O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano V | Volume 16 | Nº 46 | Boa Vista | 2023

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.10049280

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

"NOSSO AMIGO O ÁTOMO" E A NATURALIZAÇÃO DA ENERGIA ATÔMICA

Adriano Lopes Romero[1]

Leandro Cajuela Lopes[2]

Angélica Ribeiro Claus[3]

Augusto Bergamo Arlanch[4]

Rafaelle Bonzanini Romero[5]

Resumo

Vários recursos foram utilizados, desde a década de 1950, para o processo de naturalização da energia atômica, tal como o documentário "Our friend the atom" [Nosso amigo o átomo], produzido por Walt Disney em 1957. Visando contribuir para discussões acerca de aspectos históricos, filosóficos e sociológicos relacionados ao tema átomos, o presente trabalho tem como objetivo a análise de sequências presentes no referido documentário com vistas a investigar seu papel no contexto da naturalização da energia nuclear. Utilizando da análise fílmica e da sociossemiótica como metodologias analíticas, selecionamos sequências que foram divididas em três categorias distintas: (i) que exploram analogias com o conto de fadas "O pescador e o gênio"; (ii) que abordam aspectos da história da teoria atômica; (iii) que fornecem explicações sobre conceitos químicos. A partir da análise realizada, observamos que este documentário, apresentado pelo físico alemão Heinz Haber (1913-1990), parece empreender uma tentativa de tornar a energia atômica um conceito mais acessível e aceitável para o público em geral. Uma das estratégias notáveis adotadas no documentário é a incorporação de elementos da história infantil "O pescador e o gênio". Essa escolha serviu como uma metáfora para simplificar os conceitos complexos associados à energia atômica, tornando-os mais compreensíveis e cativantes para o público não especializado. Concluímos que, ao associar metaforicamente a energia nuclear ao poder de um gênio, cuja história é contada por um cientista de renome internacional, a Disney contribuiu para a naturalização da imagem de um átomo pacífico, influenciando a percepção coletiva e a disseminação de ideias sobre a ciência e a tecnologia na sociedade.

Palavras-chave: Energia Atômica; História da Ciência; Modelos Atômicos.

Abstract

Since the 1950s, various resources have been used to naturalize atomic energy, such as the documentary "Our friend the atom", produced by Walt Disney in 1957. In order to contribute to discussions about historical, philosophical, and sociological aspects related to the subject of atoms, this paper aims to analyze sequences in the documentary to investigate their role in the naturalization of nuclear energy. Using film analysis and sociosemiotics as analytical methodologies, we selected sequences that were divided into three distinct categories: (i) which explore analogies with the fairy tale "The Fisherman and the Genie"; (ii) which deal with aspects of the history of atomic theory; (iii) which provide explanations of chemical concepts. The analysis shows that this documentary, presented by German physicist Heinz Haber (1913-1990), attempts to make atomic energy a more accessible and acceptable concept for the general public. One of the notable strategies adopted in the documentary is the incorporation of elements from the children's story "The Fisherman and the Genie". This choice served as a metaphor to simplify the complex concepts associated with atomic energy, making them more understandable and engaging for a non-specialist audience. We conclude that, by metaphorically associating nuclear energy with the power of a genius, whose story is narrated by a globally renowned scientist, Disney contributed to the naturalization of the image of a peaceful atom, influencing the collective perception and dissemination of ideas about science and technology in society.

Keywords: Atomic Energy; Atomic Models; History of Science.

[1] Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Doutor em Educação. E-mail: adrianoromero@utfpr.edu.br

[2] Mestre em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). E-mail: leandroclopes97@gmail.com

[3] Doutoranda em Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). E-mail: angelica.r.claus@gmail.com

[4] Licenciado em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). E-mail: arlanchaugusto@yahoo.com.br

[5] Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Doutora em Química. E-mail: rbromero@utfpr.edu.br

INTRODUÇÃO

Em um curso de formação inicial de professores de Química, é comum que sejam abordados conteúdos relacionados ao átomo, principalmente aqueles que se concentram nas dimensões conceituais. No entanto, é notável a ausência de discussões aprofundadas sobre aspectos históricos, filosóficos e sociológicos associados a esse tema. Um exemplo relevante nesse contexto é o processo de naturalização da energia atômica, que teve seu início na década de 1950.

Dentre os variados recursos utilizados para a naturalização da energia atômica, focamos no presente trabalho para o documentário intitulado "Our friend the atom" [Nosso amigo o átomo], produzido por Walt Disney em 1957, que é amplamente reconhecido como uma produção que desempenhou um papel significativo na história retórica da naturalização da energia atômica. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo a análise de sequências presentes no referido documentário com vistas a investigar seu papel no contexto da naturalização da energia nuclear.

Este texto está estruturado em cinco seções. Após esta seção introdutória, a seção seguinte, denominada de revisão da literatura, está dividida em duas partes: a primeira aborda o processo de naturalização, enquanto a segunda apresenta o que diz a literatura científica acerca do documentário "Nosso amigo o átomo". A metodologia utilizada para a análise fílmica e semiótica é apresentada na terceira seção. A quarta seção é dedicada aos resultados e discussão. Por fim, na quinta e última seção, são apresentadas as considerações finais, que destacam a contribuição do filme analisado no contexto da naturalização da energia atômica, bem como sua pertinência e utilidade no cenário educacional.

REVISÃO DA LITERATURA

Os avanços tecnológicos acelerados na área de armas nucleares após o término da Segunda Guerra Mundial constituem um marco significativo no processo de naturalização da energia atômica. Em 1945, as devastadoras bombas atômicas lançadas sobre o Japão resultaram na morte de aproximadamente 106.000 pessoas e ferimentos em cerca de 110.000 outras. A bomba de Nagasaki, a maior das duas, liberou uma energia explosiva equivalente a 23.000 toneladas de TNT. A partir de 1948, os Estados Unidos conduziram testes com bombas atômicas ainda mais potentes no Pacífico, enquanto a União Soviética alcançou sua capacidade nuclear com a detonação de um dispositivo nuclear em 1949. Como resposta ao programa nuclear soviético, os Estados Unidos iniciaram um programa intensivo para desenvolver uma arma ainda mais poderosa, a bomba de hidrogênio. Em novembro de 1952, os Estados Unidos realizaram com sucesso um teste de uma bomba de hidrogênio, com uma explosão de 10

megatons que resultou na destruição da ilha de teste de Elugelab, criando uma cratera subaquática de 2 km de diâmetro e 55 metros de profundidade (GOWING, 1979; HALES, 1991; EISENHOWER, 2003).

Esses eventos marcantes contribuíram significativamente para a construção de uma imagem negativa da energia nuclear na sociedade. Um ator fundamental nesse processo de naturalização do átomo foi o presidente estadunidense Dwight D. Eisenhower (1890-1969), que estava empenhado em resolver o "terrível dilema atômico" encontrando uma maneira de direcionar a "milagrosa inventividade do homem" não para a destruição, mas para o benefício da humanidade. Em seu discurso intitulado "Átomos pela Paz" proferido perante a Assembleia Geral das Nações Unidas em 8 de dezembro de 1953, o presidente Eisenhower propôs uma abordagem para transformar o átomo de uma ameaça em um recurso benéfico para a humanidade. Este discurso teve como objetivo primordial persuadir a população americana de que um futuro pacífico e seguro estava intrinsecamente ligado ao domínio do átomo (MECHLING; MECHLING, 1995; WEISS, 2003; KRIGE, 2006).

Prosseguindo com esta discussão, na sequência será apresentada algumas considerações acerca do processo de naturalização e, posteriormente, uma síntese do que diz a literatura científica sobre o documentário "Nosso amigo o átomo".

PROCESSOS DE NATURALIZAÇÃO: ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Entendendo a naturalização como um:

> [...] um processo do pensamento, bastante comum nas representações cotidianas e no mundo da ideologia. Este é um interesse da classe dominante, que quer naturalizar a exploração, a dominação e as formas de opressão. [...] a naturalização é sempre a naturalização de alguma coisa e por isso é preciso que essa "coisa" exista. A naturalização é um processo do pensamento que não produz a realidade, tal como a desigualdade (de classe, raça, sexo, etc.), mas simplesmente a interpreta como sendo naturais ao invés de produtos sociais e históricos (VIANA, 2013, p. 72).

A literatura especializada tem reportado variados processos de naturalização, tais como da pobreza (ACCORSSI; SCARPARO; GUARESCHI, 2012), da desiguldade social (FURTADO, 2022), da violência (NASCIMENTO; GOMES; REBELLO, 2009), do preconceito na formação da identidade do afro-descendente (FERREIRA; CAMARGO, 2001), da poluição (LOPES *et al*., 2000; ROMERO; MARCONDES; ROMERO, 2022), da exploração ambiental (CAROLA; CONSTANTE, 2015), apenas para citar alguns exemplos. Esses processos requerem uma análise crítica e um exame aprofundado durante a trajetória da educação formal, constituindo-se como abordagens pedagógicas essenciais a serem utilizadas no âmbito da formação inicial e/ou continuada de professores.

