.

21. ed. CDD 621.48

EWERTON MORAES LUNA

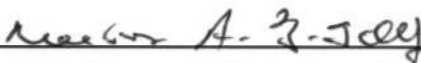
**A CONSTRUÇÃO DO SIGNIFICADO DE ENERGIA NUCLEAR PELAS REVISTAS
DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: UMA ANÁLISE DE MATÉRIAS *ON-LINE***

Trabalho de Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Área de concentração: Ensino de ciências.

Aprovada em: 21/03/2017.

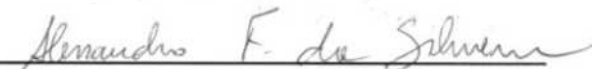
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Marcos Antônio Barros (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB



Prof. Dr. Marcelo Silveira Rabello
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB

Dedico a Rafaella Martins e a Daniela
Leite, pois se todos passarem, vocês
passarinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Marcos Barros pela sua orientação, pela confiança, empréstimos de livros e o esforço para que eu me torne um pesquisador. Aos professores que avaliaram o nosso trabalho, Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira (UEPB), Prof. Dr. Marcelo Silveira Rabello, Profa. Dra. Marly Oliveira (UFRPE) e Prof. Dr. Jean Spinelly (UEPB). Também agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba que disponibilizaram o seu tempo e conhecimento para o meu desenvolvimento, especialmente ao professor Dr. Eduardo Onofre.

A minha família pelo apoio, principalmente meus avós e pais, cujos esforços garantiram a minha permanência no mestrado. Sou eternamente grato a eles. Também agradeço a Luciana Macêdo (Lu), elemento raro no planeta, devido a sua simpatia e bondade e que me apoiou enquanto estava longe de casa e cujas viagens atravessando o estado rederam boas risadas. Também não posso deixar de agradecer a Joana Menara, pelas conversas, brincadeiras e risadas.

Agradeço profundamente aos professores Ms. Claudio Rejane, Dr. Wilson Hugo, Dr. Eduardo Sousa, Dr. Carlos Emídio, Dra. Joelma Monteiro (*in Memoriam*) e Ms. Aduino Andrade, da Universidade Regional do Cariri – URCA, pela paciência e incentivo durante a graduação e mestrado. Essa dissertação deve-se também a dona Vânia, secretária da Urca, que sempre me atendeu com delicadeza todas as vezes que eu cheguei precisando de algo.

Parafraseando Newton, se cheguei até aqui foi por que eu me apoiei sobre ombros de gigantes, e tendo essa frase em mente é que agradeço a Otacílio Silvestre, Khennya Araujo, Romário Felinto, Layson Vieira, Rubbens Anttonio, Alicia Sophia, e Anésia Sousa.

Por último, agradeço este trabalho a Rafaella Martins, Daniela Leite e Gabriela Leite, pela amizade de Hobbit.

Prometeu – “Dei-lhes uma esperança infinita no futuro.
Coro – Oh! Que dom valioso fizeste aos mortais!
Prometeu – Além disso, consegui que eles participem do fogo celeste.
Coro – O fogo?!... Então os mortais já possuem esse tesouro?
Prometeu – Sim; e desse mestre aprenderam muitas ciências e artes.”

(Ésquilo, 2005)

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo analisar a qualidade conceitual e histórica das matérias on-line de alguns sites pertencentes a revistas de divulgação científica, segundo os critérios criados a partir da revisão da literatura pertinente ao tema de energia nuclear. Para isso, fez-se necessário, inicialmente, uma ampla revisão literária a respeito desse tema e suas nuances, onde buscamos informações pertinentes entre cientistas e jornalistas, proporcionando-nos um norteamento mais acurado a respeito da qualidade, do potencial didático e deficiência na divulgação de matérias consideradas científicas. Além disso, uma investigação sobre os aspectos históricos necessários a uma fomentação que nos proporcionasse uma consolidação a respeito desse tema, delimitando-se entre os eventos que levaram à descoberta da fissão nuclear e à produção das primeiras bombas atômicas. Delimitamos nossa metodologia dentro de uma abordagem qualitativa, procurando explorar e descrever todos os aspectos pertinentes ao tema, veiculadas em quatro sites de revistas, *Galileu*, *Superinteressante*, *Ciência Hoje* e *Scientific American Brasil*. Após uma análise criteriosa do assunto nas revistas citadas, nossos resultados apontam para acertos e desacertos conceituais e históricos, deficiências em relação às fontes das pesquisas utilizadas, necessidade de cooperação entre profissionais do meio acadêmico e do jornalismo, divulgações fantasiosas sobre o assunto, sem uma total preocupação com o perfil do leitor.

Palavras-chave: Divulgação Científica; Jornalismo Científico; Energia Nuclear.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the conceptual and historical quality of on-line materials from some websites belonging to scientific dissemination magazines, in which the criteria is that created from the review literature relevant to the topic of nuclear energy. To do this, we needed initially, a large literary revision regarding the topic and its nuances, looking for informations about scientists and journalists, providing us an accurate guide on the quality, of the didactic potential and deficiency in disclosure considered scientific research. We also made an investigation about fundamental historical aspects necessary to fomentation that would give us a consolidation on this subject, delimiting between events that led to the discovery of nuclear fission and the production of the first atomic bombs. We delimit our methodology within a qualitative approach, seeking to explore and describe all topics related to this topic, which are published in four magazine websites, *Galileu*, *Superinteressante*, *Ciência Hoje* and *Scientific American Brasil*. After analyzing strictly the subject of the cited journals, our results point to conceptual and historical errors and corrections, deficiencies in relation to sources from the used research, the need for cooperation between academic and journalistic professionals, fanciful disclosures on the subject, without a total concern about the reader's profile.

Key Words: scientific disclosure, scientific journalism, nuclear energy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: EDIÇÃO 241 DA REVISTA SUPERINTERESSANTE, COM A MATÉRIA DE CAPA "ENERGIA NUCLEAR: ESSE VILÃO PODE SALVER A TERRA".....	12
FIGURA 2: FISSÃO NUCLEAR REALIZADO PELO NÚCLEO DE URÂNIO BOMBARDEADO COM UM NÊUTRON....	50
FIGURA 3: ESQUEMA DA BOMBA COM MECANISMO DE CANHÃO.....	63
FIGURA 4: MECANISMO DE IMPLOSÃO UTILIZADA PARA A BOMBA DE PLUTÔNIO.	64
FIGURA 5: IMAGEM UTILIZADA NA ABERTURA NA MATÉRIA DE SALDANHA (2014).	112
FIGURA 6: IMAGEM UTILIZADA NA ABERTURA DA MATÉRIA DE TANJI (2015).	112
FIGURA 7: IMAGEM UTILIZADA NA ABERTURA DA MATÉRIA DE GARCIA (2013).....	117
FIGURA 8: IMAGEM UTILIZADA PELA MATÉRIA DE GARCIA (2013) PARA EXIBIR A AMEAÇA DE DESLIZAMENTO DE A USINA DE ANGRA SOFRE.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C&T – Ciência e Tecnologia.

DC – Divulgação científica.

CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa.

FAPESP – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo.

TDC – Textos de divulgação científica.

U-238 – Isótopo de urânio 238.

U-235 – Isótopo de urânio 235.

MAUD – Military Applications of Uranium Detonation.

TNT – Trinitrotolueno.

EUA – USA – Estados Unidos da América - United States of America.

CP-1 – Chicago Pile 1

Pu-239 – Isótopo de plutônio 239.

Pu-240 – Isótopo de plutônio 240.

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UFScar – Universidade Federal de São Carlos.

Icict/Fiocruz – Instituto de Comunicação e informação Científica e Tecnológica em Saúde da Fiocruz.

USP – Universidade de São Paulo.

IBEMEC/SP – Instituto Brasileiro de Mercado de capitais (Unidade de São Paulo).

PUCRS – Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ICG – *International Crisis Group*.

SMR – *Small Modular Reactor*.

AIEA – Agência Internacional de Energia Atômica.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
CAPÍTULO 2: SOBRE A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: PAPÉIS, DEFICIÊNCIAS E POTENCIAIS NO ENSINO	15
2.1. O PAPEL DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA SOCIEDADE.....	15
2.2 ENTRE O JORNALISTA E O CIENTISTA: O PAPEL DE AMBOS OS PROFISSIONAIS NA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA.....	22
2.3 DEFICIÊNCIAS NA PRODUÇÃO DE MATÉRIAS SOBRE CIÊNCIA	29
2.4 AS MATÉRIAS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIA.....	33
2.4.1 <i>O que pode oferecer as matérias de divulgação científica na educação?</i>	35
CAPÍTULO 3: A HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR: UM BREVE RELATO SOBRE A FISSÃO NUCLEAR E A PRODUÇÃO DAS PRIMEIRAS BOMBAS ATÔMICAS	41
3.1 DOS TRANSURÂNICOS DE FERMI À DESCOBERTA DA FISSÃO NUCLEAR	41
3.2 O CLUBE DO URÂNIO, O PROJETO MANHATTAN E O PRENÚNCIO DAS BOMBAS	51
3.2.1 <i>A Inglaterra decide fazer uma bomba atômica</i>	54
3.2.2 <i>Os Estados Unidos entram na corrida pela bomba</i>	58
3.3 O TESTE <i>TRINITY</i>	66
3.4 AS BOMBAS SOBRE OS CÉUS DE HIROSHIMA E NAGASAKI	68
CAPÍTULO 4: PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	72
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E DESCRIÇÃO METODOLÓGICA DAS MATÉRIAS ANALISADAS	72
CAPÍTULO 5: ANÁLISE E DISCUSSÃO: OBSERVAÇÕES SOBRE AS MATÉRIAS DE ENERGIA NUCLEAR	77
5.1 PERFIL DOS AUTORES DAS MATÉRIAS ANALISADAS	77
5.1.1 <i>Ciência Hoje</i>	78
5.1.2 <i>Scientific American Brasil</i>	79
5.1.3 <i>Superinteressante</i>	82
5.2 ANÁLISES DAS MATÉRIAS.....	85
5.2.1 <i>Fontes utilizadas na matéria</i>	85
5.2.2 <i>Preferências ao resultado ou ao processo</i>	98
5.2.3 <i>Apresentação de diferentes pontos de vista</i>	104
5.2.4 <i>Uso de recursos facilitadores</i>	111
5.2.5 <i>Margem para interpretações divergentes ao conhecimento científico</i>	120
5.2.6 <i>Contextualização do Conteúdo</i>	124
5.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	126
CONSIDERAÇÕES FINAIS	129
REFERÊNCIAS	133
ANEXO	140
MATÉRIAS ON-LINE ANALISADAS	140

INTRODUÇÃO

A divulgação científica para o público leigo teve início durante o final do século XV com a ciência moderna, sendo impulsionada pelo surgimento da impressora de Gutenberg (MUELLER & CARIBÉ, 2010). Esse maquinário permitia que cientistas publicassem textos escritos contendo suas ideias, possibilitando que um grande público letrado passasse a ter acesso à informações científicas. O jornalismo científico surgiu nos séculos XVI e XVII (SANDRINI, 2014), tendo incentivo durante os séculos XIX e XX, devido ao interesse do público em se informar sobre as descobertas científicas e tecnológicas da época.

Os progressos científicos obtidos durante as duas guerras mundiais garantiram que a ciência deixasse de ser restrita apenas aos pesquisadores e passou a ter um papel decisivo no cotidiano da sociedade. Porém, como afirma Albagli (1996), começaram a surgir preocupações sobre as atividades científicas, à medida que surgiam indícios do seu lado perverso, como a proliferação de armamentos nucleares, esgotamento de recursos naturais e impactos ao meio ambiente.

A partir desses pressupostos, evidenciou-se uma crescente necessidade em se divulgar os acontecimentos da ciência e tecnologia para o público leigo. Muitos jornais perceberam a possibilidade de comercialização de notícias científicas e, para isso, passaram a utilizar uma abordagem sensacionalista e fragmentada da ciência, através da qual as pesquisas científicas eram divulgadas de forma incompleta, apresentando apenas os resultados finais sem divulgar o processo ou o contexto no qual ela surgiu.

Paralelamente a essa premissa, muitos cientistas passaram a ter receio de divulgar suas pesquisas em jornais e, assim sendo, notou-se um distanciamento entre cientistas e jornalistas, possibilitando uma crise na qualidade da divulgação do conhecimento científico para o público leigo. Essa crise no jornalismo científico permanece até hoje.

Ao procurar um tema para pesquisa de mestrado, lembramo-nos que durante o ensino médio tínhamos lido uma matéria da revista *Superinteressante* que nos chamou a atenção, intitulada: “O vilão virou Herói”, obra de Cavalcante (2007a). Por ser a matéria principal, a revista apresentava, também, a seguinte chamada na capa: “Esse vilão pode salvar a terra”, ao lado, o personagem do desenho animado *Os Simpsons*, o Sr.

Montgomery Burns¹, segurando uma pastilha de urânio na mão direita e apontando para uma instalação de energia nuclear no fundo da imagem com a mão esquerda (Figura 1).

Figura 1: Edição 241 da revista Superinteressante, com a matéria de capa "Energia Nuclear: Esse vilão pode salvar a Terra".



Fonte: (SUPERINTERESSANTE, 2007)

Apesar da chamada se referir ao Sr. Burns, percebemos que o não dito induzido pela revista era que a energia nuclear era a vilã do planeta terra. Não poderíamos considerar isso uma atitude preconceituosa da revista ao, antes de tudo, apresentar a energia nuclear como algo ruim? Além disso, durante a matéria, notamos que diversas imagens baseadas nos personagens de *Os Simpsons* reforçava uma apresentação errada dos conceitos das instalações nucleares, com desenhos de personagens segurando pastilhas de urânio sem nenhum equipamento de segurança, mau armazenamento do lixo radioativo e o peixe de três olhos, animal criado pelo desenho para criticar as instalações nucleares.

De fato, o contato com essa matéria nos chocou. A partir daí, passamos a ter um olhar diferente para as reportagens pautadas nas revistas científicas, como também nos seus sites, levando-nos a ter questionamentos do tipo: devemos confiar em tudo que as matérias científicas apresentam? Como elas apresentam as informações para os leitores? Será que a divulgação dos resultados das pesquisas, com seus processos e delimitações,

¹ Sr. Burns é uma personagem do desenho animado Norte-americano *Os Simpsons*, dono de uma usina nuclear, em Springfield, cidade fictícia onde se passa a história da série.

está sendo realizada de forma a garantir uma compreensão clara de como a ciência opera?

Diante das discussões apresentadas na literatura, Ivanissevich (2005 – 2012); Bueno (2008 – 2010); Oliveira (2012); Stocking (2005); França (2005) e Fahnestock (2005), tomamos consciência das problemáticas que norteiam a divulgação da ciência realizada pelo jornalismo científico. E com Nascimento e Rezende Junior (2010) e Ferreira e Queiroz (2012), conhecemos o estado da arte sobre as investigações da divulgação científica para o ensino de ciências.

Pressupomos que o discurso utilizado nas notícias voltadas a temas da ciência e tecnologia, que por algumas vezes possuem erros conceituais ou divulgam o conhecimento de forma fragmentada, pode dificultar o entendimento de conceitos, pesquisas e teorias científicas pelo público não especializado, impedindo-os de realizar uma discussão crítica do conhecimento produzido pela ciência, dificultando o processo de alfabetização científica.

Vale salientar que não estamos generalizando para a qualidade de todos os produtos da divulgação científica, pois a discussão apresenta-se bem mais complexa e abrangente, fugindo do escopo deste trabalho. Portanto, nos propomos a responder a seguinte pergunta de pesquisa:

- Em termos de qualidade conceitual e histórica, como se apresentam os termos relacionados à energia nuclear, em sites de divulgação científica?

A partir desse questionamento, apresentamos o objetivo geral dessa pesquisa:

- Analisar a qualidade conceitual e histórica das matérias de divulgação científica, segundo os critérios a partir da revisão da literatura pertinente ao tema energia nuclear.

Para tal, nossa pesquisa apresenta os seguintes objetivos específicos:

- Investigar como as matérias de divulgação científicas contemplam elementos da história da energia nuclear.
- Discutir a importância da participação dos profissionais do meio científico nas atividades de produção de matérias de divulgação científica.

O tema *energia nuclear* foi escolhido devido a sua característica polêmica, em que a opinião pública mantém receios sobre a sua utilização na tecnologia para fins pacíficos, necessitando de um melhor esclarecimento sobre o assunto, voltado

especificamente para o público leigo que, atualmente, depende muito do que é divulgado pela mídia ou sites de divulgação científica. Dessa forma, investigar como os sites divulgam essa matéria, deverá nos ajudar a ter uma visão mais próxima daquilo que está sendo lido por leitores leigos e não leigos, como professores e estudantes.

Para isso, nosso trabalho, além desta introdução, contemplará mais quatro capítulos. O segundo abordará a diferenciação de termos como alfabetização, divulgação e comunicação científica, problematizando o nosso objeto de estudo e discutindo o papel dos profissionais, cientista e jornalista, para o desenvolvimento da divulgação científica. Por outro lado, enfatizamos também as deficiências encontradas na literatura sobre o jornalismo científico e uma revisão sobre o seu papel didático.

O terceiro capítulo traz uma revisão da história da energia nuclear, delimitando-se entre as investigações que levaram a descoberta da fissão nuclear, o desenvolvimento do projeto *Manhattan*, que levou ao lançamento das bombas atômicas sobre as cidades de Hiroshima e Nagasaki no Japão, além do desenvolvimento do Clube do Urânio, projeto responsável pelo desenvolvimento da bomba atômica alemã.

Já no quarto capítulo, correspondente a nossa metodologia, tomamos a abordagem qualitativa como carro chefe, no sentido de delinear uma descrição teórica subjacente, a partir de ferramentas de dados que lhes são peculiares, a exemplo da pesquisa documental. Além disso, nesse capítulo, procuramos estabelecer alguns critérios que deverão proporcionar uma busca pela qualidade científica nas revistas on-line de divulgação, sobre o tema aqui proposto.

A análise desses critérios será apresentada no quinto capítulo, referente aos resultados e discussões. Abordando questões sobre a utilização de fontes e citações, uso de recursos facilitadores, interpretação do conhecimento científico, apresentação de pontos de vistas, apresentação de resultados e processos e contextualização.

No sexto capítulo discorreremos para as considerações finais da nossa pesquisa, apontando as conclusões obtidas durante a discussão. Sendo esses, relacionados à apresentação da história e do conteúdo de energia nuclear nas revistas on-line, além da necessidade da participação cooperativa entre cientistas e jornalista para a manutenção da qualidade da divulgação científica.

CAPÍTULO 2: SOBRE A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA: PAPÉIS, DEFICIÊNCIAS E POTENCIAIS NO ENSINO

A partir dos objetivos delimitados para essa dissertação, observamos que para um melhor entendimento da causa de algumas matérias apresentarem deficiências, como também, a fim de construirmos uma base para a elaboração de uma discussão mais aprofundada no capítulo cinco, partimos para uma revisão da literatura sobre a divulgação científica.

Discutimos nas páginas desse capítulo a definição e a função da divulgação científica para a sociedade e para o meio acadêmico, como também, o papel do jornalista divulgador da ciência e do cientista para a obtenção de uma matéria de qualidade em relação às informações apresentadas. Além dessas discussões, também apontamos o que a literatura apresenta sobre as deficiências na produção de matérias do jornalismo científico e o potencial desse meio de divulgação para o ensino de ciências.

2.1. O papel da divulgação científica na sociedade

Os progressos científicos obtidos durante a primeira e a segunda guerra mundial possibilitaram à ciência uma amplitude do seu campo de atuação, saindo dos limites das pesquisas para um papel decisivo no cotidiano da sociedade, inclusive na política. No entanto, no século XX, a visão da ciência começou a ser modificada devido a uma série de acontecimentos que evidenciaram os seus aspectos negativos (ALBAGLI, 1996; POLINO; CHIAPPE, 2010; IVANISSEVICH, 2005). Por exemplo, as bombas atômicas serviram como ferramentas para a diplomacia, mostrando que nenhuma outra potência deveria iniciar uma guerra com os Estados Unidos, pois esses teriam armas nucleares (CAMARGO, 2006). No receio ocasionado da opinião pública, a ciência também poderia ser um risco para a sociedade. Como pondera Albagli (1996):

Mas, se de início, expressou-se uma espécie de “profissão de fé coletiva” nas possibilidades econômicas e sociais do conhecimento científico-tecnológico, abrindo espaço para um *laissez-innover* (ausência de controle social sobre o progresso técnico-científico), começaram a despontar preocupações e precauções quanto aos impactos dessas atividades, à medida que surgiam evidências sobre o lado perverso dos padrões técnicos-científicos em vigor: proliferação de armas nucleares, esgotamentos de recursos naturais e impactos ambientais, além do agravamento de tensões sociais (ALBAGLI, 1996, p.397. Grifos do autor).

A presença desses aspectos negativos apresentada por Albagli (1996) se tornou um possível risco para que a ciência perca o seu crédito em relação ao público leigo, abrindo espaço para a população se indagar se algumas de suas atividades são realmente necessárias para o benefício da população, sendo um obstáculo para o progresso científico. Nesse sentido, fazer que o público se torne novamente familiar com os assuntos da ciência, tornando-se inclinada à aceitá-la como agente modificadora da sociedade, se tornou importante para manter o progresso tanto científico como social.

Na mesma linha, Castelfranchi (2010) aponta a importância em restaurar a simpatia do público em relação à ciência, evitando atividades anticientíficas e obscurantistas que possam prejudicar o desenvolvimento de pesquisas. Esse autor também ressalta a crença de alguns cientistas em acharem que o público é hostil em relação a algumas áreas.

Nesse sentido, em termos da Red Iberoamericana de Indicadores de ciencia y tecnología (2015), a promoção da participação de diversos grupos sociais nos assuntos voltados à ciência e tecnologia não só constitui um recurso de legitimidade política, como também, impede movimentos de resistência contra ao desenvolvimento científico. Contudo, insurgem a problemática: como garantir que o público apoie ou discorde das decisões tomadas pelo meio científico, discutindo acerca de seus assuntos, se a população não possui conhecimento sobre o que a ciência trabalha? Retomando um exemplo posto, como o público poderia opinar sobre o aumento do programa nuclear brasileiro sem tomar conhecimento dos seus benefícios, malefícios e de como funciona uma usina nuclear? E do processo histórico que subjaz essa tecnologia?

Para isso, a divulgação científica tem a função de estabelecer condições para a alfabetização científica (BUENO, 2010). Na medida em que possibilita ao público se inserir nos debates sobre ciência, participando das decisões voltadas a temas científicos. Embora se reconheça esta funcionalidade, Silva (2006) salienta a dificuldade de se categorizar ou definir o que é divulgação científica, devido à grande quantidade de textos envolvidos em diversas atividades de diferentes tipos. O autor indica que esta parece se relacionar a como o conhecimento científico é produzido, formulado e circulado na sociedade. Desse modo, são exemplos de atividades de divulgação científica os livros de ficção científica, documentário de ciência, biografias de cientistas, informativos de saúde, peças teatrais sobre eventos científicos e artigos de revistas de ciência voltadas para o público amplo. Sendo essa última, atividade do jornalismo

científico, uma esfera da divulgação da ciência realizada através dos meios de comunicação de massa.

Já Lévy-Leblond (2006), ultrapassa o significado da divulgação científica, apontando que o objetivo de divulgar a ciência não deve ser visto como uma ferramenta de exibição de resultados de pesquisas para o público, mas como um meio de fazer com que todos os membros da nossa sociedade possam compreender a própria natureza da ciência. Portanto, a divulgação científica é mais do que informar conceitos científicos, pesquisas ou biografias e momentos históricos da ciência, mas discuti-los, mostrar outros pontos de vista, explorando as diversas possibilidades do fazer ciência. Dessa forma, diferente da comunicação científica, em que informações da ciência e tecnologia são dialogadas entre os profissionais da mesma área, a divulgação se preocupa em criar uma ponte entre o campo científico e o público não especializado, de forma que a população possa compreender o cerne da ciência. Assim, nas palavras de Bueno (2010), temos:

O público difere, fundamentalmente, nos processos de comunicação e de divulgação científica. No primeiro caso, está identificado com os especialistas, ou seja, pessoas que, por sua formação específica, estão familiarizadas com os temas, os conceitos e o próprio processo de produção em ciência e tecnologia (C&T). No segundo caso – divulgação científica – ele é, prioritariamente, um não iniciado, quer dizer, não tem, obrigatoriamente, formação técnico-científica que lhe permita, sem maior esforço, decodificar um jargão técnico ou compreender conceitos que respaldam o processo singular de circulação de informações especializadas (BUENO, 2010, p. 2).

Portanto, conforme o autor citou, o público ao qual a divulgação científica é direcionada não possui, ou de forma muito superficial, conhecimentos científicos para compreenderem as pesquisas que estão sendo desenvolvidas no meio científico. Portanto, há necessidade de simplificar a apresentação das informações sobre ciência, garantido que as diversas camadas da população não especializada possam ser atingidas, evitando confusões que provoquem a má aceitação da ciência ou o próprio desinteresse público. Afinal, se o objetivo é a compreensão pública da natureza da ciência, o primeiro passo deverá ser que o público possa compreender com clareza o conhecimento que o meio científico produz.

Em contrapartida, Bueno (2010) também aponta que o discurso do campo científico não precisa ser simplificado já que está direcionado para profissionais da mesma área, pois se pressupõe que o público-alvo já possua conhecimentos prévios

sobre o assunto. Entretanto, vale salientar que, para áreas diferentes da ciência, o próprio cientista também pode ser considerado como público leigo e que a simplificação de informações de outras áreas da formação de um cientista se faz necessária para que ele possa compreender o que está sendo pesquisado. Dessa forma, há também uma divulgação da ciência para os próprios profissionais da carreira científica.

Portanto, a necessidade da simplificação do conhecimento para atender às diversas camadas de públicos leigos sobre assuntos específicos da ciência ultrapassa a definição do próprio termo “público leigo” como sendo a parcela da população que não possui nenhum, ou escasso, envolvimento com a ciência, mas engloba também o próprio cientista.

Sendo assim, todo mundo é público leigo em conhecimento científico, o que difere é o tema no qual ele tem menos conhecimento, necessitando da simplificação da divulgação científica para se informar sobre as pesquisas na qual tem pouca intimidade. Nesse sentido, os cientistas não estão isentos de correrem o risco de não compreenderem termos complexos próprios da comunidade acadêmica. Sobre a simplificação dos jargões científicos, Bueno (2010) pondera.

O público leigo, em geral, não é alfabetizado cientificamente e, portanto, vê como ruído – o que compromete drasticamente o processo de compreensão da C&T – qualquer termo técnico ou mesmo se enreda em conceitos que implicam algumas complexidades (BUENO, 2010, p. 3).

Dessa forma, como evidenciado na transcrição, para evitar que os jargões científicos dificultem a compreensão do público leigo, que não está familiarizado com esses termos, faz-se necessária a simplificação destes, para que possam se tornar acessíveis ao público não especializado. Entretanto, tal simplificação, não deve cair no risco de prejudicar os verdadeiros significados dos termos científicos, a fim de resguardar a alfabetização científica da população.

Para compreendermos melhor o objetivo da divulgação científica, abre-se aqui a necessidade de discutirmos o significado do termo alfabetização científica. Tendo em vista, que os as práticas de divulgação da ciência ocorrem para a alfabetização do público para que possam compreender, interagir e modificar a sociedade científica e tecnológica que está em continua evolução em que vivem.

A alfabetização científica, ou no inglês *scientific literacy*, pode ser entendida como “o nível mínimo de compreensão em ciência e tecnologia que as pessoas devem ter para poderem operar, em nível básico, como cidadão e consumidores na nova

sociedade científico-tecnológica” (GERMANO, 2011, p. 289). Neste particular, importa que o público compreenda conceitos básicos de ciência para conviver com a evolução tecnológica corrente e dessa forma utiliza-los como agentes transformadores do meio em que vive, sem que se tornem dependentes de uma tecnologia ou corpo de conhecimento que desconhecem ou que mal refletem se realmente necessitam. Entretanto, partindo da definição exposta, vale indagar qual seria o conhecimento necessário para a população obter esse nível mínimo de compreensão de ciência.

Partindo dessa indagação é que buscamos uma resposta na definição de alfabetização científica de Durant (2005), que observa que as tentativas realizadas para a alfabetização da população não especializada, para que possam compreender pesquisas científicas e opinar sobre as suas decisões influenciadoras no cotidiano da sociedade, não garantem que o público seja considerado alfabetizado cientificamente. O autor, ao discorrer sobre três abordagens para a alfabetização científica, mostra que apesar da boa intenção, as tentativas de alfabetizar o público leigo ainda devem ser repensadas, pois estão mal direcionadas. Tais abordagens compreendem aspectos que o público não especializado deveria saber, quais sejam: saber muito sobre o conhecimento científico, saber sobre o método científico e saber sobre a cultura científica.

Na primeira abordagem, alfabetização científica é “estar bem familiarizado com os conteúdos da ciência; isto é, significa saber muito de ciência” (DURANT, 2005, p.15). Esse autor salienta a problemática de que o acúmulo de conhecimento relacionado à ciência pode ser considerado dicionarizado, devido o público conhecer muitas definições literais relacionadas a temas de Química, Física, Biologia e outras áreas, mas não compreender esses conceitos de forma clara e em sua totalidade. Seria uma aprendizagem restritamente mecanizada, em que a população leiga decora definições prontas sobre assuntos científicos e acumula informações, mas sem estabelecer um corpo de conhecimento sólido.

Analogamente, esse problema pode ser visto também nos espaços de educação formal, principalmente nas graduações, em que estudantes de cursos de exatas aprendem os conteúdos de forma literal, da maneira como aponta o texto de Richard Feynman (1985) sobre o ensino de física no Brasil. Onde o cientista observa que ao fazer uma pergunta não contextualizada para os estudantes, os mesmos sabem as respostas prontamente, entretanto, se a pergunta está contextualizada os alunos não conseguem utilizar o que foi aprendido para solucionar o problema. Essa foi uma das

observações do cientista, mas, a partir dela, observamos uma cultura que, cada vez mais cresce nos curso de exatas, valoriza o preenchimento do caderno e a preocupação do treino repetitivo para passar em avaliações, mas não prioriza a compreensão do aspecto conceitual da disciplina.

Na segunda, Durant (2005) apresenta a alfabetização científica no sentido de entender como ocorre a produção da ciência, ou seja, compreender o método desta. Entretanto, disso decorre o questionamento de como divulgar para o público leigo algo que é complicado de se definir até para um cientista especializado. Como o autor afirma:

Não se ensina à maior parte dos cientistas qualquer coisa muito explícita sobre os processos científicos da pesquisa; em lugar disso, eles tendem a aprender sobre esses processos como os marceneiros ou os metalúrgicos aprendem seus respectivos ofícios – sendo aprendizes de pessoas experimentadas, peritas. Isso põe os educadores da ciência que deseja dizer alguma coisa sobre a natureza da ciência em uma posição difícil (DURANT, 2005, p.19).

Partindo da fala do autor, definir o que seria o método científico é difícil para educadores e divulgadores, já que não há como simplificar para a população algo que os cientistas só aprendem com o convívio do dia a dia com outros pesquisadores. Entretanto, salientamos que uma possível resposta já pode ter sido dada, através de uma transformação das bases que regem o ensino básico. As iniciações científicas nessa faixa de ensino, como por exemplo, as bolsas de Iniciação Científica Junior disponíveis por algumas universidades, poderá se mostrar como maneiras promissoras de apresentar para estudantes uma definição de método científico, já que os mesmo estarão aprendendo através da prática de pesquisa.

Ademais, o autor também ressalta o problema da apresentação para a educação científica de como funciona a pesquisa em ciência, exibindo ao público o método como único e simples. Do contrário, várias possibilidades de métodos podem ser utilizadas, desde que atendam ao critério de que sejam suficientemente detalhados para que os demais pesquisadores possam compreendê-los.

Entretanto, o que é comumente visto nas escolas e nos meios de divulgação é a representação simplista e única do método como uma sequência formada pelas etapas de observação, formulações de hipóteses, experimentações, interpretações de resultados e conclusão do trabalho. Essa apresentação de um modelo único no qual, supostamente, toda pesquisa científica deve se enquadrar não apresenta algo mais enganador sobre a

realidade da ciência, dando a entender que o método científico é uma receita fácil de ser realizada e que o novo conhecimento será alcançado com poucos esforços.

Na terceira, a ciência é vista além do seu conhecimento de um processo idealizado, considerando-a como uma prática social (DURANT, 2005). Segundo o autor, a ciência é realizada por pessoas e esse é um fator, apesar de óbvio, que não deve ser desconsiderado. A produção do conhecimento científico não está isolada a apenas alguns indivíduos, como é apresentado em alguns materiais de divulgação que exibem alguns cientistas como os “gênios da ciência” que realizaram seus trabalhos sozinhos. Mas, como ressalta o autor, o processo de produção é constituído por uma rede de colegas, concorrentes e críticos. Durant (2005) também salienta que essa rede é importante para a produção do novo conhecimento. Ela é importante para avaliar as pesquisas que surgem, separando as que são confiáveis das que são produzidas através de métodos mal elaborados ou tendenciosos. Ao passar pelo aval dessa rede os resultados das pesquisas passam a participar do corpo de conhecimento científico confiável.

Durant (2005) também pondera que a ciência é apresentada para o público através de termos pessoais. Sendo um recurso para atrair a atenção de leitores e espectadores. Entretanto, o autor esclarece que o complexo sistema social da produção do conhecimento é distorcido, seja intencionalmente ou não. Esse é risco que, talvez, distancie mais ainda a população para compreender como a ciência funciona de verdade, produzindo uma imagem fantástica da produção da ciência através de apenas poucos indivíduos.

Ao finalizar a sua terceira definição de alfabetização científica, Durant (2005) salienta que o público não necessita somente da compressão dos fatos ou da imagem idealizada da atitude científica ou do método científico, também é necessário uma percepção sobre como o sistema social da ciência funciona para divulgar o que é confiável sobre o mundo natural. Compreendendo que, se em muitos casos a ciência pode funcionar e seu conhecimento é verdadeiro. Em outros, poderá ser falso.

As três definições de alfabetização científica do autor, nos ajudar a refletir sobre o questionamento: será que as atitudes tomadas para garantir a alfabetização científica da população favorece a própria alfabetização científica? Tomando em termos mais restritos, será que na hora de apresentar a ciência através das matérias de sites de divulgação científicas, não estão alfabetizando a população apenas através da

apresentação de eventos ou conceitos, sem que os significados dos mesmos sejam realmente entendidos? Ou a apresentação de como a ciência opera está sendo idealizada? Ou a ciência como uma prática social é deixada de lado, sendo apresentada como o produto de um único cientista, ausente de uma hierarquia organizacional?

Se as três definições de Durant (2005) de alfabetização científica estão ausente das iniciativas de divulgação científica que atingem o público não especializado, cabe ressaltar que possivelmente as atitudes tomadas para alfabetizar a população estão longe de exibir a realidade de como a ciência opera, necessitando reflexões sobre o assunto e a remodelagens das atitudes que levam a alfabetização.

Outro fator que influencia a forma como a ciência é divulgada é a comercialização do conhecimento científico pela mídia, esse fator pode introduzir elementos especulativos em informações vindas do meio científico, como também, apresentar aspectos científicos às pseudociências, para que as matérias se tornem comercializáveis. Esse apontamento favorece a justificativa da presença do cientista nas práticas de divulgação científica, para que a população não especializada não confunda suas pesquisas com pseudociência.

2.2 Entre o jornalista e o cientista: o papel de ambos os profissionais na divulgação científica

A mídia é um negócio e não se deve acreditar que ela está divulgando ciência por altruísmo, como aponta Ivanissevich (2005). A notícia veiculada por esse meio deve atrair o interesse dos leitores (no caso das revistas de divulgação científica - DC). O jornalismo transforma pesquisas científicas de difícil compreensão em artigos interessantes, para que o público possa comprar os exemplares ou acessar com frequência os sites das revistas.

Assim, pelo aspecto comercial das empresas de jornalismo, o papel de educar o público sobre temas voltados à ciência e tecnologia não é prioridade da mídia, mas por vezes essa função acaba sendo cumprida e até exercendo o papel de deseducar (IVANISSEVICH, 2005). Por isso, salienta-se a necessidade de analisar a qualidade das informações que são transmitidas por esse meio, devido a sua capacidade de influenciar na educação da população.

Partindo dessa premissa, Ivanissevich (2005) argumenta que, entre as várias tentativas de disseminar o saber científico, por meio de peças teatrais, aulas, filmes, palestras, exposições e outros meios de divulgação, a mídia é a ferramenta de disseminação científica com mais poder de alcance. Logo, não se deve desconsiderar o seu impacto na alfabetização científica da população leiga, mesmo que ela não possua como meta prioritária educar o seu público.

No entanto, se levarmos em consideração esse fator educativo dos meios midiáticos, principalmente do jornalismo científico, abre-se espaço para o levantamento de algumas questões, cujas respostas estão diretamente relacionadas à qualidade das matérias públicas nas revistas de divulgação científica; são elas: Que tipo de profissional escreve as matérias de divulgação científicas nas revistas populares? Esses profissionais estão aptos para escrever sobre temas de ciência? E como se dá a relação entre eles e as fontes de informações para a produção das matérias?

Na história do jornalismo científico brasileiro, alguns jornais tinham como colaboradores professores e cientistas, que davam entrevistas e escreviam textos para publicação. Personalidades como: José Leite Lopes, Físico do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF); Luiz Gouvêa Labouriau, do Museu Nacional; Almirante Octacílio Cunha, presidente do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq); tiveram textos publicados no suplemento *Ciência do Jornal do Commercio* (MOREIRA; MASSARANI, 2011); já o suplemento *Ciência para todos*, do jornal *A Manhã*², contou até com publicações de textos de colaboradores estrangeiros, como Albert Einstein, físico alemão; Louis de Broglie, físico francês; Josef Löbel, escritor alemão, entre outros (ESTEVES, 2006). Pressupomos que a participação da comunidade científica na produção dos textos a serem publicados por esses jornais pode ser vista como um indicador da preocupação desses jornais em divulgar informação de qualidade para o público.

Da mesma forma, Esteves (2006) justifica que na época do suplemento *Ciência para todos*, alguns cientistas acreditavam que uma divulgação da ciência de qualidade só poderia ser alcançada através de especialistas. Entretanto, atualmente, a maior parte da produção de matérias de divulgação científica está a cargo dos jornalistas. Professores e cientistas passaram a ser fontes de informação para as matérias. Como

² Três jornais intitulados *A Manhã* circularam no Rio de Janeiro, um no período de 1925 a 1929, outro de abril a novembro de 1935 e o terceiro entre 1941 a 1953. Todos independentes um do outro; o que teve a circulação do suplemento *Ciência para todos* foi o terceiro (ESTEVES, 2006).

destaca Oliveira (2012), alguns cientistas não possuem consciência da importância da divulgação científica e isso acaba influenciando a qualidade do jornalismo científico. Essa falta de interesse dos cientistas pode ser interpretada como resultado da pressão realizada pelo campo científico nacional para se tornar autônomo, dedicando-se a políticas que incentivam as produções acadêmicas, mas negligencia o apoio a divulgação científica.

Pressupomos essa interpretação a partir da obra *O campo científico*, de Pierre Bourdieu (1983), onde o autor faz um estudo sobre o campo científico como espaço de luta concorrencial, onde as ações dos participantes não são desinteressadas, porém movidas pela aquisição da autoridade científica (tais como, prestígio, reconhecimento, celebridade). Nessa obra, o sociólogo francês também aponta que quanto maior for a autonomia do campo, os produtores só esperam reconhecimento do valor dos seus produtos apenas pelos participantes do campo. Nesse sentido, cientistas só esperam a apreciação de suas pesquisas apenas pela parte de outros cientistas que possuem meios de se apropriarem simbolicamente dos trabalhos.

Podemos realizar algumas observações entre as ideias de Bourdieu e o desenvolvimento da ciência brasileira junto com a sua influência na divulgação científica em revistas. A primeira questão que surge é: Se quanto maior for a autonomia do campo científico e menos os cientistas esperam o reconhecimento de participantes fora do campo, então o que ganha esses profissionais com as atividades de divulgação científica se eles não esperam o reconhecimento do público não especializado?

A resposta para essa pergunta parece ser de difícil elaboração, e até mesmo quem replica dizendo que a solução está associada com a obtenção de financiamento para as pesquisas, parece ser um argumento insatisfatório, tendo em vista que entre o público não especializado e o financiamento de pesquisas há diversas etapas que retira a obrigatoriedade da divulgação científica. A população paga os impostos, que por sua vez são direcionados para as agências de fomento e, a partir daí, é direcionado para as pesquisas.

Em seguida, a sensibilização do campo científico brasileiro para a importância de se envolver nas atividades de divulgação da ciência também é ameaçada pela política de publicações, essa que salienta o interesse da aquisição da autoridade científica. Cada vez mais os pesquisadores são incentivados a preencher o currículo Lattes com

publicações em periódicos científicos que são avaliadas pelo conjunto de procedimentos denominado de Qualis.

Podemos observar isso através da Plataforma Sucupira³, site onde se pode realizar a consulta do Qualis de revistas acadêmicas, observamos que a avaliação para revistas de divulgação científica, tais como a *Ciência Hoje*, *Pesquisa Fapesp* e *Scientific American Brasil* não possuem boas avaliações nas áreas voltadas a ciências e tecnologia⁴, apesar de serem famosas devido a qualidade de suas divulgações.

Nesse sentido, essa baixa avaliação pode ser vista como uma falta de incentivo para os cientistas divulgarem a ciência nas revistas. Afinal, com uma política institucional que preza que os integrantes do meio científico publiquem em revistas com os melhores Qualis, como se sentirão incentivados a dedicaram o seu tempo produzindo matérias para publicarem em revistas de divulgação científica com classificações baixas, se o mesmo tempo poderia ser utilizado para desenvolver artigos para revistas de comunicação científica com avaliações maiores?

Dessa forma, a formação da política científica no Brasil não incentiva os pesquisadores a tornar a ciência acessível para a população não especializada, mesmo que essa seja importante para a formação de uma cultura voltada para o conhecimento científico pela população. Cada vez mais os pesquisadores são incentivados a publicar em periódicos bem qualificados para formar um campo científico cada vez mais independente.

Outra problemática que surge na qualidade das matérias é a falta de profissionais especializados em ciência para a sua produção. Oliveira (2012) aponta que, além de saber técnicas de redação, o jornalista científico requer, no mínimo, familiaridade com os procedimentos de pesquisas científicas, conhecimentos sobre história da ciência, política científica e tecnológica, atualização constante sobre os avanços da ciência e contato com a comunidade científica. Desse modo, está informado sobre o que ocorre no cotidiano da comunidade científica é uma das principais características do jornalismo científico.

Para a aquisição dessas qualidades, Bueno (2008) evidencia a importância de se ter uma formação especializada em jornalismo científico, pois essa atividade

³Plataforma da Capes para verificar o Qualis de revistas. Pode ser consultados através do link: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Acesso em: 08 de dezembro de 2016.

⁴A consulta foi realizada, referente ao evento de classificação “Qualis 2014”. As classificações nas áreas de ciências e tecnologia para as revistas citadas não chegaram a classificação B3.

demanda profissionais que dominem a cultura científica, conheça o método científico, o funcionamento de produção da ciência e a divulgação científica para que se possa trabalhar com informações sobre ciência. Nesse sentido, o jornalista deste contexto deve ter noções de história, filosofia e sociologia da ciência. O autor também ressalta que mesmo sem a possibilidade de realizar um curso, essa especialização deve ser feita de forma autodidata.

Também, deve-se salientar que na falta de uma formação acadêmica em alguma área da ciência, conhecer alguns conceitos-chave, ter uma leitura prévia de artigos sobre o tema a ser coberto e entender como funciona a cultura científica facilitam que o jornalista transforme a linguagem de difícil compreensão da comunidade científica em algo de fácil acesso para os leigos.

Tais iniciativas ajudam que as objeções apresentadas contra o jornalismo científico sejam sobrepostas pelo conhecimento do jornalista sobre o conteúdo de ciência, mesmo que superficial, pois a relação entre o jornalista e o cientista na hora de discutirem sobre o assunto que será realizado a cobertura será mais proveitosa. Essas objeções muitas vezes advêm do meio científico como pode ser observado na citação de Albagli (1996):

Por um lado, há os que defendem que o jornalismo científico, por requerer um adequado manejo da linguagem jornalística, demandando assim habilidades específicas, deveria ser realizado exclusivamente por profissionais de comunicação, e não por cientistas. De outro lado, muitos cientistas são contrários a esse ponto de vista, por discordarem dos critérios utilizados por jornalistas na seleção de notícias e no tipo de abordagem de suas reportagens sobre ciência, critérios esses que seriam próprios à imprensa convencional (mas não à lógica científica), tais como senso de oportunidade, *timing*, impacto e interesse social (ALBAGLI, 1996, p. 400).

Ao mesmo tempo em que ambas as afirmações da autora mostram-se verdadeiras, acrescentamos que apesar do jornalista científico está hábil para traduzir o conhecimento científico para o público não especializado, ainda lhe falta o conhecimento aprofundado sobre os temas científicos, conteúdos esses que só os especialistas na ciência possuem. Em contrapartida, falta nos cientistas à prática de se comunicar de forma clara, o que dificulta a sua comunicação com o público leigo. Dessa forma, para suprir as necessidades que ambos os profissionais possuem em relação a divulgação científica, resta a parceria entre o jornalista e o cientista, que nem sempre ocorre de forma pacífica.

Da mesma forma, Peters (2005) compara as crenças e atitudes de jornalistas divulgadores da ciência e especialistas científicos⁵ sobre reportagens de risco. Ao evidenciar as expectativas dos jornalistas e especialistas em relação à interação entre fontes de informações e jornalistas, foi obtido que os especialistas da ciência não querem que suas palavras sejam traduzidas, “apesar de possíveis conflitos com as normas de sua comunidade científica, que exigem cautela e formulação reservada” (PETERS, 2005, p. 155). Neste ponto, observamos novamente a ausência da parceria entre ambos os profissionais e a partir disso podemos indagar: será que somente cientistas serão capazes de realizar divulgação científica de qualidade em jornais e revistas?

Para responder tal questionamento, utilizamos o argumento de França (2005) e Santos (2012), os cientistas conhecem os processos e os conteúdos que formam o conhecimento científico, porém não conseguem expressar esse conhecimento de forma clara para o público leigo. Dessa maneira, podemos pressupor que os profissionais da ciência também não estão qualificados a produzir matérias voltadas para a população não especializada, devido à sua dificuldade em traduzir termos da linguagem científica para uma linguagem mais acessível. Mesmo assim, a sua participação é importante para garantir a qualidade das publicações.

Já Oliveira (2012) pondera que, com algumas exceções, a comunidade científica não compreende a importância de divulgar pesquisas e demais informações da ciência. Ainda há, por parte de alguns profissionais do campo científico, a imagem do cientista que independe da opinião pública para fazer ciência. Sem a conscientização do cientista para a divulgação científica, a relação jornalista e fonte (nesse caso, o próprio cientista) acabam se tornando conflituosa. Nesse sentido, a falta de habilidade de alguns cientistas em divulgar a ciência pode ser vista como efeito do seu desdém em não se importar com a divulgação científica.

Deve-se observar que é papel dos cientistas divulgar seus trabalhos para a população. Tendo em vista que, a imagem da ciência independente das demais atividades não existe, ou está longe de se tornar uma realidade. Ivanissevich (2012) assevera o dever do cientista em divulgar o conhecimento nacional e se não souber como, deve ajudar quem sabe:

⁵ Termo utilizado por Peters (2005) para indicar o cientista “em suas funções de especialistas que aplicam seu conhecimento a problemas não-científicos” (p. 143)

A socialização do saber produzido no país deve ser considerada uma missão para cientistas. E, se ele não souber como fazer, deve ajudar a aqueles que sabem a fazê-lo. Assim, o cientista deve entender que o profissional de comunicação não conhece as especificidades de todas as áreas e que, por vezes, fará perguntas simples e aparentemente bobas (IVANISSEVICH, 2012, p. 105).

Como a autora também ponderou, o cientista também deve ser compreensível com o fato de que o jornalista não possui todos os conhecimentos necessários para compreender o que o pesquisador está explicando, sendo necessária uma explicação acessível para que o jornalista entenda o que está sendo dito. É importante manter a boa interação entre cientistas e jornalistas para que as matérias de jornais e revistas de divulgação científica possuam melhor qualidade de informação ao serem publicadas, tentando contornar os problemas que a diferença de cultura entre essas duas classes de profissionais pode gerar.

O cientista deve estar ciente de que o jornalista científico, apesar de trabalhar com a publicação de matérias de ciências, ainda não é especializado sobre o assunto. O pesquisador não deve concluir que o jornalista possui conhecimentos que servirão como base para entrevista, aumentando a complexidade da explicação. Essas afirmações entram em conformidade com os pensamentos de Peters (2005), que pondera:

Ao conversar com um jornalista como se ele fosse um de seus pares, o especialista pode presumir, erroneamente, que existe uma base comum, incluindo, por exemplo, um código, valores e estruturas de relevância. Se o cientista tiver sucesso em impor essa definição à situação, o jornalista pode se sentir obrigado a assumir o papel de cientista, evitando fazer perguntas “simples” para assegurar a compreensão. Como consequência, a publicação que daí sairá para mídia poderá ser imprecisa (PETERS, 2005, p. 159).

Nesse sentido, se por um lado o cientista não deve presumir que o jornalista possui as mesmas bases de conhecimento que ele, o jornalista também não pode se deixar levar pela orientação do entrevistado, mantendo os seus objetivos claros e tentando compreender o com que ficou confuso. Afinal, é importante que o divulgador da ciência saia da entrevista com todas suas dúvidas respondidas, já que a decisão de que ela ocorresse foi devido à necessidade de explicações mais aprofundadas, a qual o jornalista não pôde obtê-las sozinho.

Nessa perspectiva, a entrevista com os pesquisadores-autores para explicar sobre o que trata um artigo não pode ser substituída pela leitura sozinha desse artigo científico, pois a linguagem científica é complexa e o jornalista continua sendo parte do público não especializado (OLIVEIRA, 2012). Mesmo com uma grande quantidade de

artigos publicados em revistas científicas, essas não substituem a colaboração dos cientistas nas elaborações das matérias jornalísticas de ciência, pois é necessário alguém para ajudar o jornalista na tarefa árdua de traduzir as pesquisas científicas.

Da mesma forma, se na entrevista o jornalista não compreende a explicação do cientista, deve pedir para simplificá-la, sem ter “medo de admitir que não sabe do que o cientista está falando e de fazer perguntas simples” (OLIVEIRA, 2012, p. 48). Na ausência dessa postura questionadora, a matéria poderia acabar por sair como uma tentativa forçada do jornalista de explicar o que não conseguiu compreender no encontro com o cientista.

A boa qualidade da relação entre o jornalista divulgador da ciência e a sua fonte é de suma importância para garantir a qualidade das publicações. Por outro lado, a falta de colaboração entre o campo científico e os jornalistas, como também o desinteresse de alguns profissionais da ciência, pode resultar nas deficiências que, comumente, ocorrem nas matérias de divulgação que vão ao público. Tais deficiências serão apresentadas no próximo tópico.