Dentre os diversos processos de naturalização descritos na literatura, destacamos a análise realizada por Gorostiza e Saurí (2019) referente à salinização induzida pelo ser humano na bacia do rio Llobregat. Segundo os referidos autores, a literatura científica estabelece uma diferenciação fundamental entre dois tipos de salinização: a primária, de origem natural, e a secundária, induzida pelo ser humano. A análise desta distinção assume um papel de extrema relevância, uma vez que ela está intrinsecamente ligada à atribuição de responsabilidades em situações de poluição e à formulação de estratégias políticas e de gestão eficazes. No âmbito deste contexto, os atores envolvidos na minimização do impacto de determinantes da salinização induzida pelo ser humano podem, em alguns casos, buscar subestimar sua importância, fazendo referência à salinização natural. Essa estratégia assemelha-se a abordagens utilizadas em outras questões de poluição e saúde, como no caso do tabagismo ou das mudanças climáticas. Um exemplo concreto que ilustra essa complexidade é a indústria de mineração de potássio, que vem experimentando um crescimento constante nas últimas décadas e contribui significativamente para a salinização. Nesse contexto, ocorrem frequentes controvérsias, pois a salinização de origem natural, resultante da captura geológica de depósitos salinos, pode ser inadvertidamente confundida com a salinização proveniente dos resíduos da mineração, como salmouras e rejeitos de minas. Isso cria uma obscuridade na distinção entre as causas da salinização.

Ao examinarem o longo histórico de conflitos sociais e ambientais causados pela mineração de potássio na bacia do rio Llobregat, Gorostiza e Saurí (2019) destacam a relevância dos impactos da salinização na saúde humana e oferece uma perspectiva crítica das ciências sociais sobre os processos de salinização. Neste contexto, a história, em particular a história ambiental, cuja definição predominante a caracteriza como o estudo das interações entre a humanidade e a natureza, adquire um mecanismo de autodefesa contra as ameaças da naturalização, mediante a condução de uma análise crítica do processo histórico de naturalização da poluição ao longo do tempo. No que diz respeito aos processos de salinização, a investigação dos conjuntos de atores envolvidos e de suas evoluções ao longo da história pode desvelar relações latentes que apontam para as responsabilidades humanas, tornando-se, ademais, relevante na abordagem das questões de causalidade e incerteza, ambos fatores cruciais no contexto da naturalização da poluição. Para explorar a problemática, os autores utilizam como referências teóricos Mcneill (2003), que oferece uma definição de história ambiental, e Gorostiza e Sauri (2017), que discutem a importância da causalidade e incerteza na naturalização da poluição.

No contexto analisado, as alusões à “incerteza” têm sido frequentes desde o advento da atividade de extração na década de 1920 e a emergência dos primeiros movimentos de protesto contra as operações mineradoras. Mesmo que a propriedade das distintas minas tenha transitado por várias mãos ao longo das últimas décadas, a persistente referência às complexidades técnicas na identificação da

salinização natural, em contraposição àquela causada pela atividade de extração, tem contribuído de forma significativa para a naturalização da salinização resultante da exploração de potássio. A naturalização da poluição implica um discurso que desafia a causalidade e apresenta a poluição como um fenômeno além do domínio humano (GOROSTIZA; SAURÍ, 2019).

A crítica delineada nos conduz a uma reflexão sobre um fenômeno cada vez mais prevalente em nossa sociedade, que consiste na tendência à naturalização de comportamentos prejudiciais ao meio ambiente (GOROSTIZA; SAURÍ, 2019; SILVA *et al*., 2022). Isso ocorre devido à gradual perda de sensibilidade e consciência ambiental por parte da sociedade, uma vez que:

> Ao 'naturalizar' com sucesso a poluição - isto é, apresentar um processo induzido pelo homem como natural, fora do controle humano -, os atores podem tentar apagar as lutas socioambientais e obter imunidade ao escrutínio social e político, evitando assim responsabilidades legais emanadas do princípio 'poluidor-pagador' e, portanto, afastando os custos ambientais e sociais (GOROSTIZA; SAURÍ, 2019, p. 2).

A fim de contrariar esse processo, é imprescindível empreender iniciativas que promovam uma reflexão crítica, propiciando, assim, a desnaturalização das práticas prejudiciais ao meio ambiente, seguida pela sua subsequente renaturalização (LOPES *et al*., 2000; SILVA *et al*., 2022; ROMERO; MARCONDES; ROMERO, 2022).

Como exemplo de abordagem didática para trabalhar os processos de naturalização, desnaturalização e renaturalização, citamos o uso de charges que retratam cenas que podem ser classificadas, com base nos tipos de infrações previstas na Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, como crimes ambientais (SILVA *et al*., 2022; ROMERO; MARCONDES; ROMERO, 2022). Segundo esses autores, a referida legislação contempla uma variedade de categorias delitivas, a saber: (i) crimes contra a fauna; (ii) crimes contra a flora; (iii) poluição e outros crimes ambientais; (iv) crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural; (v) crimes contra a administração ambiental. Apesar da promulgação dessa normativa, é perceptível no nosso dia a dia a frequente ocorrência de atividades aparentemente banais praticadas pela sociedade, que poderiam ser tipificadas como infrações ambientais. Esse fenômeno pode ser associado à tendência de naturalização da degradação ambiental, recentemente examinada por Silva *et al*. (2022), por meio da análise de charges. Os pesquisadores constataram que existem inúmeras charges que retratam essa progressiva aceitação da poluição como algo intrínseco ao cotidiano. Nesse contexto, os autores defendem que as charges abordando questões ambientais constituem um ponto de partida relevante para instigar discussões no âmbito educacional, especificamente na disciplina de Ciências, visando a promover a Educação Ambiental. O conceito de naturalização da poluição explorado por Silva *et al*. (2022) pode, ademais, ser compreendido sob a

perspectiva de Oliveira *et al*. (2018), que enxergam nas charges um reflexo e uma refração das representações sociais.

Por meio da utilização de charges que ilustram infrações ambientais, muitas das quais têm sido naturalizadas na cultura social, é viável promover atividades com o propósito de: (i) em primeiro lugar, sensibilizar para a conscientização acerca desse fenômeno de naturalização; (ii) desvincular tais práticas, que ao longo do tempo se tornaram aceitáveis, do estado de naturalização; e (iii) restabelecer uma perspectiva mais sustentável para essas ações, com o intuito de reduzir a poluição do meio ambiente e, quando possível, erradicar por completo as atividades humanas poluentes. Esse processo, que consiste em romper com a lógica de naturalização, é um empreendimento de longa duração que demanda o envolvimento tanto de indivíduos quanto de grupos. Em resumo, dado que abarca processos cognitivos associados à compreensão do ambiente e aos equilíbrios que interligam todos os organismos vivos, a reflexão sobre as ações humanas no meio ambiente também se insere como uma responsabilidade educacional, sendo a escola uma instância relevante nesse contexto (ROMERO; MARCONDES; ROMERO, 2022).

Por meio dos exemplos delineados na seção atual, nossa proposta é dar sequência à análise acerca da relevância de abordar os processos de naturalização, que frequentemente se vinculam a questões de exploração, dominação e diferentes manifestações de opressão, conforme discutido por Viana (2013). Admitindo que a naturalização é um processo complexo, que envolve as dimensões social e histórica, na sequência voltamos nosso olhar para o que diz a literatura científica sobre o documentário "Nosso amigo o átomo".

"NOSSO AMIGO O ÁTOMO": O QUE DIZ A LITERATURA CIENTÍFICA?

Na noite de quarta-feira, 23 de janeiro de 1957, o empresário estadunidense Walter Elias Disney (1901-1966), cofundador da *The Walt Disney Company*, realizou uma apresentação notável no programa de televisão da ABC Disneyland, exibindo um documentário animado intitulado "Nosso amigo o átomo". A estreia desse programa de televisão ocorreu em outubro de 1954, gerando grande entusiasmo, uma vez que a Disney sempre concebeu tanto o programa de televisão quanto o novo parque temático, que seria inaugurado em julho do ano seguinte, como narrativas interligadas que nutririam o sentimento de identidade nacional americana. A abordagem da Disney consistiu em estruturar o programa de televisão em torno dos quatro temas presentes no parque - *Frontierland*, *Adventureland*, *Fantasyland* e *Tomorrowland* - e "Our friend the atom" foi apresentado como uma narrativa diretamente associada a *Tomorrowland*. Para assegurar o êxito desta iniciativa, a equipe da Disney conduziu uma campanha de

marketing sem precedentes, buscando alcançar a maior audiência possível, dada a percepção de Walter Disney de que esse projeto representava um dos esforços mais significativos para popularizar a ciência entre o público americano. Além do documentário em si, a Disney lançou uma série de materiais auxiliares, como uma versão em livro do roteiro e um conjunto de materiais didáticos destinados às escolas de ensino fundamental e médio (LANGER, 1995; MECHLING; MECHLING, 1995; VAN MUNSTER; SYLVEST, 2015; BOSSE, 2013).

Mechling e Mechling (1995) afirmam que os dois textos - o discurso de Eisenhower e o documentário da Disney - desempenharam funções complementares nesse contexto. Enquanto o discurso de Eisenhower teve significância como uma declaração política que mobilizou recursos nacionais para determinados fins relacionados ao átomo, o documentário da Disney exercia o poder de criar uma metáfora visual, representada pelo gênio que concede três desejos. Essa metáfora teve a capacidade de penetrar nas mentes de milhões de americanos, especialmente nas crianças da nascidas na década de 1950. A grande narrativa da Disney uniu as novas descobertas científicas com elementos narrativos, metáforas e ícones tradicionalmente americanos, adicionando assim uma camada substancial de legitimação cultural aos programas governamentais relacionados ao átomo.

A exibição desse documentário constituiu um momento crucial no processo de naturalização do átomo na América dos anos 1950, sob ambos os significados comuns desse termo. Em primeiro lugar, o documentário contribuiu para a naturalização do átomo ao domesticá-lo, tornando-o aparentemente prático e isento de problemas, incorporando-o à vida cotidiana. Esse fenômeno pode ser compreendido como o nuclearismo analisado por Lifton (1980), uma ideologia que acolhe o átomo como parte natural de nossas vidas. Além disso, contribuiu para a naturalização do átomo ao posicioná-lo como uma parte intrínseca da Natureza, enfatizando sua "naturalidade" em contrapartida ao conceito de artificialidade (MECHLING; MECHLING, 1995).

Segundo Winkler (1993, p. 318), o imaginário da população estadunidense ficou marcado por frases de impacto proclamadas no documentário da Disney como: essa nova força maravilhosa, poderia "ser usada para a criação, para o bem-estar da humanidade". Não obstante os incidentes quase catastróficos que ocorreram em diversas regiões do mundo, é relevante observar que, ao se aproximar o fim da década de 1980, a administração liderada por George Bush acalentou, mais uma vez, aspirações vinculadas aos benefícios inerentes à energia nuclear (WINKLER, 1993).

Devido a riqueza de informações - sejam elas históricas, conceituais e analógicas -, o documentário "Our friend the atom" têm sido objeto de estudo de um número considerável de pesquisas produzidas no contexto internacional. No contexto brasileiro, poucas produções acerca do documentário são reportadas na literatura. Romero *et al*. (2021), por exemplo, realizaram um exame de cinco cenas

que apresentam indícios de uma estratégia que visa à naturalização da energia atômica, fazendo uso da narrativa da história infantil intitulada "O pescador e o gênio". De acordo com os mencionados pesquisadores, o enfoque se concentra no discurso proferido por um cientista que sugere a viabilidade da utilização da energia nuclear, de maneira segura, para abordar questões problemáticas na sociedade contemporânea, ao mesmo tempo em que busca atenuar as implicações negativas historicamente associadas ao uso da energia nuclear, notadamente no contexto da Segunda Guerra Mundial. Consequentemente, esses autores advogam pela relevância do uso deste documentário em contextos educacionais, seja como recurso na formação inicial de professores de Química ou no âmbito da Educação Básica.

Outro exemplo produzido no contexto brasileiro é de autoria de Santos, Mello e Neves (2021), que centraram na análise de uma imagem retirada do livro "Our friend the atom", a qual ilustra de forma didática o funcionamento das reações em cadeia para a produção de energia nuclear. Além de examinarem detalhadamente essa imagem específica, os pesquisadores também dedicaram-se a investigar sua relevância no contexto do ensino e divulgação científica. Os referidos pesquisadores defendem a relevância deste livro como um recurso valioso para a promoção da alfabetização científica. Eles argumentam que tanto as ilustrações quanto o texto do livro desempenham um papel fundamental ao contextualizar e facilitar a compreensão dos princípios científicos relacionados à energia nuclear (SANTOS; MELLO; NEVES, 2021).

METODOLOGIA

No desenvolvimento deste trabalho, recorremos à versão dublada em português do documentário intitulado "Our friend the atom", disponível no YouTube através do link (https://www.youtube.com/watch?v=TW1HTyTissw). Este documentário, com uma duração de 49 minutos, apresenta o físico alemão Heinz Haber (HH, 1913-1990), um cientista proeminente no campo da energia atômica, que destaca as potencialidades da energia contida nos átomos, uma energia até então pouco compreendida. O filme inicia-se com uma comparação intrigante entre o poder de um gênio e o potencial da energia atômica.

Nossa abordagem analítica baseou-se na metodologia proposta por Vanoye e Goliot-Lété (2012, p. 14) e Penafria (2009), e utilizada recentemente por Maranhão (2022) e Ribeiro *et al*. (2023), a qual considera a análise de um filme como um processo de "despedaçar, descosturar, desunir, extrair, separar, destacar e denominar materiais que não se percebem isoladamente 'a olho nu', uma vez que o filme é tomado pela totalidade". Para isso, "[...] o analista adquire um certo distanciamento do filme.

Essa desconstrução pode naturalmente ser mais ou menos aprofundada, mais ou menos seletiva segundo os desígnios da análise" (VANOYE; GOLIOT-LÉTÉ, 2012, p. 15).

Adicionalmente, seguindo a perspectiva de Penafria (2009), que descreve quatro diferentes abordagens para análise fílmica (análise textual; análise de conteúdo; análise poética e análise da imagem e do som), nos aproximanos da análise de conteúdo. Essa abordagem considera o filme como um relato e baseia-se na identificação do tema central do filme, seguida pela análise detalhada de cada sequência. Cientes da pluralidade, no contexto do roteiro cinematográfico, de entendimentos sobre os conceitos de cena e sequência (SUPPIA, 2015), adotamos sequência como o "conjunto de planos (ou cenas) que estão interligados pela narrativa. O lugar pode variar, mas a ação tem continuidade lógica" (GERBASE, 2012).

Para a análise do conteúdo do documentário, no presente trabalho nos aproximanos de Catellani (2012), que avaliou, por meio de uma análise sociossemiótica, formas europeias contemporâneas de discurso sobre o poder nuclear, que apresentam duas perspectivas: uma tendência ao desempoderamento do público e a construção de uma narrativa básica modernista. Para isso, o referido autor analisou diferentes tipos de "textos", em particular vídeos e sites. Entendemos "textos" como signos complexos que são "elementos linguísticos/semióticos dos eventos sociais, partes analiticamente isoláveis do processo social" (FAIRCLOUGH, 2005, p. 916). Um texto é uma configuração concreta, o traço de eventos e interações sociais, oferecido à observação e ao escrutínio do pesquisador, tal como o cientista social. Assim, os textos permitem ao analista qualitativo hipotetizar sobre os "processos semiósicos", que são os processos de produção de sentido feitos pelos atores sociais (CATELLANI, 2012).

Compreendendo a semiótica ou semiologia como a "Ciência geral de todos os sistemas de signos", que abriga diversas correntes de estudo (JAPIASSU; MARCONDES, 2001, p. 172), a perspectiva adotada por Catellani (2012) fundamenta-se nos princípios delineados pelo linguista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1913), para quem a semiologia investiga "a vida dos signos no seio da vida social". Nesse contexto, Catellani (2012) propõe uma apreciação abrangente da "vida social" dos signos, analisando como estes são concebidos e interpretados no âmbito das interações e das relações sociais. Portanto, sua abordagem oferece a possibilidade de examinar a construção de significado social por meio da análise textual.

A abordagem analítica de Catellani (2012), uma semiótica interessada no contexto social, ou sociossemiótica, tenta identificar "ordens discursivas" por trás de textos concretos. Para isso, a pesquisa pode ser realizada em diferentes níveis: narrativo, enunciacional (como o texto apresenta a interlocução entre o enunciador e o leitor), icônico (o uso de linguagens visuais não verbais) e sensorial (a mobilização de diferentes sentidos na comunicação). A análise de textos pode permitir ao analista propor hipóteses sobre possíveis padrões de construção de sentidos. Isso pode ser feito, é claro, em

conexão com a reconstrução de elementos contextuais específicos, como circunstâncias de enunciação (quem fala com quem, quais são seus papéis recíprocos, como no caso das relações hierárquicas) e interesses políticos e econômicos vigentes (por exemplo, no caso da produção de discurso sobre desenvolvimento sustentável, que é o objetivo de cada enunciador). A sociossemiótica procura delimitar o padrão de significados possíveis, analisar textos como dispositivos capazes de estimular certos tipos de construção de sentidos mais do que outros.