2.3 Deficiências na produção de matérias sobre ciência

A dificuldade de traduzir o conteúdo das pesquisas em ciência para o público, às vezes, resulta em matérias que terminam por fragmentar as pesquisas divulgadas e até correm o risco de apresentar conceitos errados. Diariamente, os jornalistas têm que escolher entre vários possíveis materiais que podem se tornar matérias para revistas e jornais de ciência e que “parte desse material que aparece nas mesas dos jornalistas minimiza as incertezas das afirmações científicas relacionadas às escolhas públicas; outra parte, não” (STOCKING, 2005, p. 161). Cabe ao jornalista o árduo trabalho de descobrir como apresentar esse material para o público.

Seguindo essa linha, Stocking (2005) aponta que os jornalistas normalmente são acusados de tornar as afirmações científicas mais exatas do que elas realmente são, e outras vezes passam a imagem da ciência como algo que é incerta. Caindo em um processo de apresentação de pesquisas de forma fragmentada, sem exibir suas limitações e sem fazer referências a outras pesquisas; às vezes com discursos que exageram na apresentação de informações científicas, confundindo a percepção da população não especializada sobre o tema abordado no jornalismo.

A tendência ao exagero é citada no trabalho de Fahnestock (2005), ao analisar o que ocorrer com as informações científicas quando passam a ser objeto de divulgação nas matérias jornalísticas, deixando de ser um relato científico para se tornar uma celebração da ciência. Ao analisar uma matéria sobre guepardos da revista *Science*⁸³, este estudioso evidenciou que os dados são exibidos com exatidão na publicação científica da pesquisa, mas são substituídos por afirmações não tão precisas na matéria de divulgação. Esse é um meio usado pelo jornalismo para deixar atraentes para o público, temas que a princípio não seriam, mas que pode deixar inexatas as pesquisas na qual a matéria se baseou.

Na sua análise sobre os problemas encontrados na divulgação da ciência realizada pelo jornalismo, Stocking (2005) verifica a ausência de fontes que trazem veracidade para as informações da matéria, concluindo que a maioria dos jornalistas se limita a utilizar uma única fonte para escrever as reportagens científicas. A investigação desse autor também é trabalhada por Brotas (2011), quando este tece críticas sobre essas controvérsias do jornalismo científico.

Outro exemplo de pesquisa sobre a qualidade das matérias científicas, que também trás resultados sobre fontes, é a realizada por Carvalho (2010), que analisa matérias de capa das edições de novembro de 2009 das revistas *Scientific American Brasil* e *Superinteressante*, tirando como uma das conclusões que a revista *Scientific American Brasil* utilizou os veículos internacionais *Nature*, *British Medical Journal*, *Neuroethics*, *Psychopharmacology* e *Science* como fonte para a produção da matéria, enquanto a revista *superinteressante* usou apenas a revista *Nature*. Ambas as revistas utilizaram citações diretas vindas de cientistas como fonte de informação. Entretanto, em quantidades diferentes. Nesse sentido, a pressuposição que surge aqui é a relação de que as revistas que surgem do meio científico, possuem maior cuidado em relação a quantidade de fontes.

Podemos observar tal cuidado também, através das suas origens e princípios. A *Scientific American* surgiu em 1845, circulando em mais de trinta países e chegando a divulgar invenções como a lâmpada de Thomas Edison e a descoberta do raio-X; sua circulação no Brasil começou em 2002⁶. Podemos pressupor que a quantidade significativa de fontes utilizadas para a produção da matéria que Carvalho (2010)

⁶ Informações obtidas do site da SCIENTIFIC AMERICAN BRASIL. **Quem somos.** site. 2014. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/quem_somos/. Acesso em: 13 de janeiro de 2016.

analisou é uma evidência da preocupação deste periódico em exibir informações verdadeiras, mantendo a fama que a revista conseguiu desde a sua origem.

Já a Superinteressante se dirige para o público de todas as idades, preferindo apresentar o aspecto curioso e interessante da ciência para construir uma experiência atrativa para o leitor. Essa característica pode ser observada na matéria “*Por quem somos...*” de Silva (2001), disponível no site da revista, onde o autor explica para qual público a revista é dirigida, desejando agradar várias gerações e comparando o desejo da revista de obter a mesma excelência que a rede lanchonetes McDonald’s possui. Nas palavras da revista:

A Super quer, modesta, mas firmemente, no ramo das revistas, alcançar essa mesma excelência: encantar leitores de todas as idades – curiosos inveterados, com cérebros dinâmicos e corações eternamente jovens – com uma experiência literária e estética única, surpreendente, estimulante, enriquecedora. Que faça sonhar, que seja divertida, ilustre a discussão, gere conhecimento (SILVA, 2001).

É possível notar o interesse da Superinteressante em exibir a ciência para o leitor sob um aspecto espetacular e atrativo, adaptando pesquisas científicas para uma linguagem que crie intimidade com o público. Esse é “o objetivo do autor por meio da adaptação, parte da tarefa árdua de trazer um artigo de pesquisa deliberadamente enxuto para o reino do jornalismo interessante” (FAHNESTOCK, 2005, p.83).

Outra deficiência no jornalismo científico apontada por Stocking (2005) é a preferência dos jornalistas em divulgar apenas os resultados das pesquisas e não os processos que originaram tais resultados, apresentando a ciência com pouco contexto histórico, com delimitações da pesquisa e advertências. Os jornais e revistas divulgam as pesquisas sem deixar claro para o leitor sob quais circunstâncias o resultado obtido é válido, podendo ocasionar em um alarmismo sobre o tema abordado nas notícias e gerar preconceitos sobre alguns assuntos da ciência. Podemos citar como exemplo o dilema da energia nuclear que comumente é abordado nas revistas.

Esse autor também discute que, às vezes, ao abordarem sobre o processo da ciência, as reportagens usualmente repassam a imagem de uma busca cujos resultados irão ser alcançados, não havendo possibilidades para fracassos. Nas palavras de Stocking (2005):

Em outras palavras, as *incertezas* são apresentadas na mídia como se pudessem ser minimizadas e resolvidas em uma época na qual um número crescente de críticos argumenta que boa parte das incertezas, simplesmente em virtude da complexidade dos sistemas sociais, biológicos e físicos, pode

ser irredutível e, na verdade, pode não ser passível de ser solucionada (STOCKING, 2005, p. 167).

Sobre a fala do autor, essa minimização de incerteza que as revistas promovem atribui às afirmações da ciência um caráter de verdade absoluta e de exatidão aos seus processos, alimentando o estereótipo de que o campo científico irá resolver todos os problemas da sociedade. Pressupomos que o incentivo dessa crença pelo jornalismo contribua para que a população não especializada perca a credibilidade em algumas áreas da ciência, devido a afirmações que o jornalismo fez em matérias que levantaram falsas esperanças para os leitores.

Em relação ao conjunto de orientações para a produção de texto de divulgação científica, Vieira (2004) enfatiza a importância de não gerar falsas esperanças para a população. O autor exemplifica com o caso de artigos médicos, que deve deixar claro que os resultados de pesquisas estão longe de se tornarem remédios e tratamentos, pois alguns dos leitores podem sofrer ou ter casos da doença na família. Ao contrário, o alarmismo poderá gerar falsas expectativas.

Outra problemática que devemos discutir é o caso de algumas matérias não apresentarem mais de uma opinião sobre os assuntos abordados, exibindo as conclusões de pesquisas como sendo as únicas hipóteses existentes. Como explica França (2005).

Em Grande parte das notícias de ciência, não existe o contraditório. Ao se divulgar um trabalho científico sem citar outras conclusões ou visões sobre o mesmo assunto, dá-se a impressão ao leitor de que aquele constitui uma verdade absoluta. O papel do jornalista acaba não sendo muito diferente daquele que seria de um assessor de imprensa do pesquisador que deu a entrevista. E o resultado confunde e lança dúvidas na própria pesquisa. Café faz bem ou mal? A dieta A é melhor que do que a dieta B? O mundo está ficando mais quente? Cada pesquisa diz uma coisa diferente, mas todas são divulgadas como respostas absolutas para a questão (FRANÇA, 2005, p. 42).

Acreditamos que essa falta de diferentes pontos de vista, na cobertura realizada pelo jornalismo sobre temas de ciência, influencia na construção da formação crítica do leitor sobre o que lê. Portanto, isso impossibilita o processo de alfabetização científica do público não especializado, pois não dá para discutir criticamente algo sem que haja mais de uma opinião.

Entretanto, apesar das deficiências apresentadas, as matérias de divulgação científicas disponibilizadas pelo jornalismo ainda mostram-se capazes de serem ferramentas benéficas para suprir algumas das necessidades do ensino de ciências. No próximo tópico, abordamos a utilização dessa ferramenta para o ensino.

2.4 As matérias de divulgação científica para o ensino de ciência

Antes de iniciarmos uma discussão sobre como as revistas de divulgação científica estão sendo inseridos no ensino de ciências, será interessante fazermos menção a alguns pontos sobre como andam as pesquisas em divulgação científica (DC) em meio à comunidade acadêmica. Não é nossa intenção fazer um apanhado profundo de todas as pesquisas já realizadas sobre DC, mas usaremos duas pesquisas, Nascimento e Rezende Junior (2010) e Ferreira e Queiroz (2012), que realizaram uma cobertura do estado da arte sobre o tema. Dessa forma, teremos uma noção das tendências que seguem as pesquisas em divulgação científica e quais são as problemáticas apontadas pelos autores.

É comum encontrar artigos científicos que discutem a utilização de materiais de divulgação científica como ferramenta com potencial de uso na sala de aula, abordando diversas metodologias que introduzem textos, vídeos e entre outros meios de divulgação da ciência. Contudo, segundo Nascimento e Rezende Junior (2010), ao realizarem um mapeamento da produção sobre divulgação científica em educação em ciência, em anais de eventos, revistas científicas e bancas de teses, entre 1997 a 2007, são poucos os trabalhos científicos que discutem sobre a abordagem de Textos de divulgação científica (TDC) durante o período de formação dos futuros professores. Nas próprias palavras dos autores:

Pudemos notar a escassez de trabalhos – dentro da temática “textos de DC utilizados no ensino formal” – que tenha como objetivo a leitura e a produção de sentidos por licenciandos quando na interação com TDC, embora alguns estudos explorem o trabalho realizado pelo professor para introduzir esses textos em sala de aula ou comentem as possibilidades de produção de um discurso pedagógico polêmico quando na formação de professores a partir da leitura dos mesmos. Ou seja, os estudos não têm refletido sobre as possibilidades de se discutir na formação inicial temas relacionados à leitura (especificamente leituras de TDC), tampouco sobre como se dariam as interações discursivas entre os futuros professores e os TDC, considerando aspectos relacionados à leitura ou próprio desenvolvimento de atividades pelos licenciandos durante sua formação (NASCIMENTO; REZENDE JUNIOR, 2010, p. 118).

No sentido apontado pelas autoras, percebemos que os professores recém-formados mal possuem conhecimento do potencial benéfico que as matérias jornalísticas, que trazem notícias atualizadas sobre eventos científicos e tecnológicos, possuem para a formação crítica dos estudantes. Pois durante o seu período de

graduação, não tiveram a possibilidade de interagirem com esses recursos e investigarem sobre suas possibilidades de utilização em sala de aula.

Outro fator apontado por Nascimento e Rezende Junior (2010) é a escassez de trabalhos voltados à utilização de textos de divulgação científica no ensino formal. Também é citada a importância de estudos TDC nas salas de aula, sob a justificativa de que a partir deles é possível estabelecer a parceria entre temas atuais e os conteúdos contidos no programa do professor. Nesse sentido, a utilização de materiais didáticos alternativos, como as matérias, retiraria o livro didático da posição de única ferramenta utilizada em sala de aula, pois como é comum ver, em muitos casos o livro ainda à única ferramenta utilizada para orientar as aulas de ciências.

Já em Ferreira e Queiroz (2012), que se debruçam sobre revistas nacionais relacionadas à área de ensino de ciência e matemática, é exibida a necessidade de suprir a carência de investigações sobre a formação de professores em relação à divulgação científica, demonstrando que ainda há poucas pesquisas sobre o assunto. As pesquisadoras também expõem que, apesar da quantidade em ascensão de publicações sobre a potencialidade didática dos TDC, que apresentam uma análise do próprio texto de divulgação, ainda há poucos trabalhos encontrados que abordam sobre o seu funcionamento na aula ou na formação profissional dos docentes. São analisadas revistas, jornais, livros de DC como estratégias para ensinar ciências, fundamentadas em diversas teorias, porém ainda são poucas as abordagens em campo realizadas para evidenciar a aplicação real desses trabalhos.

Essas autoras acentuam que as pesquisas que discutem sobre estratégias de uso de materiais de divulgação científica em aula serão úteis para o professor que decidir utilizá-la, mesmo ainda havendo poucos trabalhos sobre o funcionamento da divulgação científica no ambiente da sala de aula. Também, as investigadoras revelaram a escassez de pesquisas teóricas sobre a divulgação científica, principalmente no que diz respeito à mediação entre texto e leitor e à transposição didática dos materiais de divulgação científica. O que fortifica a afirmação de que há um desprovimento de trabalhos teóricos sobre a divulgação científica, que se propõe a explicar, como ocorre a construção de significado por parte dos leitores.

A partir dessas pesquisas, podemos observar que muito ainda se discute sobre a inserção das diversas ferramentas de divulgação científica na sala de aula e que ainda a muito a se questionar sobre o que esse meio pode oferecer para melhorar a educação

formal. Entretanto, apesar do crescimento de investigações sobre o tema, pouco ainda se faz para que a divulgação científica se torne um meio a ser inserido na sala de aula. A partir daqui, adentramos a uma discussão sobre os seus benefícios para a educação.

2.4.1 O que pode oferecer as matérias de divulgação científica na educação?

Quando falamos sobre a inserção das matérias de jornalismo científico na sala de aula, cabe lembrar qual é a resposta para a pergunta: por que utilizar matérias de divulgação científica na sala de aula? Primeiramente, renasce o discurso da democratização do conhecimento científico para a população (CALDAS, 2010), fortalecendo o processo de alfabetização científica, que dependendo da estratégia utilizada pelo professor na sala de aula, poderá auxiliar na formação de uma aprendizagem crítica pelos estudantes.

Uma segunda resposta é dada através dos benefícios, que os textos de divulgação científica trazem às aulas de ciências, elencados por Rocha (2012) e outros por Carli (1988, apud SILVA; KAWAMURA, 2001), Sendo eles: 1) tornar as aulas mais participativa e dinâmica, motivando os alunos a estudarem temas pouco interessantes; 2) realizar vínculos entre o conhecimento científico e o cotidiano do aluno; 3) atualizar o conteúdo, proporcionando material didático para trabalhar assuntos que estão ocorrendo na atualidade; 4) exemplificar os conceitos apresentados em sala de aula; 5) possuir o potencial de discutir o aspecto social da ciência.

Em relação à primeira possibilidade levantada, podemos pressupor que o estilo literário, os recursos gráficos, as analogias e as tantas outras ferramentas utilizadas para se produzir matérias de divulgação científica para revistas e sites, tanto atraem a atenção dos leitores para temas voltados à ciência e tecnologia, como também são recursos que facilitam a compreensão de conceitos científicos, que na linguagem técnica da ciência nem sempre estão acessíveis para o público leigo. Sob a orientação do professor, as deficiências encontradas nos materiais de divulgação podem ser contornadas para satisfazer as necessidades da sala de aula.

Esses pontos também foram abordados por Dias e Almeida (2009), ao observarem alunos do curso de licenciatura em física que liam textos de divulgação científica retirados das revistas *Ciência Hoje* e *Pesquisa Fapesp*. A observação evidenciou que o estilo literário utilizado na escrita dos textos jornalísticos, realizados

pelas revistas de divulgação da ciência, dando ênfase à abertura das matérias, atraiu a atenção de alguns graduandos. Esses autores notabilizam ainda a importância dos *boxes*⁷ com informações que não poderiam ser encaixadas no corpo da matéria principal, além de analogias que facilitam a compreensão dos estudantes.

Já a pesquisa realizada por Niezer, Silveira e Sauer (2012), também foi apontado que os alunos têm curiosidade de ler o conteúdo das revistas para socializar a posteriori o que foi lido. Nesse sentido, o ensino e a aprendizagem podem ocorrer por meio da utilização de publicações que estão ao alcance dos estudantes, pois essas matérias atraem o leitor por meio das apresentações gráficas de boa qualidade, informações atualizadas e contextualizadas, da linguagem acessível, dos recursos visuais, como fotográficos e infográficos. Facilitam, por meio desses recursos, a compreensão de quem ler.

Nessa perspectiva, as matérias de divulgação podem ser vistas como ferramentas com potencial para garantir a predisposição do estudante para aprender os conteúdos ensinados, devido à sua leitura acessível e sua distribuição de informações, de forma não linear, ou seja, utilizando de outros meios para complementar as informações que estão sendo apresentadas nas matérias, através de *boxes*, analogias, gráficos e outros recursos. Dessa forma, a sua utilização como recurso para suprir a deficiência dos manuais didática em relação à predisposição do aluno, tendo em vista que, tais recursos são utilizados de forma tímida por livros didáticos.

Vale ressaltar, com Rocha (2010), que o uso de textos de divulgação científica não possui a finalidade de substituir os demais materiais didáticos; livros didáticos ainda têm muito a colaborar, no sentido de melhorar o processo educacional e a aprendizagem dos estudantes. Assim, as matérias de divulgação da ciência são suportes para fortalecerem os conteúdos abordados nos livros didáticos. Entretanto, devemos ressaltar a deficiência encontrada nas escolas, onde as aulas ainda são ditadas pelo livro didático, impedindo que outros aspectos do conteúdo que está sendo apresentado sejam abordados em sala de aula e é por isso que enfatizamos aqui a utilização de outros recursos, como as matérias, como também, a devolução do posto de orientador das aulas para o professor e os alunos.

A quarta e a quinta possibilidades apontadas podem ser vistas como um processo de manutenção dos conteúdos ensinados em sala de aula. Nesse ponto, as

⁷ O *Box* é um quadro colocado no texto da matéria com o intuito de apresentar informações adicionais sobre o tema.

matérias de divulgação científica serviriam como alternativa para substituir os exemplos propostos por livros didáticos, que muitas vezes não condizem com a realidade; ao mesmo tempo, apresentariam para os alunos as descobertas científicas que estão ocorrendo na atualidade; haja vista que, como Silva e Kawamura (2001) pondera no trecho a seguir, essas constatações são ignoradas pelas aulas do Ensino Médio.

Como se sabe, a Física ensinada no Ensino Médio não chega nem mesmo ao começo do século passado. Ignora, portanto, as grandes descobertas ocorridas neste século, bem como as grandes transformações sociais ocorridas em consequência. Como quase tudo o que se publica é atual e novidade, acreditamos ser provável que esta atualização de conhecimentos torne-se uma consequência promovida pelo uso de textos de divulgação científica (SILVA; KAWAMURA, p. 318).

Partindo da constatação dos autores, ponderamos que essa atualização se faz necessária para que os estudantes possam compreender que a ciência apresentada na sala de aula é a mesma ciência influencia a sociedade ou que é utilizada para desenvolver tecnologias que facilitam o dia-a-dia da população. Desconstruindo a imagem que os estudantes costumam criar de que os conteúdos que eles estão aprendendo em sala de aula faz parte de um conhecimento científico que só será útil para o ambiente escolar e que raramente será utilizado no resto das suas vidas.

Por conseguinte, além de atualizar o conhecimento, tem-se a possibilidade de trabalhar os conceitos inseridos em outros contextos, social, político, tecnológico. Nesse ínterim, esse material possui o potencial de incentivar os alunos a reconhecerem os conceitos trabalhados em sala quando estão inseridos em outras situações fora da própria aula.

Em relação a última possibilidade para a utilização de materiais de divulgação científica na sala de aula, é possível realizar uma relação com a terceira definição de alfabetização científica de Durant (2005), ou seja, a ciência como uma prática social. O meio científico possui uma característica social, com uma hierarquização bem definida e sistemas que validam e excluem os conhecimentos produzidos. As matérias podem ser utilizadas na sala de aula como um instrumento para apresentar aos alunos a ciência como prática social, demonstrar aspectos dessa hierarquia, desfazendo a imagem de que o conhecimento científico é produzindo apenas pelo esforço de algumas personalidades que trabalharam sozinhas e que as teorias produzidas por elas entraram no *hall* do conhecimento científico sem nenhuma relutância.

Aliado a esses cinco benefícios, também se tem a perspectiva de discutir junto aos alunos o impacto que o conhecimento científico realiza na sociedade e nas outras

áreas do conhecimento. Além de contribuir para um questionamento sobre o poder formador de opinião da ciência. Observamos que participamos de uma sociedade tecnocientífica e que a ciência, por está inserida no nosso cotidiano, influencia decisões relacionadas ao governo, educação, e até mesmo decisões de cunho familiar. Dessa forma, além de discutir sobre o seu aspecto social também é possível observamos o envolvimento da ciência como meio que influencia a sociedade.

Entre outros benefícios, Rocha (2012) também evidencia a habilidade de leitura, o domínio de conceitos, a formação de argumentação e a familiarização com certos termos científicos. Facilitará a compreensão dos estudantes sobre o tema e o ajudar a criar a produzir o seu próprio discurso sobre o assunto, construindo, portanto, uma base de conhecimento para que possa ser analítico, crítico e levantar indagações sobre as informações que recebe, não somente na sala de aula, como também, no seu dia a dia. Esse conjunto são as vantagens da utilização das matérias de divulgação científica, que propiciam a criação de uma ponte entre o conteúdo curricular e o que o aluno aprende no cotidiano.

Entretanto, ao inserirem as matérias jornalísticas nas aulas de ciência, os professores devem ter o cuidado para evitar que aspectos negativos presentes em algumas matérias do jornalismo científico construam um significado diferente do aceito pelo campo científico. Não basta o docente apenas levar revistas ou jornais para sala de aula, mas investigar quais matérias apresenta uma melhor descrição do evento científico que será estudado em sala de aula. É fundamental evitar apresentar para os alunos especulações que fogem demasiadamente da realidade, ou ideias fragmentadas que pouco acrescentará para a formação do conhecimento do aluno. Caso contrário, o aluno poderá construir uma interpretação diferente da aceita pelo meio ciência.

Em contrapartida, para alcançar tais benefícios apresentamos a argumentação encontrada na investigação de Silva e Kawamura (2001), com alunos do segundo ano do ensino Médio, de uma escola da rede pública Estadual de São Paulo, que utilizaram esses materiais no estudo do tema de natureza da luz, especificamente a dualidade onda-partícula. Desse contexto, as pesquisadoras concluem que houve mudanças significativas na concepção dos alunos e que a utilização de textos de divulgação científica não deve ser inserida em um meio de ensino tradicional, por requererem “um planejamento e estruturação das atividades bastante específicos, próprio e específico, que modifica toda a prática usual” (SILVA; KAWAMURA, 2001, p.337-338). Desse

modo, para que o potencial das matérias seja utilizado em sua completude, a estrutura das aulas devem ser modificadas para atender as características da nova ferramenta, evitando utiliza-las apenas com o intuito de acabar com a monotonia das aulas de ciências.

A partir disso é que enfatizamos a necessidade de se planejar cuidadosamente como ocorrerá à inserção desses materiais nas aulas, a fim de evitar que os aspectos negativos inerentes a alguns desses materiais, o sensacionalismo de revistas e jornais, a espetacularização da ciência, a fragmentação de notícias, e os demais casos citados anteriormente, acabem por repassar uma imagem imprópria do tema abordado, sendo visto como algo ruim ou tendo a ciência apenas como o caráter de entretenimento e que pouco tem a contribuir com a formação dos estudantes.

Ao utilizar as matérias, os professores precisam ter cuidado em não correr o risco de evidenciar demasiadamente a imagem de uma ciência fantástica, com a apresentação de cientistas como gênios distantes da realidade social e de uma imagem da ciência neutra que independe de outros meios ou fazem suas pesquisas sem influências de agentes externos.

Portanto, devem ser levada em consideração, para minimizar as influências negativas que algumas matérias presentes em revistas e jornais de divulgação científica, perguntas como: até que ponto o conhecimento apresentado na matéria é verdadeiro? Essa matéria está bem relacionada ao conteúdo que será apresentado em sala de aula? E como essa matéria poderá contribuir para a formação científica dos estudantes?

Algumas publicações em revistas de divulgação científica que circulam pelas bancas e on-line (essa última é o foco de estudo dessa pesquisa) apresentam deturpações que influenciam na construção de significado pelo público sobre o tema abordado por elas. Todavia, pressupomos que, mesmo com as deficiências apresentadas anteriormente, as matérias sobre ciência são um instrumento para a formação de uma aprendizagem crítica dos alunos, tendo em vista que essas deficiências podem ser abordadas em sala de aula para que os alunos possam identifica-las nas matérias.

Em meio ao grupo de apontamentos realizados, averiguar como as matérias apresentam o conteúdo e se elas possuem deficiências que possam comprometer a compreensão do leitor, apresenta-se como sendo uma atividade que exige um conhecimento do analisador sobre o tema abordado. Nesse sentido, o próximo capítulo, aqui chamado de fundamentação teórica, deverá nos subsidiar a respeito dos aspectos

histórico e conceitual da matéria em questão, delimitada entre a descoberta da fissão nuclear e a produção das primeiras bombas atômicas durante a Segunda Guerra Mundial.

CAPÍTULO 3: A HISTÓRIA DA ENERGIA NUCLEAR: UM BREVE RELATO SOBRE A FISSÃO NUCLEAR E A PRODUÇÃO DAS PRIMEIRAS BOMBAS ATÔMICAS

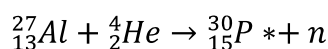
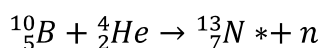
Considerando os objetivos desta dissertação, cabe, neste capítulo, fazermos um levantamento dos fundamentos teóricos, em relação a assuntos inerentes aos aspectos histórico e conceitual da energia nuclear, levando em consideração suas causas, riscos e benefícios. Mesmo não tendo como objetivo aprofundar-se em nenhum dos temas apresentados, este capítulo levanta algumas discussões que estiveram, e ainda estão, na agenda da física atual, bem como são discussões presentes na história da física.

Entendemos que uma revista de divulgação científica que chame a atenção para os fatos aqui relatados, contextualizando os desenvolvimentos que foram e são realizados pela física moderna e contemporânea, incluindo dentro desse quadro aspectos sobre os debates em torno de suas interpretações e de seus problemas de fundamentos, está, na ótica aqui adotada, oferecendo uma formação mais rica sobre esse assunto.

3.1 Dos transurânicos de Fermi à descoberta da fissão nuclear

Em 1934, a Física francesa Irène Joliot-Curie, filha do casal Pierre e Marie Curie, junto com o seu marido, o Físico francês Jean Frédéric Joliot-Curie, desenvolveram pesquisas em transmutação atômica, nas quais diversos elementos químicos foram bombardeados com partículas α ⁸, originárias de uma fonte de polônio. Sua pesquisa em transmutação atômica foi um passo inicial para o levantamento da hipótese da fissão nuclear, que iria ocorrer futuramente. No entanto, vale salientar que, na época, o campo científico não esperava a observação da fissão do núcleo atômico.

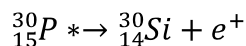
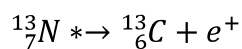
Ao bombardearem os elementos boro e alumínio com partículas α , o casal Joliot-Curie observou a formação de nitrogênio (N^*)⁹ e fósforo (P^*), além da produção de nêutrons.



⁸ Núcleo do átomo de hélio formado por dois prótons e dois nêutrons (4_2He).

⁹ Os asteriscos significam que os átomos dos elementos bombardeados com partículas alfa estão excitados.

Porém, após um tempo, os elementos formados decaíam, o nitrogênio decaindo para o carbono e o fósforo para o silício, ambos emitindo um pósitron.

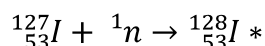


O significado da pesquisa realizada pelos Joliot-Curie era a produção de isótopos radioativos produzidos artificialmente (CORDEIRO, PEDUZZI, 2014). O resultado de tal pesquisa desencadeou uma série de investigações que chegaram até à descoberta da fissão nuclear, conceito que foi, em momento posterior, a base para a construção das primeiras bombas atômicas.

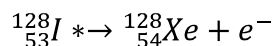
Entretanto, o bombardeamento com partículas α apresentava dificuldades de realizações de experimentos, à medida que os elementos irradiados possuíam núcleos com número atômico maior. Esse fato deu-se devido essas partículas serem carregadas positivamente, sofrendo repulsões colombianas dos núcleos dos átomos, que era diretamente proporcionais ao número atômico.

Porém, a descoberta do nêutron, ocorrida em 1932 pelo físico britânico James Chadwick, abriu novas possibilidades para as pesquisas em física nuclear. Uma partícula de carga neutra não sofreria a repulsão elétrica do núcleo dos átomos que possuíam carga positiva, facilitando a sua inserção.

Ainda em 1934, em Roma, o Físico Italiano Enrico Fermi, tomando conhecimento da pesquisa do casal Joliet-Curie, teve a ideia de irradiar diversos elementos químicos com nêutrons térmicos ao invés de partículas α (TENNEBAUM, 2007; CORDEIRO; PEDUZZI, 2014). Por não receberem influência de forças eletromagnéticas, os nêutrons eram facilmente recebidos pelos núcleos, tornando-se instáveis e decaindo para um elemento com posição mais alta na tabela periódica. No processo de decaimento era emitida uma partícula beta¹⁰ β , do tipo e^{-} .



¹⁰ Existem três processos de decaimento radioativo nos quais o número de massa continua inalterado enquanto o número atômico e o número de nêutrons variam: a emissão β^{-} , em que um elétron e^{-} é emitido enquanto um dos nêutrons pertencente ao núcleo se transforma em um próton, nesse caso o número atômico irá aumentar em uma unidade; a emissão β^{+} , na qual um pósitron e^{+} é emitido e um dos prótons se transforma em um nêutron, nesse caso o número atômico caíra em uma unidade; e o terceiro é a captura eletrônica, ocorrida quando um elétron do átomo é capturado pelo próton do interior do núcleo, esse por sua vez se transforma em um nêutron e o efeito sobre o número atômico é o mesmo no decaimento β^{+} (TIPLER; LLEWELLYN, 2006).



Como aponta Bernstein (2013), Fermi descobriu, acidentalmente, que os nêutrons mais lentos, que se movimentam com velocidade igual a de uma partícula de um gás em temperatura ambiente, eram mais eficazes na criação de reações nucleares. Fermi e seu grupo blindaram o urânio com uma folha de alumínio para evitar a radiação indesejada e o bombardearam com os nêutrons lentos. Bernstein (2013) também salienta que se Fermi não tivesse blindado o urânio, poderia ter descoberto a fissão nuclear antes de Otto Hahn e Fritz Strassmann.

Esse comportamento de decaimento foi observado por Fermi ao ir testando os demais elementos da tabela periódica. Ao chegar ao final do sistema periódico, em que foi testado o elemento mais pesado, o urânio, o resultado obtido foi a produção de quatro elementos com meia-vidas diferentes: três deles eram isótopos do urânio com número de massa já conhecidos. Concluiu-se que o quarto elemento que apresentou meia-vida de 13 minutos foi interpretado como um elemento com o número atômico 93 (CORDEIRO; PEDUZZI, 2014). Posteriormente, com muita cautela, outro produto que surgiu da irradiação apresentou meia-vida de 90 minutos, sendo, provavelmente, a ocorrência do elemento de número atômico 94. Portanto, Fermi e sua equipe interpretaram que as atividades encontradas viriam dos isótopos do elemento 92, o já conhecido urânio, e os possíveis elementos 93 e 94 (HOOK, 2007a). De fato, essa interpretação era bastante instigante pois, em caso positivo, seriam, a princípio, a criação de elementos com números atômicos maiores do que o do urânio, denominados de transurânicos e a tabela periódica da época chegava apenas ao elemento de número atômico 92.

Os resultados de Fermi foram publicados na edição 135 de 1934, na revista *Nature* e, no mesmo ano, a química Alemã Ida Noddark contestou as conclusões de Fermi e propôs uma nova hipótese, por meio de um ensaio intitulado *Über das Element 93* (Sobre o elemento 93) publicado na revista *Angewandte Chemie*, na qual ela sugeriu que, no bombardeamento, o urânio se dividia em isótopos de elementos já conhecidos, mas não vizinhos dos elementos irradiados (TENNENBAUM, 2007). Nas palavras de Noddark, entendemos esse dilema.

Pode-se igualmente supor que, nesse distúrbio nuclear por meio de nêutrons, ocorrem muitas outras "reações nucleares", do que até agora se observou pela interação de prótons e partículas alfa irradiadas sobre núcleos

atômicos. Nas últimas irradiações encontram-se apenas transmutações nucleares com emissões de elétrons, prótons e núcleos de hélio, em que nos elementos pesados a massa dos núcleos atômicos irradiados pouco muda, já que surgem elementos bem vizinhos. *Seria concebível que pelo bombardeio de núcleos pesados com nêutrons, estes núcleos se dividissem em vários pedaços maiores, que sejam até isótopos de elementos conhecidos, mas não vizinhos dos elementos irradiados* (NODDACK, 1934. apud. TENNENBAUM, 2007, p. 188, grifo nosso).

No trecho do ensaio de Noddack, notamos que os seus apontamentos era uma prévia do que futuramente poderia chegar a ser a fissão nuclear, antes mesmo de se falar desse novo processo nuclear que futuramente foi descoberto pelos físicos alemães Otto Hahn e Fritz Strassmann, e seu significado desvendado pela física austríaca Lise Meitner com a ajuda do seu sobrinho Otto Frisch. Esse último, responsável por batizar o novo processo nuclear de fissão nuclear, nome emprestado da biologia. Em uma época, em que pouco se sabia sobre novos processos nucleares, possuindo alguns já conhecidos, a apresentação de um novo por Noddack, aparentou ser pouco convincente. Talvez, cabe saliente, a ideia da pesquisadora foi apresentada em um período onde o meio científico não possuía os artifícios necessários para compreendê-la.

Sobre isso, Ernest Hook (2007a) aponta que a proposta de Noddack aparenta ter sido ignorada simplesmente por ser prematura, segundo a concepção de Stent¹¹, mas esse mesmo autor não exclui outros fatores que corroboram para que a hipótese de Noddack não tenha sido levada a sério no meio científico, tais como o preconceito devido ao gênero, devido à reputação científica e devido à antipatia pessoal.

Mesmo com os apontamentos de Noddack, a hipótese dos transurânicos continuou a se investigada como sendo a mais viável. O químico alemão Aristid Von Grosse concluiu, ao pesquisar as propriedades do produto de meia-vida de 13 minutos, que ele se comportava igual ao protactínio. Em seguida, escreveu para a Física austríaca Lisa Meitner e o químico alemão Otto Hahn pedindo que continuassem a investigação, pois foram os primeiros a isolar esse elemento. Eles conseguiram determinar que o elemento de 13 minutos não era o protactínio, nem o urânio, o tório e o actínio (CORDEIRO; PEDUZZI, 2014). Durante os anos seguintes, Hahn, Meitner e posteriormente, em 1938, o químico Fritz Strassmann se debruçaram na problemática que o urânio apresentou.

¹¹ Ernest Hook, ao discutir sobre o conceito de prematuridade científica de Stent, afirma que uma descoberta é prematura “se não puder ser conectada, por meio de uma série de simples passos lógicos, a um conhecimento canônico da época” (HOOK, 2007b, p. 29). O autor ainda continua salientando que a comunidade científica irá ignorar ou rejeitar o trabalho que é prematuro, até ser possível vinculá-lo ~~com~~ ao conhecimento do seu tempo.

Os resultados de Hahn e Meitner foram citados durante a entrega do prêmio Nobel de física em 1938, na palestra de Fermi (1938), que além de comentar sobre o fato de que algumas das atividades obtidas no seu experimento não são isótopos de urânio e nem de elementos mais leves, abaixo do número atômico 86, também salienta sobre a investigação de Hahn e Meitner em relação aos produtos do decaimento do urânio, que foram capazes de traçar até séries de decaimento até o transurânico de número atômico 96. Fermi (1938), conclui dizendo:

Os portadores eram um ou mais elementos de número atômico maior do que 92; que, em Roma, costumava-se chamar os elementos 93 e 94 de Ausenium e Hesperium respectivamente. Sabe-se que O. Hahn e L. Meitner têm investigado com muito cuidado e extensivamente os produtos de decaimento de urânio irradiado, e foram capazes de traçar entre eles elementos até o número atômico 96 (FERMI, 1938, p. 416 – 417, tradução nossa).

Como foi mostrada na palestra de Fermi, os resultados obtidos por Hahn e Meitner mostravam-se favorável em relação a hipótese dos transurânicos. Quando nesse, é apresentado que os pesquisadores encontraram como resultado evidências de que seriam necessários elementos até o número atômico 96, para as séries de decaimento utilizadas.

Percebemos, assim, que cada vez mais, os resultados encontrados do bombardeamento do urânio por nêutrons mostravam-se confusos. Durante os anos seguintes ao experimento de Fermi, várias pesquisas foram realizadas na Alemanha por Otto Hahn, Lise Meitner e Fritz Strassmann, parecendo confirmar a interpretação dos transurânicos realizada pelos italianos (SEABORG, 2007). O contexto político da época dava os primeiros sinais que seguiriam para a Segunda Guerra Mundial, na qual as pesquisas em física atômica mostravam-se de grande valor.

Durante dois anos, as pesquisas de Hahn e Meitner mostraram que o urânio irradiado apresentava resultados complexos e de natureza desconhecida, porém uma das hipóteses para explicar os resultados do bombardeamento era um caso de isomeria nuclear, onde os produtos da irradiação eram isômeros do urânio (KRAGH, 1999). Ou seja, seriam isótopos do urânio com meia-vidas diferentes, mas com mesmos números de nêutrons e prótons, algo que ainda era pouco compreendido na época.

Enquanto isso, em 1937, em Paris, Irène Joliot-Curie junto com o físico iugoslavo Pavel Savitch, também trabalhavam na irradiação do urânio com nêutrons e encontraram nas suas pesquisas um produto da irradiação com meia-vida de 3,5 horas. A princípio concluíram que essa meia-vida era pertencente a um isótopo de tório.

Porém, a análise da equipe de Berlim mostrou que aquela atividade não era pertencente ao tório. A nova atividade possuía propriedades semelhantes ao actínio e o lantânio, mas a equipe da França conseguiu isolar facilmente o corpo de 3,5 horas do actínio, restando considerar que o novo produto era o lantânio, mas o número atômico desse era 35 casas atrás do urânio (TENNENBAUM, 2007). Causava estranheza um processo nuclear que desaparecesse com 35 prótons de um núcleo atômico. Joliot-Curie e Savitch propuseram que a atividade pertencia a um novo transurânico. Entretanto, Hahn (1946) expõe que a declaração realizada por Curie e Savitch é insatisfatória:

De acordo com Curie e Savitch, a substância pareceu ser uma terra rara, mas não foi actínio; que tinha mais semelhança com lantânio, e só podiam ser separado do último por "cristalização fraccionada". Com alguma hesitação Curie e Savitch decidiram incluir a substância na série dos transurânicos, mas as possibilidades apresentadas por eles apareceram difíceis de entender e insatisfatórias (HAHN, 1946, p. 57, tradução nossa).

As argumentações, exitantes, realizadas por Curie e Savitch não chegaram a convencer Hahn e em meio à tentativa de compreender os resultados da equipe de Paris, o grupo Alemão sofre a perda de Lise Meitner que teve que deixar a Alemanha, devido ao advento do nazismo. Esse movimento político perseguiu, durante o período de vigência na Alemanha, descendentes de judeus. Devido a isso, muitos cientistas se tornaram alvos dessa repressão.

Desde 1933, a situação dos cientistas judeus residentes da Alemanha se tornou difícil com a entrada de Adolf Hitler como Chanceler do governo Alemão. Em 7 de abril de 1933, foi promulgada a “lei da reposição do funcionalismo”, na qual pessoas não arianas ou consideradas não confiáveis politicamente eram afastados de cargos públicos (TENNEBAUM, 2007). Meitner, apesar de ter cidadania austríaca, portanto estrangeira, a princípio era para não sofrer com essa lei. Mas, no início de 1933, recebeu do ministro prussiano de ciências, artes e educação o comunicado, retirando sua licença de ensino na Universidade de Berlim. Em março de 1938, o exército alemão invadiu a Áustria, tendo o território austríaco anexado ao da Alemanha. Nesse sentido, Lise Meitner deixou de ser estrangeira e passou a ser cidadã Alemã que, por ser judia, poderia sofrer a perseguição aos judeus tendo que fugir escondida da Alemanha.

Devida à fuga de Meitner da Alemanha, a investigação do urânio irradiado ficou por conta de Hahn e Strassmann, mas ambos continuaram se comunicando através de cartas com a cientista austríaca, que passou a residir em Estocolmo na Suécia com o seu sobrinho, o físico Otto Robert Frisch. O grupo da Alemanha conseguiu separar uma

parte da radiatividade utilizando sais de bário; o componente separado mostrava as mesmas características do elemento bário, mas possuía a mesma semelhança com o elemento rádio. Acreditava-se que era impossível extrair no urânio um elemento tão leve como o bário. Assim, concluíram que aquele componente era o rádio e o isótopo de lantânio da atividade de 3,5 horas era, na verdade, isótopos de actínio que surgem do decaimento de isótopos de rádio. O grupo da Alemanha Questionou se o rádio poderia ser produzido pela emissão de duas partículas α . Entretanto, Meitner, Niels Bohr e outros cientistas afirmaram a impossibilidade disso acontecer (KRAUGH, 1999). A condição de duplo decaimento α necessário para a produção do rádio nunca tinha sido observado na época.

Ainda em 1938, Hahn e Strassmann observaram que o que eles pensaram ser o rádio se comportava de forma semelhante com o bário, porém o problema da distância entre os números atômicos do bário com o urânio ainda continuava, gerando controvérsias do tipo: “como um elemento de número atômico tão baixo poderia surgir de um elemento com uma quantidade de prótons tão alta como o urânio?” Hahn escreveu para Meitner “Nós mesmos sabemos que [urânio] não pode realmente se romper em pedaços de bário" (WEART, 1983, apud KRAUGH, 1999, p. 259, tradução nossa). Se acaso fosse realmente bário, então a atividade de 3,5 horas seria o lantânio criado através de decaimento β . Porém, apenas poucos átomos de rádios foram observados, mesmo após as tentativas de enriquecimento, o que pode dificultar na tentativa de determinar suas propriedades. Um esclarecimento mais detalhado é dado por Hahn (1946), em sua palestra do Nobel de 1946:

As tentativas de separar os "isótopos de rádio" artificiais do bário foram bem sucedidas; *não foi obtido o enriquecimento do rádio*. Foi natural atribuir esta falta de sucesso à baixa intensidade de nossos preparados. Sempre foi uma questão de poucos milhares de átomos que poderia ser detectados como partículas individuais pelo contador Geiger-Müller. Tal pequeno número de átomos pode ser carregado pelo grande excesso de bário inativo sem nenhum crescimento ou decréscimo sendo perceptível mesmo se o bário estiver precipitado na forma de cloreto de bário que precipita em uma forma muito pura (HAHN, 1946, p. 58, Grifo nosso, tradução nossa).

O grupo de Berlim tentou novamente enriquecer o produto, desta vez utilizando o método de cristalização fracionada, com o qual Marie Curie, pela primeira vez, separou o rádio do bário (TENNEBAUM, 2007). Misturaram sais de bário com o produto irradiado, esperando que os cristais produzidos contivessem quantidades significativas de isótopos de rádio, porém os resultados foram confusos.

Em seguida, realizaram o “*testes indicador*”¹², no qual misturaram o rádio puro e natural com os sais de Bário e também o produto da irradiação do urânio, e observaram que o produto da irradiação não se separava dos sais de bário. O procedimento do “*teste indicador*” também foi descrito por Hahn (1946) na sua palestra, tendo como resultado que o produto da irradiação não podia ser separado do bário. A seguir, temos a declaração do pesquisador:

Finalmente, procedeu-se a dirigir o "teste indicador". Nós misturamos os isótopos de rádio puro e natural com os nossos isótopos de “rádio” artificial, também previamente libertado de seus produtos de decaimento e fracionado da mistura da mesma forma como antes. *O resultado foi que os isótopos de rádio naturais poderiam ser separados do bário, mas os artificiais não podiam.* (HAHN, 1946, p. 58, tradução nossa, grifo nosso).

Esse resultado apresentou-se chocante aos olhos dos cientistas, tendo em vista que todas as apostas estavam voltadas para que o resultado do produto fosse um isótopo de rádio. Sendo assim, uma nova prova seria necessária para dar veracidade ao que o teste sugeria: Será que o produto da irradiação é, na verdade, o bário?

Para isso, o teste indicador também foi realizado com o produto do decaimento do urânio irradiado. Se acaso fosse o rádio, o produto do decaimento seria o actínio, porém se fosse o bário, o produto de decaimento seria o lantânio, por meio de um decaimento β . No segundo teste indicador, conseguiram isolar apenas o actínio. Novamente, nas palavras de Hahn (1946) “foi estabelecido que o isótopo alcalino-terroso, que tínhamos acreditado ser o rádio, na verdade era um bário artificial ativo; o lantânio poderia ter sido produzido apenas a partir de bário e não a partir de rádio” (p. 59, tradução nossa).

Portanto, Concluiu-se que se produzia bário da irradiação do urânio com nêutrons lentos, e os produtos das pesquisas de Joliot-Curie e Savitch, de fato, possuíam lantânio. Resultado, de certa forma, desconcertante para os pesquisadores, pois, apesar de estarem certos sobre o modo como as pesquisas foram operadas, ainda não sabiam como explica o porquê de tal resultado acontecer.

Em 19 de dezembro de 1938, em busca de compreender o resultado do “teste indicador”, Hahn enviou uma carta para Meitner, informando-a primeiramente sobre o

¹² Segundo Cordeiro e Peduzzi (2014), o “*teste indicador*” foi desenvolvido por Hahn e Strassmann, “em que utilizaram isótopos fracos de rádio, que se comportavam de maneira similar àqueles produtos do bombardeamento do urânio. Eles misturaram esses isótopos puros ao produto artificial e fracionaram a mistura. Como resultado, observaram que a proporção da mistura com isótopos naturais do rádio era plenamente separada dos sais de bário, enquanto que a proporção constituída daquele elemento que acreditavam ser o rádio artificial continuava inseparável” (p. 544).

Bário. Hahn falava na carta, “Combinei com Strassmann que nós primeiramente queremos dizer isto só a você. Talvez você possa sugerir alguma explicação fantástica” (HAHN, 1938, *apud.* TENNENBAUM 2007, p.227). A abordagem química do problema estava correta, mas Hahn e Strassmann ainda não compreendiam o que ocorria, portanto, permaneciam cautelosos em relação aos resultados.

Dois dias depois, Meitner respondeu a carta de Hahn:

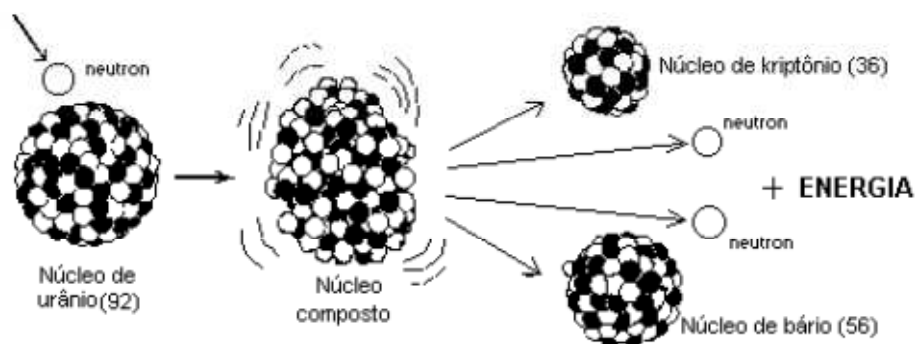
Seus resultados do rádio são muito surpreendentes. Um processo que ocorre com nêutrons lentos e deve conduzir para o bário!... Me parece preliminarmente muito difícil um deslocamento errôneo tão distante, mas na física nuclear vivenciamos tantas surpresas que não se pode dizer de nada, sem mais: é impossível. De resto, estão definitivamente excluídos transurânicos mais elevados, como eca-Au ou ainda mais elevados? Para se comporta bem como Zr, porque um eca-Au ou eca-Hg não pode se comportar semelhantemente ao Ba, ou isto é impossível?... (MEITNER, 1938, *apud.* TENNENBAUM 2007, p. 227).

Meitner questionava se transurânicos com números atômicos mais elevados e com propriedades semelhantes ao bário poderiam ocorrer. Entretanto, apesar de um resultado tão inesperado, enfatizou que não seria impossível que a física nuclear apresentasse ali uma nova surpresa para o meio científico. De fato, a indagação de Meitner estava certa, pois um novo processo nuclear estava escondido naquelas novas evidências.

Foi apenas em dezembro de 1938 que a interpretação para a aparição do bário foi dada por Lise Meitner. Quando estava em um passeio na floresta de Kungälv, na Suécia, com Otto Frisch, utilizando o modelo da “gota líquida”¹³ de Bohr, Meitner vislumbrou a possibilidade de um novo processo nuclear, em que o núcleo do urânio se dividiria em dois novos núcleos de elementos de número atômico menores (figura 2), eles também calcularam que essa divisão liberaria uma energia de 200 Milhões de elétron-volt (CAMARGO, 2006). O nome fissão foi dado por Frisch, sendo emprestado da biologia referente à divisão celular.

¹³ O modelo da *gota líquida* foi um modelo nuclear sugerido em 1935 pelo Físico alemão Carl Friedrich Von Weizsäcker, a partir de uma analogia de Bohr, onde o núcleo é considerado a uma gota de um líquido. Esse modelo explica a fissão nuclear através da concorrência entre as forças da superfície do núcleo atômico e a força coulombiana entre o núcleo e o nêutron irradiado. Dessa forma, se a energia da superfície for maior que a energia coulombiana, o núcleo se deformará, mas logo em seguida voltará a sua forma inicial emitindo radiação γ . Entretanto, se a energia da superfície for menor que a coulombiana, o núcleo se deformará e em seguida sofrerá fissão.

Figura 2: Fissão nuclear realizado pelo núcleo de urânio bombardeado com um nêutron.



Fonte: SEARA DA CIÊNCIA¹⁴

Ao falar dos diversos modelos atômicos dos anos de 1930, Paty (2009) expõe a importância que o modelo atômico da “gota líquida” teve na descoberta da fissão nuclear por Otto Hahn e Fritz Strassmann, tendo o seu mecanismo elucidado por Meitner e Frisch. Em contrapartida, Cordeiro e Peduzzi (2014) declara que Hahn Strassmann não utilizaram o modelo da “gota líquida” para descobrir o bário nas reações.

Com a descoberta desse novo processo nuclear, logo a notícia da fissão se espalhou pelo campo científico e na contra mão de Lise Meitner não ter sido indicada ao prêmio Nobel de química, o químico Otto Hahn foi o ganhador, em 1944, pela descoberta da fissão nuclear. Ainda se discute o porquê de Meitner não ter sido laureada com o prêmio e se, devido a sua contribuição, seria ou não adequado a partilha do Nobel com a pesquisadora. De fato, o que não resta dúvida é que sem a contribuição de Meitner para a compreensão da aparição do bário, pouco se saberia sobre o mecanismo da própria fissão, já que a mesma ofereceu a interpretação que evidenciou tal processo em meio aos resultados que antes se aparentavam confuso.