Para realizar nossa análise, inicialmente assistimos ao documentário na íntegra, tanto de forma coletiva como individual. Posteriormente, para fins puramente didático, estabelecemos três categorias distintas de sequências: (i) que exploram analogias com o conto de fadas "O pescador e o gênio"; (ii) que abordam aspectos da história da teoria atômica; (iii) que fornecem explicações sobre conceitos químicos. A transcrição das falas de cada sequência foi realizada para facilitar nossa análise, assim como foram realizadas capturas de telas de momentos específicos que representam a sequência. Para cada sequência foi atribuído um título, que sintetiza a narrativa apresentada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção está subdividida em três segmentos distintos. Inicialmente, na primeira seção, procedemos à exposição de elementos de caráter geral relativos ao documentário intitulado "Nosso amigo o átomo". Em seguida, adentramos às sequências selecionadas que exploram analogias com o conto de fadas "O pescador e o gênio", visando à abordagem de aspectos fundamentais da evolução histórica da teoria atômica e ao oferecimento de explicações aprofundadas acerca de conceitos químicos. Tais exposições são subsequentemente apresentadas e discutidas, com o propósito de compreender como o documentário contribuiu para o processo de naturalização da energia nuclear.

Aspectos gerais do documentário "Nosso Amigo o Átomo"

O documentário tem início com a apresentação de imagens do submarino Nautilus, famoso no longa-metragem da Disney de 1954, "20.000 Léguas Submarinas". Neste ponto, Walter Disney introduz a discussão sobre a "força mágica" que alimenta o submarino, mantendo-se fiel ao texto do prefácio do livro que inspirou o documentário (MECHLING; MECHLING, 1995).

Na continuação, Walter Disney apresenta Heinz Haber como o novo líder do Departamento de Ciências do estúdio Disney. Haber descreve a sinergia entre a ciência factual e o entretenimento de qualidade, destacando a importância desse casamento. A narrativa do filme começa com a narração dos

elementos visuais animados que exploram os conceitos científicos. Notavelmente, a versão final do roteiro mantém uma estreita correlação com o prólogo do livro, e essa ligação é reforçada pela representação animada de uma explosão atômica (MECHLING; MECHLING, 1995).

A narrativa começa com a introdução de uma metáfora central que permeia todo o filme. Nessa metáfora, um pobre pescador idoso desempenha um papel crucial. Ele inicia a história ao lançar sua rede ao mar, resultando na descoberta de um pequeno vaso de bronze tapado com rolha de chumbo. Esse momento inicial é repleto de expectativa, pois o pescador acredita que algo de grande valor pode estar contido dentro do vaso. Contudo, a euforia do pescador é rapidamente substituída por surpresa e apreensão quando ele decide abrir a tampa do vaso. Nesse momento crítico, a fumaça subiu numa grande coluna escura criando uma imagem impressionante. A transformação dessa nuvem de fumaça em forma de cogumelo em um gênio assustador marca um ponto crucial na trama (MECHLING; MECHLING, 1995).

O gênio, agora liberto, emite uma advertência ao pobre pescador que o libertou: “Saiba que por isso você terá de morrer!”. Essa afirmação lança luz sobre a condição do gênio, que havia sido condenado por desobedecer à palavra do Rei Salomão e, como punição, foi aprisionado na embarcação e lançado ao mar para uma eternidade de sofrimento. Inicialmente, o gênio oferece ao seu libertador a promessa de conceder qualquer desejo como gratidão por sua libertação, mas com o passar do tempo, ele se torna amargo e juramenta vingança, prometendo matar aquele que o libertou (MECHLING; MECHLING, 1995).

A narração de Haber sofre uma transição significativa à medida que ele estabelece um paralelo explícito entre a história do pescador e a descoberta dos segredos do átomo pela humanidade. Haber enfatiza a capacidade do conhecimento científico de canalizar o poder do gênio de maneira pacífica e benéfica para a humanidade. A realização desses desejos é vista como um meio de remodelar o futuro da sociedade (MECHLING; MECHLING, 1995).

Sequências que exploram analogias com o conto de fadas “O pescador e o gênio”

Para fins didáticos, optamos por escolher, no documentário ora analisado, sequências interligadas, as quais se desdobram nos seguintes âmbitos: (i) aquelas que se aprofundam nas analogias estabelecidas com o conto de fadas “O pescador e o gênio”; (ii) as que se debruçam sobre aspectos da evolução histórica da teoria atômica; (iii) as que se dedicam a prover esclarecimentos elucidativos acerca de concepções químicas.

Na sequência 1 (Quadro 1), aqui intitulada como “Urânio, uma fonte segura de energia”, Haber estabelece uma analogia intrigante entre a história da teoria atômica e o conto de fadas “O pescador e o gênio”. Nesta metáfora, a comunidade científica é equiparada aos pescadores que lançam suas redes ao mar, simbolizando as incessantes investigações científicas em busca do desconhecido. Esse processo de pesquisa, conduzido por diferentes cientistas ao longo do tempo, é representado pela descoberta de um vaso que contém um “gênio”, equivalente à revelação da energia contida no átomo.

No decorrer da sequência 1, Haber apresenta um elemento crucial para a narrativa, segurando nas mãos um material que identifica como urânio, já conhecido naquela época por sua radioatividade. Seu propósito é evidenciar que a energia intrínseca ao átomo é, de fato, benéfica e inofensiva, a ponto de ser manipulável mesmo pelas mãos humanas. Essa demonstração visa sublinhar a visão otimista de que a energia atômica pode ser controlada e utilizada para fins construtivos, em contrapartida à percepção inicial de sua periculosidade. Assim, nessa sequência, Haber tece uma narrativa que se assemelha a um conto de fadas, ilustrando a jornada da comunidade científica na desmistificação do átomo, culminando na exibição do urânio como um símbolo de domínio sobre a energia atômica, que pode ser explorada de forma segura e proveitosa.

Quadro 1 - Sequência 1 (6’57” - 7’46”): Urânio, uma fonte segura de energia

HH: Embora possa parecer estranho, nossa história do átomo é igual a esse conto de fadas. Nós somos os pescadores. Há séculos vinhamos lançando rede ao mar desconhecido em busca de saber. E finalmente achamos um vaso. E como aquele da fábula ele continha um gênio. Um gênio escondido nos átomos desse metal - o urânio. Vou mostrar lhes. Isso é um medidor Geiger, ele nos diz que o gênio está aqui, preso nesses átomos.





Fonte: Elaboração própria. Adaptado do documentário “Nosso amigo o átomo”.

Na sequência 2 (Quadro 2), intitulada de “Os famigerados fornos devorando carvão e petróleo”, o documentário explora a importância do vapor, gerado a partir da combustão de carvão e petróleo, para a geração de energia elétrica. Segundo Haber, esse cenário de constante consumo desses recursos naturais poderá ser substituído pelo uso de outro tipo de energia contido em um vaso recém descoberto (a energia atômica).

Quadro 2 - Sequência 2 (19'00" - 19'45"): Os famigerados fornos devorando carvão e petróleo

HH: Foi a energia do vapor que moveu os dinamos, que geravam e ainda geram a força elétrica. E a era de luz de gás foi seguida pela era da eletricidade. O vapor era um auxiliar poderoso, mas faminto demais, precisava ser alimentado constantemente, devorando nossas preciosas reservas de carvão e petróleo. O homem ainda não tinha encontrado o gênio da nossa história. Na verdade nem tinha encontrado o vaso que prendia o gênio.



Fonte: Elaboração própria. Adaptado do documentário "Nosso amigo o átomo".

Na sequência 3, compreendida entre 26'35" a 26'49", aqui intitulada como "Os cientistas estudam o núcleo do átomo", Haber narra sobre a curiosidade inerente aos cientistas e explora como essa propensão impeliu-os a empreender uma análise aprofundada do núcleo atômico, na busca pelos mistérios subjacentes que ele poderia conter.

Na sequência 4, intitulada "O gênio atômico, um amigo da Ciência?", o documentário explora a obtenção de energia atômica a partir do urânio por meio do bombardeamento de nêutrons (Quadro 3). Contudo, é interessante notar que, mesmo quando se discute essa fascinante descoberta científica, o personagem Haber emite uma opinião ambivalente. Ao declarar que "a primeira explosão atômica chocou o mundo, talvez fosse melhor se a energia atômica nunca tivesse sido descoberta", ele revela uma perspectiva que transcende a mera exposição dos princípios científicos envolvidos.