Devido ao contexto de guerra vivida na época, logo a possibilidade de utilizar o processo nuclear recém-descoberto como instrumento para buscar a vitória seria o foco de grupos de cientistas, de ambos os lados do confronto: um grupo liderado pelo físico Werner Heisenberg, responsável pela construção da bomba nuclear pertencente a

¹⁴ SEARA DA CIÊNCIA. Bombardeando Núcleos com nêutrons. In: SEARA DA CIÊNCIA. **Apostila eletrônica de Dona Fifi**: Duas grandes Físicas. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/curiemeitner7.htm>. Acessado em: 23 de dezembro de 2016

Alemanha nazista e outro grupo liderado por J. Robert Oppenheimer, responsável pela construção das bombas nucleares dos Estados Unidos, que entrou na guerra depois do ataque efetuado pela marinha japonesa à base norte americana de Pearl Harbor, em 1941.

3.2 O clube do urânio, o projeto Manhattan e o prenúncio das bombas

Ainda em 1933, o físico húngaro Leo Szilard, inspirado na leitura de um discurso realizado por Lord Rutherford, que afirmava que qualquer um que estivesse interessado em usar o núcleo atômico como fonte de energia estava com a cabeça no mundo da lua (BERNSTEIN, 2013), vislumbrou a possibilidade de ocorrer uma reação em cadeia, se o processo nuclear gerasse mais nêutrons do que o necessário para iniciá-lo. Motivado pelo medo de que os nazistas pudessem produzir uma arma utilizando o urânio, Szilard pediu que os seus colegas cientistas mantivessem sigilo na pesquisa sobre o urânio, porém muitos cientistas acharam irrealista o pedido de Szilard (KRAGH, 1999), ignorando-o.

A fissão nuclear foi descoberta em 1938 por Otto Hahn com a ajuda de Fritz Strassmann, tendo a sua interpretação realizada por Lise Meitner, se espalhando pelo campo científico, mesmo com aviso de Leo Szilard de que as pesquisas sobre transmutação do urânio poderiam ser perigosas se acaso os resultados fossem utilizados pelos nazistas. A notícia do bário como produto do bombardeamento do urânio com nêutrons chegou até o físico alemão Werner Heisenberg por meio do físico alemão Carl Friedrich von Weizsäcker. Nas palavras de Heisenberg (1996), o acontecimento ocorreu da seguinte maneira:

Mais ou menos no fim do ano, algo inesperado aconteceu na física atômica. Numa terça-feira, Carl Friedrich chegou de Berlim para comunicar aos membros de nosso seminário de Leipzig a descoberta feita por Otto Hahn: o bário era um dos subprodutos do bombardeio dos átomos de urânio com nêutrons. Isso significava que o núcleo do átomo do urânio fora dividido em duas partes equiparáveis (HEISENBERG, 1996, p. 198).

Logo em seguida, Heisenberg também aponta a possibilidade de reações em cadeia devido à emissão de outros nêutrons após a irradiação, esses novos nêutrons libertados por sua vez atingiriam outros átomos de urânio. Ele afirma:

Outra consequência excitante era que, logo após a divisão, as duas partes do núcleo, dividido provavelmente não seriam formações esféricas perfeitas.

Isso significava que eles conteriam uma energia adicional, que, mais tarde, poderia levar a alguma evaporação, ou seja, à emissão de alguns nêutrons da superfície. Ora, era bem possível que esses nêutrons atingissem outros núcleos de urânio, fazendo com que eles se dividissem, ativando assim uma reação em cadeia. É desnecessário dizer que ainda seria preciso fazer muito trabalho experimental para que essas especulações se tornassem parte integrante da física moderna, mas as novas possibilidades que elas descortinavam eram o bastante para nos deixar tremendamente agitados (HEISENBERG, 1996, p. 198).

De fato, a emissão dos novos nêutrons, devido à irradiação, foi demonstrada em março de 1939. Frédéric Joliot junto com o físico francês Hans von Halban e o físico russo Lew Kowarski calcularam que, após o bombardeamento com um nêutron, o urânio libera mais três nêutrons (CAMARGO, 2006; KRAGH, 1999). O animo demonstrado por Heisenberg sobre as possibilidade de uma reação em cadeia mostrou-se justificável, tendo em vista que as novas investigações que surgiram a partir da descoberta da fissão, como por exemplo, a realizada por Joliot, von Halban e Kowarski, abriu as portas para a descoberta da possibilidade de se produzir reações em cadeia que possibilitaria a uma nova remessa de tecnologias baseadas nesse novo aparato conceitual inclusive armamentos. Entretanto, a utilização da nova descoberta como recurso para o desenvolvimento tecnológico podia ser comprometida devido a dificuldade de se obter o isótopo físsil de urânio.

Pouco depois da descoberta da fissão, Niels Bohr publicou a proposta de que o U-238, o isótopo mais comum do urânio, não poderia ser fissionado por nêutrons lentos. Apenas o U-235, que era o isótopo mais raro, poderia sofrer a fissão por esses nêutrons (KRAGH, 1999). Esse seria um impasse para uma futura utilização da fissão nuclear para outras finalidades, Tendo em vista que a relação custo-benefício tenderia mais para os gastos necessários para separar o U-235 do U-238, pois ambos são encontrados misturados na natureza e difíceis de serem desagregados um do outro, pois os dois isótopos possuem propriedades químicas idênticas.

Entretanto, a guerra mostrava ser um incentivo para a utilização da fissão como elemento decisivo para a vitória, através da produção de novos tipos de armas que utilizariam a nova descoberta como fonte de energia, e mesmo com esse impasse da separação dos isótopos do urânio, o benefício da vitória superaria qualquer gasto que poderia vir futuramente para desenvolve tal arma. Assim, a possibilidade de utilizar a fissão para a produção de arma foi mencionada por Enrico Fermi quando Heisenberg o visitou durante uma viagem a América. Nas palavras de Heisenberg, Fermi teria falado:

Há outro problema – disse Fermi – que o senhor não pode desconhecer. Sabe que a descoberta de Otto Hahn sobre a fissão atômica talvez possa ser usada para produzir uma reação em cadeia. Em outras palavras, a partir de agora deve-se contar com uma probabilidade real de que se construam máquinas ou bombas atômicas. Uma vez declarada a guerra, os dois lados talvez se empenhem ao máximo para acelerar esse desenvolvimento, e os respectivos governos esperarão que os físicos atômicos dediquem suas energias à construção das novas armas (HEISENBERG, 1996, p. 200).

O temor de Fermi, como é possível observar no trecho acima, está embasado na possibilidade de que ambos os lados da guerra iniciassem uma corrida armamentista baseada na nova tecnologia, sob o princípio de quem dominasse primeiramente a tecnologia da bomba atômica venceria a guerra. No período da conversa entre Heisenberg e Fermi, o processo de evasão dos cientistas dos seus países de origem, da Europa, para países mais distantes da guerra que logo seria declarada, criando assim polos de conhecimento científico, como foi o caso dos Estados Unidos que receberam vários desses profissionais.

O início da guerra começou a ser desencadeada no dia primeiro de setembro de 1939, quando a Alemanha realizou um ataque a Polônia e três dias após, a Grã-Bretanha e a França declararam guerra contra a Alemanha, iniciando a segunda guerra mundial. A partir daí, os esforços de algumas mentes da física atômica passaram a estar direcionadas para a construção de armamentos nucleares, que poderiam ser utilizados para decidir a guerra. Tinha-se, portanto, dado início a corrida para a construção de uma bomba nuclear.

Não demorou muito, após o início da guerra, para que a Alemanha unisse um grupo de cientistas para estudarem a possibilidade de utilizarem o urânio para a construção de uma bomba atômica. Para isso, chamaram Heisenberg para liderar a investigação teórica do projeto alemão; junto a equipe, denominada de clube do urânio, estava Carl Friedrich von Weizsäcker. Também como participantes estavam os físicos alemães Erich Bagge, mediando a seção transversal do deutério, por meio de colisões para verificar a eficácia da água pesada como agente para retardar os nêutrons lentos; e Paul Harteck, responsável pela separação dos isótopos do urânio; os demais participantes estariam responsáveis para realizarem experimentos que determinariam outras constantes nucleares significativas (RHODES, 1986). Tinha-se formado, portanto, uma equipe de profissionais para construir uma bomba para que Hitler pudesse utilizá-la para vencer a guerra.

Na conversa mantida entre Heisenberg e von Weizsäcker (HEISENBERG, 1996), o fato de estarem no clube do urânio garantiria alguma influência nos acontecimentos da pesquisa. Na época, reconheceram que seria mais rápido uma liberação de energia atômica por meio de um reator, conhecido também como pilha atômica, do que a liberação explosiva de energia por meio de uma bomba, que necessitaria muito mais recurso (VON WEIZSÄCKER, 1959). Nas palavras de Heisenberg (1996), von Weizsäcker também acrescenta:

[...] ainda mais que o trabalho com a pilha de urânio poderá revelar-se muito útil no período pós-guerra. Se houver algo que se possa chamar de técnica atômica pacífica, ela terá que se basear na pilha de urânio. As pilhas fornecerão energia a usinas, navios e similares. Os trabalhos realizados durante a guerra, talvez possam resultar na formação de uma jovem equipe, introduzida nesse domínio, que assumirá mais tarde importantes funções no desenvolvimento ulterior dessas mesmas técnicas... Em nosso contato com o Departamento de Material Bélico, todos devemos certificar-nos de dizer pouco ou nada sobre a possibilidade de construir bombas atômicas, teremos que ter essa possibilidade sempre em mente, nem que seja para estarmos preparados para o que o outro lado pode fazer (HEISENBERG, 1996, p. 205).

Na conversa entre os cientistas, a pilha mostrava-se uma proposta que apresentaria retorno não somente na guerra, através de navios nucleares e entre outros, mas, como também, uma fonte de energia que poderia ser utilizada para o período pós-guerra. Entretanto, Apesar de ambos os cientistas acreditarem que a batalha não acabaria com o uso de uma bomba atômica, se a decisão tomada fosse à construção da pilha, o risco aceito era de que haveria a possibilidade do inimigo está produzindo uma bomba atômica. Ainda na conversa entre Heisenberg e von Weizsäcker, ambos mostram-se indecisos sobre a possibilidade de Hitler ganhar a guerra.

3.2.1 A Inglaterra decide fazer uma bomba atômica

A Inglaterra também se mostrou interessada na possibilidade de produzir uma bomba. Um rápido estudo descrevendo, a princípio, como uma “superbomba” de urânio iria ser construída, foi realizado em março de 1940 por Otto Frisch e o físico teuto-britânico Rudolph Ernst Peierls (KRAUGH, 1999). Na sua pesquisa, estimaram que a massa crítica para a produção de uma bomba através de nêutrons rápidos estava entre

0,5 e 1 kg¹⁵ (BASSALO; CARUSO, 2014; CAMARGO, 2006). Juntos produziram um documento, conhecido como *memorando Frisch-Peierls* dividido em duas partes. Na primeira parte do memorando, intitulado “*On the construction of a ‘superbomb’; based on a nuclear chain reaction in uranium*” afirmaram que “a energia liberada por uma bomba de 5 kg seria equivalente ao de várias toneladas de dinamite” (RHODES, 1986, p. 324; KRAGH, 1999, p. 264, tradução nossa). No segundo documento, intitulado “*Memorandum on the properties of a radioactive ‘super-bomb’*”, era uma versão para não cientistas, que apresentava as conclusões obtidas pelos cientistas. Algumas das constatações contidas no memorando seriam.

1. Como uma arma, a super-bomba seria praticamente irresistível. Não há nenhum material ou estrutura que se possa esperar que resista à força da explosão....
2. Devido à propagação de substâncias radioativas com o vento, a bomba não poderia ser usada sem matar um grande número de civis, e isso pode torná-lo impróprio como uma arma para o uso por esse país....
3. É perfeitamente concebível que a Alemanha esteja, de fato, desenvolvendo essa arma....
4. Se trabalharmos com a suposição de que a Alemanha estar, ou estará, de posse dessa arma, deve-se notar que não há abrigos eficazes disponíveis para serem utilizados em larga escala. A resposta mais eficaz seria um contra-ameaça com uma arma similar (RHODES, 1986, p. 325, tradução nossa).

Podemos observar nas constatações de Frisch e Peierls o quanto os cientistas salientam o poder de destruição da super-bomba e que se acaso tal arma for utilizada sobre a Inglaterra, nada poderá ser feito, pois nenhum material ou estrutura resistirá como também, não haverá abrigos suficientes e haverá substâncias radioativas que se propagará com o vento. Mediante a eficácia da arma que põe a Inglaterra em um grande risco em meio à guerra. Resta, portanto, apenas evitar que a bomba alemã seja concluída através da contra ameaça com outra super-bomba. A parti disso, em relação ao campo científico, a guerra passaria a ser definida como uma competição de qual lado produziria primeiro a bomba atômica.

A dupla de cientistas mostraram os dois documentos ao físico australiano Mark Oliphant, importante físico da época, que anexou uma carta aos documentos que foram entregues ao químico inglês Henry Thomas Tizard. O memorando Frisch-Peierls resultou na formação da *Military Applications of Uranium Detonation (MAUD)*

¹⁵ Holloway (1997) aponta que Frisch e Peierls concluíram que a reação em cadeia de nêutrons rápidos seria possível com uma massa crítica de 1 kg de urânio.

(KRAGH, 1999), comissão responsável pelos trabalhos relacionados a produção da super-bomba na Inglaterra.

Um dos integrantes da MAUD, o químico germano-inglês Francis Simon, ficou responsável pela separação dos isótopos do urânio. Teve a ideia de separar o U-235 do U-238, utilizando a difusão do gás de urânio através de uma lâmina de metal com buracos microscópicos, o U-235 passaria pelos buracos, enquanto o outro isótopo ficaria retido por ser mais pesado. No memorando,¹⁶ escrito por Simon para a MAUD, ele afirma que custaria 5 milhões de libras e que a fábrica separaria 1 kg de U-235 por dia (BASSALO; CARUSO, 2014).

Em julho de 1941, a MAUD finalizou um relatório secreto, concluindo que era possível produzir a bomba e que, com 25 libras de material ativo, a arma teria o efeito destrutivo de 1800 toneladas do explosivo Trinitrotolueno (TNT), além de liberar substâncias radioativas nos locais próximos à explosão. A MAUD também sugeriu a difusão gasosa como técnica de separação isotópica, ao invés da difusão térmica que Frisch e Peierls tinham sugerido (HOLLOWAY, 1997). O primeiro ministro do Reino Unido, Winston Churchill, já tinha estabelecido que a produção da bomba fosse uma prioridade, porém a previsão que se tinha era que o artefato só estaria pronto entre dois a cinco anos. Seu passo seguinte foi pedir reforço dos Estados Unidos para que o projeto da Bomba seguisse em frente.

O relatório do comitê MAUD ajudou a convencer os Estados Unidos a investir nas pesquisas nucleares ao mostrar que a bomba poderia ser produzida, antes do final da guerra. Uma explicação sobre os resultados obtidos pela MAUD foi dada por Vannevar Bush, diretor do Escritório de Pesquisa e Desenvolvimento Científico, em 9 de outubro de 1941, para que o presidente Franklin Delano Roosevelt pudesse saber o que seria necessário fazer nos Estados Unidos da América (EUA) para ajudar no investimento da bomba. Uma proposta foi lançada para o governo inglês, em que o projeto americano e o inglês fossem coordenados ou realizados em conjunto. Porém, consciente da sua liderança, a Inglaterra respondeu que necessitaria apenas de uma ajuda informal (HOLLOWAY, 1997). Não demorou muito para que os Estados Unidos superassem os Britânicos nas pesquisas, principalmente com o incentivo de Pearl Harbor, com o qual ele entrou na guerra, além do alto investimento realizado para produzir as bombas e o

¹⁶ *Estimate if the size of an actual separation plant* (BASSALO; CARUSO, 2014).

núcleo de cientistas formado no EUA, devido à imigração de pesquisadores da Europa que fugiam da Guerra.

Muitos cientistas de origem europeia haviam emigrado para os Estados Unidos fugindo dos efeitos da guerra (ver tabela 1), o que terminou por garantir a formação de uma comunidade científica no país, facilitando o desenvolvimento do projeto das bombas atômicas. Em contra partida, a Alemanha perdeu muitas mentes que emigraram devido à caça aos descendentes de judeus, como foi o caso de Lise Meitner. Dessa forma, os Estados Unidos possuía tanto a capacidade de financiamento de uma arma de complexidade de produção como bomba atômica, como também possuíam cientistas capacitados para fazer que a sua produção seja possível.

Tabela 1: Destino dos Físicos Europeus emigrantes

Britain	USA	USA via Britain
M. Born* (G)	V. Bargmann (G)	G. Beck (A)
P. P. Ewald (G)	F. Bloch* (S)	H. London (G)
H. Fröhlich (G)	L. Brillouin (F)	E. Bethe* (G)
R. Fürth (G)	P. Debye† (N)	F. Ehrenhaft (A)
D. Gabor* (H)	M. Delbrück* (G)	O. Frisch (A)
W. Heitler (G)	A. Einstein† (G)	K. Fuchs (G)
N. Kemmer (G)	W. Elsasser (G)	G. Hertz† (G)
N. Kurti (H)	E. Fermi† (I)	F. London (G)
H. Mendelssohn (G)	J. Franck† (G)	E. Rabinowitch (G)
E. Schrödinger† (A)	G. Herzberg* (G)	O. Stern* (G)
F. Simon (G)	R. Ladenburg (G)	L. Szilard (H)
	A. Landé (G)	E. Teller (G)
	E. Segré* (I)	
	L. Tisza (H)	
	V. Weisskopf (G)	
	E. Wigner* (H)	

Nota: Pessoas marcadas com um punhal foram laureados com o Nobel quando emigraram; aqueles com asteriscos receberam o Nobel após a emigração. As letras indicam a nacionalidade no momento da imigração: A = austríaco; F = francês; G = alemão; H = húngara; I = italiano; N = holandês; S = suíço.

Fonte: (KRAGH, 1999, p. 251)

Um encontro realizado em Quebec, em agosto de 1943, entre Roosevelt e Churchill rompeu a participação informal dos EUA. Nesse período, os Americanos já tinham ultrapassado os britânicos nas pesquisas da bomba. Nessa reunião acertou-se a participação da Inglaterra no projeto Manhattan. A maioria dos físicos ingleses que trabalhavam com a separação de isótopos e o cálculo de bomba de nêutrons rápidos partiu para os Estados Unidos (HOLLOWAY, 1997). A posição de cada país diante do cenário da produção do artefato nuclear estava tomada, sendo os EUA na linha de frente.

3.2.2 Os Estados Unidos entram na corrida pela bomba

Leo Szilard, que desde 1938 tinha se mudado da Inglaterra para os Estados Unidos, preocupava-se com a possibilidade de que a Bélgica fosse invadida pela Alemanha, pois essa tinha em suas posses as reservas de urânio provenientes do Congo Belga, o que facilitaria a produção da bomba por parte dos nazistas. Szilard reuniu-se com os físicos também austríacos, Edward Teller e Eugene Wigner, e propôs uma conversa com Einstein para que fosse redigida uma carta direcionada para a rainha Elisabeth da Bélgica. Porém, a carta foi emitida para o presidente dos Estados Unidos Franklin Delano Roosevelt, por intermédio do economista e banqueiro norte-americano Alexander Sachs (BASSALO; CARUSO, 2014). A carta foi escrita em 2 de agosto de 1939, mas o presidente Roosevelt só fez a leitura da carta no dia 11 de outubro.

Como consta na carta, Einstein apontava a sua crença sobre a possibilidade da construção de bombas utilizando o urânio e com um provável indício de que a Alemanha estaria apta para a produção desse tipo de arma, pois os nazistas estavam de posse das minas de urânio da Tchecoslováquia. A seguir temos um trecho da Carta:

Alguns trabalhos recentes de E. Fermi e L. Szilard, que foi comunicada a mim em manuscrito, leva-me a crer que o elemento urânio pode ser transformado em uma nova e importante fonte de energia em um futuro imediato. Certos aspectos da situação que se criou parecem exigir atenção e, se necessário, uma ação rápida por parte da administração. Acredito, portanto, que é meu dever chamar a sua atenção para os seguintes fatos e recomendações... No decorrer dos últimos quatro meses, tornou-se provável através do trabalho de Joliot na França, bem como de Fermi e Szilard na América – a possibilidade de criação de uma reação nuclear em cadeia numa grande massa de urânio, pelo qual vastas quantidades de energia e grandes quantidades de novos elementos semelhantes ao rádio seriam gerados. Não parece quase certo que isso poderia ser conseguido no futuro imediato... Este novo fenômeno levaria também à construção de bombas, e é concebível -

embora muito menos certo - que bombas extremamente poderosas de um novo tipo possam ser construídas. Uma única bomba deste tipo, transportada por barco e explodida num porto, poderia muito bem destruir todo o porto, juntamente com parte do território circundante. No entanto, tais bombas podem muito bem revelarem-se demasiadamente pesadas para o transporte por via aérea... Eu entendo que a Alemanha realmente parou a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia que ela retomou. Que ela deveria ter tomado tal ação precoce pode talvez ser entendido pelo facto do filho do Sub-Secretário de Estado Alemão, von Weizsäcker, está ligado ao Kaiser-Wilhelm-Institut, em Berlim, onde alguns dos trabalhos americanos sobre o urânio estar agora a ser repetido (EINSTEIN, 1939, p. 01 – 02, tradução nossa).

Novamente, vemos através das palavras de Einstein, a preocupação de que uma super-bomba se torne realidade, principalmente sobre a fundamentação de que a Alemanha está de posse das minas da Tchecoslováquia, ou seja, possuía o combustível necessário para produzir o artefato, da mesma forma, de que já havia um grupo de cientistas no Kaiser Wilhelm Institut que pesquisavam a possibilidade de produzirem a bomba, grupo esse, que mencionamos ser o clube do urânio.

O aviso de Einstein poderia ter sido um prelúdio para o início do Projeto Manhattan. Mas, como é apontado por Camargo (2006), durante a história, o nome de Einstein ficou vinculado a origem do projeto Manhattan, a utilização da sua equação $E=mc^2$ no projeto da bomba atômica e a carta foram considerados como o início dos esforços americanos diante da pesquisa sobre esse novo armamento. Porém, continua o autor, há muito mais envolvido por trás do início do projeto Manhattan do que apenas a carta emitida para o presidente Roosevelt. Mas o que de fato demonstrou grande incentivo para o avanço do projeto *Manhattan* foi o ataque a Pearl Harbor.

O impedimento americano e o congelamento de bens, aplicando severa pressão econômica sobre os japoneses, que estavam a favor da Alemanha Nazista durante a guerra, obrigaram os nipônicos a tomarem medidas mais drásticas, que resultaram no ataque de Pearl Harbor em 7 de dezembro de 1941, levando a guerra para o âmbito mundial (HOBSBAWM, 1995). Mesmo tendo sido realizado pelos japoneses, os Estados Unidos focaram-se em ganhar a guerra contra a Alemanha. Um questionamento que ainda carece de respostas que Hobsbawm aponta é:

Por que Hitler, já inteiramente esgotado na Rússia, declarou gratuitamente guerra aos EUA, dando assim ao governo de Roosevelt a oportunidade de entrar no conflito europeu ao lado da Grã-Bretanha, sem enfrentar esmagadora resistência política em casa? (HOBSBAWM, 1995, p. 48).

Conforme o mesmo autor, a Alemanha Nazista mostrava-se um perigo maior tanto para os EUA como para um âmbito mais global do que o Japão, tanto que, após a

queda do Nazismo, não demorou muito para que os japoneses se rendessem. Assim, derrotar a Alemanha era mais necessário para manter a segurança dos Estados Unidos do que o Japão, que cometeu a investida. De certa forma, o ataque surtiu o efeito de incentivar o crescimento do projeto *Manhattan*, que havia sido criado um dia antes.

Após o ataque de Pearl Harbor pelos japoneses e dois anos depois da leitura da carta de Einstein, o programa nuclear dos Estados Unidos foi expandido e uma grande quantia de dinheiro do governo foi investida para a produção de uma bomba atômica (KRAGH, 1999). A universidade de Chicago serviu como local para estabelecer um laboratório, o qual teria como objetivo a produção de um reator capaz de realizar reações em cadeia com nêutrons lentos, estando na liderança do projeto o físico estadunidense Arthur Compton, prêmio Nobel de Física de 1927, e Enrico Fermi na liderança do grupo de física nuclear experimental.

Em 2 de dezembro de 1942, o trabalho liderado pelos dois cientistas resultou no reator de aspecto estritamente experimental da universidade de Chicago, conhecido como o *Chicago Pile 1 (CP-1)* ou pilha de Fermi, realizando uma reação nuclear controlada. Para a construção, foram utilizados tijolos de grafite como moderador para os nêutrons e barras de cádmio para controlar a reação em cadeia. A função da pilha era produzir plutônio, que foi primeiramente produzido em 1941 pelo químico de Berkeley Glenn T. Seaborg e colaboradores e que, segundo um relatório preparado pelo físico nuclear americano Ernest Lawrence, o plutônio poderia ser utilizado como material para a produção da bomba (KRAGH, 1999). Entretanto, o plutônio obtido com a fissão realizada pela pilha de Fermi era muito pequeno, ainda sendo algo inviável, além do reator funcionar apenas com o U-235, o isótopo mais raro.

Quatro dias após o funcionamento do *Chicago Pile -1*, o presidente Roosevelt fez nascer o *Manhattan Engineering District*, popularmente conhecida como projeto Manhattan. Para liderar o projeto, Roosevelt escolheu o General Leslie Richard Groves, que tinha como um dos seus feitos a supervisão da construção do pentágono. Por sua vez, Groves escolheu o físico Americano J. Robert Oppenheimer para coordenar as pesquisas do projeto. Sobre a liderança de ambos, uma rede de instalações nucleares foi criada para a produção de material fissil para serem utilizadas na bomba.

A rede de instalações de pesquisa criada para servir ao projeto Manhattan contava com um laboratório em Oak Ridge, no estado de Tennessee, tinha como objetivo separar os isótopos de urânio, por meio da separação eletromagnética. Lawrence e

Emílio Segrè tinham demonstrado que seriam necessários por volta de 45 mil equipamentos semelhantes ao imã do ciclotron de seção de 64 polegadas da Universidade da Califórnia para que fosse possível separar 500 gramas de U-235 por dia (CAMARGO, 2006). Em 1943, Oak Ridge ganhou novas unidades para a separação por difusão gasosa e uma pilha de urânio para a produção de plutônio, chamada de *Clinton Pile*. Maior do que o *Chicago pile -1*, a pilha construída em Oak Ridge entrou em funcionamento em novembro de 1943.

Uma nova unidade de produção de plutônio foi construída perto de Hanford, no estado de Washington. A montagem do sítio de Hanford ocorreu em abril de 1943 e a construção da pilha só teve início em junho do mesmo ano, antes do funcionamento da *Clinton Pile*, mas só começou a operar em janeiro de 1945.

A montagem final da bomba nuclear ficou a cargo de um terceiro laboratório, perto de Los Alamos, no deserto do Novo México, onde um grupo de cientistas liderados por Oppenheimer se reuniram para resolver o quebra-cabeça da construção do artefato nuclear. Oppenheimer foi nomeado para dirigir o laboratório de Los Alamos e a localização desse laboratório foi sugerida por ele ao General Groves, devido à necessidade de sigilo e distância na comunicação que a nova instalação exigia (WESTWICK, 2003). Apesar de não possuir um Nobel, como muitos cientistas que estavam inseridos no projeto Manhattan, como coordenador-técnico Robert Oppenheimer era conhecido pelo seu pulso para liderar grupos de cientistas desde que lecionava na Universidade da Califórnia, onde dirigiu a primeira escola de física teórica dos Estados Unidos.

A impossibilidade de obter o U-235 a 95%, como se tinha previsto, antes de 1946 ficou evidente em abril de 1944. Esse seria uma notícia preocupante, pois era uma grande quantia em dinheiro, 2 bilhões de dólares na época, equivalente a 21 bilhões de dólares atuais¹⁷ (CAMARGO, 2006), que os Estados Unidos tinha investido, e essa quantia estava em risco de ser perdida. Entretanto, a solução foi encontrada através de um método que já havia sido descartada no início do projeto *Manhattan*.

O Método de difusão térmica retornou a ser utilizada quando Oppenheimer descobriu que o físico nuclear americano Philip Abelson utilizava a técnica para enriquecer o U-235 para a utilização em submarinos nucleares da Marinha. A difusão térmica era técnica que partia do princípio de transportar isótopos mais leves para

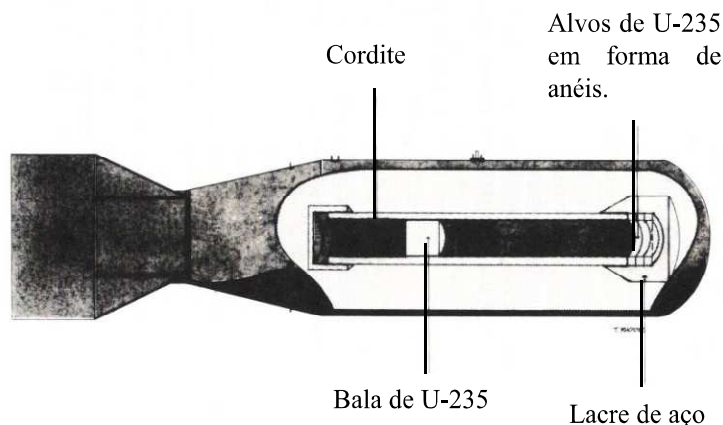
¹⁷ A referência em dólar foi retirada de (CAMARGO, 2006), portando o valor atual é referente ao ano de 2006.

regiões mais quentes, enquanto os isótopos menos leves são transportados para locais mais frios. Nesse sentido, um tubo quente era colocado dentro de um tubo frio e entre eles era injetado hexafluoreto de urânio líquido, tornando o aquecimento e o esfriamento dessa substância, iniciando uma corrente de convecção que levaria o U-235 para o topo da coluna, que poderia ser aproveitado para outros fins (RHODES, 1986). Esse processo tornou-se viável para o projeto da bomba e em junho de 1945, o general Groves aprovou a construção de uma unidade de difusão térmica em Oak Ridge (CAMARGO, 2006). Nessa instalação havia, portanto, três unidades de separação de urânio que possibilitariam a aquisição da quantidade necessária de isótopo do U-235 para a construção do artefato a tempo.

Entretanto, um problema ainda persistia: como tal dispositivo seria detonado? Para a explosão da bomba, a reação em cadeia deveria ser realizada com nêutrons rápidos, como havia mostrado o memorando Frisch-Peierls, diferente de um reator nuclear. Porém, não se tinha conhecimento sobre a possibilidade de uma reação em cadeia ser possível com esses nêutrons. Foi apenas com o primeiro teste em Los Alamos, que essa ideia tornou-se possível (KRAGH, 1999). Um outro problema estava relacionado com a ignição da bomba. Dois esquemas de ignição foram produzidos, um já tinha sido mencionado no *memorandum Frisch-Peierls*, que consistia em unir uma massa de urânio subcrítica com outra massa de urânio através de um mecanismo semelhante a um canhão, formando uma massa supercrítica (figura 3). O problema nesse esquema estava no fato de que, ao colidir as duas massas, o formato da massa final poderia não ser esférico, exigindo uma quantidade maior de material fissil¹⁸.

¹⁸ A “massa crítica” é a quantidade mínima de material fissil necessário para gerar uma reação em cadeia explosiva, tal massa varia de acordo com o formato do material fissil quando este é detonado. O formato esférico é o que exige menor quantidade de massa crítica. (CAMARGO, 2006)

Figura 3: Esquema da bomba com mecanismo de canhão.

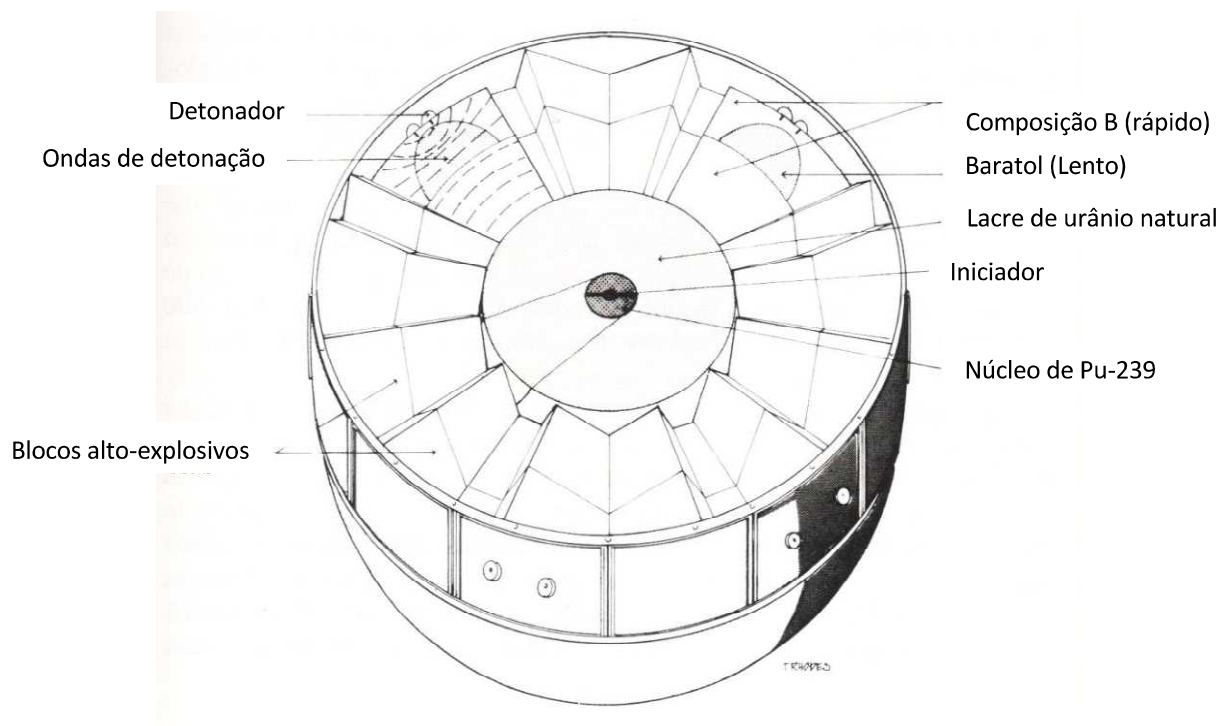


Fonte: (RHODES, 1986, p.702, tradução nossa)

O outro esquema foi proposto pelo físico Seth Neddermeyer, no qual uma esfera de urânio ou plutônio subcrítica deveria ser implodida. Com o aumento da densidade do corpo feito do material fissil, a esfera tornar-se-ia supercrítica. No entanto, o capitão da Marinha Norte-Americana, William S. (Deke) Parsons, responsável por esse mecanismo, informou que para que esse esquema de ignição funcionasse seria necessária uma explosão precisa em um tempo muito pequeno de milionésimo de segundos, o que tornava essa ocorrência impossível de realização (CAMARGO, 2006). O cenário tornava-se cada vez mais preocupante, tendo em vista que a bomba de plutônio ainda era pouco compreendida e, em contrapartida, exigia-se que as armas fossem entregues o mais rápido possível.

Foi o físico-químico Ucrainiano George Bogdan Kistiakowsky, professor de Harvard e autoridade em explosivos, que tomou a frente do problema da ignição da bomba pelo método da implosão. Para isso, utilizou-se de TNT para provocar uma explosão controlada, dentro de um pequeno intervalo de tempo (Figura 4). Apenas o método de Implosão, serviria para o plutônio, pois o isótopo do plutônio Pu-240 que ocorre inevitavelmente no isótopo Pu-239, o mais comum, sofreria fissão espontânea produzindo nêutrons em excesso, o que inviabilizaria o método de ignição semelhante a um canhão (KRAGH, 1999). Devido a isso, ao invés de arriscarem-se em uma única bomba que poderia falhar, resolveram produzir duas bombas nucleares, uma bomba de U-235 enriquecida por volta de 95% utilizando o mecanismo de canhão e uma de Pu-239 com a ignição de implosão, as bombas foram batizadas consecutivamente de *Little Boy* e *Fat Man*.

Figura 4: Mecanismo de implosão utilizada para a bomba de plutônio.



Fonte: (RHODES, 1986, p. 575, tradução nossa)

Enquanto isso, na Alemanha, no final de 1941, o clube do urânio já estava decidido em utilizar a água pesada como moderador dos nêutrons em vez do carbono, como também sabia que o reator nuclear teria como produto da desintegração o U-239 e o U-235, sendo que esse último isótopo poderia ser usada como combustível para um artefato bélico. A falta de conhecimento de alguma técnica viável que possibilitasse uma produção significativa do isótopo U-235 para o estado que a Alemanha se encontrava, quase sem financiamento para projetos de longo prazo, além do estado tenso que o país sofria.

No outono de 1941, sob o aconselhamento de Von Weizsäcker, Heisenberg pediu para a embaixada alemã, em Copenhague, para que ele pudesse realizar uma conferência pública nessa cidade, dessa forma teria a possibilidade de ter uma conversa com Niels Bohr a respeito do empreendimento da bomba. Heisenberg descreveu o encontro da seguinte maneira:

Quando visitei Niels em sua casa em Carlsberg, não toquei no assunto perigoso até fazermos nossa caminhada vespertina. Como eu tinha razões para crer que Niels estava sendo vigiado por espões alemães, falei com extrema prudência. Insinuei que agora seria possível, em princípio, construir bombas atômicas, mas que seria necessário um tremendo esforço técnico, e talvez os físicos devessem indagar-se se realmente deveriam trabalhar nesse campo. Infelizmente, tão logo mencionei a mera possibilidade de construir bombas atômicas, Niels ficou tão horrorizado que não chegou a assimilar a

parte mais importante de meu relato, ou seja, que seria preciso um enorme esforço técnico. Ora, para mim, isso era importantíssimo, justamente porque, até certo ponto, dava aos físicos a possibilidade de decidir se a tentativa de construir bombas atômicas deveria ou não ser empreendida... Niels, como eu disse, ficou tão horrorizado com a simples possibilidade de se construírem armas atômicas que não acompanhou o resto de minhas observações (HEISENBERG, 1996, p. 213).

A visita a Bohr não se mostrou frutífera e até certo ponto polêmica, as possibilidades de conversas que puderam ter ocorrido entre eles inspirou o dramaturgo inglês Michael Frayn a escrever a peça *Copenhague* em 1997, tendo a sua primeira apresentação em 1998, em Londres (SILVEIRA, 2011). Em 1942, o governo alemão deixou de se pronunciar sobre a produção da bomba, porém os trabalhos com o reator permaneceram em escala reduzida. Von Weizsäcker (1959) relata que dizer que os cientistas envolvidos no clube do urânio impediram ou evitaram a produção da bomba, é um modo de dramatizar os feitos, quando, na verdade, não se tinha condições de produzir tal artefato, porém ficaram felizes em não produzi-la. Von Weizsäcker também fala que, devido ao conflito, o reator muito menos deixou de ser construído antes do final da guerra.

O local de montagem para o reator nuclear alemão foi uma caverna no vilarejo de Haigerloch, sob uma rocha, onde foi construída uma igreja, que se mostrava um local seguro contra ataques aéreos. O projeto de construção foi interrompido devido ao advento da operação Alsos, que teve início no ano de 1944 e permaneceu no mandato do novo presidente dos Estados Unidos Harry S. Truman, que assumiu após a morte de Roosevelt.

A operação Alsos foi um esforço entre aliados durante o final da II Guerra Mundial, principalmente os Estados Unidos e Grã-Bretanha, tendo como objetivo de capturar recursos, documentos e pessoas envolvidas no projeto nuclear Alemão para serem utilizados em pesquisas futuras pelos EUA e evitar que tais pesquisas caíssem nas mãos dos soviéticos (MOURÃO, 2005). No dia 23 de abril de 1945, o reator nuclear alemão foi apreendido e nos meses seguintes, Heisenberg junto com outros cientistas, entre eles Otto Hahn, Erich Bagge, Max von Laue e von Weizsäcker, também foram capturados. Alguns dos pesquisadores foram transportados para uma granja chamada *Farm Hall*, vizinha à aldeia de Goldmanchester na Inglaterra.

3.3 O teste *Trinity*

Com o fim da guerra na Europa em 8 de maio de 1945, devida a rendição da Alemanha, um grupo de cientistas liderado por Leo Szilard, que desde as investigações da fissão já alarmava o perigo de uma possível arma utilizando a energia contida no núcleo dos átomos, passaram a acreditar que o uso da bomba atômica seria imoral, já que não haveria mais ameaças. A rendição da Alemanha e a captura de recursos pela missão Alsos colocou fim ao perigo da bomba alemã e o Japão não possuía condições de produzir tal arma nuclear. Portanto, a preocupação de uma ameaça de um ataque com esse tipo de arma passou a ser infundada.

Em contrapartida, o final da guerra acelerou o projeto Manhattan para a construção das bombas devido ao medo de que o Japão se rendesse antes do término das armas. Ao contrário, não se poderia justificar tamanho gasto para a produção de uma arma que, no final, não iria ser usada. Dessa forma, medidas foram tomadas, para que um último teste fosse realizado antes da possível rendição japonesa.

Ainda temendo o insucesso dos métodos de ignição, o teste de um dos tipos das bombas, a de plutônio com ignição por meio de implosão, foi marcado para o dia 16 de julho. A bomba de urânio dispensava testes, pois não possuía urânio suficiente e foi mais bem compreendida que a outra (KRAGH, 1999). Devido as pesquisas com a bomba de urânio ter sido a primeira iniciativa proposta pelo projeto, possuindo, portanto, mais tempo para o seu desenvolvimento.

O teste foi batizado de *Trinity* e ocorreu no dia agendado no deserto de Alamogordo às 5h: 29min: 45s da manhã. Os cientistas e militares, entre eles estavam Robert Oppenheimer, o general Leslie Groves, George Kistiakowsky, Enrico Fermi, Edward Teller, Emilio Segrè, Ernest Lawrence, James Conant e Robert Serber, que participaram da observação do teste da bomba ficaram entre 15 a 30 quilômetros de distância da explosão.

Robert Seber, como pode ser observado na fala a seguir, arriscou assistir a explosão sem a proteção para os olhos, conseguindo vislumbrar a olho nu os estágios anteriores da explosão antes da formação da bola de fogo criada pela explosão da bomba de plutônio.

No instante da explosão eu estava olhando diretamente para ela, sem proteção para os olhos de qualquer espécie. Vi pela primeira vez um brilho amarelo, que cresceu quase instantaneamente para um flash branco esmagador, tão intenso que eu estava completamente cego... Por vinte ou trinta segundos

depois da explosão eu estava recuperando a visão normal... A grandeza e magnitude do fenômeno foram completamente de tirar o fôlego (RHODES, 1986, p. 673, tradução nossa).

Emílio Segrè, também fez uma descrição da explosão quase que poética e ao mesmo tempo apocalíptica, supondo por um momento que o resultado do teste poderia explodir a atmosfera da terra.

A impressão mais marcante foi a de uma luz esmagadoramente brilhante... Eu estava pasmo com o novo espetáculo. Vimos o céu com um flash incrivelmente brilhante, apesar de os óculos que usávamos serem muito escuros... Por um momento eu pensei que a explosão poderia incendiar a atmosfera e, assim, acabar com a terra, embora eu soubesse que isso era impossível. (RHODES, 1986, p. 673, tradução nossa).

Podemos observar nas falas dos dois cientistas o espanto ao poderem observar o poder destrutivo da bomba de plutônio. Apesar da euforia mostrada pelos pesquisadores, nem todos participantes que estavam envolvidos no projeto, vicejavam com a ideia de que uma arma com tal poder iria cair sobre o seio de alguma cidade. Entretanto, mesmo com a consciência em débito o fato era que a bomba tinha dado certo.

A detonação da bomba liberou energia equivalente a 18 quilotons de TNT, valor maior do que os cientistas que assistiram o teste *Trinity* tinham previsto (KRAGH, 1999); logo após o experimento que testou a primeira bomba nuclear da história, quando as felicitações estão voltadas para Oppenheimer, pois nesse momento apesar de não possuir um Nobel, ele conseguiu sua posição na história como sendo o pai da bomba atômica. Nesse momento, é que ele usa a frase do livro Hindu *Bhagavad-Gita*, para expressar o que estava sentindo naquele momento, vejamos:

Esperamos até que a explosão tivesse passado, saímos do abrigo e, em seguida, tudo foi extremamente solene. Sabíamos que o mundo não seria o mesmo. Algumas pessoas riram, algumas outras choraram. A maioria das pessoas ficou em silêncio. Lembrei-me de uma linha a partir da escritura Hindu, o Bhagavad-gita: Vishnu está tentando convencer o príncipe de que ele deve fazer seu dever e para impressioná-lo ele assume sua forma multi-braços e diz: "Agora eu me tornei a morte, o destruidor de mundos". Eu suponho que todos nós pensávamos isso, de uma forma ou de outra (RHODES, 1986, p. 676, tradução nossa, grifo nosso).

Podemos observar que, através do trecho do *Bhagavad-Gita*, Oppenheimer repassa a sua reflexão de que naquele momento ele foi o responsável por criar algo que poderia decidir o futuro da humanidade. Nenhuma citação poderia tão bem se encaixar como a realizada pelo o cientista, pois, de certa forma, igual a *Vishnu*, a bomba de fato impressionou o mundo e seu efeito até hoje é temido devido os resultado em Hiroshima

e Nagasaki. As mortes que sucederam ao lançamento das bombas devido não somente as próprias bombas, mas como também a radiação faz dos objetos, em um sentido mais poético, a própria definição de morte.

Apesar da criação daquele grande feito científico ter-se estendido durante aqueles últimos anos e cujo fruto tinha acabado de nascer no deserto de Alamogordo, dando início a era nuclear, usar as bombas já parecia ser algo questionável para alguns cientistas do projeto. Porém, a decisão de lançar a bomba sobre o Japão era uma discussão a ser realizada entre líderes políticos e militares. O grupo de aconselhamento científico, formado por Compton, Lawrence, Fermi e Oppenheimer, não encontrou nenhuma alternativa aceitável para que as bombas explodissem em áreas do Japão com população muito alta (KRAUGH, 1999). Entretanto, o presidente Truman manteve a decisão de lançar as bombas o mais rápido possível, antes do fim da guerra contra os japoneses. Isso seria um estimulante para que o projeto Manhattan acelerasse a produção de ambas as armas.

3.4 As bombas sobre os céus de Hiroshima e Nagasaki

Na primavera de 1945, o presidente Truman designou um comitê para escolher os alvos onde seriam lançadas as bombas. O comitê que foi formado através do secretário da defesa Henry Stimson, tinha no comando o General Groves. O intuito era escolher alvos militares que ainda não tivesse sido atingidos por ataques aéreos, mas também era preciso que o alvo fosse extenso de forma que o dano da bomba ficasse contido dentro da área do alvo, dessa forma era possível determinar o poder da bomba (CAMARGO, 2006). Poucas bases no Japão atendiam às características exigidas pelo comitê. Dessa forma, se antes os lançamentos das bombas tinham o objetivo de atingir alvos militares, logo passou a ter como princípio criar um efeito psicológico devastador nos japoneses, destruindo a população de grandes cidades.

Dessa forma, três cidades foram escolhidas, a princípio, para ser alvo das bombas, sendo elas Kokura, Hiroshima, Niigata, mais tarde Nagasaki entrou na lista devido às boas condições visuais para o lançamento da bomba (CAMARGO, 2006). *Fat Man* e *Little Boy*, assim foram batizadas as bombas de plutônio e de urânio pelos participantes do projeto Manhattan, já estavam prontas e saíam da Ilha de Coronel Tinian, a 9500 quilômetros de São Francisco até os locais onde seriam arremessadas.

No dia 6 de agosto de 1945 às 8h: 16min, a bomba de urânio com mecanismo de canhão, batizada de *Little Boy*, é lançada da aeronave B-29 Enola Gay, nome que homenageou a mãe do piloto Paul Tibbets. O alvo de *Little Boy* era a cidade de Hiroshima, pois das quatro cidades essa era a única que não possuía prisioneiros de guerra aliados em campos de concentração (CAMARGO, 2006). Três dias depois, era vez da aeronave B-29 chamada Bock's Car, um trocadilho em homenagem ao comandante Frederick Bock, pilotada pelo comandante Charles W. Sweeney lançar *Fat man* sobre o céu de Nagasaki, a bomba explodiu às 11h: 16min da manhã causando grande devastação. Após a explosão, o efeito da radiação permaneceu a afetar a população sobrevivente.

No dia 15 de agosto, é posto um fim na guerra, quando o imperador anuncia a capitulação incondicional do Japão, tendo a assinatura da rendição no dia 2 de setembro. O Japão não tinha mais condições de lutar, a vitória do inimigo tinha abatido psicologicamente a população. Entretanto, resta saber o porquê de, apesar da provável rendição do Japão, os Estados Unidos optou por utilizar as armas nucleares.

O motivo de Truman ter lançado as bombas atômicas ainda é alvo de discussões até hoje, porém podem-se citar algumas possíveis justificativas que levaram o presidente a lançar as bombas sobre o Japão. Mourão (2005) aponta que, segundo o Departamento de Estado Norte-Americano, as bombas poupariam milhares de vidas americanas no caso de uma invasão ao território japonês, sendo que Truman em diversos momentos varia a quantidade de perdas que seriam evitadas com o lançamento das bombas. Outros motivos também podem ser expostos: o compromisso de terminar a guerra no menor tempo possível; justificar os gastos no Projeto Manhattan; o ganho diplomático que as bombas poderiam trazer em uma possível rivalidade com a União Soviética, a falta de incentivo para as bombas não serem utilizadas e o ódio com o desejo de vingança contra o Japão (CAMARGO, 2006). Não se tinha esquecido o ataque de Pearl Harbor e os soviéticos já se apresentavam como uma possível ameaça na era nuclear.

Anos depois do lançamento das bombas sobre os céus das cidades japonesas, em uma conferência em 1947, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts, Oppenheimer aponta o peso que os físicos carregam pela responsabilidade de terem contribuído na produção da bomba atômica. Nas palavras do cientista:

Em ninguém este experimentado mal-estar de responsabilidade é mais aguda, e certamente em ninguém ele tem sido mais importuno, do que entre os que participaram no desenvolvimento da energia atômica para fins militares. Julgo que a maioria dos historiadores concordariam que outros aperfeiçoamentos técnicos, nomeadamente o radar, desempenharam um papel mais decisivo no resultado desta última guerra, mas duvido que tal participação tivesse por si criado a profunda perturbação e inquietude moral que tantos de nós, físicos, sentimos, apregoámos e tentámos vencer. Não é difícil de compreender porque isto tinha de se dar. A física que desempenhou o papel decisivo no desenvolvimento da bomba atômica proveio imediatamente dos laboratórios de guerra e dos nossos jornais científicos... A despeito da visão e da prudência de largo alcance dos nossos chefes de Estado do tempo de guerra, os físicos sentiram uma responsabilidade particularmente profunda por terem sugerido, apoiado, e finalmente, e em grande escala, por terem levado a cabo a realização de armas atômicas. Nem podemos esquecer que essas, como efetivamente foram utilizadas, dramatizaram impiedosamente a desumanidade e o que há de maldade na guerra moderna. Em certo sentido inegável, que há vulgaridade, nem humor, nem exagero que possam apagar completamente, os físicos tiveram a consciência da culpa; e isto é coisa de que não podem desembaraçar-se (OPPENHEIMER, 1958, p. 77-78).