Quadro 3 - Sequência 4 (36'24" - 38'08"): O gênio atômico, um amigo da Ciência?

HH: Um neutron é bastante para dar início. O gênio atômico fora solto e sua força devastadora era uma ameaça temível. A primeira explosão atômica chocou o mundo, talvez teria sido melhor se a energia atômica nunca tivesse sido descoberta. Reagimos como o pescador quando se viu face a face com o gênio poderoso. Ele também desejou nunca ter achado o vaso.
Gênio: Saiba que por isso você terá de morrer.
Homem: Valha me Deus.
HH: Mas, nossa fábula tem um fim feliz. O pescador conseguiu fazer um amigo de seu inimigo. Felizmente a ciência poderá fazer o mesmo.



Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

Nesse contexto, é importante destacar que o documentário se esforça para minimizar as consequências dos ataques nucleares realizados pelos Estados Unidos nos dias 6 e 9 de agosto de 1945

sobre as cidades japonesas de Hiroshima e Nagasaki. As imagens apresentadas na sequência, que se concentram exclusivamente em visões aéreas de testes de bombas atômicas, sugerem uma tentativa de mitigar o impacto devastador desses eventos históricos.

A sequência 4 culmina com Haber compartilhando uma mensagem otimista, ao afirmar que "nossa fábula tem um fim feliz. O pescador conseguiu fazer um amigo de seu inimigo" (Quadro 3). Por meio dessa metáfora, ele insinua que, da mesma forma, a ciência tem o potencial de transformar uma descoberta aparentemente perigosa em algo benéfico para a humanidade. Esta visão otimista sugere que, apesar dos riscos e dilemas éticos associados à energia atômica, a ciência pode, em última análise, contribuir positivamente para o mundo.

Na sequência 5 (Quadro 4), aqui intitulada como "1º pedido, usar a força do átomo", o primeiro desejo é associado ao desejo de poder, destacando a necessidade de energia para o crescimento da civilização. Em seguida, Haber explora os usos da energia nuclear em submarinos, navios e aviões, contextualizando a narrativa no plano "Átomos para a Paz" proposto por Eisenhower e na conferência internacional subsequente. Ele também menciona a fusão atômica como uma possível fonte de energia, indicando a amplitude de possibilidades desse campo científico (MECHLING; MECHLING, 1995). Como exemplos de aplicação da energia nuclear, o documentário apresenta a produção de eletricidade, a força para acionar navios, submarinos, aviões e foguetes. Para cada situação apresentada, o gênio (representando a energia nuclear) impulsiona, com suas próprias mãos, os diferentes meios de locomação.

Quadro 4 - Sequência 5 (41'04" - 43'15"): 1º pedido, usar a força do átomo

HH: O reator atômico permite nos fazer um amigo do gênio atômico. Como na fábula e nos garantirá três classes (?). A decisão é nossa. O que pediremos? De que precisamos mais? O carvão e o óleo não durarão para sempre. Mas precisamos de força, assim para manter nossa civilização nosso primeiro pedido será para a força.
Gênio: Aqui com minha mão direito eu lhes dou o fogo mágico do átomo. É seu.
HH: O fogo atômico é quase uma fonte térmica de calor, poderemos usar em nossas usinas para produzir eletricidade, força elétrica para nossa civilização. E força para acionar nossos navios. Como por exemplo o submarino atômico que já existe. O fogo atômico pode também aquecer o ar. Assim o átomo poderá também acionar aviões à jato. Com a força do átomo à seu dispor o avião poderá circular o globo terrestre muitas vezes sem ter de descer para tomar combustível. E algum dia o átomo nos ajudará a vencer a força da gravidade e assim, finalmente, poderemos voar pelo espaço interplanetário.



Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

Na sequência 6, intitulada de "2º pedido, mais comida e cura de doenças", o segundo desejo abordado é a utilização da energia atômica para fins benéficos, como a produção de alimentos e a promoção da saúde. Haber destaca a importância dessas aplicações para a humanidade, enfatizando a utilidade da radioatividade nesses contextos. Como exemplos de aplicação da radioatividade, o documentário apresenta como possibilidades tornar mais eficiênciente os sistemas de cultivo, a criação de gados e a saúde da população, contribuindo para o desenvolvimento da "medicina atômica" (Quadro 5).

Quadro 5 - Sequência 6 (43'42" - 46'54"): 2º pedido, mais comida e cura de doenças

HH: A humanidade sempre sofreu de fome e doenças. Nosso segundo pedido será comida e saúde. Com está mão eu lhes dou a fonte de raios benéficos. Serão seus instrumentos de pesquisa que o ajudarão a obter comida e a curar doenças. [...] com compostos químicos radioativos poderemos acompanhar o crescimento das plantas. E poderemos acompanhar o elemento da planta desde o solo até a fruta. Dessa maneira a Ciência poderá auxiliar o agricultor a obter colheitas abundantes e mais ricas. O crescimento dos animais poderá ser estudado da mesma maneira. E um melhor alimento poderá ser encontrado para tornar o gado melhor e mais saudável. E assim, o átomo criará mais comida para nossa crescente população.



Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

Entre as potenciais aplicações na "medicina atômica", Haber narra que "o átomo ajuda o homem a reconhecer condições cardíacas"; o uso de um coquitel radioativo, composto por iodo radioativo, para detercar problemas na tireóide; o "fósforo aloja-se nos ossos, de onde sua radiação moderada pode curar certas doenças no sangue"; o "cobalto radioativo é empregado na famosa bomba de cobalto. Mas essa é uma bomba benéfica. Usada nos hospitais para curar essa temível doença".

A doença não nomeada no documentário é o câncer, e a técnica descrita é a radioterapia. Segundo XAVIER *et al*. (2007, p. 88):

> A radioterapia teve origem na aplicação do elemento rádio pelo casal Curie, para destruir células cancerosas [...]. Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento. Sempre existiu uma grande preocupação em reduzir a quantidade e o poder de penetração da radiação utilizada, devido principalmente à grande controvérsia que envolve a

> radiação, que ora é a causadora de doenças e ora é utilizada no tratamento terapêutico dessas mesmas doenças.

Na sequência 7, intitulada de "3º pedido, a amizade do gênio atômico", Haber aborda o terceiro desejo, que é a busca pela paz, destacando a dualidade do poder nuclear para criação e destruição. A transcrição dessa sequência, que transcorre no período de 46'55" a 47'37", é apresentada a seguir.

> E temos ainda que fazer nosso terceiro e último pedido, que é de grande importância. Muitas lendas contam que as escolhas podem ser mal feitas e como último pedido destruiu os benefícios dos primeiros. O gênio atômico tem em suas mãos todo o poder de criação e destruição. Mas o mundo terá a ação de termer seus poderes destrutivos, por isso nosso último pedido será simplesmente que o gênio atômico seja nosso amigo para sempre.

Nessa sequência, Haber destaca a responsabilidade da humanidade em utilizar o conhecimento científico de forma sábia e ética, visando tornar o átomo um aliado, em vez de uma ameaça, para a civilização. Ele ressalta a importância de compreender e controlar os poderes associados à ciência nuclear para o benefício da humanidade (MECHLING; MECHLING, 1995).

No final do documentário, identificamos a sequência 8, compreendida entre 47'53" a 48'12", aqui intitulada de "A benevolência do gênio atômico", que apresenta um imenso gênio, com dimensão comparada a do planeta Terra, fazendo surgir construções (semelhantes a usinas nucleares) por todos os continentes. A narrativa, e as imagens dessa sequência, sugere que os benefícios da energia atômica poderão ser utilizadas por toda a humanidade.

Dessa forma, os três desejos ao gênio, descritos nas sequências 5, 6 e 7 demonstram uma busca por avanços tecnológicos que possam melhorar a qualidade de vida da sociedade, ao mesmo tempo em que destacam a necessidade de precaução e responsabilidade na manipulação do poder atômico.

Segundo Xavier *et al*. (2007), os marcos significativos na história da radioatividade indubitavelmente conferem à radiação e à energia nuclear uma relevância notável. No entanto, é importante notar que o uso inadequado dessa ferramenta na fabricação de armas nucleares, que persistem como uma ameaça global contemporânea, evidencia uma carência de maturidade e respeito pelo ser humano e pelo ambiente por parte de determinadas instituições. Os desastrosos desdobramentos resultantes desses incidentes incluíram perdas de vidas, danos físicos e psicológicos à população afetada, bem como a perturbação do equilíbrio ecológico por meio de impactos ambientais adversos. Seria razoável supor, portanto, que a radioatividade e a energia nuclear fossem excluídas do espectro de recursos disponíveis. No entanto, é louvável notar que existem grupos que continuam a usufruir dos benefícios proporcionados por essa forma de energia. Além disso, é evidente que a pesquisa relacionada à energia nuclear se expandiu em diversas áreas, como medicina, química, arqueologia, indústria

alimentícia e industrial, entre outras. Em alguns países, a energia nuclear é a única fonte viável de eletricidade, respondendo atualmente por aproximadamente 17% da demanda global de energia elétrica. Portanto, é possível concluir que, apesar das considerações adversas associadas ao seu uso, há defensores do emprego dessa forma de energia que ganham cada vez mais relevância. Esse crescimento deve ser respaldado pelos interesses de grupos específicos que buscam sua utilização de maneira segura, visando ao bem-estar da humanidade como um todo.

SEQUÊNCIAS QUE APRESENTAM ASPECTOS DA HISTÓRIA DA TEORIA ATÔMICA

Selecionamos cinco sequências que se debruçam sobre aspectos da evolução histórica da teoria atômica. As sequências apresentam, em comum, narrativa informativa sobre a história da ciência atômica. O enredo começa com a era do pensamento grego e progride, destacando alguns agentes históricos que contribuíram para o avanço do conhecimento sobre a matéria e as leis da Física.

Na sequência 9, compreendida entre 13’04” a 14’08”, ocorre uma transição do foco narrativo de Haber para Dalton. Este último apresenta uma perspectiva sobre a natureza que se destaca pela ênfase na ubiquidade dos átomos e na forma como eles se organizam para criar substâncias, ilustrando esse conceito com a formação do metal conhecido como cobre.

Na sequência 10, Becquerel retrospectivamente delineia os procedimentos que o levaram à descoberta de uma radiação até então desconhecida, emanando de uma amostra de urânio (Quadro 6).

Quadro 6 - Sequência 10 (20’10s” - 20’52”): Becquerel descreve a radiação espontânea do urânio

HB: Hoje eu descobri algo bem estranho. Eu tinha deixado uma pedra de urânio em cima de uma chapa fotográfica virgem em uma gaveta fechada. Descobri mais tarde que a chapa tinha sido afetada por um luz qualquer. Evidentemente tinha sido exposta pelo urânio, mesmo no escuro e através do seu envólucro. Parece que o urânio possuia uma atividade misteriosa e uma radiação expontânea, extraordinária.

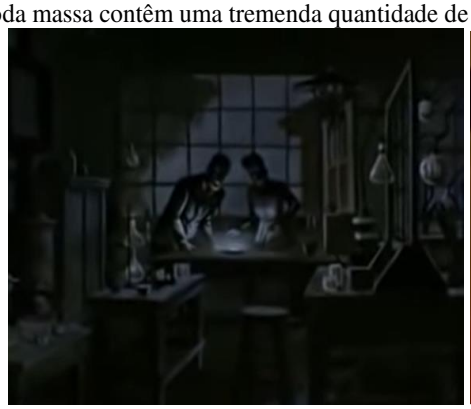


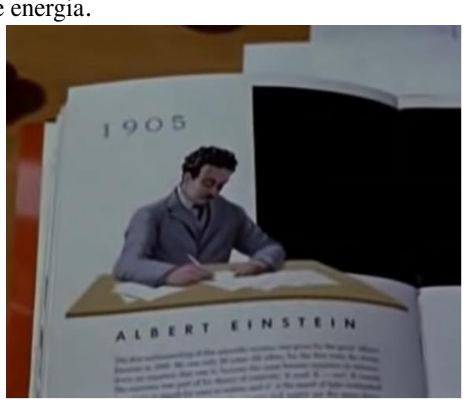
Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário “Nosso amigo o átomo”.

Na sequência 11, Haber retoma a narração para descrever avanços significativos nas pesquisas relacionadas à radiação do urânio, em particular, destacando as contribuições do casal Curie, que ampliaram o entendimento sobre a radiação natural e isolaram um novo elemento químico denominado rádio. Além disso, enfoca a contribuição de Albert Einstein na compreensão da relação entre massa e energia (Quadro 7).

Quadro 7 - Sequência 11 (20'53" - 22'18"): Pesquisas acerca do fenômeno da radiação do urânio

HH: Pierre e Marie Curie, outros dois cientistas franceses, ficaram intrigados com o fenômeno. E enquanto tentatavam descobrir a fonte de radiação do urânio, descobriram um novo elemento, capaz de emitir raios ainda mais forte.
MC: Veja um novo elemento, e como é radiante, brilha até no escuro.
MC: Vamos chamá-lo de rádio.
HH: O rádio mostrou ser uma fonte misteriosa de energia. Esse surpreendente elemento emitia raios contínua e interminavelmente. Isso contrariava todas as leis científicas daquela época. Como poderia tão pequena massa conter tanta energia? Esse mistério veio pertubar os fundamentos da Ciências. Finalmente foi explicado em 1905, quando Albert Einstein descobriu uma nova e importante lei física, que toda massa contêm uma tremenda quantidade de energia.





Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

As contribuições do casal Curie para as áreas da Física e da Medicina são abordadas em variados trabalhos publicados na literatura. Diamantis *et al*. (2008), por exemplo, enfatizam que, embora sejam conhecidos principalmente por suas descobertas dos elementos rádio e polônio, que ocorreram dois anos após a descoberta da radioatividade por Henry Becquerel, a descoberta de Pierre do fenômeno piezoelétrico, sua pesquisa sobre simetria cristalina, magnetismo e substâncias paramagnéticas, são igualmente importantes. Com a descoberta dos dois elementos radioativos, Pierre e Marie Curie estabeleceram o novo campo da Física Nuclear. Segundo os referidos autores, não é exagero dizer que essas descobertas contribuíram muito para o nosso modo de vida moderno. Marie recebeu o Prêmio Nobel duas vezes e mais tarde tornou-se a primeira mulher a tornar-se membro da Academia Francesa de Ciências.

Na sequência 12, a narrativa adentra na mudança de paradigma a partir da interpretação das observações provenientes do experimento conduzido por Ernest Rutherford, que provocou uma redefinição do átomo como a menor entidade na natureza (Quadro 8).

Quadro 8 - Sequência 12 (23'07" - 24'48"): O átomo deixa de ser a menor partícula da natureza

HH: O rádio emite sem para pequenas porções de sua energia, por meio de radiação, um poquinho por segundo. Mas, o rádio tem tanta energia que pode continuar sua atividade por muitos milhares de anos. Esses raios de energia eram na realidade fragmentos dos átomos que se partiram, assim o átomo não poderia ser considerado a menor partícula da natureza. Evidentemente o átomo não era indestrutível. Mas então o que era? O primeiro a chegar perto da resposta foi Lord Ernest Rutherford, físico inglês. O ano 1911.
ER: Peguei hoje os fragmentos emitidos pelo rádio para estudar a natureza do átomo. Coloquei uma pequena massa de rádio dentro de um bloco sólido de chumbo. O chumbo absorveu todos os raios, exceto por aqueles que podiam escapar por um orifício no bloco. Eu construira uma espécie de revolver atômico. Para ver os raios visíveis usei uma tela fluorescente. Para alvo usei uma folha finíssima de ouro, mas para minha surpresa as balas do meu revolver atômico passaram pela folha de ouro como se ela não estivesse lá. Era como, como se eu atirasse contra um fantasma.



Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

"Por suas investigações sobre a desintegração dos elementos e a química das substâncias radioativas", Rutherford foi laureado em 1908 com o prêmio Nobel de Química (CAMPBELL, 2009).

Finalmente, na sequência 13, Haber retoma a narração para descrever como Otto Hahn e Fritz Strassman fizeram uma descoberta revolucionária, revelando o controle da força do urânio através do processo de desintegração atômica (Quadro 9, disposto na página seguinte). Um momento particularmente notável na narrativa é a descoberta do nêutron, que é apresentada de forma visualmente impactante no filme. Haber compara o nêutron a uma "faca" que rompe o "selo" do recipiente mágico, sugerindo que sua carga neutra o torna a peça-chave para a divisão do núcleo do átomo e, assim, libera o poder atômico. Haber descreve vividamente as consequências de uma reação atômica em cadeia, evocando uma imagem impressionante do gênio da fábula. Ele descreve o gênio com olhos incandescentes, envolto em uma nuvem de fumaça ardente, com uma voz trovejante que promete a morte de forma cruel. Essa descrição intensa destaca o potencial destrutivo do poder atômico e sua ameaça à humanidade (MECHLING; MECHLING, 1995).