Como Oppenheimer expôs, dentre as ciências a física foi a que teve maior participação sobre o desenvolvimento da segunda guerra e, portanto, a partir da fala do cientista, podemos nos questionar sobre a responsabilidade dos cientistas em relação a influência do conhecimento científico sobre as demais esferas que constituem a sociedade, ou seja, quando o conhecimento produzido no campo científico ultrapassa as barreiras do laboratório e interferem de forma significativa no meio social. A princípio, essa é a função do conhecimento científico, que possam modificar o meio, mas quando a mudança é negativa, como foi o caso das bombas atômicas, e sob outra hierarquia que também influenciou a decisão, os cientistas podem ser visto como responsáveis?

Desde as discussões que se iniciaram com os transurânicos de Fermi e logo chegou à descoberta da Fissão por Hahn com a interpretação de Meitner, a energia vinda da partição do núcleo atômico abria uma nova era para a ciência e tecnologia. Os adventos das bombas atômicas evidenciaram a influência que a ciência pode ter no meio político e social. Outras tecnologias envolvendo a fissão foram criadas, tais como usinas termonucleares para a produção da energia elétrica e alguns acidentes podem ter aumentado a aflição da população mundial em relação ao uso da energia nuclear. Como exemplos, temos o acidente da usina de Chernobyl na Ucrânia, porém as bombas que desceram sobre os céus de Hiroshima e Nagasaki ainda são o evento na história que mais causou horror e, até hoje, é utilizado como um dos motivos para a não utilização desse recurso. O medo de que alguns países escondam mísseis nucleares e possam

utiliza-los a qualquer momento ou que as usinas nucleares tornem-se alvo de atentados terroristas, ressalta a lembrança da guerra.

A partir da fundamentação aqui apresentada, no próximo capítulo descrevemos os aspectos constituintes da metodologia usada nesta pesquisa, bem como as ferramentas de coletas de dados que lhes são peculiares.

CAPÍTULO 4: PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Após ter apontado, no capítulo da revisão de literatura, as problemáticas que rodeiam a divulgação científica do jornalismo científico e seus possíveis aspectos positivos e negativos, desenhamos aqui os passos metodológicos que possibilitaram alcançar o objetivo geral deste estudo. Em um primeiro momento apontaremos os aspectos gerais da pesquisa, realizando sua caracterização entre os diversos tipos de pesquisa existentes, para em seguida delimitarmos os passos que serão realizados para alcançar os objetivos almejados.

4.1 Caracterização da pesquisa e descrição metodológica das matérias analisadas

Em virtude de termos prioridade em buscar o significado que nossas fontes de levantamento de dados dão para as informações que são apresentadas nas matérias sobre energia nuclear, nos sites de revistas de divulgação científica, optamos por uma metodologia de abordagem qualitativa. Nesse sentido, buscamos na conceituação que Moreira (2011) faz para a pesquisa qualitativa (interpretativa) em ensino, afirmando que:

O interesse central da pesquisa qualitativa é na questão dos significados que as pessoas atribuem a eventos e objetos, em suas ações e interações dentro de um contexto social e na elucidação e exposição desses significados pelo pesquisador (MOREIRA, 2011, p. 47).

Destarte, entendemos que a abordagem qualitativa possibilita-nos a perceber e a compreender a qualidade das matérias vinculadas nos sites sobre energia nuclear.

Além disso, optamos por designá-la como uma pesquisa exploratória, devido à escassez de pesquisas que procuram investigar a interação entre a construção de significado do conhecimento e suas ferramentas de divulgações, sendo encontradas em maiores quantidades, pesquisas que investigam a potencialidade dos textos de divulgação científica como material didático ou como metodologia para o ensino de ciências, a exemplo de Ferreira e Queiroz (2012) e Nascimento e Rezende Junior (2010).

A utilização desse modelo de pesquisa é esclarecida por Gil (2008), quando afirma que as pesquisas exploratórias têm como principal objetivo desenvolver,

esclarecer e modificar conceitos e ideias já existentes, tendo por finalidade formular problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores.

Portanto, nossa pesquisa segue essa retórica, delineando resultados já encontrados no capítulo da revisão de literatura, ao mesmo tempo em que tomamos como referências na construção dos nossos resultados, tendo como base investigatória a apresentação dos meios midiáticos de assuntos voltados à área de ciências, em especial a física.

Para compreendermos como as informações estão organizadas nas publicações das revistas de divulgação científica, optamos pelas revistas que disponibilizam seus conteúdos em sites gratuitos. A escolha desse tipo de revista dá-se em função da facilidade que elas possuem ao se mostrarem “abertas” ao público, ou seja, são de fácil acesso, ao contrário de revistas impressas, que necessitam de assinaturas pagas.

Assim sendo, entendemos que nossa pesquisa também se caracteriza como uma pesquisa documental, uma vez que utiliza matérias de divulgação científicas como documentos que ainda não foram analisados por outras pesquisas, condizendo com o apontamento de Gil (2002), ao afirmar que este tipo de pesquisa “vale-se de materiais que não recebem ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa” (p. 45). Dentro do contexto desse tipo de pesquisa, um documento pode ser entendido como sendo uma carta, um vídeo, um artigo de revista, uma página da internet, uma fotografia, entre outros materiais que podem ser analisados.

Nesse sentido, a pesquisa documental aqui conduzida se constitui na análise das matérias sobre energia nuclear de quatro sites de divulgação científica, sendo elas: a *Superinteressante*, da editora Abril; *Galileu*, da editora Globo; *Ciência Hoje*, do Instituto *Ciência Hoje*, possuindo colaboração da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e *Scientific American Brasil*, da editora segmento, tendo o seu site vinculado à empresa de acesso à internet *UOL*. Os dois primeiros sites foram escolhidos devidos a não pertencerem ao meio científico, enquanto os outros dois possuem origem e contribuição desse meio.

As matérias foram procuradas pelo mecanismo de busca de cada site, utilizando as seguintes palavras-chave: Energia nuclear, Projeto Manhattan, Bomba atômica, Los Alamos, Bomba Nuclear, Hiroshima e Nagasaki. Somente no site da *Scientific American Brasil* não foi utilizado esse método, pois o seu mecanismo de busca não

apresentou resultados, sendo necessário buscar as matérias no menu “Artigos”. Em seguida, demos preferência às matérias que apresentam conteúdos históricos e que discutem a aplicação da energia nuclear na atualidade. Na escolha das matérias veiculadas, destacamos que foi necessário estabelecermos um intervalo de tempo de suas publicações, entre 2006 a 2016, devido alguns sites manterem matérias mais antigas ainda circulando em redes sociais, o que facilita o acesso a elas pelos leitores. Assim, atendendo a esses critérios, as matérias escolhidas foram¹⁹:

- **Scientific American Brasil:** “Nova alternativa nuclear? Pequenos reatores modulares prometem reviver fortunas na indústria de energia nuclear”, de Brown (20--); “O que ocorre durante uma fusão nuclear: reatores da estação Daichii em Fukushima estão em estado crítico, mas não chegaram à condição de fusão plena”, de Matson (2011); e “Energia nuclear pode não ser solução para mudanças climáticas: novo relatório revela que usinas de energia nuclear não podem ser construídas com agilidade e segurança suficientes para solucionar problema do aquecimento global”, de Ling (2008?)²⁰.
- **Ciência Hoje:** “A bomba atômica e os nascimentos dos neurônios: controvérsias resolvidas por meio de armas atômicas: Não há neurogênese no córtex cerebral adulto”, de Lent (2006); “A equação e a bomba atômica: Adilson de Oliveira relembra os tristes episódios de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos este mês, e explica porque muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Albert Einstein”, de Oliveira (2015); e “O patinho feio e a aposta nuclear: desastre em Fukushima aumentou as dúvidas sobre o uso da energia nuclear, mas também serviu para revisão completa dos procedimentos de segurança no mundo. Palestra no Rio de Janeiro debateu mudanças e perspectivas sobre o tema”, de Garcia (2013).
- **Galileu:** “Como funciona as usinas nucleares?”, de Saldanha (2014); e “O que acontece em uma explosão nuclear?”, de Tanji (2015).
- **Superinteressante:** “Bombas atômicas”, de Botelho e Lima (2015); “Primavera Atômica”, de Miranda (2009); “Como funciona a bomba atômica”, de Versignassi (2006); e “O vilão virou Herói” de Cavalcante (2007b).

¹⁹ As matérias encontra-se disponíveis no anexo.

²⁰ A *Scientific American Brasil* não apresenta a data de publicação da matéria de Ling (2008?) no site da revista. Provavelmente foi publicada no ano de 2008, pois utiliza como fonte um documento que foi publicado no mesmo ano.

Após a leitura das matérias citadas, realizamos em seguida sua análise, tomando como base os seguintes critérios: fontes descritas nas matérias, preferência aos resultados ou ao processo, apresentação de diferentes pontos de vista, uso de recursos facilitadores²¹, margem para interpretações divergentes ao conhecimento científico e contextualização do conteúdo²², criados a partir das discussões que foram realizadas no segundo capítulo. Para a finalidade proposta, esses critérios possuem os seguintes objetivos:

- **Fontes descritas nas matérias** – verificamos a presença de fontes e citações que referenciam as matérias veiculadas e que fundamentam o conteúdo apresentado. Verificamos também como essas fontes são utilizadas para atribuir valor ao conteúdo da matéria. Nesse contexto, consideramos como fontes qualquer trecho de falas de pesquisadores, menções a informações de pesquisas e de Instituições e referências bibliográficas.
- **Preferência aos resultados ou ao Processo** – Verificamos a interação do conteúdo da matéria exposta com o contexto histórico, observando se há ou não a fragmentação na informação passada. Além disso, foi possível observar se a matéria aponta para delimitações relativas aos conceitos aplicados e as advertências.
- **Apresentação de diferentes pontos de vista** – Observamos se a matéria apresenta mais de uma opinião sobre o tema abordado.
- **Uso de recursos facilitadores** – Observamos a utilização de recursos facilitadores para a compreensão do leitor sobre o tema, tais como: *Boxes*, infográficos, tabelas, imagens, analogias, entre outros.
- **Margem para interpretações divergentes ao conhecimento científico** – Analisamos se a construção das matérias induz os leitores a interpretarem os conceitos de forma que divirjam das interpretações que são aceitas pelo meio científico.
- **Contextualização do conteúdo** – Procuramos observar se as matérias relacionam as informações abordadas com contextos históricos, sociais, entre outros.

²¹ Critérios elaborados a partir das discussões de Stocking (2005), França (2005) e Dias e Almeida (2009).

²² Critérios elaborados a partir dos pressupostos apresentados durante o segundo capítulo dessa dissertação.

Tendo delimitado a metodologia e os critérios com os quais faremos uma análise das revistas descritas anteriormente, sobre o tema aqui proposto, o próximo capítulo apresentará essa discussão, lançando um olhar mais criterioso sobre o assunto, indicando possíveis inadequações conceitual e histórica em cada revista pesquisada, como também os seus acertos no processo de divulgação.

CAPÍTULO 5: ANÁLISE E DISCUSSÃO: OBSERVAÇÕES SOBRE AS MATÉRIAS DE ENERGIA NUCLEAR

Nesse capítulo, faremos a análise das matérias que foram escolhidas de acordo com nossos procedimentos metodológicos e sob os critérios que ali designamos. Além disso, faremos uma breve apresentação dos profissionais responsáveis ou envolvidos diretamente na produção das matérias do site de cada reportagem analisada, no intuito de podermos ter informações a respeito de seus perfis científicos e visando responder as três perguntas, encontradas na página 23 dessa dissertação, que elencamos na revisão da literatura.

5.1 Perfil dos autores das matérias analisadas

Para avaliarmos a qualidade da apresentação do conhecimento através dos textos que compõem uma matéria jornalística, verificamos no segundo capítulo dessa dissertação a importância da participação dos profissionais da ciência para o processo de divulgação científica, assim como a importância da formação, mesmo que autodidata, do jornalista científico. Seguindo essas premissas, vale salientarmos que, antes de partirmos para uma análise do material, o melhor a se fazer é analisar a formação dos profissionais que estão comprometidos com essas produções, para verificarmos se as revistas *on-line* estão satisfazendo a necessidade de inserção da comunidade científica na divulgação da ciência e se os profissionais da divulgação estão se especializando para poderem comunicar a ciência com qualidade para o público leigo.

Nesse sentido, apresentamos a seguir o perfil dos profissionais através de tabelas que possuem como finalidade expor a formação acadêmica de cada autor que desenvolveu as matérias que serão analisadas mais à frente. De antemão, salientamos que não foi possível encontrar a formação dos autores que produziram os artigos escolhidos da revista Galileu, por isso não aparece uma tabela com as suas formações, pois nenhuma outra matéria de suas autorias foi encontrada no site da revista e nenhuma outra informação que possibilitasse a investigação de seus currículos.

5.1.1 Ciência Hoje

Ao final de cada matéria, a *Ciência Hoje* apresenta o local de trabalho de cada autor, facilitando a busca por informações sobre suas formações acadêmicas, as quais estão expostas na tabela 2.

TABELA 2: Formação dos autores das matérias da *Ciência Hoje On-Line* escolhidas para a análise

Autor	Formação acadêmica
Roberto Lent ²³ .	Graduação em Medicina, mestrado em Ciências Biológicas e doutorado em Ciências Biológicas, todas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).
Adilson de Oliveira ²⁴ .	Graduação em Física, mestrado em Física e doutorado em Física, todas pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).
Marcelo Garcia ²⁵ .	Graduação em Comunicação Social pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Especialização em Comunicação e Saúde pelo Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde (Icict/Fiocruz).

Fonte: O autor

Podemos observar, a partir das informações sobre a formação dos profissionais da *Ciência Hoje*, que há compatibilidade entre suas formações e a informação veiculada nas matérias. No caso da matéria “A bomba atômica e o nascimento dos neurônios: controvérsia resolvida por meio de armas atômicas: não há neurogênese no córtex cerebral adulto”, por exemplo, de autoria de Roberto Lent (2006), podemos observar que sua formação na área de medicina e ciências biológicas ajudou na qualidade da matéria, tendo em vista que, o autor possui familiaridade com os jargões da medicina,

²³ Informações obtidas do currículo Lattes do professor Dr. Roberto Lent. Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4783576H5>. Acesso em: 06 de janeiro de 2017.

²⁴ Informações obtidas do currículo Lattes do professor Dr. Adilson de Oliveira. Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4791330U7>. Acesso em: 06 de janeiro de 2017.

²⁵ Informações obtidas da rede de perfis profissionais Liked in de Marcelo Garcia. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/marcelopgarcia?authType=name&authToken=lphJ>. Acesso em: 06 de janeiro de 2017.

possibilitando uma melhor tradução das informações contidas na pesquisa para os leitores.

Da mesma forma, na matéria “A equação e a bomba atômica: Adilson de Oliveira relembra os tristes episódios de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos este mês, e explica por que muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Einstein”, de autoria de Adilson de Oliveira (2015), percebe-se que a formação do autor em Física ajuda na obtenção da qualidade da matéria, na hora de traduzir os jargões restritos à Física para uma linguagem acessível para o público não especializado. Entretanto, consideramos aqui, que esse fator não se dá somente em virtude de sua formação, mas também em ter uma larga experiência em divulgação científica obtida através da organização de atividades de divulgação da ciência, tais como a revista eletrônica *Click Ciência*²⁶ e o blog *Por dentro da ciência*²⁷. Preocupando-se em atender à demanda de seu público leitor.

Em relação à matéria “O patinho feio e a aposta nuclear: desastre em Fukushima aumentou as dúvidas sobre o uso da energia nuclear, mas também serviu para revisão completa dos procedimentos de segurança no mundo. Palestra no Rio de Janeiro debateu mudanças e perspectivas sobre o tema”, de autoria de Marcelo Garcia (2013), observamos que a formação do autor, apesar de não ser de nenhuma área específica da ciência, mostra-se de grande importância, tendo em vista que a matéria não se propõe a explicar um conceito específico ou algum tema histórico pertinente à energia nuclear, mas a apresentar para o público as discussões realizadas sobre a segurança das instalações nucleares, realizadas durante o segundo seminário sobre energia nuclear que ocorreu no Rio de Janeiro em 2013. Portanto, para a divulgação das discussões do evento, a sua formação em comunicação mostra-se importante para a qualidade da divulgação.

5.1.2 Scientific American Brasil

No que diz respeito ao perfil dos autores que produziram as matérias da revista *Scientific American Brasil*, podemos observar que os autores das matérias são todos de origem americana, portanto, as matérias não possuem vínculo com instituições ou

²⁶ Disponível em: www.pordentrodaciencia.blogspot.com. Acesso em: 06 de março de 2017.

²⁷ Disponível em: <https://clickciencia.wordpress.com/>. Acesso em: 06 de março de 2017.

autores brasileiros. Dessa forma, a revista mantém a proposta de apresentar tanto as notícias que ocorrem no meio científico internacional, quanto as pesquisas que ocorrem no Brasil. As formações acadêmicas dos autores estão disponíveis na tabela 3.

TABELA 3: Formação dos autores das matérias da *Scientific American Brasil* escolhidas para a análise.

Autor	Formação Profissional
Paul Brown ²⁸ .	Jornalista ambiental.
John Matson ²⁹	Bacharel em matemática pela <i>Pomona College</i> e mestre em jornalismo pela <i>New York University</i> .
Katherine Ling ³⁰	Bacharel em Ciências Políticas e humanidades pela <i>Yale University</i> e mestre em Jornalismo pela <i>Northwestern University</i> .

Fonte: O autor

Na *Scientific American Brasil*, observamos que os profissionais possuem preferencialmente formação em jornalismo, especialmente mestrado na área. Entretanto, com preferências em divulgações de temas voltados a ciências. Por exemplo, o jornalista Paul Brown, autor da matéria “Nova alternativa nucleares? Pequenos reatores nucleares prometem reviver fortunas na indústria de energia nuclear” (BROWN, 20--), é jornalista da *Climates News Networks*, empresa que oferece gratuitamente notícias e comentários sobre mudanças climáticas para meios de comunicação, como também, já produziu livros sobre temas ambientais e roteiros para documentários³¹.

Em relação à jornalista Katherine Ling, autora da matéria “Energia Nuclear pode não ser solução para mudanças climáticas” (LING, 2008?), é possível perceber que, apesar de não possuir uma formação especializada em alguma área da ciência, a sua formação contribui na produção da matéria em foco, tendo em vista que ela não fala dos

²⁸ Informações obtidas no site do *Climate News Networks*. Disponível em: <http://climateneWSnetwork.net/person/paul-brown/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

²⁹ Informações obtidas da rede de perfis profissionais Linked in de John Matson. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/johnmatson79>. Acesso em: 06 de janeiro de 2017.

³⁰ Informações obtidas no site da *E&E News*. Disponível em: http://www.eenews.net/staff/Katherine_Ling. Acesso em: 06 de janeiro de 2017.

³¹ Informações obtidas no site do *Climate News Networks*. Disponível em: <http://climateneWSnetwork.net/person/paul-brown/>. Acesso em: 12 de janeiro de 2017.

conceitos pertinentes da ciência, mas das políticas que dificultam a construção de instalações nucleares para a produção de energia elétrica. A autora também apresenta indícios da formação autodidata sobre políticas de energia e temas envolvendo mudanças climáticas e energia nuclear.

A evidência da especialização no tema que foi abordado na matéria pode ser observada através da observação do histórico de artigos da *Scientific American*, produzidas pela jornalista, as quais podem ser encontradas pelo mecanismo de busca do site³², uma vez que é possível observar que os artigos produzidos por Ling possuem relação com o tema de produção de energia elétrica, energia nuclear e mudanças climáticas. Podemos aqui tomar como exemplo a especialização da jornalista para sustentarmos a ideia apresentada por Bueno (2008), quando afirma que o jornalista deve ter uma formação em jornalismo científico, mesmo que seja uma formação autodidata.

Já em relação ao repórter John Matson, autor da matéria “O que acontece em uma fusão nuclear: reatores da estação Daichii em Fukushima estão em estado crítico, mas não chegaram à condição de fusão plena” (MATSON, 2011), não vemos uma relação direta entre a sua formação em Matemática e as matérias que produziu, já que essas são, em sua maioria, sobre Astronomia e outros assuntos relacionados à Física. Novamente, vemos aqui indícios da formação autodidata que Bueno (2008) menciona.

Podemos evidenciar, portanto, que as matérias originárias do meio científico, como é o caso das pertencentes à *Ciência Hoje On-line*, contam com profissionais especializados nas áreas de cada matéria. Já a *Scientific American Brasil*, todos são jornalistas especializados em divulgação científica. Nesse sentido, os profissionais que produzem as matérias de ambas as revistas eletrônicas entram em conformidade com as palavras de Oliveira (2012), quando a pesquisadora afirma que para a produção de matérias, é necessário que o jornalista esteja familiarizado com procedimentos de pesquisas científicas, conhecimentos sobre história da ciência, política científica e tecnológica, atualização constante sobre os avanços da ciência e contato com a comunidade científica, conferindo-lhes uma argumentação de maior autoridade, além das técnicas de redação inerentes ao próprio jornalismo.

³² Aqui estamos falando da versão internacional e não da *Scientific American Brasil*, pois o mecanismo de busca da versão nacional do site não apresenta resultados de buscas.

5.1.3 Superinteressante

Seguimos com a nossa análise, dessa vez partindo para o perfil dos jornalistas que produziram as matérias que foram divulgadas no site da revista *Superinteressante*, conforme apresentado na tabela 4. De antemão, informamos que a revista mostra a predominância de profissionais na área da comunicação e a ausência da formação autodidata.

TABELA 4: Formação dos autores das matérias da Superinteressante escolhidas para a análise.

Autor	Formação profissional
Rodrigo Cavalcante ³³ .	Graduado em jornalismo pela Universidade de São Paulo (USP), especialista em jornalismo político pela Universidade de Navarra.
Celso Miranda ³⁴ .	Bacharel em comunicação social pela Universidade de São Paulo (USP), MBA – communication and Media Studies, pelo Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC/SP).
Alexandre Versignassi ³⁵ .	Graduado em Comunicação Social pela faculdade Casper Líbero.
José Francisco Botelho ³⁶ .	Graduado em Comunicação Social – Jornalismo, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e Mestre em Letras pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).
Eduardo Lima ³⁷ (BOTELHO; LIMA, 2015)	Bacharel em Comunicação Social pela Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo.

Fonte: O autor

Em relação aos jornalistas da *Superinteressante*, encontramos características semelhantes entre os três. Em primeiro lugar, todos possuem formação relacionadas à

³³ Informações obtidas no site de notícias “agenda a”. Disponível em: <http://agendaa.tnh1.com.br/redacao>. Acesso em 07 de janeiro de 2017.

³⁴ Informações obtidas no site de perfis profissionais *Liked in* de Celso Miranda. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/celso-de-miranda-a5454331>. Acesso em: 14 de janeiro de 2017.

³⁵ Informações obtidas no site de perfis profissionais *Liked in* de Alexandre Versignassi. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/alexandre-versignassi-aba433b>. Acesso em: 14 de janeiro de 2017.

³⁶ Informações obtidas do currículo *Lattes* do autor. Disponível em: <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4762721E5>. Acesso em 13 de janeiro de 2017.

³⁷ Informações obtidas do site de perfis profissionais *Liked in* de Eduardo Lima. Disponível em: <https://www.linkedin.com/in/eduardo-lima-00a06516>. Acesso em: 13 de janeiro de 2017.

comunicação de informações voltadas ao público, seja em jornalismo ou comunicação social. Um benefício dessa característica são as matérias de fácil leitura e com recursos textuais que mantêm a proximidade com o leitor. Outra característica marcante que foi possível perceber é que todos produzem matérias sobre temas diversos, seja sobre ciência, moda, história, entre outros, incitando-nos a questionar se é possível se especializar nessas áreas, para que se possam produzir as matérias com rigor e veracidade de informação. Talvez a necessidade dos jornalistas em ter que cobrirem diversos assuntos em áreas tão distintas esteja atrelado à característica comercial da revista. Entretanto, trabalhar com a divulgação de assuntos pertencentes a áreas distintas pode se mostrar prejudicial para a abordagem dos mesmos nas matérias, quando ressaltamos a pressão realizada sobre os autores das revistas para produzirem as matérias em um curto período de tempo. Ou seja, torna-se difícil a especialização em várias áreas em pouco espaço de tempo.

Dentre os quatro autores analisados, tomamos como exemplo o caso de Rodrigo Cavalcante. O autor da matéria “O vilão virou herói?” (CAVALCANTE, 2007b) também produz matérias sobre biologia, como por exemplo, a matéria “Qual a origem da vida na terra” (CAVALCANTE, 2007c), e sobre política, como é o caso da matéria “A democracia é um valor universal?” (CAVALCANTE, 2007d), entre outras matérias sobre entretenimento e outros temas, durante o intervalo entre 2006 e 2016. Refletimos aqui, sobre como um único jornalista poderá se aprofundar em diversas áreas nas quais produziu matérias, para poder construí-las com precisão de informação. Não seria mais viável a especialização em uma única área para que se pudesse realizar a cobertura minuciosa e rigorosa dos assuntos pertinentes a elas, evitando cair em simplificações que induzem a erros sobre o tema?

Em síntese, podemos afirmar que encontramos nos três sites das revistas três tipos diferentes de divulgadores da ciência, tomando como base as matérias que foram analisadas nessa pesquisa. O primeiro tipo, mais associado aos divulgadores da *Ciência Hoje On-Line*, é formado, em sua maioria, por profissionais pertencentes ao meio científico, sendo que os divulgadores são escolhidos, levando em consideração se a sua formação está de acordo com o tema da matéria. Podemos tomar esse tipo como exemplo para a discussão que foi realizada durante o segundo capítulo dessa dissertação, sobre a inserção dos profissionais no processo de divulgação dos conteúdos da ciência. Entretanto, vemos aqui, também, que o meio científico que está envolvido

nas matérias da *Ciência Hoje On-line* também possui formação, seja autodidata ou não, em divulgação científica. Dessa forma, não basta o cientista está inserido na divulgação, mas também deverá saber divulgar.

Um segundo tipo está associado aos divulgadores que produziram as matérias da *Scientific American Brasil*. Nesse tipo, as formações dos autores estão mais voltadas para a área de comunicação ou jornalismo, entretanto, diferente da *Superinteressante*, esses divulgadores possuem especialização, mesmo que autodidata, em alguns temas, que se propõem a divulgar, como é possível observar pelo histórico de publicações dos autores das matérias.

Já o terceiro tipo de divulgador da ciência, que possui estreita relação com a *Superinteressante*, é formado por divulgadores com formação, também, em comunicação ou jornalismo, entretanto suas atividades de produção de matérias são diversificadas em relação aos temas abordados, não se restringido apenas a temas de ciência, mas produzindo, também, matérias sobre política, entretenimento, história e outros assuntos. Essa versatilidade talvez seja decorrente da pressão exigida pelo aspecto comercial da revista.

Também é possível observar que tanto o perfil dos profissionais da *Scientific American* quanto os da *Superinteressante* vão ao encontro à defesa da afirmação de que o melhor profissional para divulgar a ciência são os profissionais da comunicação. Essa defesa pode ser vista no primeiro momento da afirmação de Albagli (1996), que repetiremos aqui,

Por um lado, há os que defendem que o jornalismo científico, por requerer um adequado manejo da linguagem jornalística, demandando assim habilidades específicas, deveria ser realizado exclusivamente por profissionais de comunicação, e não por cientistas. De outro lado, muitos cientistas são contrários a esse ponto de vista, por discordarem dos critérios utilizados por jornalistas na seleção de notícias e no tipo de abordagem de suas reportagens sobre ciência, critérios esses que seriam próprios à imprensa convencional (mas não à lógica científica), tais como senso de oportunidade, *timing*, impacto e interesse social (ALBAGLI, 1996, p. 400).

Entretanto, uma ideia oposta à que foi exibida no trecho inicial do apresentado acima, ou seja, o cientista como melhor profissional para se divulgar a ciência, parece estar de acordo com a imagem da *Ciência Hoje*. Logo, declaramos que tal imagem encontra-se, em um primeiro momento, errônea, tendo em vista que a qualidade da divulgação não está somente atrelada à formação profissional do divulgador em alguma área da ciência, apesar de que essa é um adicional importante para a qualidade da

divulgação, mas também à especialização dos profissionais do meio científico, mesmo que de forma autodidata, na área de divulgação científica. Assim, não é verdade que todo profissional do meio científico está apto para produzir um produto de divulgação científica de qualidade.

Por outro lado, também não se deve ignorar que a ausência da participação de profissionais do meio científico na construção das matérias da *Superinteressante* implique na redução da qualidade, pois como foi exposto por Oliveira (2012), o jornalista continua sendo parte do público não especializado. Portanto, necessita do envolvimento da comunidade científica para garantir a qualidade das matérias.

Em suma, o que podemos concluir disso é que ambas as classes de profissionais necessitam um do outro para a manutenção da divulgação científica, pois os cientistas compreendem os conceitos pertinentes à ciência, enquanto os jornalistas possuem os conhecimentos em comunicação necessários para tornar esses conceitos acessíveis para a população leiga.

5.2 Análises das matérias

Partimos agora para a análise das matérias, que foram analisadas em tópicos, segundo os critérios estabelecidos durante o quarto capítulo dessa dissertação e não na íntegra. Neles, apontaremos os resultados obtidos em cada matéria, conforme demonstrado, nas subseções subsequentes.

5.2.1 Fontes utilizadas na matéria

Nesta subseção, apresentamos a análise de como as fontes e citações são utilizadas para atribuírem valor ao conteúdo apresentado nas matérias. Tomamos como definição de fonte qualquer citação de pesquisadores ou autores de publicações, menções a informações de pesquisas e de instituições e referências bibliográficas.

As primeiras matérias analisadas são de autoria da revista *Galileu*, sendo elas: “Como funciona as usinas nucleares?”, de Saldanha (2014); e “O que acontece em uma explosão nuclear?”, de Tanji (2015). A primeira matéria não utiliza nenhuma fonte ou citações como recurso para atribuir veracidade ao texto, tendo todo o conteúdo

apresentado sido explicado pelo o próprio autor. Na ausência da utilização de fontes, algumas informações, tais como a origem da porcentagem em: “A diferença dessa tecnologia, que abastece quase 14% da população mundial” (SALDANHA, 2014) carecem de uma explicação mais detalhada.

Em relação ao exemplo acima, não estamos criticando a ausência de normas tais como as sugeridas pela a ABNT. Pois, como bem salienta Vieira (2004), citações bibliográficas do tipo (Science 43 (6543): 53, 1992) não significa nada para o leitor. Entretanto, como garantir se esse dado é confiável ou uma invenção da matéria somente para satisfazer a necessidade de construção de uma matéria plausível? Esse é um dos motivos para que as fontes sejam um recurso imprescindível para a produção dos artigos.

Já na matéria de Tanji (2015), durante o segundo parágrafo, uma citação utiliza a fala de um profissional na área, recurso que, costumeiramente, é utilizado para aumentar a veracidade do que está sendo apresentado pela matéria. Porém, no caso dessa matéria da *Galileu*, foi inserida para responder a pergunta que a matéria propôs, não necessitando que o redator explique com as suas próprias palavras, conforme podemos comprovar no trecho a seguir,

“Qualquer explosão provoca um deslocamento de material e o aquecimento do meio devido à geração de ondas de pressão de grande energia”, afirma Ítalo Curcio, professor de física nuclear da Universidade Presbiteriana Mackenzie. “No caso de uma explosão nuclear, a energia produzida é tão alta que a temperatura se eleva a milhares de graus Celsius, a ponto de fundir e até fazer evaporarem os materiais existentes na região afetada.” Em Hiroshima, a explosão aconteceu após uma reação em cadeia localizada no interior da bomba, que gerou uma altíssima quantidade de energia liberada após a divisão de prótons e nêutrons de átomos de urânio. (TANJI, 2015, grifo nosso).

O mesmo ocorre no terceiro parágrafo da matéria, onde Tanji (2015) utiliza a fala do especialista para falar do efeito da radioatividade,

“Há também o efeito da radioatividade, por conta da quantidade de material lançado na região da explosão”, diz Curcio. A destruição em solo japonês, no entanto, foi pequeno se comparado às armas desenvolvidas nas décadas seguintes. Em 1961, a União Soviética realizou um teste com a Tsar, bomba de hidrogênio com poder de destruição dez vezes superior ao de todos os explosivos convencionais utilizados na Segunda Guerra Mundial (TANJI, 2015, grifo nosso).

Como salientamos nas duas citações anteriores, a fala do professor de Física Ítalo Curcio possui a função de responder a pergunta sugerida pela matéria, e se juntarmos as três citações destacadas, podemos construir a resposta, sendo ela:

“Qualquer explosão provoca um deslocamento de material e o aquecimento do meio devido à geração de ondas de pressão de grande energia... No caso de uma explosão nuclear, a energia produzida é tão alta que a temperatura se eleva a milhares de graus Celsius, a ponto de fundir e até fazer evaporarem os materiais existentes na região afetada... Há também o efeito da radioatividade, por conta da quantidade de material lançado na região da explosão” (TANJI, 2015, grifo nosso).

Se por um lado, o profissional do meio científico explica o conteúdo científico presente na matéria, o jornalista se propõe a apenas ligar as respostas através de exemplos, como as bombas que atingiram Hiroshima e Nagasaki durante o final da Segunda Guerra Mundial e a bomba nuclear soviética.

A utilização da fala de um especialista sob essa perspectiva possui um aspecto negativo, pois, em alguns casos, se faz necessário a explicação do que o profissional falou devido a sua linguagem manter os jargões que a tornam inacessível para o entendimento do público não especializado. No exemplo anterior, podemos observar a complexidade na fala do cientista quando é utilizado o jargão “geração de ondas de pressão de grande energia”, termo específico da ciência, para explicar o que ocorre em uma explosão nuclear.

Partimos agora para as observações sobre esse critério nas matérias da *Superinteressante*. As matérias analisadas são “Bombas atômicas”, de Botelho e Lima (2015); “Primavera atômica”, de Miranda (2009); “Como funciona a bomba atômica”, de Versignassi (2006); e “O vilão virou Herói”, de Cavalcante (2007b). Como aspecto geral, observamos que todas as matérias dessa revista, exceto a matéria de Versignassi (2006), utilizam-se de fontes, seja para dar veracidade para as informações apresentadas nos artigos ou para exibir as opiniões dos especialistas sobre o assunto abordado.

Iniciando pela publicação de Botelho e Lima (2015), não foram utilizadas referências bibliográficas ou dados retirados de pesquisas para atribuir veracidade ao que está sendo apresentado na matéria. Porém, em dois momentos são utilizadas falas de cientistas. No primeiro, ao qual é apresentado Oppenheimer, temos a citação do trecho do livro hindu *Bhagavad Gita* que foi mencionado pelo cientista durante o teste *Trinity*: “E então, Tornei-me a morte, o destruidor de mundos” (OPPENHEIMER, 19--, apud BOTELHO; LIMA, 2015), trecho esse que foi mencionado na ocasião do teste da primeira bomba atômica, conhecida como *Trinity Test*. Essa citação foi utilizada pela matéria para reforçar a imagem do arrependimento dos cientistas envolvidos na empreitada da construção das bombas atômicas. E, após esse trecho, a matéria especula sobre a bomba ser uma ameaça para a humanidade.

No segundo momento, sobre a situação das armas nucleares pelo mundo, é utilizada a fala do Físico Luis Carlos de Menezes da Sociedade Brasileira de Física, afirma que “A eliminação completa dos arsenais parece ser um objetivo utópico” (2015, apud. BOTELHO; LIMA, 2015)³⁸. A função dessa fala é restritamente opinativa, apresentando a visão do cientista sobre a situação dos arsenais nucleares. A fala é complementada com o trecho “Mas essa deveria ser uma das grandes metas da humanidade para o século 21” (MENEZES, 2015, Apud. BOTELHO; LIMA, 2015). Trecho esse de característica também opinativa.

Também é ressaltado como nota de rodapé da matéria, que Israel e Coreia do Norte não confirmam nem negam a posse de armas nucleares, sendo essa informação retirada do *Bulletin of the atomic Scientists* e do *International Crisis Group (ICG)*. Ou seja, algumas informações adicionais são apresentadas ao leitor através da nota de rodapé, utilizando-se de informação vindas de instituições que trabalham com o tema. Podemos perceber, portanto, que no caso dessa matéria, a sua preferência é utilizar a fala de especialistas como o principal recurso para as referências, enquanto dados de instituições ocupam uma posição secundária.

Já na matéria de Miranda (2009), os dados de instituições passam a ser apresentados no texto principal da matéria, em vez de ocuparem as margens do artigo, como notas de rodapé, *boxes*, infográficos ou tabelas. Por exemplo, há a citação de dados da UNESCO sobre o número de cientistas e engenheiros empregados no mundo da década de 1980, como é possível ver a seguir.

Até 1910, se somássemos todos os físicos e químicos alemães e britânicos não chegaríamos a 10 mil pessoas. No final da década de 1980, o número de cientistas e engenheiros empregados no mundo era de 5 milhões, dos quais 1 milhão trabalhavam nos EUA, 1,2 milhões na Europa, e perto de 1,5 milhão na União Soviética, segundo dados da Unesco (MIRANDA, 2009).

Entretanto, se por um lado, o uso dessa citação traz dados para a matéria, por outro, tais informações parecem ser de pouco valor para a narrativa que está sendo construída. Esse parágrafo é uma abertura para o tópico intitulado “Físicos e Poetas” e, ao passar para o segundo, não é criada uma sequência lógica que aproveite as informações apresentadas no primeiro parágrafo. Dessa forma, essa citação não cumpre

³⁸ O apudismo presente nesse tópico ocorre devido a necessidade de observarmos a função que as citações possuem quando estão inseridas nas matérias, não necessitando a busca das fontes originais das informações. Logo, os apuds não interferem na discussão que ocorre nesse capítulo.

a sua função de apresentar informações pertinentes para a construção dos argumentos a serem apresentados na matéria.

A matéria de Miranda (2009) também utiliza falas de pesquisadores como fontes. Em um primeiro caso, foi utilizado o comentário do autor Richard Evans que está presente no seu livro *In Hitler's Shadow* (EVANS, 1989, apud MIRANDA, 2009), em que a fala do autor possui uma função opinativa, apresentando a opinião do mesmo sobre o fato de que a concentração de recursos podia resolver qualquer problema tecnológico num curto espaço de tempo e que a finalidade bélica ou o prestígio nacional que ela proporciona pode trazer estímulo para o pioneirismo científico e o financiamento para pesquisas.

Já a segunda fala do mesmo autor, na qual ele explica que a Alemanha não quis ou não pode dedicar recursos necessários para a produção da bomba, optando por concentrar os custos para os foguetes, que prometiam retorno mais rápido (EVANS, 1989, apud MIRANDA, 2009), possui uma função explicativa, mas o autor da matéria não realiza, nem antes nem depois, nenhum comentário que possa conectar o conteúdo da citação realizada com o conteúdo da matéria.

A terceira vez que a fala de um pesquisador é utilizada no texto, foi a do poeta inglês John Keats, com a frase “Beleza é verdade, verdade é beleza” (1819, apud MIRANDA, 2009), a qual foi mencionada na matéria, para se referir à diversidade de partículas descobertas pela física atômica. Nesse sentido, a frase de Keats foi utilizada para assumir a opinião do autor da matéria sobre a beleza da teoria que possibilitava a abrangência da diversidade de partícula subatômica e suas interações.

Em uma quarta utilização da fala de um pesquisador, dessa vez do físico alemão e também nacionalizado britânico durante a guerra, Klaus Fuchs teve sua fala utilizada para exibir sua opinião sobre ter entregado informações militares relacionadas à bomba atômica para os soviéticos, tornando, portanto, a função opinativa. A fala do cientista pode ser observada a seguir,

“Eu acreditava que aquelas informações iriam contribuir de alguma forma para equilibrar o combate na Europa. Afinal, naquele momento, o inimigo comum era o fascismo que ameaçava a segurança global”, disse Klaus Fuchs, quase 10 anos mais tarde, durante seu julgamento, no qual foi condenado por traição.

No final de 1943, Fuchs foi para a Universidade Colúmbia, em Nova York, nos EUA, onde passou a fazer parte da equipe do Projeto Manhattan... (MIRANDA, 2009, grifo nosso).

Como pode ser observado, além de defender a sua opinião, a fala de Fuchs também exime o autor da matéria de dar uma explicação sobre a decisão da personagem, possibilitando que possa dar continuidade no andamento da matéria, partindo para a explicação sobre como Fuchs foi parar em *Los Alamos* e o que fazia lá. Dessa forma, o autor da matéria apresenta a fala da personagem, mas não há nenhum comentário sobre o conteúdo da fala. Ou seja, a fala da personagem toma o papel de dar continuidade à narrativa do jornalista.

A última utilização desse recurso foi a fala do físico americano Theodore Hall, acusado de espionagem atômica para a União Soviética, argumentando que ele só entregou as informações para os russos para evitar o monopólio nuclear. O personagem continua em outra citação na matéria, afirmando que era o certo a ser feito, dessa forma quebraria a exclusividade americana através do equilíbrio (MIRANDA, 2009). Nesse sentido, a fala da personagem atinge a função opinativa. Igualmente ao exemplo anterior, todas as falas, citadas nesta matéria, dão continuidade à narrativa do autor, sem que haja uma discussão sobre os seus significados.

Enquanto na matéria de Cavalcante (2007b), as fontes alcançam diversas funções, entre elas, explicar um assunto, apresentar a opinião de autores, como também apresentar argumentos, em alguns casos, como também foi observado na matéria de Miranda (2009), o autor não utilizou comentários para introduzir as informações contidas nas fontes, impossibilitando um maior acréscimo de significado para a matéria. A seguir, exemplificamos, com trechos da matéria, as funções encontradas e a quebra de raciocínio, ao introduzir o conteúdo obtido por uma fonte.

É possível percebermos a função explicativa no momento em que o artigo passa a discutir sobre a preocupação de se utilizar as instalações nucleares para produção de armas. Nesse ponto, a matéria passa a utilizar a fala de uma autoridade especializada no tema para explicar que as instalações devem está abertas para inspeção. Podemos ver isso no trecho a seguir:

Por trás desse tipo de preocupação, há sempre o medo de que instalações nucleares para a produção de energia venham a ser usadas para a produção de bombas. Mas não é difícil para os inspetores internacionais saberem se, de fato, uma instalação nuclear será usada para energia ou para armas. “*O problema não é os países terem reatores nucleares, mas o de não estarem abertos para inspeções que garantem que essa é a finalidade única de seus programas atômicos*”, diz Odair, da Comissão Nacional de Energia Nuclear. “*Se o objetivo for o de apenas produzir energia, os países podem, por exemplo, deixar que o enriquecimento do urânio fosse feito em outro país.*” (CAVALCANTE, 2007b, grifo nosso).

Podemos observar também que durante a passagem do texto do jornalista para a fala do especialista, nenhuma introdução é feita para afirmar que a explicação da autoridade está relacionada com a afirmação feita anteriormente pelo autor da matéria, sendo ela “mas não é difícil para os inspetores internacionais saberem se, de fato, uma instalação nuclear será usada para energia ou para arma” (CAVALCANTE, 2007b). Produzindo, assim, uma interrupção do argumento produzido pelo texto, como também evidenciando, mais uma vez, a característica de que a citação está ali apenas para dar continuidade à matéria e não para lançar um novo argumento que será discutido pelo autor.

Outra função utilizada pela matéria é a opinativa, em que a opinião dos autores das fontes é utilizada como recurso para atribuir valor a mesma. Um exemplo dessa função, é utilizada ao apresentar a opinião de uma autoridade da instituição *Greenpeace* ao falar da discussão que rodeia a escolha entre fontes de energias renováveis e a energia atômica, como pode ser observado na citação abaixo,

Mas ainda resta a pergunta: por que não investir em fontes de energia renováveis, como a energia solar, eólica e hidráulica, que não emitem carbono nem produzem lixo radioativo? Essa é a grande questão para o Greenpeace, todo o discurso em prol do renascimento atômico não passa de oportunismo do setor para lucrar com o medo em torno do aquecimento global. “*Mudar o modelo baseado em combustíveis fósseis para um modelo nuclear é trocar um grande problema por outro grande problema*”, diz Rebeca Lerer, coordenadora da Campanha de Energia do Greenpeace no Brasil. “*O movimento de retorno à energia nuclear vai na contramão da história, tanto no resto do mundo quanto, principalmente, no Brasil, que conta com muitas outras fontes alternativas limpas.*” (CAVALCANTE, 2007b, grifo nosso).

No trecho acima, podemos observar que a fala citada, pertencente a coordenadora do *Greenpeace*, apresentando a sua posição sobre a tomada das instalações nucleares como meio para produção de energia elétrica, por ser uma opinião pessoal, não retrata a posição de uma comunidade mais ampla, talvez, apenas represente a opinião da instituição na qual trabalha, seja de cientistas ou dos responsáveis pelas políticas de energia, e, por isso, se enquadra em uma função opinativa. Entretanto, essa citação indiretamente possui outro intuito, que é o de exibir que há opiniões divergentes da afirmativa de que as usinas nucleares devem ser aceitas de bom grado como meio para produção de energia elétrica.

Um terceiro modo, no qual as fontes são utilizadas, é a função argumentativa, que pode ser observada nos seguintes trechos das falas de Marcos Aurélio dos Santos,

do programa de planejamento energético da UFRJ, contido na matéria, “O potencial de energia hidroelétrica do sul está quase esgotado” (2007, apud. CAVALCANTE, 2007b) e “Mais da metade do potencial do país está na Amazônia, região que deve ser a mais afetada com o aquecimento da terra” (SANTOS, 2007, apud. CAVALCANTE, 2007b). Podemos observar que a fala da autoridade no assunto é utilizada para apresentar um argumento em relação ao tema trabalhado.

Essa função também é vista não somente através de fonte advindas na fala de autoridades do assunto, como também da apresentação de dados provenientes de instituições que trabalham com o tema e que passam a ocupar posição de destaque no texto principal da matéria. Como exemplo, podemos observar as seguintes citações, “O Ministério de Minas e Energia prevê que, em 23 anos, a população do Brasil vá para 238 milhões de habitantes, e que cada um deles consuma o dobro de energia, triplicando a eletricidade que o país precisa” (CAVALCANTE, 2007b). Nesse sentido, a matéria utiliza-se dos dados obtidos da instituição para argumentar sobre a necessidade de se preocupar com a produção de energia elétrica, mesmo que o país possua um dos maiores potenciais hidroelétricos do mundo.

Já a matéria de Versignassi (2006) não utiliza fontes ou citações. Observamos que a *Superinteressante* utiliza as fontes para atingir diversas finalidades, seja para apresentar a opinião dos autores das citações, como também, explicar e apresentar argumentos. Outro ponto que merece destaque é a diversidade da origem das fontes, a revista não utiliza apenas citações advindas de falas de especialistas, mas também, trechos de livros de dados adquiridos de instituições.

Quanto às fontes e citações contidas na *Ciência Hoje On-Line* “A bomba atômica e o nascimento dos neurônios: controvérsia resolvida por meio de armas atômicas: não há neurogênese no córtex cerebral adulto”, de Lent (2006); “A equação e a bomba atômica: Adilson de Oliveira relembra os tristes episódios de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos este mês, e explica por que muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Einstein”, de Oliveira (2015); e a matéria “O patinho feio e a aposta nuclear: desastre em Fukushima aumentou as dúvidas sobre o uso da energia nuclear, mas também serviu para revisão completa dos procedimentos de segurança no mundo. Palestra no Rio de Janeiro debateu mudanças e perspectivas sobre o tema”, de Garcia (2013), analisá-las-emos, em sequência.

Partimos, primeiramente, para a matéria de Lent (2006) que se propõe a divulgar o resultado de uma pesquisa realizada sobre a existência de neurogênese no córtex cerebral de pessoas adultas, utilizando como recurso a radiação emitida na atmosfera durante os testes nucleares que ocorreram entre os anos de 1955 e 1963. Essa matéria utiliza as citações para atender a função opinativa e explicativa, sendo que a primeira apenas uma citação a satisfaz, enquanto todas as demais atendem à segunda função.

Para a função opinativa, observamos a citação dos seguintes versos do poema “A bomba”, de Carlos Drummond de Andrade, “A bomba é o produto quintessente de um laboratório falido. A bomba envenena as crianças antes que comecem a nascer. A bomba é um cisco no olho da vida, e não sai. A bomba pondera com olho neocrítico o Prêmio Nobel” (1962, Apud. Lent, 2006), para exibir a opinião do poeta sobre a arma. Essa citação foi utilizada por Lent como um artifício para criar a introdução da matéria, cunhando um contraponto dos aspectos negativos da bomba atômica e a nova finalidade encontrada para o benefício, a favor da humanidade para os efeitos que a arma deixou, introduzindo o assunto da pesquisa. A radiação deixada pelos testes nucleares durante a Guerra Fria foi utilizada para resolver uma controvérsia científica, a existência de neurogênese no córtex cerebral adulto.

A matéria de Lent (2006) exibe a pesquisa através de estruturas bem delimitadas, apresentando uma introdução, a problemática, a pergunta da pesquisa que está sendo realizada, a cobertura, os conceitos necessários para que o leitor não especializado possa compreender o que está lendo, a metodologia, os resultados e as possibilidades de como os resultados poderão ajudar nas futuras pesquisas. Para alcançar essa estrutura, a matéria utiliza-se de citações indiretas, no intuito de explicar as informações necessárias da pesquisa à compreensão do leitor.

A primeira explicação é adaptada de uma fonte dos próprios autores da pesquisa, como podemos observá-la no trecho a seguir, “Os átomos de carbono (14C) se incorporam ao DNA dos novos neurônios quando estes nascem, proporcionalmente à sua concentração na atmosfera. Modificado de Au e Fishell (2006) *Nature Neuroscience*, vol.9, pp. 1086- 1088”³⁹ (LENT, 2006). Podemos observar, no uso de explicações tiradas de fontes, que a linguagem não é utilizada tal qual a apresentada nos artigos científicos, o que poderia dificultar o entendimento do leitor não especializado, devido os jargões próprios do meio científico, mas que a explicação foi adaptada para

³⁹ Esta citação não faz parte das referências bibliográficas dessa dissertação, pois é referente a citação realizada por Lent (2006) da pesquisa de Au e Fishell (2006).

garantir a compreensão dos leitores, a prova dessa “tradução” está no termo “Modificado” que precede a citação do artigo da pesquisa.

A matéria de Lent (2006) também fornece sugestões de leitura para que o leitor da matéria possa se aprofundar na pesquisa, entre elas estão os artigos, onde foi publicada originalmente a pesquisa e que foram citados no texto, sendo eles: *Retrospective birthdating of cells in humans* da revista *Cell*, *Neocortical neurogenesis in humans is restricted to development* da revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* e o artigo *Adult cortical neurogenesis: nuanced, negligible or nonexistent?* da revista *Nature Neuroscience*.

A segunda matéria analisada, a de Oliveira (2015), trata, como sugere o subtítulo, de uma explicação sobre a relação entre a equação de equivalência $E=mc^2$ de Einstein e a reação, que ocorrem nas bombas atômicas. O artigo apresenta citações para atender a função opinativa, além de utilizar indicações de outras matérias da *Ciência Hoje On-Line* para leitura.

Dessa forma, como nas matérias anteriores, passamos para verificar a função opinativa na matéria. Essa função pode ser vista, quando a citação de Albert Einstein, “Cometi o maior erro da minha vida quando assinei a carta ao presidente Roosevelt recomendando que fossem construídas bombas atômicas” (19--, apud. OLIVEIRA, 2015), é utilizada no texto para apresentar a opinião do cientista sobre a sua própria ação. Essa citação também é utilizada para enfatizar a afirmação realizada pela matéria de que Einstein era pacifista.

A matéria também faz menção a outro artigo da própria revista, indicando-a para que o leitor possa lê-la e se aprofundar no assunto. De uma forma análoga, entretanto, menos direta, há também a menção de artigos de Albert Einstein, “Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimentos”, de 1905, e “O movimento de um corpo depende do seu conteúdo energético?” do mesmo ano. Porém, esses dois se caracterizam melhor no critério de análise sobre recursos facilitadores.

Enquanto a matéria de Garcia (2013), a última da *Ciência Hoje On-Line*, possui o objetivo de discutir o destino das usinas nucleares após o acidente na central nuclear Fukushima-Daiichi, no Japão, no dia 11 de março de 2011, inviabilizando quatro de seus reatores. Observamos que ela utiliza-se de citações para atender às funções opinativas, argumentativa e explicativa. A matéria também utiliza uma grande

quantidade de link's para indicar matérias, do mesmo ou de outros sites, sobre o tema, sendo um total de oito link's distribuídos em 14 parágrafos.

A partir do tópico “(In)segurança em Angra”, que pretende falar sobre a segurança da instalação nuclear de Angra dos Reis, no Brasil, as citações das matérias de Garcia (2013) passam a ser organizadas para criar uma discussão entre os autores. Dessa forma, a matéria, apresenta uma citação em defesa das usinas e logo, em seguida, outra contra. Podemos ver isso na sequência, a seguir:

...As maiores ameaças são os deslizamentos e as chuvas da região. “Revimos procedimentos e redimensionamos margens de segurança relacionadas a inundações, desmoronamentos, incêndios, ondas e até tornados”, contou Carneiro... Mesmo assim, muitos participantes do evento levantaram uma questão polêmica no plano de segurança: os procedimentos de evacuação da região. “O plano de emergência é uma abstração. Por exemplo, os deslizamentos frequentes de encostas cortam as rotas de fuga, como a BR 101”, avaliou o engenheiro agrônomo José Rafael Ribeiro, conselheiro da Sociedade Angrense de Proteção Ecológica. “Além disso, ele se concentra principalmente numa área de 5km ao redor da usina, boa parte da população não é contemplada. Em síntese, o plano é acreditar que aquilo ali nunca vai vazar.” (GARCIA, 2013, grifo nosso).

Podemos perceber que ao mesmo tempo em que a primeira citação apresenta um ponto que favorece a instalação de Angra dos Reis, a fala do autor também satisfaz a função argumentativa, em que a fala do especialista foi utilizada para sobrepor a informação que foi apresentada anteriormente, a de que a maior ameaça que Angra sofre é o de deslizamento e as chuvas da região.

Da mesma forma, a fala do engenheiro agrônomo José Rafael Ribeiro apresenta tanto a função argumentativa, pois expõe argumentos que defendem a inviabilidade do plano de emergência de Angra, quanto a função opinativa, pois, na sua perspectiva, o plano pode ser comparado em acreditar que um problema nunca irá acontecer. Essas duas citações demonstram bem a caracterização das fontes utilizadas na matéria e um terceiro exemplo pode ser utilizado para mostrarmos a função explicativa.

Essa terceira função que também está presente nas citações das matérias pode ser facilmente exemplificada através do trecho a seguir, onde são salientadas as qualidades das instalações da usina termonuclear de Angra dos Reis.

Martinez reforçou a confiança na segurança de Angra dos Reis. “Os reatores brasileiros são mais protegidos em caso de vazamento do núcleo, com equipamentos de segurança e piscinas de combustível em áreas menos suscetíveis”. Avaliou. “Além disso, a usina localiza-se numa área de baixa sismicidade e dentro de uma baía, protegida das grandes ondas.” (GARCIA, 2013, grifo nosso).

Ao utilizar a explicação do especialista sobre os pontos positivos que a usina possui em relação à segurança, a matéria de Garcia (2013) também enfatiza que a instalação corre menos riscos do que as demais instalações nucleares, pressupondo que ela diminuirá a preocupação da população em ter uma usina termonuclear na proximidades de suas moradias.

Partindo do que observamos em relação às fontes na *Ciência Hoje On-Line*, temos que as matérias da revista utilizam as citações para apresentar argumentações de ideias, opiniões de autoridades e explicações de assuntos. Observamos, também, que a revista costuma indicar outras matérias para os leitores, seja através de links ou no final do texto e que os autores optam por utilizarem como referências para suas matérias, preferencialmente, a fala de autoridades e artigos de pesquisas. Podemos ver isso como um indício de que o contato entre o autor e a fonte de informações para a produção das matérias são os artigos de comunicação científica e os próprios pesquisadores na área.

Partimos, agora, para a análise das fontes das matérias do site da revista *Scientific American Brasil*. Os artigos escolhidos foram: “Nova alternativa nuclear?...”, de Brown (20--); “O que ocorre durante uma fusão nuclear...”, de Matson (2011); e “Energia nuclear pode não ser solução para mudanças climáticas...”, de Ling (2008?).

A matéria de Brown (20--) discute sobre a nova tecnologia de reatores modulares pequenos para a produção de energia elétrica, sendo essa uma opção que pode substituir as instalações nucleares maiores. O artigo não apresenta grandes quantidades de citações, sendo observada apenas uma única menção a estimativas obtidas de uma instituição que trabalha no ramo de energia nuclear, a Associação Nuclear Mundial. A citação observada era de que essa instituição estimou que, até 2030, pudesse haver até 96 SMRs (*Small Modular Reactors*) em funcionamento (Brown, 20--). Após a citação, a matéria parte para discutir sobre os planos dos Estados Unidos em relação à produção de energia, concluindo a matéria.

Seguindo o mesmo estilo, a matéria de Matson (2011) explica como ocorre a fusão nuclear,⁴⁰ através do acidente dos reatores da estação *Daiichi*, em Fukushima no Japão. Essa matéria também apresenta uma única citação para elencar o *ranking* dos maiores produtores de energia nuclear, dados obtidos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A citação tem como utilidade completar a explicação da

⁴⁰ A fusão nuclear citada na matéria não é referente ao processo nuclear, mas ao derretimento das varetas de combustível utilizadas nos reatores.

pergunta proposta pelo autor, “Quanta eletricidade é produzida no Japão e em outros lugares pelas usinas?” (MATSON, 2011), adquirindo, assim, a função explicativa.

Já a matéria de Ling (2008?), que observa que as usinas nucleares não podem ser construídas a tempo de contribuírem para sanar o problema do aquecimento global, utiliza mais citações do que as duas anteriores. Entretanto, isso é decorrente do fato de que a matéria se baseia em divulgar as conclusões obtidas pelo relatório da *Carnegie Endowment for International Peace* que, segundo o site da instituição, se define como uma rede global de centros de pesquisas que objetiva o avanço da causa da paz, através da análise e desenvolvimento de novas ideias políticas e envolvimento direto e colaboração com os tomadores de decisões do governo, empresas e sociedade civil (CARNEGIE ENDOWMENT FOR INTERNATIONAL PEACE, 2017) e o relatório *World Energy Outlook 2008*, da Agência Internacional de Energia.

Podemos observar no seguinte trecho do documento da *Carnegie Endowment for international Peace* citado pela matéria de Ling, “Se não ocorrerem mudanças consideráveis nas políticas governamentais e sem apoio financeiro significativo, é provável que a energia nuclear corresponda a uma porcentagem ainda menor da produção da energia mundial” (2008, apud LING, 2008?), possui a função argumentativa, mostrando a conclusão documento sobre o assunto que abordou, entretanto essa argumentação restringe-se apenas a própria citação, não sendo utilizada para a defesa de alguma opinião da autora.

Quais observações podemos tirar da *Scientific American Brasil* em relação às citações? Diferente da *Superinteressante* e da *Ciência Hoje On-Line*, a *Scientific American Brasil* não utiliza uma grande quantidade de fontes ou citações. Duas das matérias utilizaram apenas uma citação cada, enquanto a terceira utiliza mais citações vindas de documentos fornecidos por instituições. Podemos observar, também, que a preferência das matérias é por apresentar citações vindas de documentos e instituições envolvidas com investigação sobre a energia nuclear.

Podemos concluir, portanto, que, apesar de uma única matéria da *Galileu* ter usado citações, ela utiliza para explicar termos científicos, enquanto a fala do autor conecta as citações, através de exemplos. Já na *Superinteressante*, é mantida a diversidade no uso das fontes, seja pela fala de cientistas, livros ou dados obtidos de instituições, entretanto, há a preferência pela citação da fala de cientistas, as quais assumem o papel de dar continuidade à narrativa apresentada pelo o autor da matéria em

vez de haver uma discussão sobre o que foi citado. As matérias da revista também utilizam-se das citações para atender diversas funções no texto, seja explicativa, argumentativa ou opinativa.

A *Ciência Hoje On-Line* utiliza-se de citações de artigos de comunicação científica e falas de especialistas, além de indicar matérias de divulgação científica do próprio site, como também de outros. Em relação à matéria de Lent (2006), há também a indicação de artigos científicos para que o leitor possa se aprofundar no assunto. As funções exercidas pelas citações variam entre a argumentativa, explicativa e a opinativa. Quanto à *Scientific American Brasil*, a preferência das matérias foram por citar dados e documentos vindos de instituições que desenvolvem investigações sobre energia nuclear. E as mesmas citações são utilizadas para desenvolver argumentações sobre o assunto.

Com exceção das pertencentes à *Galileu* e a matéria de Versignassi (2006), todas as matérias contradizem o comentário de Stocking (2005), quando o autor conclui que a maioria dos jornalistas utiliza-se de uma única fonte para escrever suas reportagens. O que nos faz ponderar que o problema não está dirigido para a quantidade de fontes, mas para como elas estão sendo utilizadas nas matérias.

5.2.2 Preferências ao resultado ou ao processo

Iniciamos o segundo critério de análise dessa investigação. Observamos como as matérias apresentam a informação sob a perspectiva investigativa se elas privilegiam apenas os resultados dos eventos que pretendem cobrir ou se também apresentam o processo que levaram a tais resultados. É, nesse critério, que observamos o surgimento de incentivos a ideias como “o cientista pai de uma invenção” ou do cientista que trabalha sozinho sem a ajuda dos demais, pois normalmente apresentam as descobertas associadas a um único cientista, sem levar em consideração os demais que também participaram do processo, contribuindo, assim, para a imagem de uma ciência “fantástica”.

Vamos, portanto, para as matérias da *Galileu*. Tanto o artigo de Tanji (2015), quanto o de Saldanha (2014) são artigos pequenos, o primeiro possui três parágrafos, enquanto o segundo possui dois, e, portanto, não há muito espaço para o desenvolvimento mais aprofundado do que pressupomos que seria necessário para que a

divulgação do conhecimento científico, na matéria realizada, fosse de uma maior qualidade. Ao analisarmos ambas as matérias, talvez devido ao pouco espaço disponível, apenas os resultados necessários para responder os questionamentos propostos pelas matérias são apresentados, não sendo divulgados os processos que levam a tais resultados, sejam processos históricos, sociais ou de características técnicas. A ausência desses processos tem justificativa semelhante ao que podem ser visto em outras matérias, como as de Versignassi (2006), Oliveira (2015) e Garcia (2013) e, portanto, explicaremos os motivos, durante as análises dessas matérias.

Partimos para a primeira matéria da *Superinteressante*, a de Botelho e Lima (2015). Podemos observar, nesse artigo, a apresentação do resumo que possui como objetivo realizar a abertura da matéria, atraindo o leitor para continuar a leitura do resto do texto. Entretanto, nessa tentativa de exibir, através do resumo, diversas conclusões, não é levado em consideração os processos que levaram às respostas. Um exemplo disso pode ser visto logo no início da matéria que é iniciada com um resumo da busca pela produção de bomba nuclear, durante o período da Segunda Guerra, delimitando o erro cometido, quem cometeu, quando ocorreu e a consequência decorrente. Observamos isso, no trecho a seguir:

Erro – Usar uma energia potencialmente benéfica para o desenvolvimento de armas de destruição e, assim, dar início a uma corrida armamentista.
 Quem – Cientistas a serviço dos EUA e da Alemanha nazista.
 Quando – Entre 1938 e 1945.
 Consequência – As bombas de Hiroshima e Nagasaki mataram instantaneamente cerca de 220 mil pessoas e inauguraram a era dos arsenais nucleares (BOTELHO; LIMA, 2015).

Pressupomos que se tal resumo apresenta conclusões prévias, por um lado, possui a vantagem de atrair o leitor para a leitura do resto da matéria, mostrando o que será encontrado no seu corpo e incentivando-o a buscar mais sobre a história da corrida nuclear durante a Segunda Guerra, também há a possibilidade de induzir o leitor a conclusões precipitadas sobre o assunto, pois a sua extrema simplificação a apresentar conclusões, esconde diversas informações que possam ajudar ao leitor a analisar a matéria criticamente. Além disso, pode-se afirmar que, nessa simplificação para produzir um resumo para compor a abertura da matéria, a história é recortada de forma a atender às necessidades atrativas do artigo jornalístico. Comparando-se, portanto, com a apresentação de uma pseudo-história, onde “acontecimentos reais são descritos de modo fragmentário e com omissão do contexto” (TAVARES; PRESTES, 2012, p. 36). Pode-

se, também, indagar-se se a matéria detalha as afirmações do resumo no seu decorrer, mas o que observamos no que concernem às conclusões apresentadas, ainda há fragmentação dos conteúdos, com a apresentação de apenas alguns momentos históricos e nomes de poucos cientistas, aos quais a matéria atribui os méritos de alguns eventos.

Um bom exemplo dessa observação é quando a matéria ressalta os responsáveis pela campanha da produção das bombas atômicas, atribuindo a responsabilidade apenas aos cientistas que estavam a serviço dos EUA e da Alemanha, omitindo a participação da Inglaterra na corrida pelo artefato atômico. Devemos salientar que, inicialmente, antes dos Estados Unidos entrarem na Guerra, os Ingleses já se encontravam na investigação sobre a possibilidade de utilizar a energia provinda da fissão do urânio para produzir a arma, que teve o sinal de que era possível a sua produção, através das investigações realizadas por Otto Frisch e Rudolf Peierls, resultando no Memorando Frisch-Peierls. Logo após, a investigação seguiu sob a supervisão da MAUD e em seguida a Inglaterra pediu uma ajuda informal para os Estados Unidos, mas, pouco depois, os EUA ultrapassaram os Ingleses nas pesquisas, renegociando a posição de cada país na investida para a produção da bomba. Até o final da produção dos artefatos, a Inglaterra teve uma participação importante para o desenvolvimento das armas e, por isso, julgamos que não deve ter essa contribuição menosprezada.

A ausência de informações adicionais que poderiam facilitar a compreensão do leitor também é vista como um meio que impede o acesso à compreensão do processo que levaram aos resultados obtidos durante a produção das bombas, pois a falta de informações, tais como credenciais de cientistas ou trechos que omitem a contribuição dos demais pesquisadores nas atividades que garantem o progresso científico, dificulta aos leitores construir uma concepção da organização científica da época. Seguindo essa linha, a matéria preferiu apresentar uma sucessão de eventos que era resultado do trabalho de um único cientista, ao invés de exibir também a contribuição dos demais e os processos que levaram aos devidos fins.

Podemos ver tal particularidade, no trecho da matéria que pretende apresentar a ideia de que os cientistas envolvidos no projeto se arrependeram de ter participado do empreendimento. Observamos a seguir,

Os cientistas envolvidos no projeto Manhattan confessaram seu arrependimento mais tarde. J. Robert Oppenheimer, *considerado o pai da bomba atômica*, habilitou-se a dizer em entrevista que, após aquele primeiro teste nas areias do deserto, sempre lhe vinha à mente um trecho de seu poema favorito, o épico hindu Bhagavad Gita: “E, então, tornei-me a Morte, o

destruidor de mundos”. De fato, a *invenção de Oppenheimer* iria se transformar numa ameaça à existência humana (BOTELHO; LIMA, 2015, grifo nosso).

Notamos, nesse trecho, que a matéria utilizou os termos “pai da bomba atômica” e “invenção de Oppenheimer”, a última bem mais explícita, para atribuir a invenção da bomba atômica a um único cientista, Robert Oppenheimer. De fato, a participação dos demais foi omitida pela matéria e, especificamente nesse trecho, também foi apresentado um dos produtos do projeto Manhattan, sendo eles a *Trinity*, que apesar de não ter sido mencionado esse nome, teve apenas a menção do teste nas areias do deserto.

Esse trecho exemplifica o apontamento que Stocking (2005) faz, ao dizer que jornalistas preferem exibir os resultados de pesquisas, ao invés dos processos que levam a tal resultado. Neste caso, vemos ser anunciado o arrependimento dos cientistas, mas o mérito da produção das bombas ser atribuído a um único personagem, a partir de abordagens do tipo: porque construí-las? Quais os problemas surgiram para fabricá-las? Algum cientista se opôs? Foram deixadas de lado.

Também salientamos que a falta de uma apresentação sobre Oppenheimer faz do cientista apenas um nome que o leitor provavelmente desconhece, dificultando, portanto, o entendimento de sua participação na produção da bomba. Como aconselha Vieira (2004), é preferível que a apresentação de cientistas seja feita, exibindo informação que indique quem foi, onde nasceu e o que faz.

A segunda matéria da *Superinteressante*, de Miranda (2009), também prefere apresentar os resultados em vez dos processos, exibindo uma miscelânea de informações que pouco interage umas com as outras, não formando uma narrativa lógica que facilita a compreensão do que a matéria se propõe a escrever. Dessa forma, se em um parágrafo a matéria está disponibilizando a quantidade de cientista e engenheiros empregados nos Estados Unidos, Europa e União Soviética, no ano de 1980, logo em seguida, no outro parágrafo começa-se a falar que desde a descoberta por Otto Hahn, os cientistas não previam nenhuma aplicação prática da fissão nuclear. Os dados fornecidos sobre a quantidade de cientistas não possuem nenhuma relação aparente com o que a matéria apresentou depois.

No meio dessa miscelânea de informações apresentada pela matéria, novamente, a história é contada como uma sequência de informações, dessa vez, não como eventos,

mas como uma série de curiosidades que variam entre citações, tentativas de apresentar conceitos, algumas informações dicionarizadas da própria história, entre outros.

Já o artigo de Versignassi (2006) se baseia na explicação de um suposto infográfico, o qual será abordado no critério sobre recursos facilitadores e não apresenta explicações de processos, seja histórico ou pesquisas que levaram ao desenvolvimento da tecnologia. Entretanto, isso não pode ser visto de antemão como uma deficiência da matéria, pois a sua característica restritamente explicativa dos aspectos técnicos do tema e uma explicação do processo pouco contribuiria para a compreensão do leitor.

Podemos concluir, portanto, da *Superinteressante*, que as matérias preferem apresentar os resultados em vez dos processos, realizando simplificações que omitem a participação de países ou de cientistas. A matéria de Miranda (2009) nos mostrou um aspecto desconcertante, onde os resultados foram apresentados, sem que a narrativa fosse criada com uma sequência lógica, sendo caracterizada como uma miscelânea de informação que não interage entre si. Enquanto a de Versignassi (2006) apresenta apenas os resultados, não por deficiência da matéria, mas devido a sua característica explicativa.

Na matéria de Cavalcante (2007b), o processo é apresentado através de um *box* no final do texto, onde são exibidos os processos de produção de energia elétrica, já em relação ao processo histórico são realizadas apenas breves menções às catástrofes de Hiroshima e Nagasaki, à corrida nuclear durante a Guerra Fria e o acidente de Chernobyl, em 1986.

Em relação as matérias da *Ciência Hoje On-Line*, iniciaremos com o artigo de Lent (2006), que se mostrou de grande qualidade, quando analisado sobre esse critério. A matéria desse autor é apresentada em estruturas bem delimitadas, com introdução, apresentação da pergunta da pesquisa e sua explicação, esclarecimento dos recursos necessários para entender a pesquisa, metodologia, resultados, a contribuição da pesquisa para a discussão sobre o assunto e a conclusão do autor da matéria. Dessa forma, a matéria da *Ciência Hoje* segue uma sequência lógica para garantir que o leitor compreenda a informação que se pretende repassar.

Nessa apresentação lógica da matéria de Lent (2006), não foram apresentadas apenas as conclusões que a pesquisa, da qual o artigo fez a cobertura, conseguiu obter com a investigação realizada, mas também foi apresentado o processo que levou a obter

esses resultados, apresentando o raciocínio que levou a análise dos dados e a metodologia da pesquisa, conforme podemos perceber no seguinte trecho,

Frisén e seu grupo raciocinaram que, se novos neurônios corticais estivessem sendo produzidos, seu (novo) DNA conteria átomos de carbono radioativo, na proporção dos níveis atmosféricos. E isso poderia ser medido experimentalmente, se fosse possível examinar os cérebros de pessoas recém-falecidas cujo nascimento tivesse ocorrido a partir dos anos 1950... Fragmentos dos cérebros foram então levados a um aparelho separador de células, capaz de distinguir entre neurônios e “não-neurônios”. A medida da radioatividade de uns e outros permitiu estimar a sua data de nascimento, em relação aos níveis de radioatividade atmosférica e ao ano de nascimento de cada indivíduo (LENT, 2006).

Podemos observar que, no primeiro momento da citação, o autor da matéria apresenta o raciocínio que o pesquisador utilizou para analisar os resultados que poderia obter na pesquisa. Já no segundo momento, Lent (2006) passa a descrever os aspectos metodológicos da pesquisa. Após isso, é que o autor se atém à apresentação dos resultados constatados e o significado desses resultados para o avanço das pesquisas em neurociência.

Na segunda matéria da *Ciência Hoje On-Line*, a de Oliveira (2015), vemos uma situação parecida com o da matéria de Versignassi (2006): o artigo tem como objetivo explicar a relação de um conceito físico, nesse caso a equivalência massa e energia representada pela equação de Einstein $E = mc^2$, com as bombas atômicas. Devido essa natureza, nenhum processo é apresentado, talvez, porque a sua presença não implicaria, necessariamente, no aumento da qualidade da matéria, na apresentação desnecessária de informações que poderia até confundir o leitor.

O mesmo também é visto na matéria de Garcia (2013), que pretende apresentar para o leitor as discussões realizadas no 2º seminário sobre energia nuclear e não convém apresentar processos históricos, ou metodologias de como o evento foi elaborado.

Entretanto, em relação às matérias da *Scientific American Brasil*, que são de caráter informativo, são apresentadas conclusões de relatórios, como no caso do artigo de Ling (2008?) ou informações sobre novas tecnologias, no caso os Reatores Modulares Pequenos, apresentados na matéria de Brown (20--), mas não são apresentados os processos que levaram às conclusões dos relatórios ou o que levou à construção dos novos modelos de reatores.

Já a matéria de Matson (2011) mostra um cenário diferente, optando por explicar a história do acidente da instalação nuclear de Fukushima. Nesse ponto, observamos

que a apresentação do processo histórico é vital para a compreensão do leitor, diferente das matérias de Oliveira (2015) e de Garcia (2013).

Ao final da análise desse critério, o primeiro ponto a ser esclarecido é que nem todas as matérias possuem a necessidade de apresentar os processos que originam os resultados divulgados nos artigos, pois o acréscimo dessas informações não garante, necessariamente, a melhor compreensão do assunto abordado. Exemplos desse tipo podem ser vistos nos textos de Oliveira (2015) e Garcia (2013) e as matérias da *Galileu*. Já um bom exemplo da apresentação do processo para a contribuição da compreensão do leitor pode ser vista na matéria de Lent (2006), onde a apresentação da metodologia ajuda a entender como a pesquisa foi elaborada e como os resultados foram analisados. Já outras matérias das revistas não apresentam os processos, sejam de natureza histórica ou metodológica, que possam contribuir para a facilitação da compreensão do leitor.

Dessa forma, observamos que, no caso particular dessa análise, não se pode afirmar que os jornalistas preferem divulgar apenas os resultados e não os processos, assim como afirma Stocking (2008). A presença do processo depende do objetivo da matéria, seja o intuito de apresentar uma pesquisa, um evento histórico, um conceito, entre outros.

5.2.3 Apresentação de diferentes pontos de vista

Nesse critério, observamos se a matéria se propõe a apresentar mais de um ponto de vista sobre as afirmações apresentadas, evitando a imagem de uma “verdade absoluta”. Nesse sentido, será observado se as matérias apresentam conclusões divergentes realizadas por outras pesquisas científicas ou se as afirmações sobre a história da energia nuclear divergem da apresentada no embasamento teórico realizado nesta dissertação.

Da mesma forma que o critério anterior, as matérias da *Galileu* não apresentam pontos de vistas diferentes sobre o tema abordado, mas isso não deve ser visto como algo que acentue a deficiência dessas matérias. Longe disso, o fato de não apresentar pontos de vistas diferentes do abordado é devido à ausência desses pontos, pois o objetivo de ambas as matérias é explicar tecnologias e eventos decorrentes da energia nuclear que não possuem outras vertentes de pensamento que trabalham com teorias que contradizem as apresentadas pela matéria. Por exemplo, na matéria de Saldanha (2014),

ele explica uma única forma de se produzir energia elétrica através das usinas nucleares e, de fato, só existe uma única forma de se produzir energia elétrica nesse tipo de usina, o outro tipo, que será a produção de energia através da fusão nuclear, é previsto para um futuro próximo, sendo objeto de investigação.

Na mesma linha, está a matéria de Tanji (2015). Não há outra vertente que explique de forma diferente como ocorre uma explosão nuclear e é, por isso, que a matéria não apresenta variação de pontos de vistas sobre isso. Outras matérias que analisamos, aqui, apresentam essas variações devido aos mesmos motivos de Tanji (2015) e Saldanha (2014), mas trataremos delas de acordo com a ordem que as matérias estão sendo analisadas.

No que se refere à *Superinteressante*, observamos, na matéria de Botelho e Lima (2015), o julgamento da energia nuclear, atribuindo-lhe valores negativos desde a sua origem. Podemos ver isso, no trecho, onde o autor afirma que “A energia atômica foi inicialmente dominada com intenções puramente assassinas” (BOTELHO, LIMA, 2015). Observamos como equivocado o julgamento dos autores, ao considerarmos a evidência de que, apesar da Alemanha decidir produzir uma bomba, o clube do urânio que estava sob a liderança do Físico Werner Heisenberg, avaliou que produzir um reator nuclear seria a opção mais viável, pois possuiria uma maior utilidade durante o pós-guerra. Além disso, a Alemanha, nas condições que se encontrava, não possuía subsídios para a construção de uma bomba nuclear. Nesse sentido, não havia intenções puramente assassinas partindo de todos participantes do clube do urânio, pois alguns sabiam dos problemas que uma bomba atômica traria. Da mesma forma, antes disso, durante a descoberta da fissão nuclear e, mais a frente, da possibilidade de uma reação em cadeia, não havia o interesse por parte dos cientistas integrantes da investida em usar esses novos aparatos conceituais para construir armas, vindo apenas depois, com a necessidade da guerra.

Portanto, falar que a energia atômica foi inicialmente dominada com intenções assassinas é apresentar apenas uma opinião sobre a origem dessa energia, sendo que se pode observar em livros sobre a história desse conceito⁴¹ que as intenções dos cientistas

⁴¹ Por exemplo, citamos a obra de Werner Heisenberg (1996), “A parte e o todo”, e o quinto capítulo da obra de Carl F. von Weizsacker (1959), “Energia atômica y era atômica”. Ambas mostram, a partir das suas experiências como cientistas durante a Segunda Guerra Mundial, que a decisão de construir uma bomba não estava em comum acordo entre todos os integrantes do clube do urânio, e que as intenções dos cientistas que trabalhavam com a energia atômica não eram “puramente assassinas”

que trabalhavam com a energia atômica, na época da Segunda Guerra, não eram “puramente assassinas” quando descobriram a apresentação de outro ponto de vista.

Outro exemplo da omissão de outros pontos de vistas está no trecho do autor, no qual ele afirma que “A Alemanha tinha liderado a corrida durante um bom tempo. Em 1938, a 2ª Guerra Mundial nem havia começado ainda e *os cientistas alemães a serviço de Hitler já tinham obtido a fissão nuclear de átomos de urânio*” (BOTELHO; LIMA, 2015, grifo nosso). Durante a descoberta da fissão, o nazismo já se encontrava sob a liderança da Alemanha desde que Hitler se tornou o Chanceler em 1933. Entretanto, os cientistas que participaram da descoberta da fissão, Otto Hahn, Fritz Strassmann e Lise Meitner, que contribuiu anos anteriores com a investigação e interpretou como sendo a fissão nuclear o que foi observado por ambos os outros cientistas, não estavam a serviço do nazismo. A matéria induz o leitor a entender que a descoberta da fissão nuclear ocorreu sobre o intuito de utilizá-la para fins bélicos, sendo que tal ideia só foi ponderada após a descoberta. Nesse trecho, observamos que o ponto de vista foi apresentado de forma a corroborar com a citação anterior de que o início da energia atômica foi com um intuito puramente assassino.

Dessa forma, é necessária a apresentação de outros pontos de vista, abrindo possibilidade para o leitor ter acesso às demais interpretações da informação, para que essa se transforme em conhecimento. Podemos associar os dois últimos exemplos com as palavras de França (2005), quando a autora tece críticas sobre a ausência da apresentação de outras conclusões em divulgações científicas.

Observamos nesses exemplos que o critério *ponto de vista* apresentado foi escolhido para atender à necessidade “interessante” que a revista tem como lema. Não se deve ignorar que afirmar que algo teve sua origem com intenções puramente assassinas ou que um grupo de cientistas, que no imaginário popular são apresentados como portadores do conhecimento, estarem sob as ordens de um líder nazista não deixa de ser algo polêmico e que atrai o interesse do leitor. Por outro lado, deve-se perguntar, o quanto disso é verdade ou se existe outra versão a ser contada.

Já quando analisamos a matéria de Miranda (2009), também encontramos a apresentação de pontos de vistas que são apresentados apenas para satisfazer a necessidade da matéria, não apresentando os demais que vão contra a necessidade do texto do autor. Vamos apresentar como exemplo o trecho a seguir: “Quando Otto Hahn olhou dentro do núcleo de um átomo e descobriu a fissão nuclear, no início de 1939,

mesmo alguns dos cientistas mais ativos nesse campo duvidavam que ela tivesse alguma aplicação prática. Fosse na paz, fosse na guerra” (MIRANDA, 2009).

Podemos observar na citação anterior que a matéria apresenta esse ponto de vista para repassar ao leitor uma ideia de que, no período em que a fissão foi descoberta, nenhum cientista tinha a expectativa que seria útil para algo, dessa forma a *Superinteressante* cria um ponto de vista para fazer com que o leitor acredite nele e, a partir disso, possa criar a problemática em cima dela, dizendo que os cientistas estavam enganados, mas será que os cientistas duvidavam que a fissão tivesse uma aplicação prática, assim como a matéria afirmou? De acordo com a investigação que fizemos no terceiro capítulo, observamos que após a descoberta de Hahn, alguns cientistas conjecturaram a possibilidade da energia provinda da fissão ser utilizada para fins bélicos, um desses exemplos foi em uma viagem para a América, onde Heisenberg é avisado por Enrico Fermi sobre a possibilidade de se produzir uma reação em cadeia e, como consequência, a sua utilização para a construção de armas (HEISENBERG, 1996). Outro exemplo ocorre antes da descoberta da fissão, quando Leo Szilard que, em 1933, já se preocupava com os possíveis malefícios da exposição dos resultados das pesquisas sobre a irradiação do urânio com nêutrons, pondera a possibilidade dos nazistas produzirem bombas nucleares.

A apresentação redutora da visão de que nenhum cientista previa a possibilidade da fissão ser utilizada como recurso para a guerra ou para fins pacificadores pela revista pode ser interpretado como uma tentativa de ajustar os fatos para se encaixarem ao discurso da matéria, ao invés da matéria se enquadrar às interpretações dos fatos. Nesse sentido, apresenta apenas uma versão, a que mais convém para evidenciar, novamente, o valor *interessante* da matéria da revista.

Entretanto, quando partimos para a matéria de Versignassi (2006), é mostrado um contraste em relação às duas matérias anteriores, pois, apesar de a matéria explicar algo que a princípio não há um segundo ponto de vista, igual às matérias da *Galileu*, o autor, mesmo assim, não deixa de salientar que existem dois tipos de bombas nucleares, um tipo referente às que atingiu as cidades de Hiroshima e Nagasaki e o outro tipo é a bomba de hidrogênio. Apenas mais à frente é que a matéria afirmará que as bombas que atingiram as cidades japonesas utilizam a fissão nuclear como princípio para a liberação de energia.

Já Cavalcante (2007b) equilibra a apresentação dos pontos de vistas sobre a energia nuclear, apresentando os benefícios da energia nuclear e opiniões de especialistas que são a favor da energia nuclear, como por exemplo, o ambientalista James Lovelock, como também os pontos negativos dessa tecnologia e a opinião de especialistas que são contras, como é o caso da opinião da coordenadora da campanha de energia do Greenpeace no Brasil, Rebeca Lerer. Vemos que essa matéria é diferente da forma como Miranda (2009) apresenta os pontos de vistas, não apresentando apenas a que convém para a matéria.

Enquanto nas matérias da *Ciência Hoje*, observamos que no texto de Lent (2006), por se tratar da apresentação do resultado de uma pesquisa, o autor se preocupou em afirmar que há um dissenso entre pesquisas sobre o assunto, algumas afirmam que há a neurogênese, enquanto outras não. Podemos perceber, portanto, que a matéria de Lent (2006) segue em direção aos apontamentos de França (2005), que apesar de afirmar que a pesquisa coloca uma “pá de cal” nas investigações sobre neurogêneses, não omite as demais investigações realizadas por outros pesquisadores, abordando as opiniões divergentes sobre o assunto, mesmo não sendo de forma aprofundada. Desse modo, o resultado da pesquisa divulgada pela matéria não é apresentada como sendo a única realizada sobre o assunto, mas sendo uma a mais que está a favor da não produção de novos neurônios, durante a vida.

Já na matéria de Oliveira (2015), não vimos a apresentação de mais de um ponto de vista sobre as afirmações apresentadas. Entretanto, trabalharemos aqui com um trecho que nos chamou a atenção. A introdução da matéria é realizada através da abordagem histórica que subjaz ao desfecho da Segunda Guerra Mundial e que desembocou no lançamento das bombas atômicas, afirmando que esses foram eventos traumatizantes para a humanidade. Uma afirmação que atrai a atenção na leitura é quando a matéria diz “Como em todas as guerras, aos vencedores coube contar a história” (OLIVEIRA, 2015). Nesse ponto, vemos a opinião do autor sobre como a história da Segunda Guerra Mundial é divulgada, ainda que sem realizar muitas críticas sobre como eventos históricos são muitas vezes divulgados para as pessoas, onde apenas as ideias dos grupos que venceram as discussões são apresentadas, deixando de lado as demais iniciativas de outras equipes, que são tão importantes quanto as das equipes que ganharam. Por exemplo, pouco se vê, em materiais de divulgação, o ponto de vista dos cientistas da Alemanha sobre a guerra, sendo a visão mais divulgada a dos

cientistas do Projeto *Manhattan*, pois estão no lado do país que ganhou. O apontamento de Oliveira (2015) não mostra outra versão da história da Segunda Guerra, mas avisa ao leitor sobre a existência de outras versões.

Na matéria de Garcia (2013), podemos ver o equilíbrio da apresentação dos pontos de vistas dos especialistas participantes do evento. No tópico “(In)segurança em Angra”, as falas dos autores são utilizadas para apresentar os argumentos que exibem os riscos que a usina de Angra dos Reis possui e as medidas tomadas para sanar essas deficiências. Dessa forma, o autor da matéria está de acordo com o apontamento de França (2005), quando apresenta os demais pontos de vistas sobre o assunto.

A discussão é iniciada com a apresentação de algum dos riscos propensos a ocorrer na usina de Angra, como a ameaça de deslizamento e as chuvas que ocorrem na região, e a informação é rebatida com a fala de Carneiro (GARCIA, 2013), a qual declara que procedimentos foram revistos e margens de seguranças relacionadas a inundações, desmoronamentos, incêndios, ondas e tornados foram redimensionadas. A matéria também salienta que o plano de resposta de Fukushima possui mais de cinquenta medidas, das quais, algumas já foram implantadas, nesse ponto, outro link é utilizado para um maior aprofundamento.

Mais à frente é utilizada a fala do engenheiro agrônomo José Rafael Ribeiro, Conselheiro da Sociedade Angrense de Proteção Ecológica, que ao falar da segurança de Angra pondera que:

O plano de emergência é uma abstração. Por exemplo, os deslizamentos frequentes de encostas cortam as rotas de fuga, como a BR101... Além disso, ele se concentra principalmente numa área de 5km ao redor da usina, boa parte da população não é contemplada. *Em síntese, o plano é acreditar que aquilo ali nunca vai vazar* (GARCIA, 2013; grifo nosso).

O último comentário de Ribeiro, em negrito, aponta a incerteza que há no plano de emergência de Angra, a matéria retorna a repetir esse trecho, destacando-o com uma fonte maior para que o leitor possa dar mais atenção a esse comentário de incredibilidade da segurança da usina brasileira.

Na continuação da argumentação negativa, a *Ciência Hoje* completa, através da fala de Ribeiro (GARCIA, 2013) com a citação de dois exemplos para mostrar como a população não está preparada para situações de perigo na usina. Nos exemplos citados, onde ocorreram alarmes falsos, em um dos casos houve pânico, no outro não houve mobilização, concluindo que a população não sabe reagir a emergências.

Em contrapartida, a matéria retorna a utilizar a fala de uma autoridade, dessa vez do engenheiro Paulo Gonçalves, assessor da Eletronuclear na área de responsabilidade socioambiental e comunicação, para rebater o argumento de Ribeiro, afirmando que a estatal investe em saúde, educação e meio ambiente como determina a legislação, porém o poder judiciário e a sociedade civil também devem estar envolvidos (GARCIA, 2013). Nessa descrição, podemos perceber o que foi dito anteriormente, a trama que o autor tece para apresentar os pontos de vistas que surgiram durante o evento.

Já em relação às matérias da *Scientific American Brasil*, também observamos a ausência da apresentação de pontos de vistas alternativos. Porém, a ausência deles ocorre devido a motivos diferentes de cada matéria. No caso do artigo de Brown (20--), a ausência de ser evidenciando outros pontos de vista é devido à característica da matéria estar apresentando uma nova tecnologia, o que o autor poderia se propor a fazer era comparar a nova tecnologia com as já existentes na área, ou mostrar os aspectos negativos da mesma. Em relação ao primeiro, o autor adota essa atitude, comparando os reatores modulares pequenos (SMRs) com os reatores já existentes no mercado de produção de energia nuclear, porém, em relação à segunda, o autor não mostra quais são os aspectos negativos dos novos reatores modulares pequenos ou como está sendo implantá-los.

Na matéria de Matson (2011), o motivo da ausência de outros pontos de vistas é diferente, sendo devido à matéria ser construída como uma série de perguntas e respostas sobre o como ocorre a fusão do reator nuclear e o acidente da estação *Daiichi*, em Fukushima. As perguntas propostas são,

Como funciona um reator nuclear?... Qual o combustível de um reator nuclear?... Como se desliga um reator nuclear?... É possível um reator entrar em fusão mesmo que a reação nuclear seja interrompida?... Podemos comparar esse acidente com o de Chernobyl ou Three Mile Island? (MATSON, 2011).

Para as perguntas realizadas nas matérias, não há motivos para que o autor apresente outros pontos de vistas, pois essas exigem mais uma explicação técnica, do que uma única opinião.

Na matéria de Ling (2008?), a ausência dos pontos de vistas já não possui, em nosso ver, um motivo aparente para que não ocorra. A matéria apresenta o resultado de relatórios divulgados por instituições que trabalham com o tema e a apresentação de outras opiniões que divergem das dos documentos, seja de outros relatórios ou de outros meios de pronunciamento de instituições que investigam sobre a implantação da energia

nuclear para a produção de energia elétrica. Ao contrário, a ausência de uma opinião contrária, pode apresentar os resultados dos relatórios para os leitores das matérias como uma “verdade absoluta”, assim como foi afirmado por França (2005).

O que observamos nesse critério de análise? Primeiro, que a maioria das matérias analisadas costuma não apresentarem mais de um ponto de vista sobre suas afirmações. Entretanto, observamos alguns pontos relevantes, sendo eles:

- A apresentação da diversidade de opiniões sobre uma afirmação está associada ao conteúdo que pretendem divulgar, se os mesmos possuem uma diversidade de opiniões sobre um assunto ou se uma única opinião é tomada como verdadeira, como é o caso de termos técnicos.
- Matérias que divulgam pesquisas ou resultados de relatórios deveriam apresentar outras opiniões sobre o assunto divulgado, evitando apresentar o resultado da pesquisa ou relatório como uma “verdade absoluta”.
- A *Superinteressante*, quando necessário, apresenta os pontos de vista que mais satisfazem o aspecto “interessante” da matéria, adaptando o evento histórico à narrativa e não a narrativa ao evento.
- As matérias da *Ciência Hoje On-line*, quando necessário, fazem menção a outras opiniões sobre o assunto.

Podemos, portanto, ver que poucas matérias vão de encontro com o conselho dado por França (2005), sendo os exemplos que mais se aproximam os artigos de Cavalcante (2007b) e Garcia (2013) da *Ciência Hoje On-line*, que mantem o equilíbrio entre as duas opiniões que são apresentadas no texto, não apresentando apenas a que é mais conveniente ou omitindo pontos de vistas para o leitor.

5.2.4 Uso de recursos facilitadores

Nesse critério, analisamos os recursos utilizados para facilitar a compreensão do leitor sobre o assunto que está sendo abordado, sendo, por exemplo, algum deles, analogias, exemplos, imagens, infográficos ou *boxes*, entre outros.

Partimos, portanto para a matéria de Saldanha (2014). No início, o texto é introduzido à imagem que pode ser vista na figura 5, enquanto a matéria Tanji (2015) apresenta a imagem da figura 6. Por serem matérias de pequeno porte, pressupomos que

os desenhos possuem o intuito de chamar a atenção do leitor para as matérias, pois, ao contrário, a ausência de uma imagem manteria esses artigos escondidos em meio às demais publicações.

Figura 5: Imagem utilizada na abertura na matéria de Saldanha (2014).



Fonte: Saldanha (2014)

Figura 6: Imagem utilizada na abertura da matéria de Tanji (2015).



Fonte: Tanji (2015)

Em contrapartida, as matérias não utilizam nenhum outro tipo de recurso que possibilite facilitar a compreensão do leitor, tais como imagens, gráficos, infográficos ou *boxes*. A ausência desses recursos facilitadores impossibilita que as matérias possam trabalhar conceitos que ficaram sem explicação no corpo principal. Retomamos, aqui, o argumento que foi exposto na revisão da literatura, de que as utilizações desses recursos atraem os leitores e apresentam informações que não se encaixam no corpo das matérias (DIAS; ALMEIDA, 2009). Tais recursos poderiam ajudar a facilitar a compreensão do leitor sobre algumas informações que ficaram pouco claras, como por exemplo, um *Box explicando* o que é a reação em cadeia, ou a fissão nuclear, ou talvez, um infográfico com o funcionamento de uma usina nuclear.

Já a *Superinteressante* procura apresentar o que é interessante para o leitor, utilizando uma linguagem que aproxima os assuntos de ciência para o cotidiano de quem ler. Em linhas gerais, o seu *site* apresenta uma diversidade de ferramentas que

apresentam conteúdos de ciências para os internautas, não se restringindo apenas às matérias, mas possuindo também jogos, *quizzes*⁴², infográficos, vídeos, entre outros. Portanto, o site da revista apresenta vários recursos que possibilitam ao leitor, ou até mesmo a um professor que deseja utilizar alguns desses materiais na sala de aula, ter acesso à informação, através de outros recursos que não sejam apenas as matérias. Porém, devem ser escolhidos cautelosamente, evitando o uso inadequado dos mesmos, pois pressupomos que nem todos são condizentes com o conhecimento científico, podendo gerar uma aprendizagem distorcida do assunto que será ensinado. Porém, não se deve desconsiderar que tais recursos são um ponto forte a ser apreciado no site da revista, atraindo a predisposição dos leitores para temas de ciência. Em contrapartida, se há uma grande quantidade de recursos facilitadores sobre diversos temas em seu site, poucos recursos, como imagens, boxes e infográficos, são encontrados nas matérias *on-lines*, bem como a utilização do estilo literário que facilita a compreensão do leitor, exemplos e analogias.

A matéria de Botelho e Lima (2015) não apresenta nenhum recurso facilitador, enquanto a de Miranda (2009) não apresenta nenhum recurso facilitador significativo durante a matéria, exceto um link para uma animação sobre o teste *Trinity*, o qual o site já não mais disponibiliza a animação. Nesse sentido, apesar de a matéria ainda circular na página da revista, o recurso já não pode cumprir a função de facilitar a compreensão do leitor.

O recurso utilizado para atrair a atenção do leitor para continuar a leitura da matéria é a introdução do conteúdo através de um relato. A matéria inicia narrando uma história para o leitor, induzindo-o a imaginar o que está sendo relatado, dessa forma é possível aproximar quem está lendo com o que está escrito. O estilo da história pode ser observado no trecho a seguir:

Era um dia Claro no Novo México, seco e quente como sempre costuma ser nessa parte do sudoeste dos EUA. O sol intenso de junho refletido nas janelas fechadas dos prédios dá uma curiosa impressão de que todos eles estão de óculos escuros. E de que nem mesmo os edifícios de concreto sobreviveriam sem eles aqui... (MIRANDA, 2009).

Interpretamos, portanto, que a abertura da matéria, através da construção de uma história seja um aspecto positivo, embasando-nos na experiência de Dias e Almeida (2009) que observaram que o estilo literário utilizado, principalmente na abertura da

⁴² Jogos de perguntas que possuem o intuito de medir o conhecimento do jogador sobre determinada área.

matéria, influenciava na atenção de graduandos, no momento da leitura. Entretanto, não se deve deixar que essa característica transforme o conhecimento científico em algo fictício.

Já na matéria de Versignassi (2006) observamos que o autor faz várias menções a itens intitulados com a letra do alfabeto, como por exemplo: “Plutônio a”, “energia pura b”, “espoleta c”, “metal d”, “juntar e”, “hélio f”, “nêutron g”, além dos trechos “Olhando no Zoom lá em cima”, “Que você vê aqui ao lado” (VERSIGNASSI, 2006), dando a entender a existência de um infográfico. Porém, o mesmo não está presente na página onde se encontra a matéria. Algumas das matérias do site da revista são transcrições das publicadas nas revistas impressas e a ausência de recursos gráficos facilitadores que estão presentes nas versões que vão parar nas bancas não são publicadas nas do site oficial, decorrendo na perda da potencial compreensão de informação que o texto quer passar. É um recurso que poderia facilitar a assimilação pelo leitor, mas que não foi utilizado.

Em seguida, a matéria partiu para explicar como funciona a bomba de fissão nuclear, a qual ela chama de “convencional” por ser a primeira produzida e a mais conhecida pelo seu público. A explicação de como a bomba funciona é simplificada para atender a necessidade do leitor não especializado. No trecho a seguir, também é possível observar a utilização de uma comparação entre a fissão do átomo e a cisão de uma pedra para facilitar a compreensão do leitor. Termos do cotidiano da população, tais como “cacos” e “quebrar”, também são utilizados para manter a intimidade, evitando o uso excessivo de jargões científicos.

Na convencional, uma carga de dinamite faz com que átomos de urânio ou de plutônio a, relativamente fáceis de “quebrar”, se rompam – por causa disso, o nome dela é bomba de fissão. Mas quebrar um núcleo atômico não é igual a quebrar uma pedra. É que o peso somado dos cacos fica menor que o do átomo original. Depois da quebra, parte da matéria que o formava se transforma em energia pura b (VERSIGNASSI, 2006).

O texto continua, apontando que toda matéria possui uma grande quantidade de energia, “Tanto que bastou um motinho de urânio do tamanho de uma bola de tênis para que a bomba de Hiroshima produzisse uma força equivalente à de 15 mil toneladas de dinamites (ou 15 quilotons)” (VERSIGNASSI, 2006), apesar de apresentar uma noção de volume através da comparação com uma bola de tênis. Para um público leigo, isso pouco acrescenta na compreensão, já que os mesmos não estão familiarizados com a densidade do urânio. Portanto, saber seu volume não induzirá o leitor a descobrir o peso

de um corpo feito de urânio com o mesmo volume de uma bola de tênis, que, por sua vez, não saberá o quanto de urânio foi necessário para a bomba de Hiroshima.

Entretanto, a matéria também apresenta a utilização de termos que dificultam a compreensão do leitor, como por exemplo, no trecho “O combustível da bomba é o mesmo do sol: átomos *parentes do hidrogênio* (que tem só um próton)” (VERSIGNASSI, 2006, grifo nosso). A utilização do termo “parentes do hidrogênio” não facilita a apresentação do significado do conteúdo, mas omite uma explicação mais detalhada. O parênteses, após o termo, induz um leitor, pouco familiarizado com a ciência, a interpretar que a relação de parentesco está associada a quantidade de prótons, quando, na verdade, essa relação ocorre devido a bomba de hidrogênio utilizar o deutério e trítio como combustível, ou seja, consecutivamente, isótopos de hidrogênio com dois e três nêutrons. Novamente, enquadra-se aqui, a fala de Bueno (2010) sobre a dificuldade do público leigo compreender assuntos de ciência e tecnologia (C&T), ao se deparar com termos técnicos que se apresentam com alguma complexidade, do mesmo modo que jargões criados, que se mantêm ainda complexos para serem compreendidos, ou que o seu significado não é apresentado de forma clara para o leitor.

A matéria dá continuidade, explicando que a liberação de energia pela bomba de hidrogênio é maior que a de fissão. Para dar uma noção ao leitor sobre o poder de destruição do artefato, a *Superinteressante* introduz o exemplo de que, se acaso a bomba fosse lançada sobre a cidade de São Paulo – SP, a quantidade de mortos chegaria a 2 milhões de pessoas. O uso desse recurso permite ao leitor criar uma noção sobre o potencial destrutivo da bomba, atrelando maior significância para a compreensão da informação que veio antes, ou seja, de que a primeira bomba de hidrogênio tinha 20 mil quilotons.

Na matéria de Cavalcante (2007b), há menções a um infográfico e a um *box* que não está disponível na página, isso é devido ao fato que a matéria é uma transcrição do artigo que foi publicado na revista impressa, portanto, alguns recursos facilitadores não foram inseridos na versão *on-line*. Entretanto, nem todos os recursos foram deixados de lado e, portanto, alguns infográficos foram adaptados através de um *box* no final da matéria. Nessa tabela, há informações, tais como: o processo pelo qual o urânio passa, desde a sua extração em rochas até se transformar em lixo radioativo; como funciona uma usina nuclear; os aspectos positivos e negativos de cada meio de produção de energia, entre outras informações. Podemos observar, portanto, que diferente da matéria

de Versignassi (2006), a de Cavalcante (2007b) consegue adaptar alguns infográficos para o meio *on-line* em que está sendo divulgada, apresentando informações específicas que dão uma noção para o leitor sobre como funciona uma usina ou quais são as suas vantagens em relação aos demais tipos de energia.

Partimos para as matérias da *Ciência Hoje On-Line*. A matéria de Lent (2006) não possui recursos facilitadores como *boxes*, tabelas, infográficos, analogias ou exemplos. Entretanto, a organização da apresentação da pesquisa pela matéria facilita a compreensão do leitor, fazendo com que a ausência desses recursos não resulte em prejuízo na aquisição de conhecimento pelo leitor. A matéria dá indício de ter utilizado um gráfico durante o momento em que foi escrita, como no trecho a seguir, no qual ela faz referência a cores de regiões de um gráfico.

As cores mais claras representam os lobos do córtex cerebral, e os tons mais fortes mostram as regiões analisadas, correspondentes às cores dos símbolos do gráfico. Este ilustra o caso de um indivíduo nascido em 1968 (linha vertical), época em que os níveis atmosféricos de ^{14}C ainda eram altos (LENT, 2006).

Mediante a ausência desse gráfico, não poderemos realizar uma análise, pois o mesmo não se encontra mais disponível na página da matéria. Entretanto, o que podemos deduzir da ausência dessa imagem é que ela pode ter sido retirada devido falhas no arquivo da imagem, já que, apesar de estar em circulação até hoje, a matéria foi publicada em 2006.

Já no artigo de Oliveira (2015), são exibidas três imagens no decorrer da matéria. A primeira acompanha a abertura da matéria, sendo uma imagem da réplica da bomba nuclear *Little Boy*, que foi lançada sobre Hiroshima. Essa imagem, que possui a sua dimensão maior que as demais, é utilizada como um meio para atrair o leitor para a leitura da matéria. As demais figuras são utilizadas com o intuito de apresentar informações adicionais para o leitor. Essa função pode ser vista através de suas legendas, onde na primeira, que é uma fotografia do momento da explosão da bomba *Fat man*, tem a legenda “na manhã de agosto de 1945, explodiu sobre a cidade de Nagasaki a segunda bomba atômica” (OLIVEIRA, 2015), enquanto a segunda imagem, uma foto de Albert Einstein, tem a legenda “Até hoje muita gente relaciona a bomba atômica à equação mais famosa de Albert Einstein, $E=mc^2$ - uma relação que o próprio

físico lamenta” (OLIVEIRA, 2015)⁴³. Essas imagens ajudam na compreensão do leitor, mas também deixa o texto com o aspecto mais atrativo para que o público possa interessar-se por lê-lo.

Na matéria de Garcia (2013), as imagens tomam outra função além da que pode ser vista em Oliveira (2015), sendo utilizadas não somente para atrair a atenção do leitor para a matéria, mas também, como recurso para fortalecer os significados apontados no decorrer do texto. Sendo assim, partimos para a descrição do papel das imagens presentes no texto. Como abertura, a matéria apresenta a imagem que pode ser vista na figura 7, repassando a ideia do acidente e ao mesmo tempo a imagem de uma situação caótica. As demais imagens do texto são associadas a trechos específicos da matéria, auxiliando o leitor para que possa compreender informações e sensações necessárias para entender a informações que está querendo ser repassada.

Figura 7: Imagem utilizada na abertura da matéria de Garcia (2013).



Fonte: GARCIA (2013)

Vamos citar aqui dois exemplos da associação imagem-texto para a contribuição na compreensão do leitor. Em um momento da matéria, é apresentada uma imagem do acidente de Three Mile Island, logo após ter citado que o engenheiro nuclear Aquilino Serra Martinez, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, mencionou que os reatores utilizados no Brasil se assemelham com os do acidente da usina de Three Mile Island, em 1979 (GARCIA, 2013). O conjunto formado pela fala da autoridade e a imagem do acidente podem provocar, no leitor, o receio em relação à usina de Angra, pressupondo que a mesma poderá correr um risco semelhante ao da instalação dos Estados Unidos.

⁴³ De forma intencional ou não, a matéria de Oliveira (2015) apresenta a equação de Einstein como sendo $E=mc2$ ao invés de $E=mc^2$.

Entretanto, para reduzir a construção de um medo precipitado, a matéria continua a utilizar a fala de Martinez para assegurar que o acidente de Three Mile Island tinha relações diretas a fatores humanos e, após esse acidente, os reatores passaram a ser mais automatizados, sendo menos dependentes de pessoas (GARCIA, 2013).

Outro exemplo está em um momento em que a matéria menciona que a maior ameaça que a usina nuclear de Angra dos Reis sofre são os deslizamentos e as chuvas na região (GARCIA, 2013). Para dar uma noção sobre a localização da instalação nuclear de Angra, justificando o risco de deslizamento, o autor apresenta uma fotografia da instalação em meio às serras que lhes rodeiam e o mar, como pode ser visto na figura 8. Em seguida, a imagem é acompanhada com a seguinte legenda “Localizada entre o mar e a montanha, as centrais nucleares de Angra têm como maiores ameaças inundações e deslizamentos comuns na região. Apesar de reavaliações de segurança pós-Fukushima, plano de evacuação continua sendo algo de crítica” (GARCIA, 2013). Podemos observar que a imagem não tomou, aqui, apenas a função de ser uma atração para o texto, mas uma fonte de informação adicional para o leitor, apresentando informações que não estavam contidas no texto principal da matéria, tais como: um lado da usina de Angra se encontra contornada por serras, enquanto o outro está no mesmo nível do mar, ou seja, detalhes, mais específicos da geografia do local.

Figura 8: Imagem utilizada pela matéria de Garcia (2013) para exibir a ameaça de deslizamento de a usina de Angra sofre.



Fonte: (GARCIA, 2015)

Outro recurso facilitador, utilizado pelo autor é a indicação de outras matérias, através de *link's*, no decorrer do seu artigo para satisfazer a função explicativa de

assuntos que necessitam de maior esclarecimento para o leitor. Esses *link's* já foram tratados aqui no critério sobre fontes utilizadas nas matérias, mas também se enquadram como recursos facilitadores, tendo em vista que a função de tais *link's* assemelha-se com as dos *boxes*, porém, devido a extensão dos textos, os *boxes* seriam inviáveis, pois tomariam muito espaço; destinado ao texto principal a opção dos *link's* mostrou-se mais promissora. A falta da leitura das matérias presentes nos *link's* não impede a compreensão do texto, mas interfere no grau de aprofundamento.

Partimos para as matérias da *Scientific American Brasil*, essas também não utilizam recursos facilitadores, tais como: *boxes*, tabelas, infográficos, analogias ou exemplo, mas utilizam, também, imagens que possuem apenas como função a representação da matéria no site, atraindo a atenção do leitor para a sua leitura. As imagens são costumeiramente fotografias⁴⁴, no caso da matéria de Brown (20--), é uma fotografia de uma instalação nuclear convencional com uma legenda que afirma que os novos reatores modulares pequenos são vistos como o futuro da energia nuclear. Enquanto, a matéria de Matson (2011) apresenta uma fotografia da usina *Daichi*, em Fukushima, antes do terremoto e do tsunami que resultou no acidente nuclear nessa estação em 2011. Enquanto o artigo de Ling (2008?) apresenta uma imagem de uma instalação nuclear, acompanhada com uma legenda que afirma que um novo relatório revela que a energia nuclear não é a solução para a necessidade de energia limpa.

Portanto, em relação ao uso de recursos facilitadores, observamos que há uma predominância pela utilização de imagens, que dependendo de cada matéria, podem atingir funções diferentes, desde apenas atrair a atenção do leitor para a leitura dos artigos, como é o caso das matérias da *Galileu*, como também para auxiliar as informações que são disponíveis nos textos, como foi o caso da matéria de Garcia (2013). Outros recursos são mais escassos, entretanto, ainda é possível ver nas matérias da *Superinteressante* o uso de analogias, exemplos, aberturas em forma de narrativas e *boxes*. A mesma revista também falha ao adaptar as suas matérias das publicações impressas para a versão *on-line*, deixando para trás alguns infográficos que poderiam beneficiar a compreensão do leitor.

⁴⁴ As imagens podem ser vistas nas matérias que estão presentes no anexo.

5.2.5 Margem para interpretações divergentes ao conhecimento científico

Nesse critério, trataremos sobre como a construção da matéria pode induzir o leitor a interpretar conceitos de forma diferente de como eles são aceitos pela comunidade científica. Durante a simplificação, a maneira como o conceito foi apresentado para o leitor pode fazer com que ele crie uma interpretação que pouco tenha a ver com a que o meio científico divulga, o que decorre, muitas vezes, devido ao uso de termos inapropriados, ou a analogias que não se encaixam com o conceito apresentado. Outro problema decorrente são os erros conceituais que decorrem da tentativa de criar uma explicação sem jargões científicos para o público não especializado. Portanto, essa problemática foi encontrada apenas nas matérias que apresentaram explicações de conceitos científicos.

Margens para interpretações divergentes foram encontradas nas duas matérias da *Galileu*, a de Saldanha (2014) e de Tanji (2015). Porém, vamos observar as particularidades da primeira matéria, para depois falarmos da segunda. Na matéria de Saldanha (2014), é utilizado o seguinte trecho para explicar a produção de calor que será utilizado na produção de energia nuclear: “com a divisão dos prótons e nêutrons do núcleo de um átomo libera energia, fissões controladas dessas partículas são produzidas dentro de um reator para geração de calor” (SALDANHA, 2014). Podemos notar, nesse trecho, o que Bueno (2010) havia ressaltado, ao dizer que o público leigo ver como ruído, comprometendo o processo de compreensão da C&T, qualquer termo técnico ou se prende em conceitos complexos, já que a matéria utiliza-se de termos provenientes do meio científico, porém não explica os seus significados, como é o caso da expressão “fissões controladas”, que pode ser entendida como o controle de cada átomo fissionado, ao invés do controle da reação em cadeia, durante a fissão do urânio. Em uma usina nuclear, o controle é realizado sobre a reação em cadeia, evitando a liberação de energia descontrolada.

No segundo parágrafo, Saldanha (2014) explica sobre o urânio, elemento utilizado como fonte de combustível nas usinas nucleares, e termina a matéria comparando o elemento utilizado nas instalações nucleares com o utilizado na produção de ogivas nucleares. No trecho a seguir, o autor corre o risco de confundir o leitor ao falar do isótopo do urânio-235.

Para alcançar a potência necessária, são utilizados átomos “pesados”, possuidores de muitos prótons e nêutrons em seu núcleo, especialmente o

urânio-235, uma variante do elemento químico original que está presente na natureza de maneira reduzida. Por conta disso, sua proporção dentro do urânio em estado bruto é aumentada a partir de uma técnica artificial conhecida como enriquecimento. Dentro dos reatores, a concentração de urânio-235 chega a pouco mais de 3%, mas isso já é suficiente para gerar grandes quantidades de energia: 10 gramas do elemento equivalem à mesma potência obtida em 700 quilos de óleo ou 1,2 mil quilos de carvão. No caso das bombas atômicas, o princípio da liberação energética é semelhante. Neste caso, entretanto, a proporção de urânio-235 presente nas ogivas é superior a 90%, permitindo uma reação em cadeia capaz de gerar a explosão (SALDANHA, 2014).

A apresentação do urânio-235 como uma variante do elemento químico original é pouca esclarecedora, tendo em vista que não existe um elemento químico falso. O isótopo de urânio-235 é, de fato, uma variante do átomo de urânio com a mesma quantidade de prótons ($Z = 92$), porém com números de nêutrons diferentes ($n = 143$). As demais variantes são os isótopos urânio-238 ($Z = 92$ e $n = 146$), o mais fácil de ser encontrado na natureza, e o urânio-239 ($Z = 92$ e $n = 157$).

Outro trecho, que tanto aparece na matéria de Saldanha (2014) quanto na matéria de Tanji (2015), é uma explicação sobre o conceito de fissão nuclear, em que ambos a define como a divisão de prótons e nêutrons do núcleo atômico (SALDANHA, 2014; TANJI, 2015). Essa distorção induz o leitor a um erro conceitual, no qual, ele pode acreditar que a fissão é a divisão entre prótons e nêutrons, ao invés da divisão do núcleo atômico em núcleos de elementos com números atômicos menores.

A próxima deficiência que possibilita interpretações erradas, já na *Superinteressante*, é encontrada na matéria de Miranda (2009), onde foi possível observar que, ao relatar sobre a produção das bombas e o lançamento das mesmas, o autor realiza aproximações em relações às datas dos lançamentos das bombas atômicas que atingiram Hiroshima e Nagasaki, sendo que ambas já possuem os dias do seu lançamento bem definidas por relatos históricos. No trecho a seguir, é possível observar essas aproximações que tomam como referência o teste *Trinity*,

A bomba apelidada pelos militares de Trinity, foi detonada às 5h30 da manhã de 16 de julho... De uma enorme esfera leitosa, nasceu uma coluna de fogo laranja e, então, ele apareceu, brotando como o símbolo de uma nova e inédita experiência, um cogumelo branco como luz. *Um mês depois*, em agosto, os militares americanos mostraram, em Hiroshima, no Japão, o poder destrutivo de uma dessas explosões: uma bomba atômica matou mais de 80 mil pessoas em um único dia. E, *dias depois*, como a confirmar seu poder destruidor, uma nova bomba, em Nagasaki (MIRANDA, 2009, grifo nosso).

A matéria utilizou o termo “um mês depois” para se referir que o lançamento ocorreu, um mês após a realização do teste *Trinity*. Esse teste ocorreu, no dia 16 de

Julho de 1945, enquanto o lançamento da bomba *Little Boy* aconteceu no dia 6 de agosto, nesse sentido, passaram-se apenas 21 dias até o lançamento da bomba atômica sobre a cidade de Hiroshima. A aproximação realizada pela matéria induz o leitor a acreditar que o lançamento da bomba aconteceu no dia 16 de agosto de 1945 e, conseqüentemente, também faz com que o leitor compreenda que o lançamento da bomba *Fat man* sobre Nagasaki tenha ocorrido após essa data.

Salientamos também o termo “dias depois” que é impreciso e pode ser substituído pelo valor exato de três dias, pois se sabe que a bomba que atingiu Nagasaki foi lançada no dia 9 de agosto de 1945. Portanto, seria muito mais preciso e menos danoso ao leitor a apresentação das datas exatas do que termos que o induzem ao erro ou à imprecisão. As decisões tomadas para substituir informações por outros termos próximos, às vezes, são tomadas para adequar o tamanho da matéria ao local onde será publicada, gerando como efeito a aparição de algumas dessas imprecisões. Exemplo como esse foi abordado por Fahnestock (2005), que observou que dados que são apresentados de forma precisa, em artigos científicos, são substituídos por valores não exatos nas matérias de divulgação científica.

Já na matéria de Versignassi (2006), as margens para interpretações divergentes estão acompanhada de um recurso facilitador que já foi citado no critério de análise anterior, esse é o caso da comparação da quantidade do isótopo U-235 utilizado para fabricar a bomba que atingiu Hiroshima ao tamanho de uma bola de tênis. Essa comparação pode induzir o leitor ao erro, pois nas dimensões que uma bola de tênis possui pode-se ter qualquer quantidade de massa, essa comparação faz com que o leitor possa conjecturar que a massa utilizada para a produção da bomba é igual a massa de uma bola de tênis.

Em Cavalcante (2007b), as margens também são encontradas junto a um recurso facilitador, dentro do *box* no final do texto. Nele, o autor afirma que “Para usar o urânio como combustível, é preciso enriquecê-lo: botar um pouco de U235 no U238” (CAVALCANTE, 2007b). Entretanto, essa afirmação é errada, tendo em vista que o processo de enriquecimento consiste na separação dos dois isótopos e não do acréscimo de U235 no isótopo U238.

Outra explicação que pode fazer com que o leitor interpretasse a informação de forma errada é quando a matéria fala sobre o processo de resfriamento das usinas nucleares. Nesse ponto, o autor explica:

Depois de passar pela turbina, a água do vaso de pressão é resfriada com água fria. É por isso que as usinas nucleares geralmente são na beira de um rio ou na praia, como em Angra dos Reis. Parte dessa água do mar vira vapor, que sai pela chaminé da torre de resfriamento (CAVALCANTE, 2007b).

No trecho acima, pode-se perceber que não é apresentado de forma clara que a água vinda de rios ou praias que estão próximas das usinas não tem contato com o urânio que está dentro do reator. A dificuldade do leitor de compreender essa informação pode fazer com que ele interprete a imagem da usina nuclear como algo que pode contaminar os rios ou praias, devido o retorno da água utilizada na usina, e também a poluição da atmosfera, devido o vapor da água que sai das torres de resfriamento.

Já nas matérias da *Ciência Hoje On-line*, Lent (2006) e Garcia (2013) tomam o cuidado para evitar que as explicações possibilitem duplos significados. Entretanto, a matéria de Oliveira (2015) peca, ao apresentar a equação de Einstein, pois é apresentada com erro conceitual. O autor, ao invés de apresentá-la como sendo $E = mc^2$, a apresenta como $E = mc2$. Apesar da equação ser popularmente conhecida, não se deve descartar que erros como esse podem incitar leitores, na área das ciências, a adquirirem informações erradas sobre o tema, levando ao descrédito da revista. Além do mais, esse não foi o único erro que a matéria cometeu. Outro, bastante significativo, está associado à divulgação das datas do lançamento das bombas de Hiroshima e Nagasaki, em que o autor afirma que esses eventos ocorreram, consecutivamente, nos dias seis e oito de agosto, quando na verdade Nagasaki foi atingida pela bomba, no dia nove de agosto.

Nas matérias da *Scientific American Brasil*, não foi encontrado nenhum termo ou explicação que possa abrir margens para que o leitor interprete o conhecimento de forma diferente do apresentado pelo meio científico, exceto em um caso, onde a matéria de Matson (2011) abre margens para que o leitor possa confundir que a fusão nuclear, que o autor tratará na matéria, será a união de núcleos atômicos, quando, na verdade, ele explica sobre o derretimento que ocorre nas varetas de urânio, decorrente de problemas no sistema de resfriamento do reator nuclear.

Portanto, em uma instalação nuclear não ocorre o processo nuclear de fusão, e sim o risco referente à segurança das instalações. Diferenciá-los torna-se imprescindível para que o leitor possa formar uma opinião crítica sobre as instalações nucleares, pois a confusão entre os dois termos pode resultar em que os leitores associem que o processo nuclear de fusão é o risco que deve ser evitado nas instalações.

O que observamos nesse critério? Como afirmamos anteriormente, enfatizamos, aqui, alguns dos erros conceituais apresentados nas matérias, como também a forma como as matérias apresentam o conteúdo, abrindo espaço para que o leitor interprete erradamente o conhecimento científico. Esse critério comunica-se estreitamente com o uso de recursos facilitadores, tendo em vista que, na tentativa de facilitar a compreensão do leitor, através da simplificação de uma explicação por meio de *boxes* ou analogias, o conceito científico é distorcido de forma a pouco parecer com o que a comunidade científica comunicou.

Além do mais, outro ponto que merece ressalva e que não foi discutido com maior profundidade, é a ocorrência de jargões científicos que carecem de explicações, termos como: fissão nuclear, reação em cadeia, moratória, entre outros, dificultando que o leitor compreenda as matérias, pois não sabe os significados dos jargões científicos que aparecem no texto. Essa visão entra em conformidade com o que Bueno (2010) salientou, ao afirmar que o público leigo se enreda em qualquer conceito que implica alguma complexidade, comprometendo drasticamente o processo de compreensão da C&T. Portanto, torna-se imprescindível que as matérias apresentem as informações de maneira clara e sem erros conceituais.

5.2.6 Contextualização do Conteúdo

Nesse critério, procuramos verificar se as matérias relacionam o assunto abordado com o contexto histórico, social e entre outros. Em linhas gerais, observamos que a maioria das matérias apresentam as informações sem mencionar como tais conteúdos podem ser úteis para a sociedade ou como se desenvolveram, durante a história. Quando fazem, é realizado em breves menções que pouco interagem com os demais aspectos do texto.

As matérias da *Galileu* não contextualizam os conteúdos apresentados, focando-se apenas na apresentação dos conteúdos sem que as informações interajam com o contexto histórico ou social em que estão inseridas. No caso da matéria de Saldanha (2014), foi trabalhado o assunto de produção de energia nuclear e, apesar de citar sobre armas nucleares no final do texto, não houve nenhuma contextualização com eventos históricos, como o acidente de *Chernobyl*, as bombas atômicas que foram lançadas em Hiroshima e Nagasaki, ou interagiu com as discussões atuais sobre energia nuclear. A

ausência desse relacionamento com os conteúdos históricos e sociais sobre os conceitos de ciência faz com que o leitor receba as informações de forma dicionarizada, no mesmo sentido que Durant (2005) apresentou um dos seus conceitos de alfabetização científica. No caso dessa matéria da Galileu, os leitores recebem as informações em forma de definições não interagidas ou problematizadas. Dessa forma, podem acumular informações sobre o assunto, mas a matéria não contribui para que estabeleçam um corpo de conhecimento sólido. Os seja, saberão como funciona uma usina nuclear, mas não o porquê dessa tecnologia gerar tantas controvérsias.

Em Tanji (2015), a história do tema abordado também não é utilizada para contextualizar o tema abordado na matéria, apesar de ser realizada menção à bomba soviética, como pode ser visto no trecho a seguir: “Em 1961, a União Soviética realizou um teste com a Tsar, bomba de hidrogênio com poder de destruição dez vezes superior ao de todos os explosivos convencionais utilizados na Segunda Guerra” (TANJI, 2015). Dessa forma, a história foi utilizada apenas como um repositório de curiosidades que é dosado de acordo com a necessidade da matéria. Em contrapartida, não podemos deixar de salientar, mesmo utilizando o aspecto histórico de forma a não usufruir de suas demais potencialidades, que a utilização em uma forma de repositório ainda garante a atenção do leitor e a predisposição para que ele continue a leitura e se sinta atraído pela ciência.

Já o aspecto social é abordado na abertura do texto, de maneira cômica, para realizar a abertura da matéria, como pode ser visto no seguinte trecho:

A apreensão global de que um míssil nuclear caia nas mãos de um grupo terrorista ou de algum ditador com corte de cabelo esquisito não é só roteiro para filme de ação de baixo orçamento: duas bombas lançadas pelos Estados Unidos em 1945 vitimaram mais de 230 mil pessoas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, nos únicos ataques realizados com armas nucleares na história (TANJI, 2015).

Da mesma maneira que a história da energia nuclear, o autor não utiliza os aspectos contemporâneos dessa tecnologia para inserir um contexto que possibilite que o leitor possa utilizar o conhecimento adquirido, durante a leitura da matéria, para discutir criticamente sobre o assunto; novamente nasce, aqui, a apresentação de conceitos dicionarizados.

O mesmo padrão se repete nas demais matérias, exceto em Matson (2011), entretanto havendo uma alternância entre a ausência do contexto histórico e a ausência do contexto social, isso devido ao fato que, quando a matéria trabalha com um assunto

que está mais voltado para fatores que influenciam o meio social, como é o caso de Brown (20--), Ling (2008?), Garcia (2013), Lent (2006) e Cavalcante (2007b), pouco se fala da história que envolve esse assunto. Da mesma forma, se a matéria divulga um assunto voltado à história da energia nuclear, como é o caso de Botelho e Lima (2015), Miranda (2009) e Oliveira (2015), pouco é mencionado sobre as implicações sociais da época em que ocorreram os eventos. Enquanto nas matérias de cunho conceitual, como é o caso de Saldanha (2014), Tanji (2015) e Versignassi (2006), não se faz alusões significativas sobre o contexto histórico e social.

Voltamos aqui, para o caso de Matson (2011). O autor produz uma matéria de cunho conceitual, onde se propõe a falar da fusão das varetas de urânio que estão contidas nos reatores de instalações nucleares. Para realizar essa explanação, o autor contextualiza com o recente acidente nuclear da instalação *Daiichi*, em Fukushima, que ocorreu devido um terremoto seguido de um *Tsunami*. É possível notar em Matson (2011), que o evento de Fukushima não foi utilizado apenas como um recurso de curiosidade e ao mesmo tempo em que explica sobre a fusão do reator também explica o que gerou o acidente da instalação *Daiichi*.

5.3 Algumas considerações

O que podemos tirar como sendo as observações mais promissoras da análise desses critérios? Como resposta para essa pergunta, podemos tentar realizar uma diferenciação partida das observações realizadas e daí elencarmos as indagações mais pertinentes. Em primeiro lugar, não podemos desconsiderar a relação formação do autor (proximidade com o meio científico) e qualidade da matéria, observamos que essa relação mostrou-se de fato necessária para a qualidade conceitual dos artigos, tendo em vista que, algumas matérias, tais como a da *Ciência Hoje On-line*, mostraram resultados mais positivos, em relação a margens para interpretações divergentes, apresentação de diferentes pontos de vistas ou preferências a resultados ao processo, que as demais revistas que possuem menos participação do meio científico. Isso mostra a importância do comprometimento do meio científico nas atividades de divulgação, mostrando que, quando engajados nessa atividade, é possível divulgar para o público leigo com qualidade conceitual e argumentativa, sendo que essas duas características se destacam nas matérias de divulgação vinculadas ao meio científico. Isso se dá ao fato de que os

autores das matérias conseguem compreender as fontes de informação, pois fazem parte do mesmo meio, diferente dos jornalistas que por ainda serem leigos em ciência, muitas vezes não compreendem o que a fonte quer dizer e acaba forçando a apresentação do conteúdo, como é o caso das citações da *Superinteressante* que são utilizadas para dar continuidade à narração da matéria, ou o caso das citações da *Galileu*, que são utilizadas para eximir o autor de realizar explicação com as próprias palavras.

Mas se por um lado, as matérias vindas do meio científico se destacaram em critérios associados ao conteúdo, as que são produzidas por profissionais que possuíam formação em comunicação, como é o caso da *Superinteressante*, destacam-se na utilização de recursos que facilitam a compreensão do leitor. Assim, temos o argumento para salientarmos a necessidade da participação cooperativa de ambos os profissionais, pois o meio científico engajado na divulgação fornece a qualidade conceitual, enquanto os profissionais da comunicação fornecem as técnicas textuais necessárias para manter a proximidade com o leitor.

Podemos observar também que se torna inviável qualquer tipo de padronização das matérias de divulgação científica, pois as mesmas mostram características que divergem entre si, como pode ser visto pela as diferentes necessidades que as matérias possuem em relação aos pontos de vistas, sendo que algumas mostram a importância da apresentação das diversas opiniões, enquanto outras não possuem pontos de vistas a serem apresentados.

Uma terceira observação está relacionada à contextualização, em que apontamos a vital necessidade para que o conhecimento não se torne dicionarizado, ao ponto que o leitor aprenda a definição de vários conceitos ou saiba da existência de vários eventos científicos ou tecnológicos, mas não compreendam o porquê ou como estão associados com o desenvolvimento da sociedade. Da mesma forma, como a divulgação das pesquisas e das políticas científicas ensinam sobre a realidade da cultura da ciência. Na ausência de um contexto, a imagem que pode ser repassada para o leitor pode ser uma ideia fictícia de um meio científico perfeito, onde todas as teorias propostas são aceitas pela comunidade e que a mesmo meio trabalha independente da sociedade.

Ainda na linha da contextualização, vemos que a história pouco é mencionada em algumas das matérias, servindo apenas para apresentar algumas informações que não fornecem para o leitor noções sobre o contexto, no qual o evento científico ocorreu. Nesse ponto, a história é utilizada sob um objetivo simplista em meio a sua

potencialidade. Entretanto, não se deve lançar aqui a culpa para o jornalista, tendo em vista que essas matérias ainda são o motivo para atrair a predisposição de jovens para assuntos da ciência, ao contrário cabe, cada vez mais, procurarmos a qualidade do material que está sendo divulgado para o público leigo e a conscientização para que o número de profissionais pertencentes à comunidade científica, engajados na atividade de divulgação cresça. Nesse ponto, o que vale salientar mais uma vez é que para a boa qualidade da divulgação é necessário à comunhão entre cientista e jornalista.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ainda há muito para se discutir sobre a qualidade da divulgação científica, tendo em vista as diferentes perspectivas pelas quais essa temática pode ser abordada. Seja sobre a compatibilidade das ações realizadas pelas atividades de divulgação da ciência com uma definição plausível de alfabetização científica, como também sobre os papéis dos profissionais engajados nessa atividade ou, ainda, voltando-se para perspectivas educativas, sobre o seu papel enquanto educador do público não especializado sobre assuntos de ciência. Seja em todos esses aportes, a divulgação científica mostra-se possuir motivos para, cada vez mais, se dedicar a discussões elaboradas, devido ao seu papel fundamental para o progresso de sociedade científica e tecnológica.

No âmbito dessas perspectivas de investigações necessárias para a boa qualidade da divulgação científica, falar sobre o aspecto conceitual de como o jornalismo em matérias de sites de revistas apresenta o conteúdo para o leitor mostrou-se um dos assuntos mais pertinentes a ser tratado, visando o direito do leitor de uma ciência para todos. Nesse sentido, surge nosso trabalho que pretende, com as conclusões obtidas, levantar informações para futuras investigações.

Este trabalho não apresenta uma resposta conclusiva sobre as discussões em torno das matérias de divulgação científica, tendo em vista que as suas delimitações referem-se apenas a algumas matérias escolhidas sobre o tema de energia nuclear. Portanto, um primeiro conselho sobre as ponderações obtidas, a partir dos resultados, é que não haja uma generalização sobre o estado conceitual das matérias de divulgação, concluindo precipitadamente que haja um declínio pertinente às qualidades conceituais e históricas das matérias provindas do meio comercial, sem antes levantar questionamentos sobre os possíveis resultados que as outras matérias, que não foram analisadas, poderiam ter. Da mesma forma, também não ser tomado como verdadeiro que todas as matérias produzidas pelo meio científico possuem qualidade conceitual pertinente. Essa premissa não é verdadeira, e podemos perceber isso ainda na análise, quando observamos que uma das matérias produzidas por um dos profissionais do campo científico comete erros nas datas do lançamento das bombas em Hiroshima e Nagasaki.

Ao tomarmos como verdadeiras ambas as ideias, estaríamos cometendo o mesmo erro que alegamos haver em algumas matérias de divulgação, o de julgar o conteúdo sem antes conhecê-lo (referente à apresentação de mais de um ponto de vista).

Portanto, as conclusões obtidas denotam um passo de uma longa caminhada que deve ser trilhada para a investigação na qualidade da divulgação, e não o final da trilha.

Se nessa trilha não se deve correr o risco de prejudicar a alfabetização científica da população não especializada, ao mesmo tempo se deve procurar o caminho do aperfeiçoamento da qualidade. Também é necessário compreender que a qualidade não surge em curtos espaços de tempo e até mesmo a cultura científica com os seus critérios para garantir a veracidade das informações, ainda, está longe de se tornar perfeita. Portanto, não se pode lançar a primeira pedra (sem motivo) nos jornalistas que estão sobre a pressão da cultura da comunicação, da mesma forma que os cientistas estão sobre a pressão da cultura científica.

Em contrapartida, ser compreensível não significa o mesmo de ignorar as deficiências cometidas nas divulgações, tanto pelos profissionais do jornalismo como pelos cientistas engajados em fazer tal atividade, pois essas deficiências costumam cobrar um preço que é debitado na concepção do leitor sobre o que é ciência. Portanto, o jornalista como também o cientista deve monitorar as atividades de divulgação, procurando melhorar essa atividade para que possa se aproximar, cada vez mais, as necessidades de alfabetização científica da população.

Ainda sobre ambos os profissionais, a conclusão mais promissora desse trabalho é a necessidade da união entre jornalistas e cientistas para uma melhor qualidade da divulgação científica, uma vez que, como visto na análise e na literatura, o primeiro possui domínio nas técnicas de produção das matérias, necessárias para atrair o interesse do leitor para ler artigos sobre ciência, enquanto o segundo domina o conhecimento teórico que reduzirá o risco que as matérias correrão em apresentar informações erradas para o leitor.

Além disso, em termos da contemplação de elementos da história da energia nuclear, pelas matérias, podemos concluir, a partir do que foi observado, que independente se a autoria é de cientistas ou jornalistas, a história mal foi utilizada para fornecer ao leitor um contexto que apresenta como a ciência age, ou seja, como realmente funciona a cultura científica. Sendo apresentada apenas como uma série de exemplos e falas de personagens que participaram de eventos científicos. Mostrando, portanto, o uso superficial da história da energia nuclear, ou em alguns casos, a ausência completa.

Discorrendo para uma solução para nossa principal indagação, que em termos de qualidade conceitual e histórica das matérias, procura saber como apresentar os termos relacionados à energia nuclear em site de divulgação científica. Concluímos que algumas das matérias do meio comercial, onde os profissionais são formados em comunicação e não possuem uma formação acadêmica ou autodidata em ciências, apresentam conceitos com explicações que induzem o leitor à produção de sentidos diferentes dos aceitos pela comunidade científica, como também é observado que em um dos casos, pertencente à *Superinteressante*, somente são apresentados pontos de vistas que satisfazem a necessidade da matéria de atrair a atenção do leitor.

Entretanto, em contrapartida a essas deficiências, observamos também que a conclusão sobre o uso das fontes diverge do que foi visto na literatura, quando avaliado sobre as matérias de origem comercial, em que a problemática não está em torno da quantidade de citações utilizadas, pois, nesses tipos de matérias, foram utilizadas muitas, mas a deficiência parece estar em torno de como tais citações são utilizadas para apresentar o tema, seja para evitar que os autores elaborem explicações sobre determinados assuntos ou para completar a narrativa das matérias. No mesmo caminho, as matérias comerciais mostram-se mais dispostas ao uso de recurso facilitador, tais como exemplos, analogias e estilos de narrativas para atrair a predisposição do leitor para a leitura das matérias. Entretanto, nem sempre esses recursos são elaborados de forma a atender a necessidade de transpor o conhecimento para a população, desembocando na indução a erros na concepção sobre o tema.

Já pertinente às conclusões obtidas sobre as matérias que se originam do meio científico, observamos a contraposição com os resultados obtidos a partir das matérias comerciais. Apesar da vantagem em relação à formação dos autores, que possibilita a melhor explanação sobre o assunto, essas matérias apresentam poucos recursos facilitadores em relação às produzidas pelos profissionais da comunicação, podendo ser uma desvantagem para a compreensão do leitor. Entretanto, diferente do outro modelo de matéria, a de cunho científico, quando necessário, apresenta a diversidade de opiniões existente sobre o tema, e não apenas a defendida pelos autores. Entretanto, uma generalização sobre isso não pode ser tomada, tendo em vista que a revista *Scientific American Brasil*, a qual possui profissionais com formação autodidata, também não apresenta diversidades de opiniões.

Tendo exposto os resultados obtidos, acreditamos que os mesmos poderão ajudar a iniciar uma série de questionamentos que contribuirá para discussões, já iniciadas no meio científico e jornalístico, envolvendo investigações sobre como os recursos de divulgação contribuem para a alfabetização científica da população não especializada em áreas específicas da ciência e tecnologia, como também, sobre a necessidade da expansão dos meios de divulgação científica sem reduzir a qualidade das informações divulgadas possibilitando que o público forme conhecimento de maneira clara, precisa e crítica.

Alguns questionamentos podem ser levantados para investigações posteriores. Questionamentos do tipo: por que o campo científico dedica poucos esforços para a divulgação da ciência, apesar de alguns cientistas se dedicarem à prática de divulgação? Ou, tendo em vista que o meio científico possui uma organização que influencia na produção de conhecimento: como a organização do jornalismo influencia na transposição de informações científicas para a população não especializada? Outro questionamento que podemos fazer é: como os leitores constroem o conhecimento a partir da organização do conteúdo nas matérias de divulgação? Dessa forma, a dedicação cooperativa nos temas voltados à divulgação científica, poderá minimizar as deficiências encontradas, ou como disse Lévy-Leblond (2006, p. 48) “Mas se o bater de asas de uma borboleta pode desencadear as piores catástrofes, pode também impedi-las...”.

REFERÊNCIAS

- ALBAGLI, Sarita. Divulgação científica: informação científica para a cidadania? **Revista ciência e informação**. Brasília, V. 25, n. 3, p. 396-404, set/dez. 1996.
- BASSALO, José Maria Filardo; CARUSO, Francisco. **Heisenberg**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- BERNSTEIN, Jeremy. **Albert Einstein e as fronteiras da física**. Tradução de André Czarnobai. 1 ed. São Paulo: Claro enigma, 2013.
- BOTELHO, José Francisco; LIMA, Eduardo. Bombas atômicas. **Superinteressante**. Editora Abril, Mai. 2015. Disponível em: <http://super.abril.com.br/ciencia/bombas-atomicas>. Acessado em: 25 de julho de 2016.
- BOURDIEU, Pierre. O campo Científico. In: ORTIZ, R. (org.). **Pierre Bourdieu: Sociologia**. São Paulo: Ática, p. 122 – 155, 1983.
- BROTAS, Antonio Marcos Pereira. Jornalismo científico em tempos de controvérsias. In: PORTO, C. M.; BROTAS, A. M. O.; BORTOLIERO, S. T. (ORG.) **Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas**. Salvador: EDUFBA, 2011 p. 123 – 152.
- BROWN, Paul. Nova alternativa nuclear? Pequenos reatores modulares prometem reviver fortunas na indústria de energia nuclear. **Scientific American Brasil**. Editora Segmento, [20--]. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/nova_alternativa_nuclear_.html. Acessado em: 25 de julho de 2016.
- BUENO, Wilson Costa. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & informação**. Londrina, V. 15, n. esp, p. 1 - 12, 2010.
- _____. **Os interesses por trás das notícias de ciência**. Rio de Janeiro, Brasiliana, Fiocruz, Julho de 2008. Entrevista a Carla Almeida e Luisa Massarani. Disponível em: <http://www.museudavida.fiocruz.br/brasiliana/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=364&sid=31>. Acesso em: 22 de dezembro de 2015.
- CALDAS, Graça. Divulgação científica e relação de poder. **Informação & Informação**. Londrina, V. 15, n. esp, p. 31 - 42, 2010.
- CAMARGO, Guilherme. **O fogo dos Deuses: uma história da energia nuclear: Pandora 600a.C.-1970**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2006.
- CARNEGIE ENDOWMENT FOR INTERNATIONAL PEACE. **About Carnegie**. 2017. Disponível em: <http://carnegieendowment.org/about/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2017.
- CASTELFRANCHI, Yuriy. Por que comunicar temas de ciência e tecnologia ao público? (Muitas respostas óbvias... mais uma necessária). In: MASSARANI, L. (org.). **Jornalismo e ciência: uma perspectiva ibero-americana**. Rio de Janeiro: Fiocruz/ COC/ Museu da vida, p. 13- 21, 2010.

CAVALCANTE, Rodrigo. O vilão virou herói. In: **Superinteressante**: Energia nuclear: Esse vilão pode salvar a terra. Ed. 249, V. 22, n° 4. Jul. 2007.

_____. O vilão virou herói. **Superinteressante**. Ed. 241, Editora Abril, Jul. 2007. Disponível em: <http://super.abril.com.br/historia/o-vilao-virou-heroi>. Acessado em: 25 de julho de 2016.

_____. Qual a origem da vida na terra? **Superinteressante**. 31 Mai. 2007 Disponível em: <http://super.abril.com.br/historia/qual-a-origem-da-vida-na-terra/>. Acesso em: 31 de março de 2017.

_____. A democracia é um valor universal? **Superinteressante**. 31Jan. 2015. Disponível em: <http://super.abril.com.br/historia/a-democracia-e-um-valor-universal/>. Acesso em: 07 de março de 2017.

CARVALHO, Cristiane Portela. Divulgação científica nas revistas *Scientific American Brasil* e *Superinteressante*. **Informação & informação**. Londrina, V. 15, n. esp, p. 1 - 12, 2010.

CORDEIRO, Marinês. D.; PEDUZZI, Luiz. O. Q. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. V. 31, n. 3, p. 536 – 563, dez. 2014.

DIAS, Ricardo Henrique Almeida; ALMEIDA, Maria José P. M. de. Especificidades do jornalismo científico na leitura de textos de divulgação científica por estudantes de licenciatura em física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 31, n. 4, 2009.

DURANT, John. O que é alfabetização científica? In: MASSARANI, L.; TURNEY, J.; MOREIRA, I. C. (org.) **Terra Incógnita**: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 13 – 26, 2005. (Série Terra Incógnita, v. 4).

EINSTEIN, Albert. **[Carta]** agosto de 1939. Long Island [para] Franklin Delano Roosevelt. Disponível em: <http://www.fdrlibrary.marist.edu/archives/pdfs/docsworldwar.pdf>. Acesso em 11 de julho de 2016.

ÉSQUILO. **Prometeu acorrentado**. (c. 525 AC – 456 AC). Tradução de J. B. Mello e Souza. V. XXII, Editora W. M. Jacksons, 2005. (Clássicos Jacksons)

ESTEVES, Bernardo. **Domingo é dia de Ciência**: história de um suplemento dos anos pós-guerra. Rio de Janeiro: Azougue Editorial, 2006.

FAHNESTOCK, Jeanne. Adaptação da ciência: a vida retórica de fatos científicos. In: MASSARANI, L.; TURNEY, J.; MOREIRA, I. C. (org.) **Terra Incógnita**: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 77 – 98, 2005. (Série Terra Incógnita, v. 4).

FERMI, Enrico. **Artificial radioactivity produced by neutron bombardement**. Nobel Lecture, december 12, 1938. Disponível em: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1938/fermi-lecture.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro de 2016.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salete Linhares. Texto de educação científica no ensino de ciências: uma revisão. **Alexandria revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, V. 05, n. 1, p. 3 – 31, mai. 2012.

FEYNMAN, Richard Philips. “**Surely you’re joking, Mr. Feynman!**”... Adventures of a Curious Character. New York: Norton & Company, 1985.

FRANÇA, Martha San Juan. Divulgação ou jornalismo? Duas formas diferentes de abordar o mesmo assunto. In: BOAS, S. V. (org.) **Formação & informação científica: jornalismo para iniciados e leigos**. São Paulo, Summus, p. 31 – 47, 2005.

GARCIA, Marcelo. O patinho feio e a aposta nuclear: desastre em Fukushima aumentou as dúvidas sobre o uso da energia nuclear, mas também serviu para revisão completa dos procedimentos de segurança no mundo. Palestra no Rio de Janeiro debateu mudanças e perspectivas sobre o tema. **Ciência Hoje**. Instituto Ciência Hoje, Mai. 2013. Disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4425/n/a_bomba_atomica_e_o_nascimento_dos_neuronios. Acessado em: 25 de julho de 2016.

GERMANO, Marcelo Gomes. **Uma nova ciência para um novo senso comum**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar Projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

_____. **Métodos e técnicas de pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAHN, Otto. **From the natural transmutations of the uranium to its artificial fission**. Nobel Lecture, december 13, 1946. Disponível em: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1944/hahn-lecture.pdf. Acesso em: 18 de fevereiro de 2016.

HEISENBERG, Werner. **A Parte e o todo: Encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política**. Tradução de Vera Ribeiro; revisão de tradução Luciana Muniz e Antônio Augusto Passos Videira; Revisão técnica Ildeu de Castro Moreira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

HOBBSAWM, Eric. **Era dos Extremos: O breve século XX: 1914 – 1991**. Tradução de Marcos Santarrita; revisão técnica Maria Célia Paoli. São Paulo: Companhia das letras, 1995.

HOLLOWAY, David. **Stalin e a bomba**. Tradução de Reinaldo Guarany. Rio de Janeiro: Record, 1997.

HOOK, Ernest B. Dissonância interdisciplinar e prematuridade: a sugestão de Ida Noddack de fissão nuclear. In: HOOK, E. B. (Org.) **Prematuridade na descoberta científica: sobre resistências e negligência**. Tradução de Gita K. Ghinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 2007.

_____. Plano de fundo da prematuridade e resistência à “descoberta”. In: HOOK, E. B. **Prematuridade na descoberta científica: sobre resistências e negligência**. Tradução de Gita K. Ghinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 2007.

IVANISSEVICH, Alicia. A mídia como intérprete: como popularizar a ciência com responsabilidade e sem sensacionalismo. In: BOAS, S. V. (org.) **Formação & informação científica**: jornalismo para iniciados e leigos. São Paulo, Summus, p. 13 – 30, 2005.

_____. Por que divulgar ciência no Brasil. In: FAUSTO NETO, A. (org.) **Mediatização da Ciência**: cenários, desafios, possibilidades. Campina Grande: EDUEPB, p. 97 – 106, 2012.

KRAGH, Helge. **Quantum Generations**: A history of physics in the twentieth century. New Jersey: Princeton University Press, 1999.

LENT, Roberto. A bomba atômica e o nascimento dos neurônios: Controvérsia resolvida por meio de armas atômicas: não há neurogênese no córtex cerebral adulto. **Ciência Hoje**. Instituto Ciência Hoje, Nov. 2006. Disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4425/n/a_bomba_atomica_e_o_nascimento_o_dos_neuronios. Acessado em: 25 de julho de 2016.

LÉVY-LEBLOND, Jean-Marc. Cultura científica: impossível e necessário. In: VOGT, C. (org.) **Cultura científica**: desafios. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo: Fapesp, p. 28 – 43, 2006.

_____. Deficiências. In: MASSARANI, L.; TURNEY, J.; MOREIRA, I. C. (org.) **Terra Incógnita**: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 161 - 182, 2005. (Série Terra Incógnita, v. 4)

LING, Katherine. Energia nuclear pode não ser solução para mudanças climáticas: novo relatório revela que usinas de energia nuclear não podem ser construídas com agilidade e segurança suficientes para solucionar problema do aquecimento global. **Scientific American Brasil**. Editora Segmento, [2008?]. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/energia_nuclear_pode_nao_ser_soluciao_para_mudancas_climaticas.html. Acessado em: 25 de julho de 2016.

MATSON, John. O que ocorre durante uma fusão nuclear: reatores da estação Daiichi em Fukushima estão em estado crítico, mas não chegaram à condição de fusão plena. Editora Segmento, 2011. Disponível em: http://www2.uol.com.br/sciam/artigos/o_que_ocorre_durante_uma_fusao_nuclear.html. Acessado em: 25 de julho de 2016.

MIRANDA, Celso. Primavera atômica. **Superinteressante**. Ed. 268a, Editora Abril, Ago. 2009. Disponível em: <http://super.abril.com.br/historia/primavera-atomica>. Acessado em: 25 de julho de 2016.

MOREIRA, Marco Antonio. **Metodologia de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da física, 2011.

MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI Luisa. A divulgação científica no jornal do *Commercio* 1958 a 1962. In: MASSARANI, L.; JURBERG, C.; MEIS, L. (org.) **Um gesto ameno para acordar o país**: a ciência no jornal do *Commercio* [1958 – 1962]. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Casa da Ciência, Museu da Vida, p. 43 – 62, 2011.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. Hiroshima e Nagasaki: Razões para experimentar a nova arma. **Scientiae Studia**. V. 3, n. 4, p. 683 – 710, 2005.

MUELLER, Suzana P. M.; CARIBÉ, Rita de Cássia do Vale. **Comunicação científica para o público leigo**: Breve histórico. Revista Informação & informação. Londrina. V. 15, n. especial, p. 13 – 30, 2010.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta; REZENDE JUNIOR, Mikael Frank. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. **Investigação em ensino de ciência**, V. 15 (1), p. 97 - 120, 2010.

NIEZER, Tânia Mara; SILVEIRA, Rosemare Monteiro Castilho Foggiatto; SAUER, Elenise. A utilização de revista de divulgação científica no ensino de química em um enfoque ciência-tecnologia-sociedade visando a alfabetização científica e tecnológica. **Atos de pesquisa em educação**. V. 7, nº 3, p. 877 – 899, set/dez. 2012.

OLIVEIRA, Fabíola. **Jornalismo científico**. 3. Ed, São Paulo, Contexto, 2012. – (Coleção comunicação).

OLIVEIRA, Adilson de. A equação e a bomba: Adilson Oliveira relembra o triste episódio de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos esse mês, e explica por que muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Albert Einstein. **Ciência Hoje**. Instituto Ciência Hoje, Ago. 2015. Disponível em: http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2724/n/a_equacao_e_a_bomba_atomica. Acessado em: 25 de julho de 2016.

OPPENHEIMER, Julius Robert. A Física no mundo de hoje. In.: Oppenheimer, J. R. (Org.) **Energia Atômica e liberdade Humana**. Tradução de Alberto Candéias. Lisboa: livros do Brasil, LDA, [1958]. (LBL Enciclopédia)

PATY, Michel. **A física do século XX**. Tradução de Pablo Mariconda. Aparecida, SP: Idéias & Letras, 2009.

PETERS, Hans Peter. A interação entre jornalistas e especialistas científicos: cooperação e conflito entre duas culturas profissionais. In: MASSARANI, L.; TURNEY, J.; MOREIRA, I. C. (org.) **Terra Incógnita**: a interface entre ciência e público. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 139 – 160, 2005. (Série Terra Incógnita, v. 4)

POLINO, Camilo. CHIAPPE, Dolores. Ciencia y democracia: la transformación de las actitudes públicas. In: MASSARANI, L. (org.). **Jornalismo e ciência**: uma perspectiva ibero-americana. 1 ed. Rio de Janeiro: Fiocruz/ COC/ Museu da vida, p. 63 – 72, 2010.

RED IBEROAMERICANA DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. **Manual de antigua**: indicadores de percepción pública de la ciencia y la tecnología. Coordinado por POLINO, C. 1 ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2015.

RHODES, Richard. **The Making of the Atomic Bomb**. New York: Simon & Schuster Paperbacks, 1986.

ROCHA, Marcelo Borges. Textos de divulgação da ciência na sala de aula: a visão do professor de ciências. **Revista Augustus**. Rio de Janeiro, V. 14, N. 29, p. 24 – 34, Fev. 2010.

_____. Contribuições dos textos de divulgação científica para o ensino de ciências na perspectiva dos professores. **Acta Scientiae**. Canoas, V. 14. n. 1, p. 132 – 150, jan\abr. 2012.

SALDANHA, Pedro. Como funcionam as usinas nucleares? **Revista Galileu**. Editora Globo, Out. 2014. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2014/10/como-funcionam-usinas-nucleares.html>. Acessado em: 25 de julho de 2016.

SANDRINI, Rafaela. **A dinâmica da divulgação científica em blogs de jornalistas e cientistas brasileiros**. 2014. 456 f. Dissertação (Mestrado em jornalismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

SANTOS, Carlos Alberto dos. Do laboratório para o público: a vivência de um cientista no processo de popularização da ciência. In: FAUSTO NETO, A. (org.) **Mediatização da Ciência: cenários, desafios, possibilidades**. Campina Grande: EDUEPB, p. 87 – 96, 2012.

SEABORG, Glenn. T. Prematuridade, fissão nuclear e os elementos actínídeos transurânicos. In: HOOK, E. B. (Org.) **Prematuridade na descoberta científica: sobre resistências e negligência**. Tradução de Gita K. Ghinsburg. São Paulo: Editora Perspectiva, 2007.

SEARA DA CIÊNCIA. Bombardeando Núcleos com nêutrons. In: SEARA DA CIÊNCIA. **Apostila eletrônica de Dona Fifi: Duas grandes Físicas**. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/donafifi/curiemeitner/curiemeitner7.htm>. Acessado em: 23 de dezembro de 2016

SILVA, Adriano. Por quem somos..... **Superinteressante**. Disponível em: <http://super.abril.com.br/cultura/por-quem-somos/>. Acessado em: 28 de dezembro de 2016.

SILVA, Henrique César da. O que é divulgação científica? **Ciência & ensino**, V. 1, nº 1, p. 53 – 59, dez. 2006.

SILVA, José Alves da; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, nº 3, p. 316 – 339, ago. 2001.

SILVEIRA, Alessandro Frederico da. **O teatro como instrumento de humanização e divulgação da ciência: um estudo do texto ao ato da obra Copenhague de Michael Frayn**. 2011. F. 234. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

STOCKING, S. Holly. Como os jornalistas lidam com as incertezas científicas. In: MASSARANI, L.; TURNEY, J.; MOREIRA, I. C. (org.) **Terra Incógnita: a interface entre ciência e público**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent: UFRJ, Casa da Ciência: FIOCRUZ, p. 161 - 182, 2005. (Série Terra Incógnita, v. 4)

SUPERINTERESSANTE. **Energia nuclear: Esse vilão pode salvar a terra**. Ed. 249, V. 22, nº 4. Jul. 2007.

TANJI, Thiago. O que acontece em uma explosão nuclear? **Revista Galileu**. Editora Globo, Jul. 2015. Disponível em:

<http://revistagalileu.globo.com/Revista/noticia/2015/07/o-que-acontece-em-uma-explosao-nuclear.html>. Acessado em: 25 de julho de 2016.

TAVARES, Taysy Fernandes; PRESTES, Maria Elice Brzezinski. Pseudo-história e ensino de Ciências: o caso Robert Hooke (1635 – 1703). **Revista da Biologia**. 9 ed. P. 35 – 42. 2012.

TENNENBAUM, Jonathan. **Energia nuclear**: uma tecnologia feminina. Tradução Gildo Magalhães. Rio de Janeiro: Capax Dei Editora, 2007.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. Tradução de Ronal Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VERSIGNASSI, Alexandre. Como funciona a bomba atômica. **Superinteressante**. Ed. 228, Editora Abril, Jul. 2006. Disponível em: <http://super.abril.com.br/ciencia/como-funciona-a-bomba-atmica>. Acessado em: 25 de julho de 2016.

VIEIRA, Cássio Leite. Pequeno manual de divulgação científica: um resumo. In: DICKSON, D.; KEATING, B.; MASSARANI, L. (Org.) **Guia de divulgação científica**. Rio de Janeiro: SciDev.Net: Brasília, DF: Secretaria de Ciência e Tecnologia para a Inclusão Social, p. 13 – 14, 2004.

VON WEIZSÄCKER, Carl Friedrich. **Energia atômica y era atômica**. Tradução de Alfredo Cahn. Argentina: Compañia General Fabril Editora, 1959.

WESTWICK, Peter J. Kurchatov, Igor Vasilyevich, and J. Robert Oppenheimer. In: HEILBRON, J. L. (Edit.) **The Oxford Companion to the history of Modern Science**. United States: Oxford University press, 2003. P. 439 - 440.

ANEXO

Matérias *on-line* analisadas

Como funcionam as usinas nucleares?

17/10/2014 - 13H10 / atualizado 13H1010 / por Pedro Saldanha, via Facebook

Curtir Compartilhar (280)

Tweet

G+1 23

Share

Share

Share

/ Tamanho do Texto A+ A-

OUÇA A REPORTAGEM



(Foto: João Pedro Brito/Editora Globo)

Em uma central nuclear, a água é aquecida e seu vapor movimentada a turbina que acionará um gerador responsável pela produção de energia elétrica. Até aí, tudo parecido com o funcionamento das usinas termelétricas alimentadas por carvão e combustíveis fósseis. A diferença dessa tecnologia, que abastece quase 14% da população mundial, é a técnica utilizada para o aquecimento da água: como a divisão dos prótons e nêutrons do núcleo de um átomo libera energia, fissões controladas dessas partículas são produzidas dentro de um reator para gerar de calor.

Para alcançar a potência necessária, são utilizados átomos "pesados", possuidores de muitos prótons e nêutrons em seu núcleo, especialmente o urânio-235, uma variante do elemento químico original que está presente na natureza de maneira reduzida. Por conta disso, sua proporção dentro do urânio em estado bruto é aumentada a partir de uma técnica artificial conhecida como enriquecimento. Dentro dos reatores, a concentração de urânio-235 chega a pouco mais de 3%, mas isso já é suficiente para gerar grandes quantidades de energia: 10 gramas do elemento equivalem à mesma potência obtida em 700 quilos de óleo ou 1,2 mil quilos de carvão. No caso das bombas atômicas, o princípio da liberação energética é semelhante. Neste caso, entretanto, a proporção de urânio-235 presente nas ogivas é superior a 90%, permitindo uma reação em cadeia capaz de gerar a explosão.

O que acontece em uma explosão nuclear?

Pergunta enviada por Marcelo Barboza, via Facebook

08/07/2015 - 16H07/ atualizado 16H0707 / por thiago tanji

Curtir Compartilhar <359

Tweet

G+1 40

Share

Share

Share

/ Tamanho do Texto A+ A-

OUÇA A REPORTAGEM



(Foto: Natana Sousa/ Editora Globo)

A apreensão global de que um míssil nuclear caia nas mãos de um grupo terrorista ou de algum ditador com corte de cabelo esquisito não é só roteiro para filme de ação de baixo orçamento: duas bombas lançadas pelos Estados Unidos em 1945 vitimaram mais de 230 mil pessoas nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, nos únicos ataques realizados com armas nucleares na história.

“Qualquer explosão provoca um deslocamento de material e o aquecimento do meio devido à geração de ondas de pressão de grande energia”, afirma Ítalo Curcio, professor de física nuclear da Universidade Presbiteriana Mackenzie. “No caso de uma explosão nuclear, a energia produzida é tão alta que a temperatura se eleva a milhares de graus Celsius, a ponto de fundir e até fazer evaporarem os materiais existentes na região afetada.” Em Hiroshima, a explosão aconteceu após uma reação em cadeia localizada no interior da bomba, que gerou uma altíssima quantidade de energia liberada após a divisão de prótons e nêutrons do núcleo de átomos de urânio.

“Há também o efeito da radioatividade, por conta da quantidade de material lançado na região da explosão”, diz Curcio. A destruição em solo japonês, no entanto, foi pequena se comparada às armas desenvolvidas nas décadas seguintes. Em 1961, a União Soviética realizou um teste com a Tsar, bomba de hidrogênio com poder de destruição dez vezes superior ao de todos os explosivos convencionais utilizados na Segunda Guerra Mundial.

Seja o primeiro a comentar

Os comentários são de responsabilidade exclusiva de seus autores e não representam a opinião deste site. Se achar algo que viole os [termos de uso](#), denuncie. Leia as [perguntas mais frequentes](#) para saber o que é impróprio ou ilegal.

Este conteúdo não recebe mais comentários.



Nova alternativa nuclear?

Notícias

Pequenos reatores modulares prometem reviver fortunas na indústria de energia nuclear

Por Paul Brown e The Daily Climate

Blafant World/Flickr

LONDRES – Começou a corrida para desenvolver uma nova geração de pequenos reatores nucleares subterrâneos que só precisam ser reabastecidos uma vez a cada dez anos.

Reatores modulares pequenos – ou SMRs, como são conhecidos em inglês – são vistos pela indústria de energia nuclear como a tecnologia mais promissora do futuro porque evitam muitos dos problemas de segurança de usinas muito maiores, e também são mais fáceis e rápidos de construir.

No subsolo eles seriam menos vulneráveis a ataques terroristas e teriam sistemas de resfriamento que poderiam mantê-los em segurança durante sete dias sem intervenção humana.

A indústria já tem 20 projetos competindo. Alguns imaginam os reatores trabalhando em conjunto com fontes renováveis de energia, para fornecer eletricidade para comunidades distantes que atualmente dependem de geradores a diesel. Isso reduziria a poluição local e combateria a mudança climática.



UMA NOVA ALVORADA PARA A ENERGIA NUCLEAR?: Reatores Modulares Pequenos, operados no subsolo e reabastecidos uma vez por década são vistos como o futuro da tecnologia nuclear se comparados às grandes usinas atuais, como a da imagem.

Maior não é melhor?

A tendência da indústria nuclear até o momento era construir reatores cada vez maiores. Atualmente espera-se que o maior de todos eles, o Reator Europeu Pressurizado (EPRS), produza 1.600 megawatts (o consumo diário médio de eletricidade de uma casa nos Estados Unidos é 1.200 watts), mas ele encontrou problemas. Os dois reatores em construção na Finlândia e na França estão com um atraso de anos, e estouraram o orçamento.

A indústria alega que os novos reatores evitariam as preocupações com segurança associadas ao acidente de Fukushima, no Japão, porque são menores e mais simples. Eles também serão produzidos de fábrica como conjuntos de montar, prontos para serem construídos *in loco*, e assim evitar os atrasos nas obras e os vastos custos de capital de grandes reatores.

Para ser classificada como SMR, a nova geração de reatores terá que produzir menos de 300 megawatts, e alguns projetos menores produzirão apenas 25 megawatts – aproximadamente a mesma quantidade de energia produzida por cinco turbinas eólicas grandes.

Mais uma salvação para a indústria?

Críticos da tecnologia nuclear continuam céticos em relação a mais um plano para reviver a indústria, que se tornou pouco popular após o acidente de Fukushima e pouco econômica em relação à maioria dos outros combustíveis, particularmente nos Estados Unidos, onde a gasolina é muito acessível.

Mesmo assim, o maior interessado nesses reatores é o próprio governo dos Estados Unidos. O país está fornecendo 50% dos custos de desenvolvimento para competir com a Rússia e a Coreia nessa área, e acredita que exista um grande mercado para pequenas usinas que possam ser construídas em uma fábrica e depois transportadas para qualquer lugar onde sejam necessárias.

Os russos estão oferecendo uma versão dos reatores que usam para abastecer submarinos nucleares, e vão montá-los em balsas para serem transportados e ativados onde forem necessários. Eles também se oferecem para levar os produtos de volta à Rússia ao fim de seu uso, sem deixar um legado de resíduos para o cliente.

Uma das empresas americanas, a Gen4 Energy, está desenvolvendo um reator de 25 megawatts que, de acordo com a empresa, seria perfeito para fornecer energia para 170 das pequenas ilhas do mundo, e para mais de 100 instalações remotas do governo dos Estados Unidos que precisam de energia. A empresa declara que essa eletricidade seria muito mais barata que a produzida por geradores a diesel – além de mais favorável ao clima.

Parte do apelo dos novos projetos é que eles podem ser enviados na forma de conjuntos de montar e serem instalados em localizações remotas para alimentar fábricas, minas, bases militares, ou para ajudar comunidades não conectadas à rede elétrica.

Eles também podem ser usados em grupos de três ou quatro, sendo reabastecidos para que não haja suspensão no suprimento de energia. Além disso, os reatores poderiam ser ligados a redes locais para serem usados em conjunto com fontes renováveis de energia, como a eólica e a solar.

Estimativa otimista

22/07/2016

Nova alternativa nuclear? | Scientific American Brasil | Duetto Editorial

Ao contrário de seus primos gigantes que são projetados para funcionar o tempo todo e fornecer grandes quantidades de eletricidade para grandes redes de energia em países industrializados, os produtores alegam que esses novos reatores podem reduzir sua saída de energia para se adequar a flutuações na demanda e a contribuições intermitentes de fontes renováveis.

A estimativa mais otimista da Associação Nuclear Mundial é que poderia haver até 96 SMRs em funcionamento até 2030 ainda que, de acordo com a avaliação da associação, nenhum deles ficasse nos Estados Unidos.

Mas os Estados Unidos têm outras ideias, e nos últimos dois anos investiram US\$452 milhões para financiar os custos de desenvolvimento de dois projetos concorrentes de duas das empresas que promovem a tecnologia: a NuScale e a Gen4 Energy.

Esses dois projetos e muitas outras ideias concorrentes para SMRs estarão expostas na Conferência de Reatores Modulares Pequenos, em Charlotte, na Carolina do Norte, no final do mês de março.

Este artigo foi originalmente publicado em The Daily Climate, a fonte de notícias sobre a mudança climática publicada por Environmental Health Sciences, uma empresa de mídia sem fins lucrativos.



Artigos

O que ocorre durante uma fusão nuclear

Reatores da estação Daiichi em Fukushima estão em estado crítico, mas não chegaram à condição de fusão plena

Por John Matson

Como funciona um reator nuclear?

A maioria dos reatores, entre eles os da estação Daiichi em Fukushima, são essencialmente chaleiras de alta tecnologia que ferver água para produzir eletricidade. Têm como base a fissão nuclear controlada – pela qual se divide um átomo em dois átomos menores, produzindo calor e fazendo com que nêutrons “voem”. Se outro átomo absorve um desses nêutrons, o átomo se torna instável e ele próprio entra em fissão, liberando mais calor e mais nêutrons. Essa reação em cadeia torna-se autossustentável, e produz um fornecimento contínuo de calor para ferver água, impulsionando as turbinas assim gerando eletricidade.

Quanta eletricidade é produzida no Japão e em outros lugares pelas usinas?

Com 54 reatores nucleares gerando 280 bilhões de kilowatts-hora, o Japão é o terceiro maior produtor mundial de energia nuclear, depois dos Estados Unidos e da França, conforme dados da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A estação Daiichi de Fukushima, atingida pelo terremoto de 11 de março, abriga seis reatores, todos funcionando desde a década de 1970.

No mundo todo, a energia nuclear representa 15% da geração de eletricidade; o Japão obtém quase 30% de sua eletricidade de usinas nucleares. Os Estados Unidos produzem mais energia nuclear, porém, instalações nucleares respondem apenas por uma cota menor do portfólio americano de energia. Cerca de 20% da eletricidade dos Estados Unidos provém de usinas nucleares, a terceira maior fonte de eletricidade do país, atrás do carvão (45%) e do gás natural (23%).

Qual o combustível de um reator nuclear?

A maioria dos reatores usa combustível de urânio “enriquecido” na forma de urânio 235, um isótopo que entra rapidamente em fissão. O urânio 238 é muito mais comum na natureza que o urânio 235, mas não entra em fissão facilmente; por isso, fabricantes do combustível reforçam o conteúdo do urânio 235 em alguns pontos percentuais, o suficiente para manter uma reação contínua de fissão e gerar eletricidade. O urânio enriquecido é fabricado em varetas que são cobertas com revestimento de metal feito de ligas de zircônio.

O reator No 3 na estação Daiichi em Fukushima funciona com o chamado combustível óxido misto (mixed oxide ou MOX em inglês), no qual o urânio é misturado com outros materiais físséis.

Como se “desliga” uma reação nuclear?

Fissões nucleares sustentáveis têm como base a passagem de nêutrons de um átomo ao outro – nêutrons liberados na fissão de um átomo desencadeiam a fissão do próximo átomo. A maneira parar uma reação de fissão em cadeia é interceptar os nêutrons. Reatores nucleares utilizam varetas de controle feitas de elementos como cádmio, boro ou háfnio, que são eficientes absorvedores de nêutrons. Quando o reator tem problemas de funcionamento ou quando operadores precisam desligar o reator por qualquer outra razão, os técnicos podem, por acionamento à distância, mergulhar varetas de controle dentro do núcleo do reator para absorver os nêutrons e paralisar a reação nuclear.

É possível um reator entrar em fusão mesmo que a reação nuclear sendo interrompida?

Mesmo depois das varetas de controle realizar sua função e sustar a reação de fissão, as varetas de combustível retêm uma grande quantidade de calor. Além disso, os átomos de urânio que já foram divididos em dois dão origem a subprodutos que por si mesmos liberam uma grande quantidade de calor. Assim, o núcleo do reator continua a produzir calor mesmo na ausência do processo de fissão.

Se o resto do reator operar normalmente, as bombas continuarão fazendo circular o líquido refrigerador (normalmente água) para dissipar o calor no núcleo do reator. No Japão, o terremoto de 11 de março causou os apagões que cortaram a fonte externa de corrente alternada do sistema de refrigeração do reator. De acordo com matérias de jornais e relatórios publicados, os geradores de emergência a diesel da usina falharam pouco tempo depois, deixando os reatores sem refrigeração e em sério risco de superaquecimento.

Sem um suprimento contínuo de líquido refrigerador, o núcleo quente continuará a ferver a água em torno dele até que o combustível não esteja mais imerso. Se as varetas de combustível ficarem descobertas, elas poderão começar a entrar em fusão. Então, o combustível quente, radiativo, se depositará em poças no fundo do vaso que contém o reator. Na pior situação possível de fusão, a poça de combustível quente entrará em fusão, atravessará o vaso de contenção de aço e as barreiras subsequentes destinadas a conter o material nuclear; isso fará com que quantidades maciças de radiatividade fiquem expostas no exterior da usina.

Podemos comparar esse acidente com o de Chernobyl ou Three Mile Island?

No momento, três dos reatores na estação Daiichi de Fukushima estão seriamente danificados. Nas unidades 1 e 3 houve explosões que destruíram as paredes exteriores, aparentemente a partir de acúmulos de gás hidrogênio produzido pelo zircônio nas varetas de combustível, que reagiu com a água de refrigeração a temperaturas extremamente altas – mas os vasos interiores de confinamento até aqui parecem estar intactos. Várias explosões ocorreram no reator No 2, e a situação permanece dramática. Mais recentemente, peritos indicaram que a situação já pode ser comparada a de Chernobyl.

WIKIMEDIA COMMONS



ANTES DO TERREMOTO: A usina Daiichi em Fukushima antes do terremoto seguido de tsunam em 2011.



Notícias

Energia nuclear pode não ser solução para mudanças climáticas

Novo relatório revela que usinas de energia nuclear não podem ser construídas com agilidade e segurança suficientes para

Katherine Ling

Segundo relatório, publicado em 26 de março pela *Carnegie Endowment for International Peace*, a indústria nuclear, com as atuais políticas e restrições financeiras, não será capaz de construir nos próximos 20 anos, novos reatores em quantidade suficiente para proporcionar qualquer alteração no clima.

"Se não ocorrerem mudanças consideráveis nas políticas governamentais e sem apoio financeiro significativo, é provável que a energia nuclear corresponda a uma porcentagem ainda menor da produção de energia mundial", aponta o documento.

A Agência Internacional de Energia prevê em seu relatório *World Energy Outlook 2008*, que a parcela de geração de energia nuclear mundial cairá de 15%, em 2006, para 10%, em 2030, se não ocorrerem mudanças políticas.

O relatório ainda adverte que antes da possível expansão de investimentos financeiros, os responsáveis por essas políticas devem levar em conta o histórico, custos e riscos que a energia nuclear impõe, e compará-los aos possíveis benefícios.

O documento revela que obstáculos na cadeia de suprimento nuclear, infraestrutura ineficiente nos países em desenvolvimento e limitações nas estratégias de administração de risco de crédito (provocadas pela crise econômica) limitarão de forma drástica a capacidade de expansão da potencial nuclear de todos os países. É provável que os atuais reatores deixem de funcionar em 2030.

Ainda segundo o relatório, o primeiro reator americano não ficará pronto antes de 2015, e colocar uma usina em funcionamento pode levar cerca de 10 anos — desde o licenciamento até sua inserção na rede elétrica. Em 24 países interessados em gerar energia nuclear, mas que ainda não construíram reatores, esse prazo pode ser maior.

"Exigências de segurança energética e mudanças climáticas não legitimam a corrida por energia nuclear até que sistemas institucionais garantam a validade da expansão energética, por razões que envolvem não apenas produção de energia, mas também a segurança mundial" aponta o relatório. O documento ainda argumenta que a energia nuclear provavelmente não trará efeitos significativos em relação à segurança energética.

Converter a frota mundial de veículos movidos a petróleo e derivados para eletricidade levará ao menos duas décadas e o setor de transportes é o único em que a substituição de petróleo por energia nuclear pode ser significativa.

Além disso, o relatório alerta que o urânio e o combustível nuclear são produzidos por apenas cinco países — Canadá, Austrália, Rússia, Estados Unidos e França —, o que manterá a dependência de países que não dispõem de fontes ou de tecnologia para produzi-lo. O mais grave é que a necessidade de combustível pode levar mais países a desenvolver suas próprias formas de enriquecimento de urânio, aumentando o risco de proliferação de armas nucleares.

FLICKR/HEVU1021



Falta de energia? Novo relatório revela que a energia nuclear não é a solução para a necessidade de energia limpa.

24 NOVEMBRO 2006

♥ 0 👁 213

A bomba atômica e o nascimento dos neurônios

Controvérsia resolvida por meio de armas atômicas: não há neurogênese no córtex cerebral adulto



As bombas atômicas lançadas sobre o Japão em 1945 abriram as portas para uma série de testes nucleares feitos entre 1955 e 1963 no âmbito da Guerra Fria. Nesse período, essas explosões ajudaram a elucidar um mistério da neurociência (foto: National Archives and Records Administration). A bomba atômica, produto quintessente de um laboratório falido. A bomba envenena as crianças antes que comecem a nascer. A bomba é um cisco no olho da vida, e não sai. A bomba pondera com olho neocrítico o Prêmio Nobel.

Quando Carlos Drummond de Andrade escreveu estas frases do seu poema *A bomba*, publicado em 1962, mal podia imaginar que os efeitos dessa terrível arma de destruição em massa algum dia seriam usados para o bem da humanidade. Mas foi o que aconteceu quando uma equipe multinacional de pesquisadores, liderada pelo sueco Jonas Frisén, inventou uma maneira de utilizar a radioatividade atmosférica produzida pelos testes nucleares durante a Guerra Fria para resolver uma controvérsia científica da maior importância.

Existe ou não a produção de novos neurônios no córtex cerebral dos seres humanos? O córtex, como se sabe, é a região mais complexa do cérebro, aquela que nos permite falar, pensar, lembrar, chorar, amar e mais um extenso repertório de verbos desse calibre. A questão que surge é a seguinte: os neurônios que temos em nosso córtex cerebral são os mesmos que tínhamos quando nascemos? Ou durante a vida ocorre produção neuronal capaz de renovar o time? A questão faz sentido, porque se demonstrou em diferentes espécies que várias regiões cerebrais, inclusive um tipo de córtex evolutivamente mais antigo, apresentam neurogênese adulta, isto é, produção de neurônios novos após o nascimento.

Diferentes grupos de pesquisadores saíram em campo para analisar se esse é o caso do córtex. Mas o resultado gerou uma grande confusão: alguns trabalhos concluíram que sim, outros que não. Qual seria então a resposta correta? Foi aí que Frisén e seus colegas entraram em cena, e parece que colocaram um ponto final na questão.

Carbono-14



Os átomos de carbono radioativo (^{14}C) se incorporam ao DNA dos novos neurônios quando estes nascem, proporcionalmente à sua concentração na atmosfera. Modificado de Au e Fishell (2006) *Nature Neuroscience*, vol. 9, pp. 1086-1088.

Os experimentos que realizaram foram muito engenhosos. Os mais velhos se lembram da Guerra Fria, quando alguns países do campo americano, e outros do campo soviético, disputavam o poder mundial realizando testes nucleares sobre a superfície terrestre, iniciados em meados da década de 1950. Ainda que localizadas em regiões desérticas distantes, as explosões atômicas produziam radioatividade que atingia a atmosfera e se espalhava por todo o planeta.

Essa radioatividade era particularmente perigosa na forma de um isótopo do carbono – o carbono-14 – que se inseria na molécula de gás carbônico, passando rapidamente às plantas pela fotossíntese, e em seguida aos animais pela alimentação. O esforço pela paz resultou no banimento das explosões na superfície terrestre em 1963, e os níveis atmosféricos de ^{14}C declinaram lentamente nos anos seguintes.

Frisén e seu grupo raciocinaram que, se novos neurônios corticais estivessem sendo produzidos, seu (novo) DNA conteria átomos de carbono radioativo, na http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4425/n/a_bomba_atomica_e_o_nascimento_dos_neuronios

1/7

18/07/2016

Ciência Hoje - A bomba atômica e o nascimento dos neurônios

proporção dos níveis atmosféricos. E isso poderia ser medido experimentalmente, se fosse possível examinar os cérebros de pessoas recém-falecidas cujo nascimento tivesse ocorrido a partir dos anos 1950.

A pá de cal na controvérsia

Fragmentos dos cérebros foram então levados a um aparelho separador de células, capaz de distinguir entre neurônios e "não-neurônios". A medida da radioatividade de uns e outros permitiu estimar a sua data de nascimento, em relação aos níveis de radioatividade atmosférica e ao ano de nascimento de cada indivíduo.

Constatou-se que os neurônios nasciam sempre próximos ao nascimento do seu portador, enquanto as demais células se distribuíam por um período posterior de alguns anos, indicando que haviam nascido depois. Como os experimentos foram quantitativos, foi possível estimar um limite teórico máximo de 1% na proporção de neurônios gerados em um período de 50 anos, o que significaria a adição de um neurônio novo a cada coluna de 100 neurônios no córtex. Um acréscimo insignificante para 50 anos de vida!



As cores mais claras representam os lobos do córtex cerebral, e os tons mais fortes mostram as regiões analisadas, correspondentes às cores dos símbolos do gráfico. Este ilustra o caso de um indivíduo nascido em 1968 (linha vertical), época em que os níveis atmosféricos de ^{14}C ainda eram altos. O nível de radioatividade dos neurônios permitiu estimar a época de nascimento dos neurônios (triângulos) e células não-neuronais (círculos). Modificado de Bhardwaj e colaboradores (2006) *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, pp. 12564-12568.

A inexistência de produção de novos neurônios no córtex cerebral humano adulto, apurada por técnica tão precisa, representou uma pá de cal na controvérsia que agitou os meios neurocientíficos nos últimos dez anos, mas também um banho de água fria nas expectativas de poder estimular uma neurogênese "terapêutica" em pessoas vitimadas por traumatismos cerebrais ou doenças neurodegenerativas.

Por outro lado, por que será que a evolução nos retirou uma capacidade plástica como essa, existente em vertebrados inferiores? Pensando bem, somos levados a crer que é vantajoso possuir um plantel fixo de neurônios, sobre os quais construímos nossa biografia. Afinal, parte importante do monumental arquivo de informações alojadas em nossa memória tem que ser definitiva, para que não nos esqueçamos nunca do vocabulário que aprendemos na infância, das pessoas que passaram pela nossa vida (as que amamos e as que odiamos) e da nossa própria história.

SUGESTÕES PARA LEITURA

C. Drummond de Andrade (1962) A bomba, em *Lição de coisas*, Poesia Completa e Prosa (1973), Aguilar Editores, pp. 352-356.

K.L. Spalding e colaboradores (2005) Retrospective birthdating of cells in humans. *Cell*, vol. 122, pp. 133-143.

R.D. Bhardwaj e colaboradores (2006) Neocortical neurogenesis in humans is restricted to development. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 103, pp. 12564-12568.

E. Au e G. Fishell (2006) Adult cortical neurogenesis: nuanced, negligible or nonexistent? *Nature Neuroscience*, vol. 9, pp. 1086-1088.

Roberto Lent

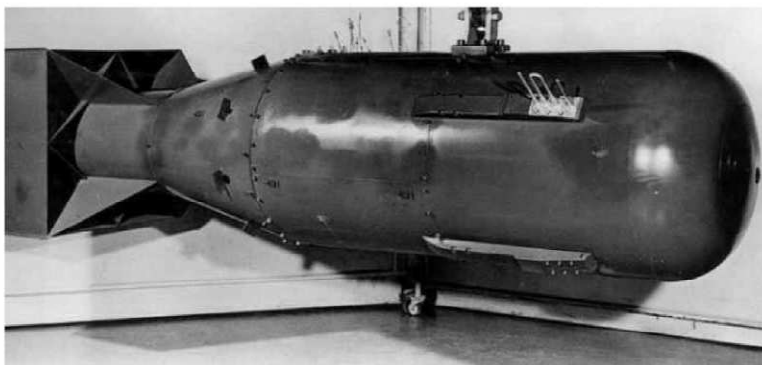
Professor de Neurociência
Instituto de Ciências Biomédicas
Universidade Federal do Rio de Janeiro
24/11/2006

21 AGOSTO 2015

♡ 1 👁 794

A equação e a bomba atômica

Adilson de Oliveira relembra os tristes episódios de Hiroshima e Nagasaki, que completam 70 anos este mês, e explica por que muita gente relaciona as bombas atômicas ao trabalho de Albert Einstein.



Réplica da bomba nuclear jogada pelo governo norte-americano sobre Hiroshima em 1945. (foto: U.S. National Archives / Domínio público)

Os dias 6 e 8 de agosto são datas que marcam dois dos piores eventos que aconteceram no século 20 e talvez em todos os tempos – um leitor mais antenado provavelmente já sabe do que estamos falando. Há exatos 70 anos, em 1945, a Segunda Guerra Mundial se encaminhou para o fim quando os norte-americanos detonaram sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki duas bombas atômicas.

Na verdade, a Alemanha nazista havia sido derrotada e o Japão também caminhava para perder a guerra que travava no Pacífico contra os Estados Unidos e seus aliados. Porém, como em todas as guerras, aos vencedores coube contar a história. O que se relata, pois, é que havia poucas chances de os japoneses se renderem e, para vencer a disputa, milhões de soldados americanos e japoneses morreriam. A bomba, diz-se, evitaria essa batalha sangrenta. Fato é que a ação custou a vida de centenas de milhares de pessoas, não somente no momento da destruição, como também ao longo dos anos, devido aos efeitos da radiação.

A humanidade, podemos dizer, guarda um trauma deste episódio. Mas a necessidade ou não de se construir armas atômicas sempre foi um tema muito polêmico. Talvez o leitor já tenha ouvido falar que Albert Einstein, um dos maiores cientistas de todos os tempos e com notada atuação pacifista, escreveu, em agosto de 1939, uma carta para o então presidente dos Estados Unidos, Franklin Roosevelt, sobre a possibilidade da construção de bombas atômicas. A 'dica' levou à criação do projeto Manhattan, no qual foram investidos 2 bilhões de dólares e o trabalho de centenas de pesquisadores e cientistas. Alguns anos depois, Einstein lamentou: "Cometi o maior erro da minha vida quando assinei a carta ao presidente Roosevelt recomendando que fossem construídas bombas atômicas".

Energia e destruição

Até hoje algumas pessoas associam a criação da bomba atômica a Einstein, principalmente por causa da sua famosa equação $E=mc^2$, que relaciona massa e energia. Essa equação mostra que uma pequena quantidade de matéria equivale a uma enorme quantidade de energia, uma vez que a constante que relaciona massa e energia é a velocidade da luz (300.000 km/s).

Ora, nas reações nucleares, ocorre a conversão de massa em energia. Um dos processos possíveis para isso é a fissão nuclear, na qual núcleos de átomos pesados como os de urânio ou plutônio, utilizados nas bombas detonadas sobre Hiroshima e Nagasaki, respectivamente, são 'quebrados' em elementos mais leves a partir do bombardeio de nêutrons (partículas presentes nos núcleos atômicos, mas sem carga elétrica). Os produtos finais, por exemplo, da fissão do urânio com um nêutron são os átomos de estrôncio e xenônio e mais dois nêutrons, que, por sua vez, participam de uma nova reação, levando ao surgimento de um processo em cadeia.



As bombas atômicas utilizadas na Segunda Guerra Mundial logo se tornaram obsoletas, pois novos artefatos nucleares foram produzidos

Em reatores nucleares, o processo é similar. Porém, diferentemente do que ocorre nas bombas atômicas, nos reatores a reação é controlada, de forma que a energia seja liberada de maneira moderada. Na bomba, o objetivo é precisamente liberar toda a energia de uma vez.

As bombas atômicas utilizadas na Segunda Guerra Mundial logo se tornaram obsoletas, pois novos artefatos nucleares foram produzidos, como a bomba de fusão nuclear, equivalente a milhares de bombas atômicas. O processo que ocorre nessas armas nucleares é complexo, mas, de uma maneira simplificada, podemos dizer que, em vez de se quebrar um núcleo atômico, o que ocorre é a fusão de núcleos leves em núcleos mais pesados.

Esse processo é semelhante ao que acontece no interior das estrelas. Por exemplo, quatro núcleos de hidrogênio (compostos por apenas um próton cada) reagem entre si produzindo um núcleo de hélio, que tem dois prótons e dois nêutrons. No processo, ocorre a transformação de dois prótons em nêutrons a partir da emissão de uma partícula de carga positiva e com massa igual a do elétron, chamada pósitron.

Para que essas reações aconteçam são necessárias altíssimas temperaturas, como as que existem no interior das estrelas. Para detonar uma bomba de fusão nuclear, é preciso produzir essas temperaturas, a partir da detonação de um artefato de fissão nuclear. Resumindo: a bomba atômica se torna o 'pavio' da bomba de fusão nuclear.

Tanto nos processos de fissão quanto nos de fusão nuclear os produtos das reações têm uma massa menor que a inicial. A massa faltante se transforma em energia, como prediz a equação $E=mc^2$ – note-se, porém que Einstein, ao deduzir esta equação, estudava a energia em um contexto diferente, que nada tinha a ver com armas de destruição em massa.

Alcance inesperado

Em 1905, Einstein publicou o seu célebre artigo "Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento", no qual apresentava uma proposta que tornava as equações do eletromagnetismo de James Clerk Maxwell compatíveis com a mecânica newtoniana. Para isso, Einstein mudou os conceitos de espaço e tempo, tornando-os relativos, e postulou que a velocidade da luz no vácuo é a mesma para qualquer referencial.

O famoso físico logo percebeu que, como a velocidade da luz é o limite do universo – pois as equações da relatividade mostravam que nessa velocidade os objetos colapsariam e o tempo pararia (veja a coluna "Sonhos de um jovem visionário (/colunas/fisica-sem-misterio/sonhos-de-um-jovem-visionario)"), para valer o conceito da conservação da energia, um corpo, ao se aproximar dessa velocidade, deveria ter a sua massa aumentada, ou seja, parte da energia se converteria em massa. Dessa hipótese surge a equação $E=mc^2$, como ele apresenta no artigo "A inércia de um corpo depende do seu conteúdo energético?", também publicado em 1905.

Hoje sabemos que a mais famosa equação da história da física pode nos ajudar a compreender coisas impressionantes, da detonação de armas nucleares aos processos estelares. No entanto, o próprio Einstein duvidava de todo o alcance de seu trabalho. Em carta ao seu amigo Conrad Habicht, chegou a escrever: "O argumento é divertido e sedutor, mas, por tudo que conheço, o Senhor pode estar rindo de tudo isso e pregando uma peça em mim".

Adilson de Oliveira

Departamento de Física
Universidade Federal de São Carlos



28 MAIO 2013

♡ 0 ● 540

O patinho feio e a aposta nuclear

Desastre em Fukushima aumentou as dúvidas sobre o uso da energia nuclear, mas também serviu para revisão completa dos procedimentos de segurança no mundo. Palestra no Rio de Janeiro debateu mudanças e perspectivas sobre o tema.



O acidente de Fukushima levantou novamente a polêmica nuclear e fez com que os padrões de segurança das usinas por todo o mundo fossem revisados e aprimorados. (Imagem: Abode of Chaos/ Flickr – CC BY 2.0)

Dois anos depois de Fukushima (.../colunas/terra-em-transe/japao-o-impensavel-aconteceu/), muito ainda se discute sobre os rumos dos programas nucleares. Apesar da reticência de alguns países europeus, há muitas iniciativas que seguem apostando firme no setor. A tragédia japonesa, no entanto, teve ao menos um lado positivo: serviu para aprimorar procedimentos de segurança por todo o mundo, inclusive nas usinas brasileiras.

Carneiro: “Era preciso decidir se Fukushima seria tratado como um ‘patinho feio’ ou se deveria ser realizada uma revisão geral da segurança das usinas do mundo”

O tema foi discutido por especialistas, membros da sociedade civil e representantes dos órgãos nacionais ligadas ao setor reunidos no 2º Seminário sobre Energia Nuclear, realizado na semana passada, no Rio de Janeiro. Para o coordenador do Comitê Gerencial de Resposta ao Acidente de Fukushima da Eletrobrás EletroNuclear, Paulo Carneiro, o desastre japonês colocou governos e empresas do setor numa encruzilhada: “Era preciso decidir se Fukushima seria tratado como um ‘patinho feio’ ou se deveria ser realizada uma revisão geral da segurança das usinas do mundo, opção que acabou prevalecendo”, afirmou.

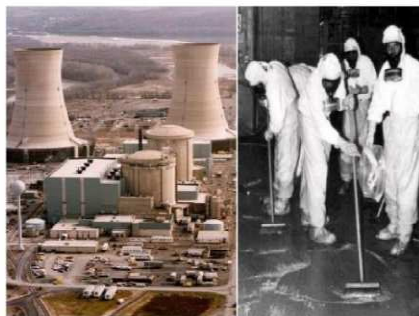
Assim, diversos países do mundo implementaram rígidos testes (*stress tests*) em suas instalações, para reavaliar ameaças, margens de segurança, procedimentos de emergência e até a capacidade de contenção dos reatores em caso de acidentes graves. “A exigente avaliação obrigou mais da metade das usinas europeias a rever práticas e investir ainda mais em segurança”, observou Carneiro. “Até nos EUA, que havia realizado testes semelhantes contra sabotagem, também eram necessárias melhorias.”

O caso brasileiro

Na lista dos piores acidentes nucleares da história, Fukushima figura entre os três primeiros lugares, ao lado de outros ocorridos em Three Mile Island, nos Estados Unidos (<http://guiadoestudante.abril.com.br/aventuras-historia/como-acidente-usina-three-mile-island-mudou-trajetoria-energia-nuclear-691564.shtml>), em 1979, e em Chernobyl, na ex-União Soviética (<http://www.brasilecola.com/historia/chernobyl-acidente-nuclear.htm>), em 1986. O engenheiro nuclear Aquilino Serra Martinez, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, explicou as grandes diferenças entre os três casos e entre seus respectivos reatores, ressaltando que os utilizados no Brasil só se assemelham ao do acidente de 1979.

26/07/2016

Ciência Hoje - O patinho feio e a aposta nuclear



(/noticias/2013/05/imagens/threemiles.jpg)

Acidente ocorrido na usina de Three Mile Island em 1979 foi o único dentre os três maiores desastres atômicos com um reator semelhante aos utilizados no Brasil. Episódio serviu para aumentar as margens de segurança das instalações em todo o mundo. (imagens: Wikimedia Commons)

“O acidente em Three Mile Island, no entanto, teve relação direta com o fator humano”, explicou Martinez. “Depois dele, diversas modificações foram feitas para tornar o reator mais automático, o que diminuiu a dependência do operador – todas elas incorporadas nas usinas que temos hoje.”

Martinez destaca falhas em Fukushima: equipamentos de emergência mal alojados, contenção do reator mal dimensionada e combustível queimado guardado em área pouco protegida

Sobre o caso japonês, ele destacou falhas no projeto da usina: com o risco de inundação, equipamentos para evitar acidentes graves estavam mal alojados, a contenção do reator não era bem dimensionada e o combustível queimado era guardado em área pouco protegida. “Mas é bom lembrar que só uma das quatro centrais nucleares atingidas teve problemas; a evacuação da área foi muito bem-sucedida”, destacou. “As mortes e os estragos por lá foram causados não pelo reator, mas pelo terremoto e pelo tsunami.”

Ao comparar Fukushima com as instalações nacionais, Martinez reforçou a confiança na segurança de Angra dos Reis. “Os reatores brasileiros são mais protegidos em caso de vazamento do núcleo, com equipamentos de segurança e piscinas de combustível em áreas menos suscetíveis”, avaliou. “Além disso, a usina localiza-se numa área de baixa sismicidade e dentro de uma baía, protegida das grandes ondas.”

(In)segurança em Angra

Seguindo o procedimento internacional, no entanto, o Brasil também reavaliou suas instalações após Fukushima. Localizadas entre a serra e o mar, as maiores ameaças são os deslizamentos e as chuvas da região. “Revimos procedimentos e redimensionamos margens de segurança relacionadas a inundações, desmoronamentos, incêndios, ondas e até tornados”, contou Carneiro. No total, o plano de resposta à Fukushima (http://www.jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=13050&id_secao=4), produzido pela Eletronuclear em 2012, propõe mais de 50 medidas, algumas já implantadas.



(/noticias/2013/05/imagens/patinhofeio.jpg)

Localizadas entre o mar e a montanha, as centrais nucleares de Angra têm como maiores ameaças inundações e deslizamentos comuns na região. Apesar de reavaliações de segurança pós-Fukushima, plano de evacuação continua sendo alvo de críticas. (foto: Flickr/PAC 2 - CC BY-NC-SA 2.0)

Mesmo assim, muitos participantes do evento levantaram uma questão polêmica no plano de segurança: os procedimentos de evacuação da região. “O plano de emergência é uma abstração. Por exemplo, os deslizamentos frequentes de encostas cortam as rotas de fuga, como a BR101”, avaliou o engenheiro agrônomo José Rafael Ribeiro, conselheiro da Sociedade Angrense de Proteção Ecológica. “Além disso, ele se concentra principalmente numa área de 5km ao redor da usina, boa parte da população não é contemplada. Em síntese, o plano é acreditar que aquilo ali nunca vai vazar.”

Ribeiro: “Em síntese, o plano é acreditar que aquilo ali nunca vai vazar”

26/07/2016

Ciência Hoje - O patinho feio e a aposta nuclear

Ribeiro também citou duas situações de alarme falso, em que as sirenes de alerta soaram no distrito próximo à usina. Segundo ele, na primeira delas, em 1989, houve pânico. Na segunda, em 2009, nenhuma mobilização. “Não sei qual das duas situações é pior. O que fica óbvio é que, 20 anos depois, a população ainda não sabe reagir numa emergência”, avaliou.

O engenheiro Paulo Gonçalves, assessor da Eletronuclear na área de responsabilidade socioambiental e comunicação, que apresentou diversas iniciativas ‘responsáveis’ da empresa na região, afirmou que a estatal investe em meio ambiente, saúde e educação, como determina a legislação. Porém, ressaltou que os projetos devem ser elaborados pela sociedade civil e pelo poder público. Ribeiro reforçou: “Os governos municipal, estadual e federal precisam envolver a população de forma orgânica”.

Desaceleração e vidas prolongadas

Outro ponto muito debatido no evento foi a moratória à energia nuclear (<http://epocanegocios.globo.com/Revista/Common/0,,EMI218820-16367,00-MERKEL+DEFENDE+MORATORIA+NUCLEAR+E+ABANDONO+GRADUAL+DA+ENERGIA+ATOMICA.html>) proposta pela Alemanha. Dados da Agência Internacional de Energia Atômica parecem mostrar que o movimento não tem tido grande sucesso (.../especiais/reuniao-anual-da-sbpc-2011/depois-de-fukushima). Afinal, hoje existem 67 reatores em construção no mundo e as previsões sugerem a criação de 90 nos próximos 20 anos (http://www.istoe.com.br/colunas-e-blogs/coluna/300693_A+ENERGIA+NUCLEAR+TEM+UM+FUTURO+APOS+FUKUSHIMA). “Além disso, apesar de cerca de 80% dos reatores em uso já terem ultrapassado metade de suas vidas úteis de 40 anos, quase todos os países estão estendendo esse tempo por mais 20 anos e aumentando a potência dos equipamentos”, afirmou Paulo Carneiro.



(/noticias/2013/05/imagens/patinhofeio4.jpg)



Enquanto a Alemanha ensaia abandonar a energia nuclear, países como China e Índia mergulham cada vez mais na tecnologia. Especialistas brasileiros apoiam investimento, mas alertam que chance de acidentes nunca será nula. (foto: Flickr/ Mary.Do – CC BY-NC-ND 2.0)

A própria Alemanha havia feito o mesmo antes de Fukushima, ampliando a vida de suas usinas para 2036 (<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2013/01/ministro-alemao-reafirma-intencao-de-fechar-usinas-nucleares.html>). “Além disso, é curioso que o país que prega essa moratória mantém centenas de ogivas atômicas em seu território”, argumentou. “É claro que a preocupação com segurança é fundamental, mas nenhuma tecnologia é 100% segura e é impossível dizer que não haverá mais acidentes; o importante é estarmos preparados”, afirmou.

Para Carneiro, o risco nuclear deveria ser relativizado quando comparado com outras formas de energia. “Cerca de 40% da energia do mundo é termelétrica, onde o dano é permanente durante todo o seu período de operação”, destacou. “A energia nuclear foi importante para atender o crescimento da demanda dos países europeus. Agora eles querem impedir os países em desenvolvimento de utilizar esse recurso”, questionou.

Marcelo Garcia

Ciência Hoje On-line

Bombas atômicas

POR Redação Super | ATUALIZADO EM 23/05/2015

Compartir  Tweetar  0

COMENTAR (0)

José Francisco Botelho e Eduardo Lima

Erro - Usar uma energia potencialmente benéfica para o desenvolvimento de armas de destruição e, assim, dar início a uma corrida armamentista.

Quem - Cientistas a serviço dos EUA e da Alemanha nazista.

Quando - Entre 1938 e 1945.

Consequências - As bombas de Hiroshima e Nagasaki mataram instantaneamente cerca de 220 mil pessoas e inauguraram a era dos arsenais nucleares.

Às 5 horas e 29 minutos, madrugada do dia 16 de julho de 1945, o deserto do Novo

Pela Web

Recomendados para Você



Nave da Nasa chega a Júpiter em algumas horas - e pode desvendar



Nasa descobre "mensagem" escrita na superfície de Marte

Nome:

Nasc.:

E-mail:

CEP:

12x R\$ 17,50

18/07/2016

Bombas atômicas | Superinteressante

México foi iluminado por um clarão intenso, como se um pequeno Sol tivesse nascido em meio às areias. O estrondo, equivalente à explosão de 20 mil toneladas de dinamite, pôde ser ouvido a 160 quilômetros dali. E uma nuvem em

ASSINE

construída a uma distância segura, um grupo de cientistas observava a experiência com os olhos protegidos por óculos escuros. No fim, tudo saiu como o planejado. A detonação da primeira bomba atômica da história tinha sido um sucesso. Antes mesmo de encerrarem uma rápida comemoração, porém, um deles não resistiu e acabou soltando um comentário sarcástico: "Agora, somos todos uns filhos da mãe".

Intenções assassinas

Embora hoje tenha uma série de aplicações pacíficas e louváveis, como a geração de eletricidade e o tratamento de doenças como o câncer, a energia atômica foi inicialmente dominada com intenções puramente assassinas. Desde 1939, o governo americano procurava um caminho que levasse à fissão nuclear. Para isso, reuniu no secretíssimo projeto Manhattan alguns dos físicos mais brilhantes do mundo. O objetivo era criar uma arma capaz de aniquilar cidades ou até países inteiros. E o mais importante: antes que Adolf Hitler o fizesse. A Alemanha nazista tinha liderado a corrida por um bom tempo. Em 1938, a 2ª

Guerra Mundial nem havia começado ainda e os cientistas alemães a serviço de Hitler já tinham obtido a fissão do núcleo

Fracasso diplomático

O tempo correu, a URSS desmoronou e o mundo já não se sente assombrado pelo fantasma de uma guerra que represente o Juízo Final. Ainda assim, o uso da energia atômica para fins militares continua sendo um problema e tanto. Em 1967, as grandes potências até tentaram controlar o avanço das armas nucleares por meio de um tratado de não proliferação. A ideia era boa: os países que já as detivessem reduziriam gradualmente seus arsenais, enquanto as nações que ainda não tinham chegado lá simplesmente renunciariam a essa pretensão. O acordo, no entanto, acabou redundando num dos maiores fracassos diplomáticos da história recente. Foi mais ou menos assim: todo mundo assinou, mas ninguém jogou fora as bombas atômicas que possuíam. A África do Sul acabou sendo o único país a se desfazer das poucas ogivas que detinha.

Sonho distante

De lá para cá, novos acordos foram firmados e o número de artefatos nucleares foi reduzido significativamente, sobretudo na Rússia e nos EUA (leia mais no quadro abaixo). No Brasil, que teve um programa nuclear suspeito durante a ditadura militar, a Constituição proíbe o

desenvolvimento de armas nucleares. Ainda restam, no entanto, mais de 23 mil dessas armas pelo mundo. "A eliminação completa dos arsenais parece ser um objetivo utópico", avalia o físico Luis

18/07/2016

Bombas atômicas | Superinteressante

Carlos de Menezes, presidente de uma comissão da Sociedade Brasileira de Física (SBF) que acompanha - e fiscaliza - o programa nuclear brasileiro. "Mas essa deveria ser uma das grandes metas da humanidade para o século 21."

Hoje, o clube das potências com arsenais nucleares inclui Rússia, EUA, Reino Unido, China, França, Índia, Paquistão, Coreia do Norte e, possivelmente, Israel. Detalhe nada insignificante: alguns desses países estão em regiões de grande potencial para conflitos. Indianos e paquistaneses, por exemplo, vivem se estranhando. Já os norte-coreanos estão tecnicamente em guerra com seus vizinhos do sul desde 1950, quando começou a Guerra da Coreia. O conflito, que terminou na prática em 1953, nunca foi formalmente encerrado - os dois lados permanecem em trégua, embora os atritos sejam frequentes. E ainda há o caso do Irã, que jura ter um programa nuclear de propósitos estritamente pacíficos, embora pouca gente acredite. O atual regime iraniano não esconde de ninguém que nega a Israel o direito de existir. O temor da comunidade internacional é de que os iranianos joguem uma bomba atômica sobre seus arquirrivais israelenses assim que consigam fabricá-la.

** Os últimos dados disponíveis são referentes ao ano de 2009.*

*** Israel e Coreia do Norte não confirmam nem negam a posse de armas nucleares. Fontes: Bulletin of the Atomic Scientists e International Crisis Group (ICG).*

Primavera atômica

Os americanos tiveram um longo caminho até a bomba. Da descoberta da radioatividade até o primeiro teste de uma explosão nuclear (ao lado) foram muitos desafios. Os cientistas envolvidos no Projeto Manhattan não imaginavam que a bomba atômica daria origem à Guerra Fria.

Agosto de 2009

Edição 268a

Pela Web

Recomendados para Você



Cocô ajuda a preservar relíquias históricas de 300 anos



A batalha por Winterfell, de Game of Thrones, aconteceu de verdade

Nome:
Nasc.:

Texto Celso Miranda

Era um dia claro no Novo México, seco e quente como sempre costuma ser nessa parte do sudoeste dos EUA. O sol intenso de junho refletido nas janelas fechadas dos prédios dá uma curiosa impressão de que todos eles estão de óculos escuros. E de que nem mesmo os edifícios de concreto sobreviveriam sem eles aqui. Seguindo o caminho que se afasta do prédio principal, passa pelo portão e continua rocambolante até uma estradinha por onde chegam e de onde partem os raros visitantes vindos de Santa Fé, chega-se a uma peguena ponte. Ali, dois homens se encontram. Um deles, nem alto nem baixo, é magro e parece à vontade de camisa de mangas curtas e calça cáqui. Disfarça um certo ar sombrio com óculos de aros de ferro, que cobre com aqueles cliques de proteção contra o sol. O outro é mais baixo e atarracado e não poderia estar vestindo algo mais inapropriado para o calor do deserto: uma capa de chuva.

Os dois andam juntos pela ponte, numa visão que não seria estranha mesmo que, por um milagre, alguém passasse por ali, naquele início de junho de 1945. Mas, enquanto a milhares de quilômetros dali travavam-se os últimos momentos de uma guerra mundial, a aparentemente inocente reunião daqueles dois homens

não era um acontecimento casual. E então o mais alto dá ao outro um envelope.

Dentro dele, há o design de uma bomba

18/07/2016

Primavera atômica | Superinteressante

Deu o dia, na véspera de uma bomba atômica.

Nem um mês depois do encontro no caminho para Santa Fé e o "entregador" está de volta à ponte. É um dia histórico, porém não menos secreto. Dali, ele cruza rumo a um abrigo a 10 quilômetros de onde testemunharia o primeiro teste de uma explosão nuclear. A bomba, apelidada pelos militares de Trinity, foi detonada às 5h30 da manhã de 16 de julho (veja em www.cfo.doe.gov/me70/manhattan/trinity_animation.htm os primeiros 109 milissegundos da era nuclear).

De uma enorme esfera leitosa, nasceu uma coluna de fogo laranja e, então, ele apareceu, brotando como o símbolo de uma nova e inédita experiência, um cogumelo branco como a luz. Um mês depois, em agosto, os militares americanos mostraram, em Hiroshima, no Japão, o poder destrutivo de uma dessas explosões: uma bomba atômica matou mais de 80 mil pessoas em um único dia. E, dias depois, como a confirmar seu poder destruidor, uma nova bomba, em Nagasaki.

E, então, o silêncio. Até que em 23 de setembro de 1948, 4 anos e 1 mês depois do bombardeio ao Japão, o presidente americano Harry Truman anunciou que a União Soviética havia detonado sua primeira bomba atômica. A posse exclusiva da maior arma de destruição em massa jamais conhecida pelo homem já não era exclusividade dos EUA. E a Guerra Fria teria de conviver com um

novo e definitivo elemento: o conceito de mútua destruição total.

Como isso aconteceu? Cientistas americanos recebiam informações sobre o programa nuclear soviético da inteligência militar americana havia pelo menos dois anos, e haviam assegurado que eles só teriam urânio ou plutônio suficiente para a construção de uma bomba em 5 anos. Poderiam as pesquisas soviéticas terem feito progressos tão rapidamente? Poderiam os espões americanos estar mal informados? Ou era outra coisa?

Era outra coisa. Mas depois um

ASSINE

conhecido como Projeto Venona foi decifrado pelo serviço secreto britânico e acabou revelando, entre outras coisas, espões soviéticos infiltrados no Ocidente. Um deles era um físico britânico, que havia trabalhado no Projeto Manhattan, que desenvolveu a bomba nuclear americana em Los Alamos, no Novo México. Seu nome: Klaus Fuchs. Não era alto nem baixo.

FÍSICOS E POETAS

Até 1910, se somássemos todos os físicos e químicos alemães e britânicos não chegaríamos a 10 mil pessoas. No final da década de 1980, o número de cientistas e engenheiros empregados no mundo era de 5 milhões, dos quais 1 milhão trabalhavam nos EUA, 1,2 milhão na

18/07/2016

Primavera atômica | Superinteressante

Europa, e perto de 1,5 milhão na União Soviética, segundo dados da Unesco.

Quando Otto Hanh olhou dentro do núcleo de um átomo e descobriu a fissão nuclear, no início de 1939, mesmo alguns dos cientistas mais ativos nesse campo duvidavam que ela tivesse alguma aplicação prática. Fosse na paz, fosse na guerra. Não podiam estar mais equivocados. Por mais esotéricas que pudessem parecer as experimentações da física subatômica, elas eram quase que imediatamente aproveitadas em tecnologias práticas: transistores surgiram como subproduto de uma série

propriedades eletromagnéticas de cristais ligeiramente imperfeitos, em 1948 (8 anos depois, seus autores levaram o Nobel). "A guerra mostrou duas coisas para os cientistas: que a concentração de recursos podia resolver os mais difíceis problemas tecnológicos num tempo incrivelmente curto. E que nada estimulava tanto o 'pioneirismo científico dos financiamentos das pesquisas' quanto as aplicações para fins bélicos ou o prestígio nacional que elas proporcionavam", disse Richard Evans, em *In Hitler's Shadows* ("Nas Sombras de Hitler", inédito no Brasil). Com o tempo, a guerra, a paz, e, por fim, a possibilidade de uma nova guerra aceleraram a imaginação dos físicos e o apetite de políticos e militares. "Hoje está claro que a Alemanha nazista não conseguiu fazer a bomba nuclear não porque os cientistas alemães não soubessem fazê-la, ou não tentassem, com diferentes graus de

ASSINE

18/07/2016

Primavera atômica | Superinteressante

reutancia, mas porque a maquina de guerra alemã não quis ou não pode dedicar-lhe os recursos necessários. Eles abandonaram a tentativa e passaram para o que parecia uma concentração mais efetiva em termos de custos, os foguetes, que prometiam retornos mais rápidos."

Nenhum campo das ciências parecia mais firme, coerente e metodologicamente correto que a física newtoniana, com suas leis universais e mecanismos de causa e efeito. Era objetiva, podia se submeter a observação adequada e, em seu campo de conhecimento, um objeto ou fenômeno era uma coisa ou outra e a distinção entre eles era clara. Só um tolo ou uma criança (ou um gênio) iria dizer que o voo dos pássaros e borboletas negava as leis da gravidade. E, no entanto, a teoria subatômica que se seguiu à descoberta da radioatividade, na década de 1890, havia acabado de solapá-la. E, de repente, os jovens físicos descabelados passaram a ter um charme inédito.

Os átomos eram agora habitados por uma fauna e flora de partículas, algumas muito estranhas. Em 1932, Chadwick, de Cambridge, descobriu a primeira delas, os nêutrons. Essas partículas subatômicas, quase todas efêmeras, multiplicaram-se sob o bombardeio dos aceleradores de alta energia construídos no fim da guerra, e antes do fim da década mais de 100 delas haviam sido catalogadas. E eram ligadas por duas forças desconhecidas e obscuras que atuavam dentro do átomo, além das elétricas e que ligavam núcleo e elétrons: a "força forte", que ligava o nêutron e o próton de carga positiva no

núcleo atômico, e a "força fraca", responsável por certos tipos de decomposição de partículas. Como dizia John Keats, que estudou e chegou a se formar farmacêutico, mas que se tornou mesmo um dos maiores poetas da língua inglesa, "Beleza é verdade, verdade é beleza". Uma bela teoria, que era em si uma presunção de verdade, devia ser elegante, econômica e geral. Devia unir e simplificar.

TRAIÇÃO

Klaus Emil Fuchs era um físico brilhante, nascido e formado na Alemanha, que emigrara para a Inglaterra, nos anos 30, e, de lá, para o Canadá. Em 1941, foi convidado e aceitou voltar para a Europa, onde se engajou num projeto pioneiro que visava produzir armamento nuclear para os ingleses. Os britânicos reconheceram o risco a que ele, um alemão de nascimento, estava se expondo na Europa, em plena guerra contra os nazistas, e fizeram dele um cidadão britânico. Na mesma época, Hitler invadia a União Soviética e Klaus, secretamente, começava a transmitir informações militares para os soviéticos. "Eu acreditava que aquelas informações iriam contribuir de alguma forma para equilibrar o combate na Europa. Afinal, naquele momento, o inimigo comum era o fascismo que ameaçava a segurança global", disse Klaus Fuchs, quase 10 anos mais tarde, durante seu julgamento, no qual foi condenado por traição.

No final de 1943, Fuchs foi para a Universidade Colúmbia, em Nova York, nos EUA, onde passou a fazer parte da equipe do Projeto Manhattan. Em agosto do ano seguinte, foi transferido para Los Alamos, no Novo México, para o Laboratório de Física Teórica, dirigido por Hans Bethe, e, já na fase avançada do projeto, passaria a trabalhar diretamente na construção da primeira bomba atômica americana. Sua área de competência era a implosão do núcleo passível de fissão na cápsula de plutônio. Ali, diariamente, Fuchs punha em prática um de seus vícios: o cálculo, para o qual a maioria de seus parceiros, como Edward Teller, não tinha paciência ou vocação. Por isso, foi o autor de várias técnicas para calcular a quantidade de energia de uma amálgama passível de fissão, como o ainda hoje utilizado método de Fuchs-Nordheim.

No Novo México, Klaus Fuchs permaneceu fiel a outra de suas convicções. Entre 1945 e 1947, ele entregou aos soviéticos, por meio de um mensageiro, Harry Gold, a quem conhecia apenas como "Raymond", em rápidos encontros sobre uma ponte, próximo a Santa Fé, informações sigilosas sobre a bomba atômica em que estava trabalhando.

Fuchs entregou, ainda, informações sobre a produção de urânio-235, revelou que a produção dos EUA era de 100 quilos de U-235 e 20 quilos de plutônio por mês. Desses dados a União Soviética pôde

calcular o número de bombas atômicas que os EUA poderiam ter e concluir que os EUA não estavam preparados para uma guerra nuclear até o final da década de 1940 e início de 1950.

Fuchs foi preso na Inglaterra e confessou ser espião em janeiro de 1950. Por ter vazado informações durante a guerra, foi condenado a 14 anos de prisão e teve a cidadania britânica cassada, o máximo possível por passar segredos militares a uma nação aliada. Depois de cumprir pouco mais de 9 anos da sentença, Fuchs foi solto e emigrou para a Alemanha Oriental, onde continuou sua carreira científica, em Dresden. Ele morreu em 1988, em Berlim.

JOE 1

O físico Hans Bethe, diretor do Projeto Manhattan, dizia que Klaus Fuchs foi o único físico que conheceu que realmente mudou a história. Era um exagero. Até recentemente, todos os registros de espionagem de Los Alamos eram

atribuídos a Fuchs. Em 1998, Theodore Hall, um ex-colega americano, que chegou a ser investigado em 1951, mas nunca foi acusado, admitiu que, para ajudar a prevenir o monopólio sobre as armas atômicas, que considerava mais perigoso que a violência em si, encontrou-se com e passou informações sobre o projeto da bomba atômica para agentes soviéticos. "Decidi dar segredos atômicos aos russos porque achava que o poder nuclear não deveria ser um monopólio

18/07/2016

Primavera atômica | Superinteressante

nuclear não deveria ser um monopólio.

Aquilo seria muito mais perigoso na mão de uma nação só, e quem sairia perdendo seria o mundo" disse, em entrevista à rede de TV CNN, num documentário sobre a Guerra Fria. "Era a coisa certa a ser feita para quebrar a exclusividade americana. Só havia uma resposta: o equilíbrio."

Se as informações entregues por Fuchs aos soviéticos foram úteis para que eles construíssem sua primeira bomba (que os americanos chamaram de "Joe1", numa alusão a Josef Stálin) ainda é um mistério. A maioria dos historiadores concorda com a investigação oficial de 1952, que concluiu que, quando Fuchs deixou o país, em 1946, ele ainda não conhecia bem o mecanismo de detonação da bomba atômica para que isso fosse de utilidade para a União Soviética. O design utilizado em "Joe 1" foi atribuído a Andrei Sakharov.

Do lado soviético, a informação oficial sempre foi que os documentos de Fuchs eram inúteis. No entanto, alguns

trabalhos realizados pelo físico German Goncharov têm sugerido que, embora os trabalhos que Fuchs desenvolvia não tenham ajudado os EUA nos seus esforços para conseguir uma bomba de hidrogênio, eles estavam muito mais próximos de uma solução do que foi reconhecido na época. Eles teriam servido, em grande medida, para estimular e orientar a pesquisa soviética. Uma vez que a maior parte do trabalho de Klaus Fuchs em Los Alamos permanece confidencial nos EUA, essa afirmação é

praticamente impossível de comprovar.

Projeto Manhattan

Los Alamos, no Novo México, era o principal centro de desenvolvimento do Projeto Manhattan. Ali seriam desenvolvidas e testadas as primeiras bombas nucleares dos EUA na década de 1940.

O Espião

O brilhante físico alemão Klaus Fuchs (1911-1988) odiava os nazistas de seu país e por esse motivo trabalhou para americanos e ingleses durante a 2ª Guerra Mundial. Mas com o fim do conflito mudou de lado e passou a fornecer informações sigilosas do Projeto Manhattan aos soviéticos.

Nobel de Física

O italiano Enrico Fermi, um dos principais integrantes do Projeto Manhattan, concebeu e dirigiu a construção do primeiro reator nuclear na Universidade de Chicago. Aliou teoria e prática com suas experiências em núcleos radioativos, o que lhe garantiu o Prêmio Nobel de Física em 1938.

Como funciona a bomba atômica?

Pela Web

Na convencional, uma carga de dinamite faz com que átomos de urânio ou de plutônio a, relativamente fáceis de quebrar, se rompam e por causa disso, o nome dela é bomba de fissão.



Edição 228

Julho de 2006

[Sumário desta edição](#)

[Todas as edições](#)

[Tablet](#)

ASSINE

Recomendados para Você



Nave Juno envia primeira foto da órbita de Júpiter



3 notícias de ciência que marcaram a semana - #Supernovas

Nome:
 Nasc.:
 E-mail:
 CEP:

12x R\$ 17,50

POR Redação Super

18/07/2016

Como funciona a bomba atômica? | Superinteressante

Compartir 1 Tweetar  16

COMENTAR (6)

Alexandre Versignassi

1. Depende. É que existem dois tipos: a bomba atômica convencional, que nem as

hiroshimã e Nagasaki em 1945, e a apocalíptica bomba de hidrogênio, até 6 mil vezes mais poderosa que a outra - e que você vê aqui ao lado. Então vamos por partes. Na convencional, uma carga de dinamite faz com que átomos de urânio ou de plutônio a, relativamente fáceis de "quebrar", se rompam - por causa disso, o nome dela é bomba de fissão. Mas quebrar um núcleo atômico não é igual a quebrar uma pedra. É que o peso somado dos cacos fica menor que o do átomo original. Depois da quebra, parte da matéria que o formava se transforma em energia pura b.

2. Olhando no zoom lá em cima, não parece grande coisa. Mas o fato é que qualquer grão de matéria contém uma quantidade absurda de energia. Tanto que bastou um montinho de urânio do tamanho de uma bola de tênis para a que a bomba de Hiroshima produzisse uma força equivalente à de 15 mil toneladas de dinamite (ou 15 quilotons) e levantasse um cogumelo atômico de 8 km. Hoje, a potência das bombas de fissão está na faixa dos 500 quilotons. Achou muito? Então você ainda não viu nada.

3. Em 1949, a União Soviética testou sua primeira bomba atômica. Os EUA, então, responderam com fogo. Muito fogo: a

<http://super.abril.com.br/ciencia/como-funciona-a-bomba-atmica>

2/6

ASSINE

18/07/2016

Como funciona a bomba atômica? | Superinteressante

responderam com fogo. Muito fogo. a bomba de hidrogênio. Ela funciona de um jeito oposto ao da bomba de fissão: em vez de quebrar átomos, os gruda uns nos outros. É um jeito mais eficiente de arrancar energia a partir de matéria - tanto que esse é o método usado pelo próprio Sol para gerar calor. Bom, para começar, a espoleta c dela é uma bomba de fissão. Ela serve para que a temperatura lá dentro da ogiva fique equivalente à do interior do Sol (uns 15 000 000 0C).

4. O combustível da bomba é o mesmo do Sol: átomos parentes hidrogênio (que têm só um próton). Eles embarcam na bomba "impressos" num cilindro de metal d. Quando você coloca esses átomos sob temperatura e pressão infernais, eles tendem a se juntar e. A fusão forma um átomo de hélio f e um nêutron g. De novo, a soma do peso do que sobra é menor que o dos átomos originais. E essa diferença vira energia. Só que desta vez é muito mais: a primeira bomba de hidrogênio, de 1952, tinha 20 mil quilotons (ou 20 megatons) e gerou um cogumelo de 41 quilômetros de altura. Se fosse jogada em São Paulo, mataria pelo menos 2 milhões de pessoas. E olha que as maiores bombas da história chegam a 100 megatons.

O vilão virou herói

Os ambientalistas erraram - e o Sr. Burns, dono da usina nuclear de Springfield, de Os Simpsons, é um herói. Em vez da energia solar, eólica ou hidrelétrica, a força que vai nos salvar do aquecimento global, quem diria, é a energia nuclear.



Edição 241

Julho de 2007

[Sumário desta edição](#)

[Todas as edições](#)

[Tablet](#)

ASSINE

Pela Web

Recomendados para Você



Débora: a mulher que pode ter dado origem à Bíblia



O homem que quase matou Hitler

Nome:
 Nasc.:
 E-mail:
 CEP:
 12x R\$ 17,50

POR Redação Super

<http://super.abril.com.br/historia/o-vilao-virou-heroi>

1/28

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante



Texto Rodrigo Cavalcante

A rotativa alemã Heidelberg que imprimiu este texto usa cerca de 3 200 kW de energia por hora. Os caminhões Mercedes e Volkswagen que levaram a Super às bancas queimaram cerca de 30 litros de óleo diesel a cada 100 quilômetros. Cada uma das 3 turbinas dos Boeings 727-200 que transportaram a Super a regiões distantes gastou 1 610 litros de querosene de aviação por hora. E, no momento em que você lê estas linhas, seu cérebro consome 20% da energia do seu corpo, produzida com as cerca de 2 500 calorias que você ingere diariamente. Viver é usar energia.

Sem ela, o mundo desliga. As crises mundiais do petróleo, na década de 1970, são um bom exemplo de como a dependência de uma fonte de energia pode mudar o curso da história. A alta do preço do barril em 1973 e 1978 por causa dos conflitos no Oriente Médio interrompeu o mais virtuoso ciclo de crescimento que o Ocidente vivera no século 20. No Brasil, a crise adiou o sonho de nos tornarmos uma potência: saltamos do milagre econômico, no início da década de 1970, para o endividamento e a estagnação das duas décadas seguintes. Mais recentemente, a ameaça do apagão elétrico no governo FHC, em 2001, só não foi uma catástrofe porque o Brasil cresceu a taxas medíocres. Sem energia, os preços ficam mais caros, os investimentos escasseiam e os pobres continuam

escassam e os pobres continuam pobres.

Para se salvar dessa estagnação, o ser humano criou vários jeitos de captar energia da natureza. De todos, as usinas nucleares são disparado o mais polêmico. Nenhuma forma de energia tem um passado tão horrível. A fissão nuclear é a tecnologia que gerou as bombas de Hiroshima e Nagasaki (pelo menos 130000 mortos em poucos segundos de 1945), que deixou o mundo tremendo de medo de uma destruição total durante a Guerra Fria e que, em 1986, matou 32 operários no acidente da usina de Chernobyl. Na ocasião, a radioatividade se espalhou com o vento para a Rússia e atingiu até regiões distantes como a França e a Itália. Estima-se que pelo menos 4 000 pessoas, segundo a ONU, ou 200 000, segundo o Greenpeace, tenham sido vítimas de doenças provocadas pela contaminação, como câncer de tireóide (veja imagens da tragédia de Chernobyl no Zoom, página 70).

Apesar de hoje se saber que o acidente foi provocado por falhas humanas grosseiras nos procedimentos básicos de segurança e até mesmo por erros no projeto dos reatores, Chernobyl fez a energia nuclear virar sinônimo de desastre e destruição. Grupos ambientalistas fizeram dela seu principal inimigo. A energia nuclear ficou tão associada ao mal que, poucos anos depois de Chernobyl, quando o

desenhista Matt Groening criou o personagem Sr. Burns, o vilão de Os Simpsons, deu a ele o trabalho mais odioso da época: dono da usina de

escassam e os pobres continuam pobres.

Para se salvar dessa estagnação, o ser humano criou vários jeitos de captar energia da natureza. De todos, as usinas nucleares são disparado o mais polêmico. Nenhuma forma de energia tem um passado tão horrível. A fissão nuclear é a tecnologia que gerou as bombas de Hiroshima e Nagasaki (pelo menos 130000 mortos em poucos segundos de 1945), que deixou o mundo tremendo de medo de uma destruição total durante a Guerra Fria e que, em 1986, matou 32 operários no acidente da usina de Chernobyl. Na ocasião, a radioatividade se espalhou com o vento para a Rússia e atingiu até regiões distantes como a França e a Itália. Estima-se que pelo menos 4 000 pessoas, segundo a ONU, ou 200 000, segundo o Greenpeace, tenham sido vítimas de doenças provocadas pela contaminação, como câncer de tireóide (veja imagens da tragédia de Chernobyl no Zoom, página 70).

Apesar de hoje se saber que o acidente foi provocado por falhas humanas grosseiras nos procedimentos básicos de segurança e até mesmo por erros no projeto dos reatores, Chernobyl fez a energia nuclear virar sinônimo de desastre e destruição. Grupos ambientalistas fizeram dela seu principal inimigo. A energia nuclear ficou tão associada ao mal que, poucos anos depois de Chernobyl, quando o

desenhista Matt Groening criou o personagem Sr. Burns, o vilão de Os Simpsons, deu a ele o trabalho mais odioso da época: dono da usina de

energia nuclear da cidade de Springfield.

Mas os tempos mudaram. Enquanto as usinas nucleares avançaram em segurança e controle dos resíduos radioativos, o mundo passou a sofrer com o gás carbônico emitido pelas fontes tradicionais de energia, como o petróleo e as usinas termoelétricas a carvão. Num mundo em que o aquecimento global é o grande problema, especialistas em energia estão fazendo perguntas incômodas para muitos ecologistas: será que a energia nuclear, apesar de todos os riscos e dos resíduos atômicos, não teria sido uma alternativa menos danosa ao meio ambiente do que as fontes que liberam gases causadores do efeito estufa e que colocam em risco todo o planeta? E mais: será que a Terra tem tempo para esperar por fontes alternativas como a solar e a eólica?

Eles mudaram de idéia

“Não”, diz o cientista britânico James Lovelock, professor da Universidade de Oxford, considerado o pai do movimento ambientalista por ter criado a Hipótese Gaia, teoria que inspirou milhares de ecologistas e cientistas na década de 1970 com a idéia de que a Terra é um organismo vivo. Em seu último livro, *A Vingança de Gaia*, esse senhor de 87 anos defende abertamente a expansão da

energia nuclear para evitar que o impacto do aquecimento global seja ainda mais devastador. Lovelock diz que, enquanto muitas pessoas continuavam amedrontadas diante das centrais

atômicas, o aumento da emissão de dióxido de carbono na atmosfera teve um efeito muito pior, colocando o planeta agora à beira de uma catástrofe climática.

“Por ser velho o bastante, posso notar uma forte semelhança entre a atitude de mais de 60 anos atrás diante da ameaça da 2ª Guerra e hoje em face da ameaça do aquecimento global”, escreveu Lovelock. De acordo com ele, assim como a Inglaterra demorou para agir diante das investidas de Hitler em 1938, boa parte do mundo continua acreditando em tratados como o Protocolo de Kyoto – compromisso de vários países para reduzirem suas emissões de carbono –, que, segundo Lovelock, não passa de uma forma política de os governantes ganharem tempo enquanto não sentem na pele a verdadeira dimensão do problema.

Lovelock acha que está na hora de aperfeiçoar a revolução energética ocorrida há cerca de 250 anos que, mais tarde, seria conhecida pelo nome de Revolução Industrial. Até o final do século 18, a principal fonte de energia na Terra era a força dos animais, do vento ou dos fluxos de água que impulsionavam os moinhos. Foi então que um engenheiro escocês chamado James Watt aperfeiçoou a máquina a vapor – e o resto da história

você já sabe: entramos na era industrial. A revolucionária máquina de Watt funcionava de uma maneira simples: ao queimar lenha ou carvão em uma fornalha, o vapor condensado era aproveitado para produzir pressão e

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

movimentar uma engrenagem. Com essa idéia, passamos os últimos dois séculos queimando combustíveis fósseis (carvão, gás, petróleo e seus derivados) para gerar energia. E não estamos falando apenas da energia dos motores dos automóveis, jatos e máquinas industriais. Hoje, nada menos que 66% da energia elétrica de todo o mundo tem origem na queima desses combustíveis nas usinas termelétricas. Acontece que há pelo menos 3 décadas os cientistas sabem que os gases liberados por essa queima, como o dióxido de carbono, estão mudando o clima do planeta. Para muitos ambientalistas e climatologistas, já passou da hora de quebrar esse ciclo de queima de combustíveis fósseis. “Quaisquer que sejam as incertezas sobre o clima futuro, não há dúvida de que tanto os gases de estufa como as temperaturas estão aumentando”, diz Lovelock.

Ele não é o único a virar a casaca e pular para o lado das usinas atômicas. Em 2003, após avaliar e pesquisar dados sobre o tema, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) em Cambridge, EUA, recomendou a expansão da energia nuclear por acreditar “que essa tecnologia, apesar dos desafios que enfrenta, é uma alternativa importante

para os EUA e para o mundo prover suas necessidades energéticas sem emitir dióxido de carbono e outros poluentes na atmosfera”. Até um dos fundadores do Greenpeace, Patrick Moore, passou a apoiar a energia tirada do núcleo dos átomos. “Trinta anos depois, minha visão mudou. E acho que o movimento

ecológico como um todo também deveria atualizar sua visão sobre o tema”, afirmou ele num artigo no Washington Post no ano passado.

A consagração da energia nuclear como uma boa alternativa veio em maio, com o último relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), órgão da ONU criado para ser a autoridade mundial em aquecimento global. O IPCC é claro ao afirmar que a energia nuclear é fundamental para o planeta deixar de aquecer. “Os países devem centrar-se em sistemas de energia que não emitem carbono, como energias renováveis e nuclear”, afirma o relatório.

Problema de imagem

O que leva pesquisadores sérios a defender um antigo vilão da ecologia é que, nos últimos anos, essa tecnologia se mostrou muito mais segura e pacífica do que a opinião pública imagina. “A maioria das pessoas que tem uma visão negativa sobre a energia nuclear aponta sua ligação com as armas nucleares e enxerga tudo como parte do mesmo mal”, diz William Nuttal, professor de engenharia

da Universidade de Cambridge (Inglaterra) e autor do livro Nuclear Renaissance (“Renascimento Nuclear”, sem versão no Brasil). “Em defesa desse argumento está o fato de que, sem o empurrão inicial para a construção das armas nucleares nas décadas de 1940 e 1950, o desenvolvimento da ciência nuclear para o uso civil não seria

possível.” É difícil negar que nenhuma estratégia de marketing pode ser tão ruim para uma tecnologia como as bombas que caíram nas cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki, em agosto de 1945. Mas repudiar a energia nuclear pelo seu passado negro talvez seja tão absurdo quanto banir os aviões pelo simples fato de que eles também são usados para a guerra.

Na prática, a usina nuclear funciona como uma termoelétrica (veja infográfico acima). Produz eletricidade a partir do aquecimento de água, cujo vapor pressurizado move turbinas para a produção de eletricidade. A diferença está no combustível usado. Enquanto em termoelétricas tradicionais queima-se carvão para que o vapor movimente as turbinas – liberando enorme quantidade de dióxido de carbono na atmosfera –, nas usinas nucleares usa-se o urânio enriquecido, já que o mineral é processado para que a fissão nuclear libere mais energia. É durante esse processo que pode ocorrer um acidente grave: caso o reator nuclear superaqueça com uma liberação descontrolada de calor, as paredes protetoras podem derreter e liberar radioatividade.

Acontece que, apesar de graves, os acidentes nucleares são muito mais raros e causam bem menos mortes do que se costuma imaginar. A indústria nuclear se gaba de ser um dos setores mais seguros para trabalhar. Em 2005, estatísticas do equivalente ao Ministério do Trabalho nos EUA revelaram que é mais seguro

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

trabalhar em uma usina nuclear ao que na maioria das fábricas, na construção civil e até no mercado financeiro. Se a comparação levar em conta a cadeia de produção de energia em minas de carvão e poços de perfuração de petróleo, o número de mortes em acidentes nucleares é estatisticamente insignificante.

Isso porque a tecnologia atual permite que os novos reatores sejam bem mais seguros dos que os construídos no passado. O reator de Chernobyl, por exemplo, funcionava num edifício comum, sem proteção especial, e tinha grafite entre seus componentes, elemento que entra em combustão quando aquecido demais. Hoje, uma série de novos dispositivos tecnológicos interrompe automaticamente as operações capazes de colocar os reatores em risco. Além disso, assim como acontece com a aviação civil mundial, os procedimentos de segurança da energia nuclear seguem protocolos rígidos que são alterados à descoberta de qualquer vulnerabilidade. “Se é identificada uma falha em um reator na França, toda a indústria tem que incorporar novos

procedimentos”, diz o físico Odair Dias da Costa, presidente da Comissão Nacional de Energia Nuclear, autarquia do governo federal que tem o monopólio no Brasil da mineração, produção e comércio de materiais radioativos. “Sinceramente, não conheço outra área no setor de energia com o mesmo padrão de segurança.”

Os pesquisadores costumam comparar a reação da opinião pública em relação à

energia nuclear com a diante de acidentes aéreos. Por mais que se saiba que, estatisticamente, voar é mais seguro do que viajar de automóvel, a dimensão da queda de um único avião é suficiente para aterrorizar a opinião pública por anos. Como exemplo, tente imaginar como seria a reação pública brasileira e mundial caso o acidente na plataforma de petróleo da Petrobras P-36, que matou 11 pessoas e afundou R\$ 1 bilhão no oceano Atlântico, em 2001, tivesse ocorrido nas Usinas Angra I ou Angra II. Difícil acreditar que a reação teria sido a mesma, não?

Mãe natureza

Há mais pontos a favor – e não só em termos de ecologia. O urânio é proveniente de países pacíficos, como Austrália, Canadá e Brasil (que tem a 5ª maior reserva do planeta). Por isso, dificilmente seu suprimento é ameaçado por grandes crises como as que ocorrem nos países produtores de petróleo, no Oriente Médio, que costumam alterar a

política de fornecimento de acordo com a temperatura nas relações entre árabes e israelenses. Ou seja: a energia nuclear nos deixa livres de apoiar regimes radicais islâmicos ou ditadores latino-americanos.

Além disso, com o aumento do preço do petróleo e do gás natural, o alto custo de construção de usinas nucleares deixou de ser um grande impedimento. Ao contrário de outras fontes, o custo principal da energia nuclear deriva da construção das usinas, e não do combustível, já que o

urânio é relativamente barato.

Mas ainda resta a pergunta: por que não investir em fontes de energia renováveis, como a energia solar, eólica e hidráulica, que não emitem carbono nem produzem lixo radioativo? Essa é a grande questão para os opositores da energia nuclear. Para o Greenpeace, todo o discurso em prol do renascimento atômico não passa de oportunismo do setor para lucrar com o medo em torno do aquecimento global. “Mudar o modelo baseado em combustíveis fósseis para um modelo nuclear é trocar um grande problema por outro grande problema”, diz Rebeca Lerer, coordenadora da Campanha de Energia do Greenpeace no Brasil. “O movimento de retorno à energia nuclear vai na contramão da história, tanto no resto do mundo quanto, principalmente, no Brasil, que conta com muitas outras fontes alternativas limpas.”

O problema é que os sistemas renováveis, como captam energia diretamente da

natureza, também são limitados por ela. Por isso, a maioria dos engenheiros acha loucura sustentar a matriz energética de um país em sistemas eólicos ou solares, como o Greenpeace propõe.

Veja o caso da energia solar. Como armazenar eletricidade é caro e exige baterias imensas, cheias de metais pesados, os painéis voltaicos só produzem com sol batendo. À noite ou durante longos dias sem sol, nada de chuveiro quente, lâmpadas acesas ou hospitais funcionando. Além disso, a energia solar

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

tem um rendimento extremamente baixo para gerar eletricidade. Um exemplo é o centro de energia solar de Monte Alto, um dos maiores do mundo, inaugurado este ano na Espanha. Numa área de 55 campos de futebol, tem 889 estruturas de 50 e 100 m². Ao todo, são 52 000 módulos fotovoltaicos que geram no máximo 9 MW. Para gerar o mesmo que Angra 2 (1 350 MW), teria que ter 7,8 milhões de módulos, ocupando 7 650 hectares – o mesmo que 7 000 campos oficiais. Ah, claro, ainda seria preciso torcer para que fizesse sol em todos esses campos.

Já a energia eólica é mais fácil de ser captada – os cataventos maiores e mais modernos ultrapassam 4 MW de potência cada um. Mas também há dificuldades estruturais. Ao contrário da água dos rios, o vento não pode ser represado. As usinas só funcionam em locais com ventos fortes e sua produção depende diretamente da quantidade deles. “Claro que se deve

investir em energia eólica e solar, mas não é nenhum problema reconhecer que hoje elas são caras e pouco competitivas”, diz Maurício Tolmasquim, presidente da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do governo federal.

Das energias sustentáveis, a hidrelétrica é a que está mais à frente. As usinas podem aproveitar desde a força de pequenos rios até quedas grandes e com volume, como Itaipu, com capacidade suficiente para mover um país inteiro – o Brasil, por exemplo, tem 77% de sua energia vinda dessa fonte. Claro que há desvantagens – áreas imensas alagadas, milhares de

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

altas enchidas anagadas, immitais de famílias desalojadas, extinção de espécies –, mas elas podem ser resolvidas com tecnologias mais eficientes e não assustam tanto quanto o carbono na atmosfera ou o lixo radioativo. O grande problema é que a energia hidrelétrica é limitada aos rios que um país possui e pelo que acontecer com eles no futuro.

Mesmo o Brasil, país com um dos maiores potenciais hidrelétricos do mundo, tem motivos para se preocupar. O Ministério de Minas e Energia prevê que, em 23 anos, a população do Brasil vá para 238 milhões de habitantes, e que cada um deles consuma o dobro de energia, triplicando a eletricidade que o país precisa (veja box na página a seguir). “O potencial de energia hidrelétrica do Sul e do Sudeste está quase esgotado”, afirma Marco Aurelio dos Santos, do Programa de Planejamento Energético da UFRJ. E as hidrelétricas são vulneráveis a

variações sazonais no nível dos reservatórios das usinas, que podem aumentar com o aquecimento global. “Mais da metade do potencial do país está na Amazônia, região que deve ser a mais afetada com o aquecimento da Terra.” Os climatologistas prevêem que a parte oriental da Amazônia, onde hoje está a usina de Tucuruí e a maior parte do potencial energético brasileiro, tenha cada vez menos chuvas. Sem chuvas, sem vazão dos rios, sem energia.

Já as usinas nucleares produzem quanto os técnicos desejarem e na hora que eles quiserem. Há o limite da quantidade de urânio disponível, mas ele não deve

acabar nos próximos séculos. Agora os técnicos se concentram para resolver o maior problema das usinas: o que acontece depois que elas geram energia.

E o lixo atômico?

Reatores nucleares não soltam dióxido de carbono na atmosfera, mas deixam como subproduto o rejeito nuclear ou, como é mais conhecido popularmente, o temido lixo atômico. Esse é o calcanhar-de-aquiles dessa fonte energética. O problema vem do fato de que alguns rejeitos radioativos derivados do urânio duram dezenas de milhares de anos, período em que devem ser mantidos em cápsulas ultra-seguras de concreto e chumbo.

Por enquanto, tudo o que se tem feito é enterrar o problema, montando

reservatórios embaixo de formações rochosas estáveis. O maior depósito de resíduos nucleares do mundo está sendo construído na montanha Yucca, no estado de Nevada, EUA. Os cerca de 80 quilômetros de túneis abertos no interior de origem vulcânica podem receber 70 000 toneladas de rejeitos. A montanha também vai receber o material radioativo oriundo do arsenal nuclear que os EUA herda desde a Guerra Fria. O reservatório, que deve custar US\$ 50 bilhões e foi programado para entrar em operação em 2010, corre, contudo, o risco de não ser inaugurado. Como os democratas venceram as últimas eleições, o senador Harry Reid, eleito pelo partido em Nevada, promete impedir sua

abertura.

Devido a resistências políticas e ambientais – nenhuma região quer sediar um reservatório desses – a solução definitiva para pôr fim ao problema pode vir da própria pesquisa subatômica. Um dos caminhos mais promissores está sendo estudado no Japão, onde cientistas do Projeto Kumatori trabalham com a possibilidade de construir um reator subcrítico – uma espécie de reator nuclear capaz de diminuir, com ajuda de um acelerador de partículas, o tempo de vida da radioatividade de resíduos de milhares para centenas de anos. Segundo os físicos envolvidos no projeto, o primeiro transmutador, outro nome do equipamento, pode começar a operar em 2015. Até lá, a maioria dos países que usam energia nuclear gastará anualmente milhões de dólares para garantir a segurança dos resíduos, armazenados, na maioria dos casos, em depósitos das próprias usinas, como é o caso de Angra I e Angra II, no Brasil.

Enquanto o problema não ameniza, os pesquisadores lembram que, exatamente por serem perigosos, os resíduos atômicos são de responsabilidade do governo federal e tratados como assunto de segurança interna, ao contrário dos resíduos e poluentes que são jogados diariamente em rios, oceanos ou mesmo na atmosfera.

Para a energia nuclear seguir como uma fonte limpa e segura, também é preciso haver uma fiscalização mundial de como a tecnologia é usada. “É difícil para os

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

a tecnologia e usava. E ainda para as

potências mundiais estimularem a produção de energia nuclear em seus países ao mesmo tempo em querem

controlar o uso dessa energia em nações como o Irã e a Coreia do Norte”, diz o

físico José Goldemberg, ex-Ministro da Ciência e Tecnologia e um dos maiores especialistas em energia nuclear do Brasil.

ASSINE

Por trás desse tipo de preocupação, há sempre o medo de que instalações nucleares para a produção de energia venham a ser usadas para a produção de bombas. Mas não é difícil para os inspetores internacionais saberem se, de fato, uma instalação nuclear será usada para energia ou para armas. “O problema não é os países terem reatores nucleares,

mas o de não estarem abertos para inspeções que garantam que essa é a finalidade única de seus programas atômicos”, diz Odair, da Comissão Nacional de Energia Nuclear. “Se o objetivo for o de apenas produzir energia, os países podem, por exemplo, deixar que o enriquecimento do urânio fosse feito em outro país.”

Quem faz essa inspeção mundial é a Agência Internacional de Energia Atômica, organismo da ONU criado em 1957 e responsável pelo controle da disseminação da energia nuclear. O papel da agência não é o de impedir países de produzir energia nuclear, e sim o de assegurar que a tecnologia atômica desses países está sendo direcionada para fins pacíficos. Em 2005, a agência e seu diretor, o egípcio Mohamed El Baradei.

<http://super.abril.com.br/historia/o-vilao-virou-heroi>

16/28

receberam o Prêmio Nobel da Paz.

ASSINE

O prêmio é merecido: graças à fiscalização rígida dos reatores, a energia atômica e ecológica já é realidade. Ela representa 80% da energia da França, 57% da energia da Bélgica, 39% da energia do Japão, 39% da energia da Coreia do Sul, 30% da energia da Alemanha, 46% da energia da Suécia, 40% da energia da Suíça e 20% da energia dos EUA – somente essa porcentagem nos EUA supera toda a eletricidade produzida no Brasil. No mundo inteiro, a energia nuclear representa 17% da produção de energia elétrica.

Não deixa de ser curioso que a França, cujos cidadãos são conhecidos pela ferrenha força de suas posições políticas, seja o país em que a energia nuclear encontra menos resistência na opinião pública. Pouca gente que visita as tranqüilas cidades medievais no interior do país costuma se dar conta de que a energia elétrica produzida lá tem origem em reatores nucleares. A pequena cidade de Civaux, no sudoeste francês, é um exemplo típico de pacata cidade que se orgulha de ter sido escolhida para sediar uma central nuclear. O visitante que procurar informações turísticas na cidade encontrará lá informações detalhadas da tecnologia “de última geração” de sua usina nuclear.

A opção nuclear no país se deu logo após a primeira crise do petróleo, em 1973. Como a maior parte da energia elétrica

francesa era gerada pela queima de óleo, o preço do barril 4 vezes mais caro obrigou o governo a agir rápido, já que a França não tem capacidade hidrelétrica nem reservas de petróleo, gás ou carvão. Até pouco tempo, quando os franceses eram questionados sobre a opção nuclear do país, a resposta era: “Sem petróleo, sem gás, sem carvão, sem escolha”. Hoje, tanto a esquerda quanto a direita aceitam a energia nuclear com naturalidade e o país conta com quase 60 usinas espalhadas em seu território, chegando a exportar energia para os vizinhos, sem nenhum acidente com vítimas há décadas. Pesquisas no país revelam que cerca de dois terços da população

aprovam a energia nuclear. E a França se tornou o país da Europa Ocidental com menor emissão de carbono por habitante.

Outros países devem seguir o exemplo da França. A Agência Internacional de Energia publicou no final do ano passado um relatório com a previsão de que a geração de energia nuclear deve crescer entre 13 e 40% até 2030. O próprio presidente da agência, Claude Mandil, defende que a energia nuclear se consolide cada vez mais como parte do mix energético mundial. As construtoras de reatores, é claro, já estão se movimentando. O departamento de energia nuclear da gigante americana General Electric (GE) prevê que 44 grandes reatores nucleares serão encomendados até 2020, e a empresa francesa de energia nuclear Areva estima que 130 novas plantas serão feitas até 2030.

Pelo menos 4 desses novos projetos serão instalados no Brasil – um dos 8 países com tecnologia e autorização para enriquecer urânio. Atualmente, Angra I e II fornecem só 2,2% da nossa eletricidade. Para prevenir o país de apagões, o governo espera construir Angra 3 (que já consumiu US\$ 700 milhões e pode gastar pelo menos o dobro desse valor para entrar em operação), mais uma usina até 2025 e mais 2 ou 3 após esse período, dobrando a participação da energia nuclear no país. “Apesar de ainda termos grande potencial hidrelétrico, é claro que ele tende a

diminuir ao longo das décadas, o que nos obriga a dominar outras tecnologias, inclusive a nuclear”, afirma Maurício, da EPE. “Como precisamos traçar cenários por décadas, não podemos descartar o know-how que temos da tecnologia nuclear, ainda que ela não venha a ter um protagonismo central no fornecimento energético do país.”

O Brasil ainda é um dos poucos países com a vantagem de ter várias fontes energéticas, por isso a discussão em torno da energia nuclear deve durar mais. No resto do planeta, onde as opções são bem mais escassas, a ameaça do aquecimento global tem tornado imprudente tratar o tema de forma caricaturada. Até mesmo porque, dependendo do quanto a Terra aquecer nos próximos anos, a fisionomia do planeta pode se tornar bem mais feia do que a cara enrugada do Sr. Burns.

Dedrinha mágica

1. Energia mágica

O que acontece com o urânio antes e depois de virar energia

1. Escrito nas estrelas

Há bilhões de anos, explosões de estrelas supernovas soltaram pedras a 10 000 km/s. Essa matéria se colidia, provocando fusões nucleares. O resíduo das explosões (elementos como ouro, chumbo, ferro e urânio) ajudaram a formar a Terra.

2. Minério de urânio

Cerca de 500 vezes mais comum que o ouro, o urânio está alojado em rochas simples a poucos metros de profundidade. O Brasil tem a 5ª maior reserva de urânio do mundo. Nas minas, ele vira um pó amarelo, o yellow cake.

3. Enriquecimento

Existem 3 tipos de urânio. O mais raro é o isótopo 234 e o mais comum é o 238 (compõe 99,3% do total). O urânio 235 é mais instável: suas ligações quebram bem facinho, por isso é o preferido das usinas. Para usar urânio como combustível, é preciso enriquecê-lo: botar um pouco de U 235 no U 238.

4. Balinhas

Depois de separado, triturado e enriquecido, o urânio vira pastilhas de 1 cm de altura e 0,8 cm de diâmetro. Cada uma delas gera energia suficiente para uma casa durante um mês. Até aqui, o urânio é uma pedra comum, que não emite radioatividade perigosa. É em forma de pastilha que ele virar energia na usina nuclear (veja na página seguinte).

5. Lixo dos piores

Depois da fissão nuclear na usina, o que

Depois da usina nuclear na usina, o que resta são átomos radioativos de plutônio, iodo, cério e dezenas de outros elementos. O plutônio emite radiação alfa, que é captada pelos ossos humanos e causa câncer em poucos dias. Roupas, ferramentas, peças e canos impregnados de radioatividade são lixos atômicos mais leves.

6. Debaixo do tapete

O plutônio precisa ser armazenado em câmaras de concreto e chumbo até que pare de oferecer tanto risco – cerca de

24 000 anos. As usinas de Angra 1 e Angra 2 produzem 43 toneladas desse lixo atômico por ano. Ele também pode voltar ao laboratório e ser usado em bombas atômicas como a de Nagasaki.

Perigo!

Medindo a concentração de urânio 235, os inspetores internacionais descobrem que fim o material terá. O urânio que serve para mover submarinos nucleares e usinas é enriquecido com 3% de Urânio 235. Já bombas atômicas precisam de pelo menos 90% dele.

Dentro da usina

Ela tira energia de dentro do núcleo dos átomos

1. No forno

As pastilhas de urânio lá da página anterior são empilhadas em varetas de uma liga super-resistente. A usina Angra II tem cerca de 10 milhões de pastilhas, que duram em média 3 anos. Todas elas ficam no coração da usina: o reator nuclear.

2. Fissão

Os prótons e os nêutrons do núcleo do

átomos de urânio são ligados por uma energia enorme – a energia nuclear. Quando um nêutron atinge o átomo, a ligação se rompe, o núcleo se divide em dois, libera radiação e calor. Cada átomo solta também 2 ou 3 nêutrons – que vão dividir outros átomos, criando uma reação em cadeia.

3. Bafo quente

Uma corrente de água sob pressão atravessa o reator captando o calor liberado durante a fissão nuclear. Esse calor vai para outra câmara, o vaso de pressão. A água ali dentro superaquece e vira vapor a alta pressão, que vai girar as turbinas da usina.

4. Uma usina comum

Depois da reação nuclear, a usina é igual a qualquer termoelétrica. A turbina é o contrário de um motor elétrico. Em vez de a energia elétrica virar movimento, como num liquidificador, o movimento vira energia elétrica.

5. Barreira total

A contenção, uma parede de aço e concreto, protege o mundo do reator e o reator de quedas de aviões, raios ou ataques aéreos. Se houver vazamentos, eles dificilmente saem da contenção.

6. Fumaça verde

Depois de passar pela turbina, a água do vaso de pressão é resfriada com água fria. É por isso que as usinas nucleares geralmente são na beira de um rio ou na praia, como em Angra dos Reis. Parte dessa água do mar vira vapor, que sai pela chaminé da torre de resfriamento.

7. À prova de sono

Para controlar a reação em cadeia.

barras de boro e cádmio, que atraem nêutrons, descem em direção às pastilhas do reator. Sem nêutrons, não tem mais como os átomos de urânio se dividir: a reação pára.

Atenção

- Em vez de água, Chernobyl usava grafite, que queima quando quente demais.
- Em 1979, um vazamento no reator de Three Mile Island (EUA) não saiu da contenção. Fora dela, não aconteceu nada.
- Se algo der errado, o reator nuclear pára mesmo se o inspetor estiver dormindo.

Duelo das fontes

Os pontos fortes e fraços de cada tipo de energia. E o que cada um precisa para alimentar uma família durante um mês

Nuclear - 10 gramas de urânio

Ponto forte - Não emite gases que causam o efeito estufa, por isso não contribui com o aquecimento global.

Ponto fraco - Requer uma solução de milhares de anos para o armazenamento do lixo nuclear e pode facilitar a produção de bombas.

Termoelétrica- 1 200 quilos de carvão

Ponto forte - O combustível é relativamente barato e ainda abundante em países como EUA, Rússia e China.

Ponto fraco - Altamente poluente. Libera não apenas grande quantidade de dióxido de carbono como também mercúrio e dióxido sulfúrico.

Biomassa - 75 toneladas de feno de cana

Cana-de-açúcar

Ponto forte - É uma energia renovável, que pode ser consumida e replantada, liberando menos carbono que o petróleo.

Ponto fraco - Não é eficiente para a produção de energia elétrica: exige muita cana-de-açúcar para poucos watts de potência.

Hidrelétrica - 5 piscinas olímpicas*

Ponto forte - Energia barata e limpa: a manutenção custa pouco e a represa emite pouco carbono na atmosfera.

Ponto fraco - Fonte limitada pela natureza: seu potencial tende a diminuir com o tempo – e pode ser afetado pelo aquecimento global.

Eólica - um dia de uma grande turbina

Ponto forte - Não polui e causa pouco impacto ambiental (não exige grandes espaços alagados ou com plantações).

Ponto fraco - Como o vento não pode ser represado, é uma energia imprevisível, vulnerável a oscilações climáticas.

Solar - dois anos de sol**

Ponto forte - A luz é gratuita e não emite gases do efeito estufa.

Ponto fraco - Necessita de grandes extensões para a produção de pouca energia, e só faz sentido em locais com forte incidência de luz solar.

* Referente à energia gerada pela queda d'água em uma turbina da usina de Itaipu.

** Considerando 10 módulos de 1 m²

instalados no interior de SP. Fontes: Jair Maués (Projetos Especiais de Desenvolvimento Energético da Petrobras), Eletronuclear, Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Quanto vale

Uma hora de um chuveiro de 1 000 W ligado custa dinheiro e carbono na atmosfera. Veja quanto, em cada tipo de energia

Fidrelétrica - R\$ 0,06 - 33 gramas

Nuclear - R\$ 0,15

Biomassa - R\$ 0,12 - 83 gramas

Eólica - R\$ 0,23

Solar - R\$ 0,37

Termoelétrica - R\$ 0,18 - 276 gramas

A solução

Como o governo espera cumprir a demanda em 2030

Novas itaipus

Grandes usinas hidrelétricas na Região Norte.

Gás

Triplicar a potência das usinas movidas a gás.

Itaipuzinhas

Pequenas centrais hidrelétricas, principalmente no Sul e no Sudeste.

Biomassa

Quase 3 000 termoelétricas movidas a bagaço de cana, restos de madeira, casca de arroz.

Vento ventania

1 100 grandes cataventos de energia eólica no Nordeste e no Sul.

Angra 5

Pelo menos mais 4 usinas nucleares no Sudeste e no Nordeste.

18/07/2016

O vilão virou herói | Superinteressante

Brasa, mora

Dobrar as usinas a carvão mineral nas regiões produtoras.

Para saber mais**Nuclear Renaissance**

W.J. Nuttall, Institute of Physics Publishing, Inglaterra, 2004.

Energia Nuclear: Sim ou Não?

José Goldemberg, José Olympio, 1987.

Revista Estudos Avançados da USP

Número 59 - Dossiê Energia, Edusp, 2007.