Apesar do documentário não abordar essa temática, o químico alemão Otto Hahn (1879-1968) também entrou para a história dos laureados do prêmio Nobel, ao receber em 1944, "por sua descoberta da fissão de núcleos pesados" o prêmio Novel de Química. Segundo o site do Prêmio Nobel:

> A identificação do nêutron em 1932 representou um marco significativo no campo da investigação atômica, proporcionando uma ferramenta de grande potencial. Em 1939, **Otto**

Hahn e **Fritz Strassman**, ao submeterem o urânio à irradiação por nêutrons, desencadearam a formação de bário, um elemento cuja leveza contradizia sua possível origem a partir da decomposição do urânio. Nesse contexto, **Lise Meitner**, colaboradora de longa data de Hahn, e seu sobrinho **Otto Frisch**, empreenderam uma abordagem teórica que, de maneira convincente, demonstrou a ocorrência da fissão nuclear no núcleo do urânio. Esse fenômeno, posteriormente denominado "fissão", revelou-se de extrema relevância no contexto do desenvolvimento tanto de armas nucleares quanto de fontes de energia nucleares (destaque nosso).

Quadro 9 - Sequência 13 (33'12" - 35'23"):
Dois pesquisadores descobrem como controlar a força do urânio.

HH: Por muito tempo somente a natureza sabia abrir o vazo que continha tão poderoza força. Para o homem contudo o vaso continuava fechado. Finalmente o homem descobriu como abrir o vaso, o pescador usou sua faca e o homem encontrou a ferramenta que necessitava. O ano? 1938. O lugar? Berlim, na Alemanha. O instrumento? Esse estranho metal chamado urânio. E foi essa a descoberta do século. Otto Hahn e Fritz Strassman estudavam o átomo de urânio, como Rutherford empregaram balas atômicas. Usaram os neutrons do átomo em suas experiências, as partículas neutras escondidas no núcleo do átomo. Sendo neutro o neutron não é desviado pela carga elétrica dos átomos e passa por eles em linha reta. Finalmente o neutron encontrou o núcleo do átomo. O núcleo do urânio abriu-se em dois. O homem realizara a desintegração do átomo. Mas isso não foi só. O núcleo do átomo de urânio produziu outros dois núcleos. Um bala foi usada para dividir o átomo, e outros dois foram criados no processo. Agora temos dois neutrons para dividir dois átomos. Isso se tornou um prospecto fabuloso, uma cadeia de reações nucleares.





Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário "Nosso amigo o átomo".

Vale ressaltar que, apesar do título ter sido conferido apenas à Otto Hahn, a breve descrição apresentada destaca a contribuição de químico alemão Fritz Strassman (1902-1980), da física austríaca Lise Meitner (1878-1968) e do físico austríaco Otto Robert Frisch (1904-1979). No entanto, a figura de Lise Meitner foi notavelmente ignorada pelo comitê responsável pela premiação. Essa omissão pode ser atribuída, em grande parte, ao fato de que Hahn, desde que Meitner deixou a Alemanha, não mencionou a participação desta em seus estudos e, contrariamente, atribuiu a descoberta exclusivamente aos seus experimentos químicos. Embora os colaboradores de Meitner tenham exigido o devido reconhecimento de sua contribuição, a evidência concreta para sustentar tal reivindicação não estava disponível na época. É importante ressaltar que o erro cometido pelo Instituto Nobel ao não reconhecer a participação de Meitner nunca foi formalmente corrigido ou admitido. Somente em setembro de 1966, a Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos veio a reconhecer a relevância das contribuições de Otto Hahn, Fritz Strassmann e Lise Meitner para a descoberta da fissão nuclear, premiando-os conjuntamente com o Prêmio Enrico Fermi (SIME, 1998; BENTZEN, 2000).

SEQUÊNCIAS QUE APRESENTAM EXPLICAÇÕES SOBRE CONCEITOS QUÍMICOS

Dentre os conceitos químicos abordados ao longo do documentário, selecionamos apenas três para apresentação. O primeiro conceito selecionado refere-se a radioatividade natural observada nos átomos de rádio, cujo fenômeno não é útil como fonte de energia. Para explicar esse fenômeno, na sequência 14, compreendida entre 31’29” a 32’10”, aqui denominada de “O rádio enquanto fonte de energia”, Haber faz uma analogia do átomo radioativo com uma ratoeira:

> Podemos dizer que o átomo radiotivo é como uma ratoeira, ambos contêm energia. As ratoeiras dessa mesa representam os átomos de uma massa de rádio. De vez em quando um deles entra em ação, espontaneamente, soltando um pouco de sua energia. Mas o rádio como fonte de energia não tem valor próprio, são poucos os átomos que soltam a sua energia ao mesmo tempo.

Na sequência 15, para explicar a radioatividade artificial, produzida a partir de reações atômicas, Haber relaciona à instabilidade da ratoeira com a energia contida no átomo (Quadro 10). Segundo Santos, Mello e Neves (2021, p. 111), no documentário, Haber explica a reação em cadeia da seguinte forma:

> [...] jogando uma bola de pingue-pongue em uma mesa repleta de ratoeiras engatilhadas, as quais representam núcleos atômicos instáveis (de urânio 235, por exemplo). Outras bolas de pingue-pongue, se posicionam sobre elas (duas em cada ratoeira), representando os nêutrons que são libertados quando eles se separam.

Quadro 10 - Sequência 15 (35’24” - 36’23”): Uma analogia para as reações em cadeia

HH: Voltemos agora a nossas ratoeiras. Podemos criar uma cadeia de reações com elas. Usaremos duas bolas de ping pong para representar os neutrons. Serão lançados quando o átomo se dividir. As ratoeiras representam o átomos que entrarão em jogo. Estão carregadas, preparadas e prontas para a saída. O necessário é um neutron para dar início a uma ratoeira, as duas bolas de ping pong que forem lançadas irão acionar outras duas ratoeiras. Sei que já imaginam o que vai acontecer. Vejam. Uma cadeia de reações atômicas trabalha da mesma maneira.



Fonte: Elaboração própria. Adaptada do documentário “Nosso amigo o átomo”.

Na analogia em questão, as ratoeiras representam átomos de rádio (como ambos, ratoeiras e átomos, contêm a energia armazenada), e as bolas representam nêutrons. Ao iniciar o processo é

possível observar que a ativação de uma leva ao desencadeamento da outra, cujo processo ocorre de forma aleatória e com sentido caótico (SANTOS; MELLO; NEVES, 2021; 2022). A transição entre a animação e a explicação real de Haber é notável, quando ele arremessa uma bola de pingue-pongue na sala das ratoeiras, desencadeando uma explosão rápida e ruidosa de bolas. Vale mencionar que essa cena requeriu repetições para ser bem-sucedida (MECHLING; MECHLING, 1995).

Na sequência 16, compreendida entre 38’09” a 38’25”, aqui denominada de “O homem controla a explosão atômica”, Haber narra que o homem aprendeu a controlar a explosão atômica. Para ilustrar esse processo, o documentário apresenta uma explosão invertida, na qual todo material liberado em uma explosão atômica retorna para dentro do vaso.

Esse recurso tem como objetivo reforçar a ideia de que a Ciência aprendeu a controlar a energia atômica, e agora, diferentemente do que ocorreu no passado recente com o uso da energia atômica para fins bélicos, pode utilizar essa grande quantidade de energia para o bem da humanidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito do documentário animado “Nosso amigo o átomo”, a Disney adotou uma abordagem singular ao representar o átomo, associando-o metaforicamente ao poder de um gênio. Essa metáfora proporcionou uma reviravolta otimista em uma narrativa que, tradicionalmente, tende a ser carregada de ironia. Através dessa abordagem, a Disney contribuiu para a naturalização da imagem de um átomo pacífico, influenciando a percepção coletiva e a disseminação de ideias sobre a ciência e a tecnologia na sociedade (MECHLING; MECHLING, 1995).

As diversas sequências aqui apresentadas sugerem uma tentativa de naturalização da energia atômica. Essa naturalização é alcançada por meio da utilização de uma história infantil amplamente conhecida e do discurso de um cientista de renome internacional. O cientista em questão indica a viabilidade do uso seguro da energia nuclear para resolver problemas sociais. É relevante ressaltar que apenas 12 anos haviam transcorrido desde a utilização inicial da energia nuclear com fins bélicos, sendo essa experiência ainda fresca na memória da maioria da população. Entretanto, o documentário busca minimizar as consequências negativas do uso da energia nuclear, enquanto destaca suas potenciais aplicações benéficas.

Nesse contexto, consideramos que o referido documentário pode desempenhar um papel importante na reflexão sobre o desenvolvimento de diversos conhecimentos relacionados ao átomo. Além disso, ele contribui para compreender o processo de naturalização da energia atômica que se iniciou após a Segunda Guerra Mundial. Portanto, esse documentário pode ser empregado em diversas

situações de ensino. Como possibilidades de uso destacamos a formação inicial de professores de Química, em disciplinas que abordam conceitos relacionados ao átomo, como Química Geral ou Química Quântica. Além disso, ele pode ser útil em disciplinas que exploram a História, Filosofia e Sociologia da Ciência ou do conhecimento químico.

Em segundo lugar, o documentário pode ser aplicado no contexto da Educação Básica. Ele pode enriquecer o ensino das teorias atômicas, permitindo uma análise crítica sobre como a percepção da Química é influenciada pela mídia e pelos discursos construídos no passado, que visavam à naturalização da energia atômica. Assim, o uso desse recurso audiovisual pode enriquecer a abordagem pedagógica, estimulando os estudantes a refletirem sobre a interseção entre ciência, sociedade e comunicação midiática no contexto da energia nuclear. Além de abordar diretamente conteúdos relacionados ao átomo, como a concepção histórica do átomo na Grécia Antiga e os modelos propostos por Dalton e Rutherford, bem como a noção de radioatividade. Este recurso cinematográfico também pode ser empregado para explorar temas interdisciplinares, como gases e diversos tipos de energia, incluindo a mecânica, elétrica e nuclear, assim como suas diversas aplicações em nossa sociedade.

Vale ressaltar que, as sequências apresentadas, caso sejam utilizadas no contexto educacional, podem contribuir para tornar consciente o processo de naturalização da energia atômica iniciado na década de 1950. Nesse processo, o documentário "Nosso amigo o átomo" teve uma certa contribuição, que foi reforçada, e também reforçou, diferentes discursos que se aproximam com o objetivo de naturalizar o uso da energia proveniente de reações nucleares.

REFERÊNCIAS

ACCORSSI, A.; SCARPARO, H.; GUARESCHI, P. "A naturalização da pobreza: reflexões sobre a formação do pensamento social". **Psicologia e Sociedade**, vol. 24, 2012.

BENTZEN, S. M. "Lise Meitner and Niels Bohr? A Historical Note". **Acta Oncologica**, vol. 39, n. 8, 2000.

BOSSE, A. L. **Our friend the atom? the Truman administration and the campaign to sell the peaceful atom, 1945-1949** (Master of Arts in History). California State University, 2013.

CAMPBELL, J. "Rutherford and the Nobel prize". **Physics in Canada**, vol. 65, n. 1, 2009.

CAROLA, C. R.; CONSTANTE, C. E. A. "Antropocentrismo pedagógico e naturalização da exploração ambiental no ensino de ciências (Brasil, 1960-1970)". **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, vol. 32, n. 1, 2015.

CATELLANI, A. "Pro-nuclear European discourses: Socio-semiotic observations". **Public Relations Inquiry**, vol. 1, n. 3, 2012.

DIAMANTIS, A. *et al*. "The contribution of Maria Sklodowska-Curie and Pierre Curie to Nuclear and Medical Physics. A hundred and ten years after the discovery of radium". **Hellenic Journal of Nuclear Medicine**, vol. 11, n. 1, 2008.

EISENHOWER, S. "Atoms for peace plus fifty". **IAEA Bulletin**, vol. 45, n. 2, 2003.

FAIRCLOUGH, N. "Peripheral vision - Discourse analysis in organization studies: The case for critical realism". **Organization Studies**, vol. 26, n. 6, 2005.

FERREIRA, R. F.; CAMARGO, A. C. "A naturalização do preconceito na formação da identidade do afro-descendente". **ECCOS - Revista Científica**, vol. 3, n. 1, 2001.

FURTADO, J. M. V. **A naturalização da desigualdade social**: percepções socioambientais relativas à mobilidade urbana em Palmas (Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente). Palmas: UFT, 2022.

GERBASE, C. **Primeiro filme**: descobrindo, fazendo, pensando. Porto Alegre: Editora Artes e Ofícios, 2012.

GOROSTIZA, S.; SAURI, D. "Dangerous assemblages: Salts, trihalomethanes and endocrine disruptors in the water palimpsest of the Llobregat River, Catalonia". **Geoforum**, vol. 81, 2017.

GOROSTIZA, S.; SAURÍ, D. "Naturalizing pollution: a critical social science view on the link between potash mining and salinization in the Llobregat river basin, northeast Spain". **Philosophical Transactions of the Royal Society**, vol. 374, n. 1764, 2019.

GOWING, M. "Reflections on atomic energy history". **Bulletin of the Atomic Scientists**, vol. 35, n. 3, 1979.

HALES, P. B. "The atomic sublime". **American Studies**, vol. 32, n. 1, 1991.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. **Dicionário básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar Editor, 2001.

KRIGE, J. "Atoms for peace, scientific internationalism, and scientific intelligence". **Osiris**, vol. 21, n. 1, 2006.

LANGER, M. "Why the Atom is our Friend: Disney, General Dynamics and the USS Nautilus". **Art History**, vol. 18, n. 1, 1995.

LIFTON, R. J. "Nuclearism". **Journal of Clinical Child abd Adolescent Psychology**, vol. 9, n. 2, 1980.

LOPES, J. S. L. *et al*. "Naturalização e Estranhamento: alguns aspectos da construção social". **Cadernos IPPUR**, vol. 14, n. 1, 2000.

MARANHÃO, R. A. "(Geo)grafias de Gotham City ou de Nova York ou dos Brasis: uma análise a partir do filme Joker (2019)". **Boletim de Conjuntura**, vol. 11, n. 33, 2022.

MCNEILL, J. R. "Observations on the nature and culture of environmental history". **History and Theory**, vol. 42, n. 4, 2003.

MECHLING, E. W.; MECHLING, J. “The atom according to Disney”. **Quarterly Journal of Speech**, vol. 81, n. 4, 1995.

NASCIMENTO, E. F.; GOMES, R.; REBELLO, L. E. F. S. “Violência é coisa de homem? A “naturalização” da violência nas falas de homens jovens”. **Ciência e Saúde Coletiva**, vol. 14, 2009.

OLIVEIRA, J. P. M. *et al*. “Educação ambiental: representações sociais sobre queimadas estudadas por meio de charges em websites”. **Revista Acadêmica da Faculdade Fernão Dias**, vol. 5, n. 16, 2018.

PENAFRIA, M. “Análise de Filmes - conceitos e metodologia(s)”. **Anais do Congresso Associação Portuguesa de Ciências da Comunicação**. Lisboa: SOPCOM, 2009.

RIBEIRO, V. M. M. *et al*. “Uma análise do filme Barbie (2023), da boneca e suas implicações no desenvolvimento da criança”. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 15, n. 45, 2023.

ROMERO, A. L. *et al*. “Nosso Amigo o Átomo”: “Análise fílmica e potencialidades para o ensino de Química”. **Anais do XI Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias**. Lisboa: Enseñanza de las Ciencias, 2021.

ROMERO, A. L.; MARCONDES, D. L. Z.; ROMERO, R. B. “Crimes ambientais contra recursos hídricos retratados por charges: reflexões para a desnaturalização da poluição: Reflexões para a desnaturalização da poluição”. **Revista de Saúde e Biologia**, vol. 17, 2022.

SANTOS, G. B. S.; MELLO, D. A. T.; NEVES, M. C. D. “Our Friend the Atom: An imagery analysis of Disney’s Science Book”. **Science and Education**, vol. 31, 2022.

SANTOS, G. B. S.; MELLO, D. A. T.; NEVES, M. C. D. “Our friend the atom”: uma análise imagética do livro de comunicação científica da Disney”. **Revista Vitruvian Cogitationes**, vol. 2, n. 2, 2021.

SILVA, A. B. *et al*. “Charges com temática ambiental: um recurso didático para um ensino de Ciências crítico”. **Educação Ambiental em Ação**, vol. 20, n. 78, 2022.

SIME, R. L. “Lise Meitner and the discovery of nuclear fission”. **Scientific American**, vol. 278, n. 1, 1998.

SUPPIA, A. L. “Em torno de cena e da sequência: problemas de categorização”. **Galáxia**, n. 30, 2015.

VAN MUNSTER, R.; SYLVEST, C. “Pro-nuclear environmentalism: Should we learn to stop worrying and love nuclear energy?”. **Technology and Culture**, vol. 56, n. 4, 2015.

VANOYE, F.; GOLIOT-LÉTÉ, A. **Ensaio sobre a análise fílmica**. Campinas: Editora Papirus, 2012.

VIANA, N. “Naturalização e desnaturalização: o dilema da negação prático-crítica”. **Revista Espaço Livre**, vol. 8, n. 16, 2013.

WEISS, L. “Atoms for peace”. **Bulletin of the Atomic Scientists**, vol. 59, n. 6, 2003.

WINKLER, A. M. “The “atom” and American life”. **The History Teacher**, vol. 26, n. 3, 1993.

XAVIER, A. M. *et al*. “Marcos da história da radioatividade e tendências atuais”. **Química Nova**, vol. 30, 2007.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano V | Volume 16 | Nº 46| Boa Vista |2023

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima