



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

INAIÁ LOPES GUERREIRO

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO LITERATURA: A ANÁLISE TEXTUAL
DISCURSIVA (ATD) DO LIVRO “A COLHER QUE DESAPARECE” PARA O
ENSINO DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTS**

FORTALEZA

2021

INAIÁ LOPES GUERREIRO

**DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO LITERATURA: A ANÁLISE TEXTUAL
DISCURSIVA (ATD) DO LIVRO “A COLHER QUE DESAPARECE” PARA O
ENSINO DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTS**

Divulgação científica como literatura: a análise textual discursiva (ATD) do livro “A colher que desaparece” para o ensino de química com enfoque CTS apresentado ao curso Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre. Área de concentração: Ensino de Química.

Orientadora: Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará – IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G934d Guerreiro, Inaiá Lopes.
 DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO LITERATURA: A ANÁLISE TEXTUAL
 DISCURSIVA (ATD) DO LIVRO A COLHER QUE DESAPARECE PARA O ENSINO DE
 QUÍMICA COM ENFOQUE CTS
 / Inaiá Lopes Guerreiro. - 2021.
 126 f.

 Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e
 Matemática, Campus Fortaleza, 2021.
 Orientação: Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio.

 1. Divulgação Científica. 2. CTS. 3. Ensino de Química. I. Título.

CDD 510.07

INAIÁ LOPES GUERREIRO

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA COMO LITERATURA: A ANÁLISE TEXTUAL
DISCURSIVA (ATD) DO LIVRO “A COLHER QUE DESAPARECE” PARA O
ENSINO DE QUÍMICA COM ENFOQUE CTS

Divulgação científica como literatura: a análise textual discursiva (ATD) do livro “A colher que desaparece” para o ensino de química com enfoque CTS apresentado ao curso Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre. Área de concentração: Ensino de Química.

Aprovado (a) em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Caroline de Goes Sampaio (Orientador)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Maracanaú

Profa. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - *Campus* Maracanaú

[Digite aqui]

Profa. Dra. Leidy Gabriela Ariza Ariza
Universidad Pedagógica Nacional

Profa. Dra. Luciana Nobre de Abreu Ferreira
Universidade Federal do Piauí

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A minha família, Leônia, Giordana, Cássia e Lara pelo apoio e amor incondicional em todas as horas.

Ao meu amado esposo Cleiton, pelo amor, carinho, força, apoio e abraço. Sem você tudo seria mais difícil.

Aos amigos e colegas de estudo, Caio Rômulo, Marley Stedile, Virna Araújo, Eduardo Firmino, Viviane Araújo, Dina Séfora, José Carlos e Darkson Costa, pelo apoio nos momentos difíceis desta caminhada e pela companhia nos momentos felizes.

Aos meus professores, Cleide Barroso, Régis Vieira, Karine Portela, Gilvadenys Sales que muito contribuíram com minha formação acadêmica, agradeço os ensinamentos, as orientações, as lições de vida, em especial à professora Caroline Sampaio, minha orientadora neste trabalho, que sempre me apoiou, me deu forças e acreditou no meu potencial. A força de vocês é uma fonte de inspiração.

Aos meus amigos, Vitória e Jaasiel, por me apoiarem e me dar forças nos momentos que eu pensei que não ia conseguir.

Aos meus alunos, fonte de inspiração diária para me tornar uma professora melhor.

“A sensação de que muitas veredas vão se abrindo à medida que continuamente se estende o olhar é que é o diabo!... Nada me resta a não ser ficar com os anjos, então.” (ZAMBONI, 2001, xxi).

RESUMO

A Divulgação Científica (DC) tem sido usada como veículo de informações a respeito dos avanços científicos e tecnológicos no mundo. Sabe-se que a velocidade de novas informações é frenética. O conhecimento atualizado sobre ciência e tecnologia se torna indispensável ao cidadão: ter acesso a essas informações é adaptar-se ao mundo moderno que nos exige cada vez mais capacidade de julgamento e tomada de decisões. A divulgação científica possui uma conexão com o enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), que trata das relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico e seus impactos na sociedade e no ambiente, exatamente por colocar em foco questões importantes da ciência aplicada à tecnologia. Por isso, a DC tem sido usada como ferramenta metodológica para o ensino de Ciências tanto em espaços formais quanto em espaços não formais de ensino. Neste contexto, a finalidade deste trabalho é analisar o livro de literatura de DC “A colher que desaparece: e outras histórias reais de loucura, amor e morte através dos elementos químicos”, à luz da Análise Textual Discursiva (ATD), usando as considerações de Zamboni a respeito dos aspectos característicos do discurso da divulgação científica e as considerações de Mora a respeito da divulgação científica como literatura. O trabalho consistiu na análise das seguintes categorias, *a priori*, dentro da referida obra: aspectos sociais e ambientais da Ciência; aspectos sociais e ambientais da Tecnologia; traços de didaticidade, laicidade e científicidade; e da seguinte categoria emergente: características de uma boa obra de literatura como divulgação científica, com o objetivo de elucidar as potencialidades didáticas e educativas da divulgação científica em forma de livro. Os resultados apontaram que *A colher que desaparece* possui traços predominantemente didáticos e laicos, com científicidade diminuída e diluída pela carga literária. Encontraram-se aspectos humanísticos, metafísicos e narrativas de envolvimento apontados para surtir prazer na leitura; assim como contextualização e cotidianização com aspectos que remetem ao potencial educativo com enfoque CTS.

Palavras-chave: Divulgação Científica; CTS; Ensino de Química.

RESÚMEN

La Divulgación Científica (DC) ha sido utilizada como vehículo de información sobre los avances científicos y tecnológicos en el mundo. Se sabe que la velocidad de nuevas informaciones es frenética. El conocimiento actualizado sobre ciencia y tecnología es indispensable al ciudadano en los días actuales: tener acceso a esas informaciones es adaptarse al mundo moderno que nos exige cada vez más capacidad de juicio y toma de decisiones. La divulgación científica posee una conexión con el enfoque CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), que trata de las relaciones entre el desarrollo científico y tecnológico y sus impactos en la sociedad y el medio ambiente, precisamente por poner foco en cuestiones importantes de la ciencia aplicada a la tecnología. Por eso, la DC ha sido utilizada como herramienta metodológica para la enseñanza de Ciencias tanto en espacios de enseñanza formales como no formales. En este contexto, el objetivo de este trabajo es analizar el libro de literatura de DC “La cuchara que desaparece: y otras historias reales de locura, amor y muerte a través de los elementos químicos”, a la luz de la Análisis Textual Discursiva (ATD), utilizando las consideraciones de Zamboni sobre los aspectos característicos del discurso de la divulgación científica y las consideraciones de Mora sobre la divulgación científica como literatura. El trabajo consistió en el análisis de las siguientes categorías, en primer lugar, dentro de la obra antes mencionada: aspectos sociales y ambientales de la Ciencia; aspectos sociales y ambientales de la Tecnología, rasgos de didactismo, laicidad y científicidad; y la siguiente categoría emergente: características de una buena obra de literatura como divulgación científica, con el objetivo de aclarar las potencialidades didácticas y educativas de la divulgación científica en forma de libro. Los resultados señalaron que *La cuchara que desaparece* posee rasgos predominantemente didácticos y laicos, con científicidad reducida y diluida por la carga literaria. Se encontraron aspectos humanísticos, metafísicos y narrativas de involucramiento señalados para producir placer en la lectura; así como contextualización y cotidianización con aspectos que se refieren al potencial educativo con enfoque CTS.

Palabras clave: Divulgación Científica; Enseñanza de Química.

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DC	Divulgação Científica
SBQ	Sociedade Brasileira de Química
SI	Sistema Internacional
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica
SD	Sequência Didática
TLDC	Texto de Literatura de Divulgação Científica
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
CT	Ciência e Tecnologia
TDC	Texto de Divulgação Científica
TC	Traço de Cientificidade
TL	Traço de Laicidade
TD	Traço de Didaticidade

LISTA DE SÍMBOLOS

®	Marca registrada
α	Alfa
β	Beta
λ	Comprimento de onda
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	Introdução.....	13
2	CTS.....	17
2.1	Ciência.....	17
2.2	Tecnologia.....	20
2.3	Sociedade.....	22
2.4	Relações CTS.....	24
2.4.1	<i>Conceitos Gerais (EUA, Europa e América Latina)</i>	<i>25</i>
2.5	Abordagem de Ensino com enfoque CTS	26
2.5.1	<i>Ensino de Química com enfoque CTS.....</i>	<i>28</i>
3	Divulgação Científica	29
3.1	Ensino de Química através da Divulgação Científica	33
3.2	Ensino de Química através da Divulgação Científica (estado da questão)	37
4	Metodologia	54
4.1	Relato pessoal	61
5	Análises e Discussões	62
6	Considerações Finais	119
7	Referências	120

1 Introdução

O ensino de Química no Brasil de maneira alternativa ao ensino tradicional tem sido objeto de estudo há muitos anos e vêm aumentando gradativamente o número de trabalhos relacionados ao ensino de química como campo de estudo específico enviados aos encontros nacionais da SBQ, bem como publicações na revista Química Nova (SCHNETZLER, 2002). É comum observar por vezes que o aluno de ensino médio no Brasil não vê sentido no que está sendo ensinado e tampouco o professor vê sentido no que está ensinando. Na busca por esse sentido, o professor agarra-se na ideia de que os assuntos ajudarão o aluno a ser aprovado em vestibulares ou que aquele conteúdo poderá ser útil em sua futura profissão. Ao contrário deste pensamento, Zabala (2007) salienta que aprender Química é necessário para formar um cidadão com visão crítica do mundo capaz de analisar, compreender e utilizar este conhecimento para a resolução de problemas e tomadas de decisões em um mundo cada vez mais impregnado de problemas sociais, tecnológicos e ambientais relevantes.

As dificuldades de aprendizagem consistem em toda e qualquer perturbação do ato de aprender seja qual for o status cognitivo de aprendente. Impedem que o sujeito se insira em sua própria cultura (ROCHA E VASCONCELOS, 2016) e se manifestam em razão de diversos fatores como: fatores orgânicos; fatores específicos, relacionados às dificuldades inerentes ao indivíduo porém não detectados de forma orgânica mas que se manifestam na linguagem e no comportamento; fatores, como inibição ou falta de motivação; e fatores ambientais, que se relacionam às condições (escolares, no caso) as quais o aprendente é exposto. (PAIN, 1992 *apud* ROCHA E VASCONCELOS, 2016). A condição socioeconômica do sujeito também pode oferecer dificuldades à sua aprendizagem devido aos seus recursos e limites (DROUET, 1995 *apud* ROCHA E VASCONCELOS, 2016).

Mas quais seriam as dificuldades apresentadas pelos alunos na aprendizagem de Química? Esta pergunta é difícil de responder tendo em vista que a aprendizagem é um processo complexo de relacionamento interpessoal e intersubjetivo entre aluno, professor e objeto de estudo, onde as dimensões cognitivas, emocionais, pedagógicas, sociais, históricas e culturais estão presentes (VYGOTSKY, 1987). Portanto é difícil mensurar acertadamente quais seriam essas dificuldades. Como consequência, o foco não seria, ao invés de ensinar os alunos a aprender, aprender a ensinar os alunos diante de sua multiplicidade e diversidade? (ZABALA, 2007).

É fácil supor que a falta de aplicabilidade durante as aulas teóricas pode tornar a aprendizagem tediosa ao aluno. Em contrapartida, os vestibulares e exames, tanto internos quanto externos, cobram do aluno uma quantidade de informações excessiva. Muitas vezes o desejo de ser aprovado conduz o aluno à memorização superficial de conteúdo. É comum haver o esquecimento total dos conceitos que foram aprendidos mecanicamente. Gagliard (1988, p. 2) afirma que “em diferentes meios sociais, as análises do que os alunos conhecem depois de terminar os estudos mostra que o que eles se lembram é pouco e é equivocado”.

O Ensino Médio brasileiro atual é regido pela Constituição Federal de 1988, pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Básica (LDB de nº 9394/96) de 20 de dezembro de 1996 e pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (BRASIL, 2019). Aprovada em dezembro de 2018, a BNCC apresenta normas e diretrizes para a composição dos currículos de cada estado. O documento deixa claro o comprometimento da educação básica, na área de Ciências da Natureza, com o letramento científico dos estudantes e isso implica “discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente” (BRASIL, 2019, p. 549).

O documento se harmoniza bem com a situação da sociedade contemporânea, que se vê envolvida na tecnologia de ponta presente em vários setores como as energias, biotecnologia, alimentos, transgênicos e agrotóxicos, robótica na medicina, eletrônicos, internet, tecnologia da informação entre vários outros. Em todos esses setores, podemos destacar a importância da Química no avanço contínuo a novas modernizações. Com isso, o documento orienta que o ensino de Química/Ciências no Brasil se volte para as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) para além de meras exemplificações de situações cotidianas, mas que apresente os conhecimentos científicos como construções históricas, socialmente produzidas, bem como o impacto que o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia causaram e ainda causam no ambiente e na sociedade em geral (BRASIL, 2019). A respeito disso, Cachapuz (1999, apud AULER, 2007) introduz uma orientação na Educação em Ciências, que ele chama de “Ensino de Ciências no Pós-Mudança”, onde as situações problema são mais do que meras aplicações no ensino com enfoque CTS, elas são o ponto de partida.

É preciso que o profissional da educação busque meios alternativos ao tradicional a fim de mudar a realidade de ensino baseada em meras informações decoradas a serem aplicadas em uma avaliação. Contudo, Delizoicov *et al* (2007) dizem que os professores continuam insistindo em um ensino baseado em memorização de fórmulas e conteúdo.

E assim, o ensino estritamente tradicional continua sendo praticado no Brasil, na forma de um repasse passivo de informações. É exigido disciplina dos alunos e eles têm que se manter sentados e calados, enquanto o professor apenas despeja informações prontas, esperando que o aluno “aprenda”. Niezer (2012, p. 47) destaca que “os conteúdos escolares se apresentam pouco significativos para os alunos, desvinculados do contexto em que vivem, são repassados de forma linear e isolada em cada disciplina, caracterizando um emaranhado de informações necessárias, temporariamente”. A participação do aluno é praticamente inexistente nesse processo. Isso tudo leva tanto à desmotivação do profissional da educação por não saber como deve ensinar e que método ele poderia usar; quanto à desmotivação do aluno em aprender, mesmo ele sabendo que vai precisar daquele conteúdo para ser aprovado nas avaliações internas e externas. Freire (2011, p. 34) alerta que “transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador”.

O professor não deve se colocar numa posição de opressor, como único detentor do saber e com isso colocar seu aluno em uma situação de opressão, como se ele fosse um recipiente vazio onde o conhecimento é simplesmente depositado. O processo de aprendizagem requer um esforço de ambas as partes: do professor, que tenha a capacidade de promover momentos de aprendizagem, discussão, consideração aos conhecimentos prévios do aluno com vistas à uma formação crítica e libertadora; e do estudante, que tenha consciência da sua própria aprendizagem e seja atuante nela, já que a aprendizagem é um processo interno. (FREIRE, 2011).

A dificuldade de ensinar alguns assuntos de química é um problema inerente ao planejamento de muitos professores. A necessidade de representação e a exigência do pensamento abstrato por parte do aluno podem tornar essa tarefa muito árdua. Muitas vezes, sem saber como proceder, o professor apenas repassa um conteúdo pronto e acabado, e com isso “a transmissão linear dos conceitos científicos centrada apenas no professor, ocasiona um crescente distanciamento em relação aos problemas teóricos e os do contexto real”. (NIEZER, 2012, p. 47).

No caso específico da química ensinada na 1ª série do Ensino Médio, os alunos entram em contato com os elementos químicos e com a Tabela Periódica, que para eles parecem ser apenas entidades submicroscópicas representadas em uma tabela colorida. Sem a abordagem adequada, os alunos podem continuar entendendo os elementos como entidades isoladas, sem

compreender toda a Química envolvida na construção do mundo moderno, tanto em relação aos aspectos tecnológicos e científicos quanto aos aspectos sociais.

O presente estudo se baseia na análise do livro de literatura de Divulgação Científica (DC) “A colher que desaparece: e outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos” de Sam Kean (2011) à luz da Análise Textual Discursiva com o objetivo de mensurar o potencial didático desta obra através da caracterização: da presença de traços de didaticidade, laicidade e cientificidade pelas considerações de Zamboni (2001) e de Queiroz e Ferreira (2013); da presença de aspectos inerentes a uma boa obra literatura de divulgação científica pelas considerações de Mora (2015); e pela mensuração da presença da abordagem CTS no que se refere aos aspectos sociais e ambientais decorrentes Ciência e da Tecnologia. A obra analisada mostra como alguns elementos químicos mudaram a sociedade através de suas propriedades químicas e físicas ao longo dos anos e como isso gerou guerras e poluição, mas também benefícios para a sociedade atual. O autor também faz uma relação entre as propriedades químicas e físicas dos elementos com a sua posição na Tabela Periódica, o que torna o estudo mais rico.

Diante disso, a questão norteadora que impulsionou este trabalho foi: a literatura de DC pode ser um recurso didático para o ensino de química no enfoque CTS? Por isso, no capítulo 2 falamos sobre o movimento CTS, mas antes, consideramos importante apresentar brevemente cada uma das áreas separadamente, para depois apresentar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. O enfoque CTS tem sido objeto de estudo na área de ensino há alguns anos. Isso porque esta abordagem dá o enfoque necessário às transformações políticas, sociais, tecnológicas e ambientais pelas quais o mundo está passando hoje em decorrência da evolução da ciência e tecnologia, buscando formar cidadãos capazes de ter opinião crítica sobre a realidade que possam ultrapassar o senso comum. Por esta razão, ainda no capítulo 2, abordamos o ensino de ciências e especificamente o ensino de química com enfoque CTS em relação ao o que tem sido estudado e aplicado no Brasil.

Para a melhor compreensão dos materiais de DC, no capítulo 3 apresentamos as suas principais definições, a explicação semântica de “divulgação”, bem como um resgate histórico da divulgação científica praticada no Brasil e no mundo. Apresentamos também um estado da questão sobre a divulgação científica aliada ao ensino de química no Brasil no período de 2009 a 2019.

Nossa metodologia consiste em uma análise qualitativa com a opção metodológica da pesquisa bibliográfica, pois pretendemos analisar a obra de literatura de divulgação científica

A colher que desaparece com o objetivo de analisar a potencialidade do uso deste tipo de material para o ensino de Química com enfoque CTS. Não nos detemos no ensino de um determinado conteúdo de Química porque o referido livro trata de diversos assuntos tanto de química quanto de ciência, tecnologia e até mesmo biologia e física. Nossa pretensão é usar a Análise Textual Discursiva para defender o material de DC como potencialmente didático e apto a ser usado nas aulas de Química do Ensino Médio. Para isso, utilizamos as considerações de Zamboni (2001) e de Queiroz e Ferreira (2013) a respeito dos traços de didaticidade, cientificidade e laicidade geralmente presentes nos materiais de DC, que os torna estruturas literárias impregnadas de intenções didáticas por parte do autor/divulgador, com vistas a promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos ao público geral; utilizamos também das considerações de Mora (2015) a respeito da divulgação científica como literatura, onde a autora defende a ideia do prazer pela leitura, da aprendizagem de conceitos científicos pelos vieses humanístico, literário, criativo e autoral que a literatura contém.

2 CTS

Os conceitos de Ciência, Tecnologia e Sociedade apesar de distintos começaram a se entrelaçar com o avanço da ciência e, conseqüentemente, a inserção da tecnologia na vida das pessoas, tendo em vista que de alguma forma o modo de vida da sociedade foi sendo afetado e modificado através desses avanços. Inclusive, o conceito de sociedade segundo Palacios *et al* (2003) só pode ser adequadamente definido se for observado o contexto científico e tecnológico da época. A seguir apresentamos separadamente os conceitos de Ciência, Tecnologia e Sociedade.

2.1 Ciência

Nos dias atuais, a Ciência está presente na sociedade de maneira incontestavelmente interligada com o modo de vida das pessoas. Apesar disso, é comum que a população em geral não saiba definir o que é a Ciência. E se souberem, possivelmente irão atrelar a Ciência aos avanços tecnológicos e às facilidades do mundo moderno.

Na concepção tradicional ou “herdada”, a Ciência seria uma atividade autônoma, feita com rigorosos padrões e procedimentos através do método científico e seria uma atividade [Digite aqui]

totalmente desprovida de influências externas como a política, a economia e condicionantes sociais e psicológicos, ou seja, seria neutra. O método científico consistia em um método indutivo, um conjunto de regras e procedimentos que permitiam a inferência e a legitimação de leis e fenômenos (PALACIOS *et al*, 2001). Porém, no século XX, o método científico passou a ser usado mais como uma justificação ou comprovação de uma hipótese do que um procedimento inicial a ser seguido para a geração dela. As hipóteses passam a contar com o apoio da experimentação geradas a partir da observação que a induziu. Com essa modernização do método científico, surgem os critérios de cientificidade, que são aqueles pelos quais uma nova hipótese passa para que a mesma seja aceita como conhecimento científico. Tem-se a verificabilidade de enunciados e a falseabilidade, método pelo qual uma hipótese passa por diversas tentativas (falidas) de provar de sua falseabilidade (PALACIOS *et al*, 2001).

A ideia de exaltação e defesa da ciência neutra encontra pouso em uma corrente filosófica bastante tradicional enunciada por Augusto Comte (1798 – 1857), o Positivismo. Segundo Comte, a sociedade precisaria passar por uma reforma intelectual para que pudesse se adequar às constantes novas tecnologias e ao saber produzido cientificamente.

Em seu tempo, em Paris, Comte vivenciava o avanço da ciência e do industrialismo. As indústrias em Paris já dominavam a utilização do carvão e do vapor e, aos poucos, Paris deixava de ser um centro rural para ser um centro urbano, tudo graças ao avanço da ciência. Para ele, o saber científico era produzido pela observação para que se pudesse aprender sobre as leis que regem os fenômenos. Assim, nas palavras de Cotrim (1993, p. 189 *apud* OLIVEIRA, 2010, p. 9) o “positivismo [...] se caracteriza, pela expressa confiança nos benefícios da industrialização, no otimismo em relação ao progresso capitalista, no culto à ciência e à valorização do método científico, voltados a uma reforma intelectual da sociedade”. Nesta concepção positivista ou herdada da Ciência há uma negligência óbvia em relação aos produtos do saber científico e em sua utilização na tecnologia pelo pensamento (ingênuo) de que esses produtos e essa tecnologia trariam apenas desenvolvimento e bem-estar social. Palacios *et al* (2003) resumem esta concepção ao “modelo linear de desenvolvimento” representada a partir de uma equação simples:

$$+ciência = +tecnologia = +riqueza = +bem-estar-social$$

Desta forma, quanto mais ciência, mais se produziria bem-estar-social de uma forma diretamente proporcional. Esta concepção deu o apoio necessário às grandes potências mundiais para se munirem de tecnologia na segunda guerra mundial e na guerra fria. Somente após grandes desastres sociais e ambientais acontecerem, como por exemplo contaminações [Digite aqui]

por materiais radioativos, acidentes nucleares, derramamento de petróleo, e milhares de vidas dizimadas ou na iminência de serem dizimadas (como no caso da guerra fria), é que se começou a repensar este modelo de desenvolvimento.

A partir de Thomas S. Kuhn, em 1962, começa a surgir um rechaço a essa concepção herdada da Ciência. Para Palacios *et al* (2003) é a partir de Kuhn que a filosofia passa a considerar a dimensão social do saber científico bem como seu enraizamento histórico, além de proporcionar uma interdisciplinaridade entre os saberes científicos, se opondo aos limites bem definidos das ciências na concepção positivista.

Hoje já temos a Ciência sendo a contribuidora principal para programas sócio-políticos, por exemplo. A assim chamada “ciência reguladora” (JASANOFF, 1995 *apud* PALACIOS *et al*, 2003) ocorre quando a ciência é totalmente orientada para a formulação de políticas, para a regulação da tecnologia e o controle dos seus impactos sociais e ambientais. Assim, os cientistas e a própria ciência reguladora têm a responsabilidade de estudar conflitos que surgem nas relações entre ciência-sociedade, apesar de esta ser uma tarefa complicada pois diante de uma questão controversa, existem os cunhos políticos, sociais e científicos que devem ser analisados. A ciência reguladora é capaz de encontrar a verdade ou a resposta mais coerente e ética diante destes casos? Como por exemplo: deve-se ou não construir uma bomba nuclear? Deve-se ou não transpor o rio São Francisco? Qual a proporção entre pontos positivos e negativos neste caso – irá levar água para várias localidades onde a seca castiga, mas e os impactos ambientais gerados com esta transposição? A respeito disso, Weinberg (1972, p. 2 *apud* PALACIOS *et al*, 2003, p. 27) diz que essas questões “podem ser respondidas em princípio com a linguagem da ciência, ainda que os cientistas sejam incapazes de dar respostas precisas às mesmas; isto é, transcendem à ciência”. Com isso, surge o conceito da *transciência*. Ainda segundo o autor, esse tipo de questão caracteriza a transciência pois transcende a ciência pela sua incapacidade de:

- a) determinar diretamente as probabilidades de que aconteçam eventos extremamente infrequentes;
- b) extrapolar o comportamento dos protótipos ao comportamento dos sistemas em escalas reais sem uma perda de precisão;
- c) responder questões de valor como, por exemplo, de que problemas deveria se ocupar a ciência. (WEINBERG, 1972, *apud* PALACIOS *et al*, 2003, p. 27)

Diante do exposto, percebemos como é difícil a caracterização da atividade científica, a determinação da sua utilidade, sobre o que deveria se ocupar a ciência e como podem ficar

complexas as discussões sobre a sua (não) neutralidade. Em sua obra intitulada “O que é ciência afinal?” Alan Chalmers (1997), na tentativa de responder à pergunta que intitula seu livro, conclui que ao final a obra se parece com um velho provérbio: “começamos confusos, e agora estamos confusos em um nível mais elevado”.

Nos dias atuais, a ética na ciência é imprescindível para determinar certos limites que não se deve ultrapassar a fim de garantir a segurança e a integridade das pessoas e do meio ambiente, caso tal conhecimento produzido possa gerar alguma tecnologia nociva.

2.2 Tecnologia

O desenvolvimento da técnica foi um dos grandes responsáveis pela hominização do ser humano desde os tempos remotos. A partir do momento que o homem percebeu que poderia se sobressair na guerra pela sobrevivência através de técnicas como: caçadas coletivas, comunicação pela linguagem, invenção e utilização de utensílios, tudo mudou. Depois daí vem a agricultura, a delimitação de terras, criação de animais substituindo a caça, a formação de uma cultura e de comunidades. Depois disto, a seleção natural fez o restante, até nos apresentarmos como seres falantes, de rosto achatado, cérebro grande e complexo, relações sociais indispensáveis, urbanização e desenvolvimento da ciência e da tecnologia. O conhecimento do “saber fazer” foi determinante para o destaque do ser humano em relação aos outros animais. Como salienta Palacios *et al* (2003, p. 37, grifo do autor) “o ser humano é, antes de tudo, um *homo faber*, e mais (e talvez antes que), um *homo sapiens*. Inclusive cabe estabelecer que a própria racionalidade humana seja, ela mesma, uma consequência do desenvolvimento técnico”. Portanto é possível dizer que a utilização da técnica distinguiu o homem dos outros animais. Sendo assim não somente a técnica é um produto do ser humano, mas também o ser humano é produto da técnica.

Para Sanmartín (1990, p. 20) há diferença entre técnica da tecnologia. A técnica é o fazer sem saber por que aquilo ocorre, como quando os primeiros homens faziam fogo através de uma determinada técnica mas ignoravam o que levava a esse resultado. Ao colocar a ciência sobre este saber fazer, tem-se a técnica científica, chamada de *tecnologia*. A ciência seria a luz que ilumina a técnica e pôde garantir por meios científicos e matemáticos como a técnica deve ser usada para se alcançar determinado resultado. Portanto, a técnica sem a ciência para elucidar o fenômeno é uma prática cega. Sendo assim a técnica que usa a racionalidade da ciência é

chamada tecnologia; e a técnica pré-científica seria um fazer cego, um procedimento feito inconscientemente e mecanicamente, sem nenhuma compreensão do porquê ocorre e nem reflexão de como se poderia melhorar.

Para o autor, toda a técnica pré-científica utilizada até antes do século XVI possibilitou a modificação da natureza para satisfazer as necessidades humanas, porém com a pouca racionalidade utilizada nela, não foi possível desfrutar de todas as vantagens que o saber científico poderia ter proporcionado.

Oliveira *et al* (2016) mencionam uma concepção clássica da tecnologia onde a ciência sempre a antecede. Esta concepção assemelha-se a que foi dada acima por Sanmartín (1990). Para os autores, esta concepção é um tanto quanto abstrata e dizem que muitos são os exemplos onde esta teoria é desmistificada. Por exemplo, segundo eles “a **tecnologia** das lentes surgiu antes da ciência ótica e Galileu não imaginava como e porque funcionava o telescópio que lhe permitiu revolucionar a astronomia” (OLIVEIRA *et al*, 2016, p. 135, grifo nosso). Podemos ver que neste caso os autores não levaram em consideração que uma *técnica* pode ser inventada e utilizada sem o aparato científico. Sendo assim, seria cabível trocar a expressão “tecnologia” utilizada pelos autores por “técnica”, segundo a concepção de Sanmartín (1990).

Em relação à tecnologia, há uma discussão acerca da sua concepção, finalidade e neutralidade. Alguns autores reduzem a tecnologia apenas à aplicação da ciência, e sua finalidade estaria condicionada ao desenvolvimento de artefatos tecnológicos; enquanto outros consideram a tecnologia como a mais importante da sigla CTS, pois ela inicialmente como técnica e depois como tecnologia foi e é o fator principal no processo de hominização do ser humano e possibilitou a dominação da natureza. E assim não estaríamos mais sujeitos aos ditados massacrantes da natureza selvagem. Na defesa da tecnologia, alguns autores destacam que são os usos das tecnologias, e não as tecnologias em si, que podem ter más intencionalidades. A tecnologia, portanto, intrinsecamente seria neutra, e poderia ser utilizada tanto para bem quanto para o mal, e aí nesse uso, residiria a discussão ética dos efeitos de sua utilização. A ciência estaria reduzida aos interesses da tecnologia, sendo a tecnologia o impulsionador da ciência. Já outros autores defendem que a tecnologia já é pensada desde sua origem impregnada de intenções sociais, políticas e econômicas, sendo assim totalmente desprovida de neutralidade. Considerar a tecnologia como salvadora das necessidades humanas é negligenciar os impactos sociais e ambientais negativos que o uso indiscriminado dos produtos tecnológicos e da produção industrial podem causar. (SANMARTÍN, 1990; PALACIOS *et al*, 2003; OLIVEIRA *et al*, 2016; CHRISPINO, 2017).

É difícil pensar na tecnologia apenas como a aplicação da ciência. Isso seria como amesquinhar os saberes próprios da tecnologia e submetê-la um saber supostamente superior. John M. Staundenmaier (1985, *apud* PALACIOS *et al*, 2003, p. 41-42) argumenta que a ideia da tecnologia como ciência aplicada tem sido refutada há anos por alguns motivos bastante lógicos. Primeiro, a tecnologia pode modificar os conceitos científicos para conseguir determinados fins, sendo a engenharia uma ciência inerente à tecnologia; segundo, no desenvolvimento de projetos a tecnologia usa dados diferentes dos da ciência como instrumentação de desenhos, considerações práticas, critérios e especificações de objetos etc.; terceiro, o conhecimento tecnológico é bem específico e não se pode negar sua relação com a ciência; quarto, a tecnologia tem uma certa dependência da ciência, diferentemente da técnica. Porém não se pode negar que a tecnologia atual se desenvolve com o apoio das habilidades técnicas.

Para alguns autores, a tecnologia é uma arte produzida pelo ser humano, pois um objeto ainda inexistente não existe nem mesmo no campo das ideias de forma que alguém precise descobri-lo, mas sim é fruto da criatividade artística humana, que cria todos os componentes do artefato antes mesmo de ele existir. A tecnologia serviria assim como para estender os órgãos humanos, garantindo ao homem mais funcionalidades.

Hoje já se tem uma visão mais ampla da tecnologia que não se resume à aplicação da ciência nem à produção industrial de artefatos tecnológicos. A tecnologia é um conjunto de sistemas organizados para uma determinada função. Por exemplo, tecnologias de caráter organização social como sistema de saúde e educação, urbanismo, meios de comunicação, medicina, arquitetura etc. Portanto “o tecnológico não é só o que transforma e constrói a realidade física, mas também aquilo que transforma e constrói a realidade social.” (PALACIOS *et al*, 2003, p. 44).

2.3 Sociedade

Nos baseamos em Palacios *et al* (2003) para nossas considerações sobre sociedade. Segundo os autores, é difícil conceituar “sociedade” pois esta caracterização depende da época a que refere. Antes, tínhamos sociedades distintas como os incas, os maias, os egípcios etc. Porém hoje já se fala de uma sociedade única, global. A concepção mais atual de organização

de pessoas é colocando a sociedade como um sistema. Existem vários tipos de sistemas organizacionais sendo que a sociedade é um tipo de sistema social.

Acredita-se que a socialização se dá pelo fato de o ser humano possuir a capacidade de falar. Mais do que emitir sons, os humanos são capazes de se comunicar pelas palavras. Os animais não-humanos emitem sons no máximo para exprimir a dor ou o prazer, mas segundo Aristóteles o homem tem o “dom da palavra”. Sabemos que as sociedades não humanas podem viver em grupos, mas são incapazes de fazer juízo de bem ou mal, de eleger um líder conscientemente e esse líder não é capaz de eleger a si próprio através da bajulação aos membros da sociedade. Mais do que simplesmente instintos, o ser humano possui a capacidade de aprender e se organizar complexamente. Mais do que estarem sujeitos aos ditados instintivos da biologia, as organizações sociais são capazes de formular leis as quais os homens aceitam, voluntariamente, seguir. As organizações sociais humanas tiveram início através da necessidade da caça em grupo e aí surge uma espécie de democracia na questão da divisão do que foi coletado - o primeiro tipo de associação entre humanos onde a aliança entre eles se baseava em um interesse próprio: a proteção contra predadores.

As sociedades humanas começaram a se organizar na forma de delimitação de terras e a não mais dependência da coleta e caça informal através do desenvolvimento da agricultura e da pecuária propiciaram o estabelecimento destas sociedades em uma localização fixa. Procuravam terras férteis para se estabelecerem, e isso começa a gerar guerras para a dominação destas terras por sociedades diferentes.

Inicialmente as organizações sociais copulavam entre si e procuravam se manter isoladas. Porém, depois foi surgindo a exogamia e com isso a formação de alianças entre sociedades distintas. Mais uma prova da superioridade de capacidade mental do ser humano em relação aos demais animais. É certo que em comunidades de chimpanzés em diferentes localidades pode-se observar diferentes meios de coletar um mesmo alimento, porém não se pode dizer que isso seja por raciocínio ou julgamento, mas sim por diferentes culturas. Portanto em sociedades não humanas a cultura pode influenciar os comportamentos e a adaptação ao meio, mas nas sociedades humanas o homem é quem adapta o meio ao seu modo de vida, e não o contrário. Isso se deve em parte ao desenvolvimento da técnica, que possibilitou ao homem extrair do ambiente ferramentas e artefatos que ampliassem sua dominação sobre a natureza.

A técnica e a tecnologia vêm influenciando as sociedades através dos tempos. Em *Técnica y Civilización* (MUMFORD, 1934), Lewis Mumford faz uma divisão de três períodos onde a sociedade se caracteriza pelos tipos de técnicas utilizadas por elas. Dos anos 1000 até

1750 o autor denomina período eotécnico, onde as matérias primas principais eram a água para a geração de força mecânica como nos moinhos; e a madeira para fabricação de toda sorte de coisas. Até mesmo máquinas foram desenvolvidas em madeira antes de serem feitas de metal. O vidro também se fez presente na forma de janelas e utensílios de casa. Além disso, o trabalho com o vidro permitiu a invenção de aparelhos que impulsionaram as Ciências como a lupa, os óculos, o microscópio e o telescópio. A principal força mecânica utilizada neste período era a animal, principalmente do cavalo, que teve seu uso aperfeiçoado pelas ferraduras e arreios de ombro.

Dos anos 1750 a meados de 1900 Mumford denomina sociedade paleotécnica. Neste período temos o trabalho com o metal mais acentuado, novos meios de comunicação surgiram como o telégrafo, o telefone e a televisão. O carvão era a principal fonte de energia mecânica e foi nesse período que surgiram as máquinas a vapor. Com isso, surge também uma sociedade que descobriu o conceito de progresso e este progresso só seria possível pela exploração do trabalho. Temos aí trabalhadores vivendo sem o mínimo necessário para viver e amontoados em barracas sem condições de saneamento e saúde. Neste período, temos uma sociedade que polui indiscriminadamente as águas e o ar. Essas questões ambientais não eram observadas devido ao foco na produção de coisas (necessárias ou não) e na invenção de novas máquinas.

E por fim, desde cerca de 1930 até os dias atuais Mumford denomina sociedade neotécnica. Nela, a principal fonte de energia é a elétrica. Surgem as ligas metálicas, os medicamentos, os materiais sintéticos, os plásticos etc. Temos também um aumento da preocupação com os impactos ambientais negativos causados pela tecnologia, o modo de vida moderno, a industrialização e a exploração de matérias primas. E desta forma, salientamos que a sociedade é o tipo mais complexo de sistema social e, para garantir um desenvolvimento sustentável a longo prazo, é preciso um trabalho conjunto para preservação dos recursos naturais e conscientização a respeito do papel do cidadão frente aos problemas enfrentados em decorrência da vida coletiva.

2.4 Relações CTS

O movimento CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade) surge em meados dos anos 60 após a percepção de que o desenvolvimento da Tecnologia e da Sociedade não necessariamente estariam atrelados ao desenvolvimento do bem-estar social (AULER e BAZZO, 2001) surgindo

reflexões e críticas sociais e acadêmicas a respeito dos impactos que o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia poderiam causar no Meio Ambiente e na Sociedade. Com isso, o movimento busca estudar as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e suas implicações no modo de vida das pessoas. O movimento busca também rechaçar a concepção tradicional da Ciência onde ela seria uma atividade autônoma sem qualquer influência externa, como por exemplo a influência política e econômica. Para Chrispino (2017, p. 6) na atualidade, “CTS concebe a ciência e a tecnologia como projetos complexos que se dão em contextos históricos e culturais específicos” e que “a missão central do campo CTS até a data de hoje tem sido a de expressar a interpretação da ciência e da tecnologia como um processo social”.

Segundo Cerezo (1998), na concepção clássica das relações entre ciência e tecnologia, por um tempo pensou-se que os avanços científicos e consequentemente tecnológicos trariam apenas benefícios para a sociedade. É o que o autor chama de modelo linear de desenvolvimento, onde quanto mais ciência, mais tecnologia; quanto mais tecnologia, mais riqueza; quanto mais riqueza, mais bem-estar social. Obviamente essa concepção é extremamente ingênua. É preciso apenas de um exemplo clássico de que a relação entre ciência e tecnologia pode ser dramática: o “sucesso” do projeto Manhattan que culminou na recém inventada bomba atômica *little boy*, a primeira bomba de urânio criada pelo conhecimento de vários cientistas do mundo inteiro que levou ao fim da segunda guerra mundial dando vitória aos EUA. Porém, é conhecido por todos as consequências drásticas de saúde pública, ambiental e social nas cidades de Hiroshima e Nagasaki com destruição e poluição nuclear que atingiram vários quilômetros de distância.

Por isso, segundo essa concepção clássica, a ciência só pode promover o mais alto bem-estar social se não levar em conta a sociedade, se for praticada apenas buscando a verdade, como uma apropriação da natureza. De modo semelhante, a tecnologia seria a aplicação direta da ciência preocupada apenas com a eficácia da técnica. Sendo assim, ciência e tecnologias seriam atividades neutras (ECHEVERRÍA, 1995; GONZÁLEZ GARCÍA *et al.*, 1996 *apud* CEREZO, 1998).

2.4.1 Conceitos Gerais (EUA, Europa e América Latina)

Segundo González, Lopez e Luján (1996, *apud* SILVA, 2005) a preocupação sistemática com as interações entre CTS surgiram primeiramente na Inglaterra e nos EUA na década de 70

e se acentuaram na década de 80. Elas foram denominadas vertentes europeia e americana. A seguir, os autores explicam quais as principais diferenças entre as duas vertentes:

A tradição europeia nas suas origens partiu para a institucionalização acadêmica na Europa; promoveu a ênfase aos fatores sociais antecedentes; deu atenção primordial à ciência e, secundariamente, à tecnologia; assumiu, preferencialmente, um caráter teórico e descritivo; e o seu marco explicativo se configurou nas ciências sociais - sociologia, psicologia, antropologia. A tradição americana nas suas origens partiu para a institucionalização administrativa e acadêmica nos Estados Unidos; sempre deu ênfase às consequências sociais da ciência e da tecnologia; ao contrário da tradição europeia, deu atenção primordial à tecnologia e, secundariamente, à ciência; o caráter prático e valorativo é o preferencial nesta tradição; e, finalmente, o seu marco de avaliação se prende à ética, à teoria da educação, entre outras. (GONZÁLEZ, LOPES E LUJÁN, 1996, p.25 *apud* SILVA, 2005, p. 25)

Cerezo (1998) destaca ainda que a vertente europeia se trata mais de uma investigação acadêmica do que educativa ou informativa, centralizando-se no estudo dos antecedentes sociais ou fatores condicionantes da ciência. Já a tradição americana, segundo o autor, se concentra mais nas consequências sociais e ambientais dos produtos tecnológicos. Esta tradição se usa de movimentos sociais, ativismo, projetos políticos e educativos dos estudos das interações CTS. Porém, o autor salienta que hoje os estudos no campo CTS constituem uma vasta gama de programas multidisciplinares em todo mundo que procuram dar ênfase a dimensão social da Ciência e da Tecnologia através de 3 princípios básicos:

- a) A Ciência não é uma atividade pura e neutra;
- b) A Tecnologia não é simplesmente a aplicação neutra da Ciência;
- c) A condenação da tecnocracia. (CEREZO, 1998, p. 46)

Com isso, o autor diz que o enfoque CTS desde o início se desenvolveu em 3 dimensões: no campo da investigação, como uma alternativa aos estudos da filosofia e sociologia da ciência, promovendo uma visão mais atualizada sobre a atividade científica como processo social; e no campo das políticas públicas e no campo educacional, onde apareceram programas e materiais para o uso no ensino médio e superior. No caso, a inserção do enfoque CTS no campo educacional promove a contextualização da Ciência e da Tecnologia e a possibilidade de capacitação dos cidadãos no que se refere ao melhor entendimento sobre questões sociais importantes.

2.5 Abordagem de Ensino com Enfoque CTS

Chrispino (2017) salienta que a abordagem CTS procura trabalhar a realidade e que não se espera que seja mais uma técnica didática, mas sim uma cultura: a cultura CTS, que pode ser manifestada em qualquer técnica de ensino e até mesmo em disciplinas que não sejam das ciências exatas. O autor, contudo, salienta que a abordagem CTS está para além de materiais ou roteiros prontos, mas reside na capacidade do professor em mostrar o mundo sob outra ótica (CHRISPINO, 2017).

A educação com enfoque CTS não se trata apenas de “mostrar as maravilhas da ciência, como a mídia já o faz, mas de disponibilizar as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas” (FOUREZ, 1995 *apud* SANTOS E MORTIMER, 2002, p. 112).

Portanto, é importante trazer discussões no enfoque CTS para melhorar o aprendizado da química e trazer sentido a este processo. O aprendizado do aluno deve transpor as paredes da sala de aula e o livro didático, deve conter atividades diferenciadas que deixem a educação mais interativa entre o aluno, o objeto de estudo e o mediador deste processo, o professor.

Chrispino (2017) insere o termo “Educação CTS” e diz que ela objetiva uma melhor compreensão da Ciência e da Tecnologia em seu contexto social, incidindo nas interrelações entre os desenvolvimentos científico e tecnológico e os processos sociais. Assim, os estudantes deverão adquirir durante sua escolarização algumas capacidades para ajudá-los a interpretar, pelo menos de forma geral, questões controvertidas relacionadas com os impactos sociais da ciência e da tecnologia e com a qualidade das condições de vida de uma sociedade cada vez mais impregnada de ciência e, sobretudo, de tecnologia. (ACEVEDO; VÁZQUEZ; MANASSERO, 2001, *apud* CHRISPINO, 2017, p. 6-7).

Contudo, Auler (2007) critica a ausência de inserção do enfoque CTS no contexto da educação brasileira, mencionando que a repercussão CTS tem sido mais intensa na área educacional apenas no hemisfério norte. O autor menciona ainda que “as iniciativas ainda são incipientes, muitas vezes isoladas, não traduzidas em programas institucionais” (p.1). A respeito disso, Auler e Bazzo (2001) fazem uma explanação da possível causa da ausência de uma articulação CTS no Brasil. Segundo os autores, o passado colonial e a particular posição nas relações econômicas internacionais do país contribuíram para um cenário de ausência de um projeto de nação. O modelo agrário-exportador com características de importação de tecnologia ao invés da sua produção, inviabilizou o desenvolvimento científico-tecnológico no país. Com isso, é de se esperar que a educação brasileira esteja retardatária na abordagem do movimento CTS aliado ao ensino de Ciências.

2.5.1 Ensino de Química com enfoque CTS

A Química é uma Ciência com considerável responsabilidade sobre avanços tecnológicos importantes no ramo farmacêutico, alimentício, agropecuário, cosmético, na biotecnologia, energias entre outros setores. Enquanto disciplina curricular na educação básica, consideramos importante seu ensino com a devida contextualização da aplicabilidade desta Ciência nas referidas tecnologias, bem como sua influência no modo de viver das pessoas. Confirmando este pensamento, Niezer (2012, p. 48) diz que “suas aplicabilidades científicas interferem diretamente no desenvolvimento tecnológico e no comportamento humano” e por isso estas questões devem ser discutidas em sala de aula, aliando contextualização e conteúdo pragmático.

Contudo, Niezer (2012) critica o currículo da educação brasileira, assim como as práticas de ensino nas escolas, principalmente as públicas. Para a autora, a compartimentalização das disciplinas, a desarticulação, e a falta de metodologias claras contribuem para o quadro de decadência no estudo da Ciência. Devido a essa desarticulação com o cotidiano do aluno, a Química se apresenta como uma disciplina pouco significativa para os alunos, apenas repassada de maneira linear e caracterizada como um emaranhado de informações necessárias, temporariamente (NIEZER, 2012, p. 47). A respeito disso, Menezes e Batista (2003, p. 47-48 *apud* NIEZER, 2012, p. 47) reiteram que informação não é conhecimento e que a quantidade massiva de informações descontextualizadas e fragmentadas que os alunos “recebem”, se tornam meramente operatórias.

Delizoicov *et al* (2009, p. 124) salientam que “a presença da ciência e da tecnologia no mundo contemporâneo, por si só, justifica a necessidade de seu ensino [...]”, o que nos leva a refletir sobre a importância de aliar o enfoque CTS ao ensino de praticamente todos os conteúdos de Química.

Na busca de compreender como anda a pesquisa com enfoque CTS no Ensino de Química, Bouzon *et al* (2018) fizeram um estudo de revisão bibliográfica em periódicos brasileiros com trabalhos publicados dos anos 1996 a 2016 em 31 revistas de ensino e educação indexadas com Qualis A1, A2 e B1 pela CAPES, buscando artigos que tratassem do Ensino de Química com a abordagem CTS. Os autores mostraram que, de um total de 244 artigos, 41 possuíam como objeto de estudo o Ensino de Química. Com isso, vê-se uma baixa amplitude de estudos com inserção do enfoque CTS no Ensino de Química. Os autores, porém, destacam a importância do ensino de Química focado na tríade C-T-S pois segundo eles os assuntos dessa

disciplina são ensinados de forma descontextualizada e fragmentada, que seria útil a especialistas da área, mas não para alunos do ensino médio. Ao final do estudo, os autores observaram um aumento na produção de artigos sobre ensino de Química no enfoque CTS de 1999 a 2012. Os autores consideram que essa crescente se deu pelo fato de que nesse período houve uma reforma curricular para o ensino médio no Brasil onde foram contemplados aspectos do ensino com enfoque CTS. Além disso, houve em julho de 2010 o II Seminário Ibero-Americano Ciência-Tecnologia-Sociedade no Ensino de Ciências, em Brasília, organizado pela Universidade de Brasília (UnB), Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ) e Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL) (BOUZON *et al*, 2018). Apesar disso, Auler (2007) diz que as iniciativas para inclusão do ensino CTS na educação brasileiras são muito modestas e que precisam de grande intensificação. Strieder *et al* (2016) dizem que não adianta uma mudança no currículo sem haver uma mudança real nas concepções e práticas pedagógicas dos professores.

Inserir as discussões CTS no âmbito do ensino de Química pode localizá-la no que se refere à sua influência no desenvolvimento da tecnologia que rege o mundo moderno, trazendo a contextualização necessária ao aprendizado.

3 Divulgação Científica

O termo “Divulgação Científica” ou “DC” utilizado neste trabalho, tem o objetivo de se referir ao termo mais amplamente utilizado no Brasil para caracterizar a comunicação midiática da ciência para o público em geral utilizando, para isso, uma linguagem mais acessível. Porém, existem outros dois termos que se referem a mesma atividade. São eles a vulgarização científica e a popularização científica. Pretendemos analisá-las brevemente.

Segundo Massarani (1998, *apud* GERMANO E KULESZA, 2007), vulgarização científica é termo surgiu na França no século XIX e mesmo lá já encontrava a barreira de aceitação do termo “vulgarização” pelo seu alto caráter pejorativo. Com a influência da língua francesa no Brasil, obviamente esta barreira também se encontra aqui e por isso esse termo quase nunca é utilizado. Apesar disso, Massarani salienta a fala Pierre Rostand na década de 30 do século XIX, que lembra que o termo *vulgus* significa *povo* e não *vulgar* e, assim, vulgarização seria um termo que se aproxima de popularização ou disseminação. Germano e Kulesza (2007) objetivaram estudar o termo popularização científica e enfatizam que apesar de o termo “popularização da ciência” não ter encontrado adeptos na França, penetrou bem

entre os ingleses. Os autores defendem que o termo seria o que mais se aproxima do formato de educação como prática da liberdade pelas considerações de Paulo Freire, pois promoveria a ciência como algo acessível ao povo, e de “povo” se entendem as massas mais marginalizadas da sociedade.

Em relação a Divulgação Científica, alguns autores sustentam que Galileu foi um dos primeiros a divulgar a ciência de forma não restrita a uma comunidade específica. Já no século XVII, duas de suas mais importantes obras: “O diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo” (1624) e “Duas novas ciências” (1636) foram escritas em italiano (a língua *vulgar*) ao invés do tradicional latim. Apesar de esta parecer a primeira tentativa de divulgar a ciência, Mora (2003, *apud* FERREIRA, 2012) salienta que após análise dos textos de Galileu, mesmo estando escritos em uma língua comum, o leitor precisaria ter elevado conhecimento de Mecânica sendo, portanto, uma divulgação para entendedores.

Para Reis¹ a divulgação científica se inicia com os sofistas, na Grécia antiga, que saíam pelas cidades incitando o povo a pensar e duvidar. Apesar de não ser um ensino de uma ciência específica, o autor acredita que os sofistas estavam dispostos a mobilizar a população ao conhecimento, qualquer que fosse ele.

De qualquer forma, apesar de não se chegar a um consenso sobre o marco inicial do surgimento da DC, Oliveira e Queiroz (2007) afirmam que a origem da comunicação científica surge com a própria produção da ciência. Como as autoras se referem a “comunicação científica”, cabe aqui uma análise semântica do termo. Segundo Huergo (2001, *apud* GERMANO E KULESZA, 2007) que analisam os significados transitivo e reflexivo de “comunicação”, proveniente da palavra latina *communis*, comunicar pode ter um sentido transitivo ou reflexivo. No sentido transitivo, comunicar seria a ação de informar ou transmitir às pessoas, ao *vulgo*, portanto *di-vulgare*. Aí reside a ideia da comunicação entre o que sabe e o que não sabe ainda. No sentido reflexivo, comunicar seria o ato horizontal de comunicar-se com o outro, portanto, uma comunicação entre iguais.

Sabemos que a comunicação científica, historicamente, passou pelos dois vieses. Em Oliveira e Queiroz (2007), as autoras se referem à comunicação científica oral, praticada na Grécia nos séculos V e IV a.C. Neste período, também surge a comunicação escrita: os debates de Aristóteles foram copiados diversas vezes e espalhados na Arábia e na Europa,

¹ REIS, J. **O que é divulgação científica?** Disponível em: <https://vulgarizationscientifique.wordpress.com/divulgacao-cientifica/o-que-e-divulgacao-cientifica-nas-palavras-do-dr-jose-reis/>
Acesso em: 30 nov. 2019.
[Digite aqui]

principalmente durante o Renascimento. Na ciência moderna, que teve início por volta do século XVII, os cientistas comunicavam-se entre si por cartas em regime fechado, trocando informações que consideravam importantes. Temos aí o conceito de comunicação no viés reflexivo. Porém a necessidade de uma comunicação mais abrangente levou à fundação da Royal Society, em 1662, que lançou seu primeiro periódico, a *Philosophical Transactions*, que reunia os vários e vários artigos enviados à Royal Society todos os meses. Assim, a comunicação científica foi tomando um caráter de divulgação da ciência.

Com o passar do tempo, foi se esvaindo a característica antiga e sigilosa da produção científica (acredita-se que isso se deve ao fato de os cientistas terem medo de suas ideias serem roubadas ou plagiadas) e foi surgindo uma regulamentação da publicação desta produção. Com isso, percebe-se um aumento gradativo da ânsia pela publicação e consequente recebimento de créditos por parte dos cientistas.

Moreira e Massarani (2002) afirmam que muitos pensam que a prática da DC no Brasil foi inexistente até os anos de 1980, porém essa visão estaria escorada em uma falta de conhecimento de que a prática de DC no Brasil já tem pelo menos dois séculos de história. Os autores salientam que o Brasil colônia, dos séculos XVI ao XVIII, era um local apenas de exploração, a população em sua maioria era iletrada, o sistema de ensino era rígido e elementar e esteve sob o poder dos jesuítas até meados do século XVIII. Somente alguns poucos pertencentes à elite tiveram acesso a novos conhecimentos científicos pois estudaram no exterior. Ainda assim, houve uma tímida tentativa de criação de uma associação com o objetivo de difundir a ciência. A Academia Científica do Rio de Janeiro foi fundada pelo marquês do Lavradio, em 1772. No ano de 1857 foi criada a *Revista Brasileira – Jornal de Sciencias, Letras e Artes*, que trazia artigos tanto da própria equipe de edição, dirigida pelo engenheiro e matemático Cândido Batista de Oliveira, quanto artigos extraídos de publicações estrangeiras. Os autores salientam ainda que a primeira ação realmente consistente na área da divulgação científica ocorreu no início do século XIX com a abertura dos portos e a suspensão de imprimir cancelada, algumas instituições de ensino superior foram implantadas como a Academia Real Militar (1810) e o Museu Nacional (1818).

O século XX já inicia com marcos históricos para a divulgação científica no país como a criação da Sociedade Brasileira de Ciências que se transformaria depois, em 1922, na Academia Brasileira de Ciências (ABC) e da Rádio Sociedade do Rio de Janeiro em 1923, que trazia programas variados: música e informativos, cursos, entre eles de inglês, francês, história do Brasil, literatura portuguesa, literatura francesa, radiotelefonia e telegrafia. Ministravam-se

também cursos e palestras de divulgação científica: como nascem os rios (Othon Leonardos), marés (Mauricio Joppert), química (Mário Saraiva), física (Francisco Venâncio Filho) e fisiologia do sono (Roquette-Pinto) (MOREIRA E MASSARANI, 2002). Einstein em sua visita ao Brasil em 1925 fez uma locução na Rádio Sociedade onde ele parabeniza o trabalho feito nela ao comentar como é importante a divulgação da ciência através de uma locução pois o conteúdo sendo selecionado e explicado, abre o caminho ao melhor entendimento da população.

Contudo, mesmo sendo feito todo esse resgate histórico, Reis afirma que a atividade de divulgação científica, não como simplesmente a difusão da notícia e da interpretação dos progressos que a ciência vai fazendo, mas como uma atividade de partilha social do saber, se consolidou no Brasil há poucos anos, se é que se pode dizer que realmente está consolidada.²

Para Bueno (1984, *apud* ZAMBONI, 1997) a divulgação científica compreende um gênero literário que inclui os livros didáticos, as aulas de ciências do segundo grau, os cursos de extensão para não especialistas, as histórias em quadrinhos, os suplementos infantis, folhetos de extensão rural e de campanhas de educação voltadas para determinadas áreas (como saúde e higiene), os fascículos de ciência e tecnologia produzidos por grandes editoras, documentários, programas especiais de rádio e televisão, etc. Acrescentamos dois materiais consideráveis para a inclusão da DC no âmbito escolar: os livros de literatura de DC e as revistas de DC de grande audiência no Brasil como a Superinteressante, Galileu, Ciência Hoje, entre outras.

Para Zamboni (2001) a divulgação científica atualmente tem a função de partilha social do saber levando o conhecimento ao homem comum que historicamente foi apartado do saber científico à medida que o trabalho o consumia e as ciências se desenvolviam e se especializavam. A respeito disto, Calsamiglia (1997, p. 1 *apud* STRACK *et al*, 2009, p. 426) define a divulgação científica como “o processo pelo qual se faz chegar a um público não especializado e amplo o saber produzido por especialistas em uma disciplina específica”, e pela própria definição de Strack, “divulgar a ciência é ao mesmo tempo traduzi-la para uma sociedade que a ignora sem ao menos se dar conta de sua importância” (STRACK *et al*, 2009, p. 427).

A divulgação científica, porém, encontra a barreira da comunicação levando em conta que é necessário haver uma reformulação na linguagem usada nos textos que incluem tradução, resumo, paráfrase e resenha, a fim de adaptar um determinado conteúdo ao público a que se destina. Esta tarefa se incube ao divulgador, que pode ser um jornalista científico, um repórter, um cientista da área, entre outros (ZAMBONI, 2001). José Reis (2018) considera importante

² REIS, J. **O que é divulgação científica?** (op. cit.)
[Digite aqui]

“trocar a ciência em miúdos” ao aproveitar um fato jornalisticamente relevante como motivação para explicar Ciência àqueles que não são cientistas. Assim, os divulgadores têm a função de dissolver incompreensões oriundas do abismo existente entre as duas categorias historicamente apartadas: cientistas e leigos.

3.1 Ensino de Química através de DC

O uso da literatura de divulgação científica no contexto do ensino de ciências vem aumentando no que se refere ao estudo da aplicação de materiais de DC no ensino. Almeida e Ricon (1993) defendem a leitura ao dizer que o envolvimento com o texto torna a experiência intensa, que chega a ser de cumplicidade entre o leitor e o texto. Com isso os autores questionam por que a escola e o ensino de Ciências não se beneficiam deste artifício, ignorando o que é atualidade na mídia e se prendendo à Ciência dos séculos anteriores?

Apesar de, a princípio, a divulgação científica ser uma modalidade de leitura que circula fora da escola, ela pode ser usada como recurso didático, material de suporte e até mesmo ser o foco principal do ensino, pois se aproxima da linguagem e vivência cotidiana do aluno, que o ajudará a construir novos conhecimentos a partir desta linguagem comum. Vários materiais de DC podem ser utilizados: revistas, livros de literatura, artigos, reportagens etc.

Orlandi (1987, *apud* SILVA E ALMEIDA, 2005) critica o fato de a escola possuir, enraizada em si mesma e em seu currículo, um discurso pedagógico autoritário em relação à Ciência, onde a mesma seria o único lugar de onde se pode pronunciar sobre o mundo, e o discurso pedagógico vem deste lugar pois pretende se apoiar na legitimidade da Ciência. É por isso que, frequentemente, na escola não se pode dizer com outras (suas) palavras. Há que se dizer conforme a palavra do professor e do livro didático, provenientes da voz da Ciência, que se torna assim a voz onipotente. Neste tipo de discurso não há interlocutores, mas sim um agente exclusivo. É interessante observar que neste funcionamento há um impedimento de toda forma de dizer e de pensar que não sejam científicos.

É preciso haver um deslocamento das vozes constituintes do discurso pedagógico: a voz do aluno (antes inexistente) passa a ser relevante para o processo de construção de significados; a voz do professor (antes um agente locutor passivo) se constitui a partir do lugar de escuta que foi construído aos estudantes. É importante destacar todo o conhecimento possivelmente gerado no estudante toda vez que ele precisa dizer algo!

Já o discurso da divulgação científica, não é um discurso *da* ciência, e sim um discurso *sobre* a ciência. É importante notar como os textos de DC sempre deixam claro que seu teor não se trata de uma tradução do texto fonte, por que em um texto assim, o texto fonte é subtraído de sua importância, assim como seu tradutor. No texto de DC sempre é explicitado que se trata de um trabalho de reconstituição de um texto-fonte, que é o "objeto de estudo" dele. Esta característica do texto de DC o torna uma leitura da Ciência mais acessível e interessante ao público em geral e, por geralmente contemplar assuntos polêmicos, contemporâneos, futuristas ou de construção histórica, torna-se um material de uso indispensável na escola.

Se queremos que os alunos saibam se posicionar intelectualmente perante os problemas sociais, tecnológicos e ambientais da atualidade, como fazê-lo ensinando e insistindo em pôr o foco do ensino na Ciência dos séculos anteriores? Obviamente, este conhecimento é o pilar de toda Ciência Moderna, mas acreditamos em uma abordagem de ensino que tem como ponto de partida um problema social polêmico, para depois ir desentranhando os conceitos científicos. E muitos destes problemas, indagações e curiosidades atuais estão em textos de divulgação científica.

Para Almeida e Zanotello (2013), os materiais de Divulgação Científica, como revistas e livros, “são atrativos e motivadores para leitura, uma vez que procuram apresentar os conceitos de forma acessível a um público leigo” (ALMEIDA E ZANOTELLO, 2013, p. 115). Contudo, esclarecemos que o objetivo do autor ao usar o termo “leigo” é de explicitar que o público alvo desses textos de divulgação científica não é exclusivamente a comunidade científica especializada em determinada área de conhecimento.

Confirmando os benefícios da utilização de textos de DC para a sala de aula, Martins, Nascimento e Abreu (2004) indicam que “a contribuição da divulgação científica para o ensino pode se efetivar, entre outras formas, a partir dos potenciais benefícios advindos do contato com diferentes formas de dizer e argumentar contidas nesses textos [...]” (MARTINS; NASCIMENTO; ABREU, 2004, p. 97 *apud* ALMEIDA E ZANOTELLO, 2013, p.115).

Reis (2018) salienta que a divulgação científica é especialmente importante no ensino em nosso país devido a existência de uma parcela considerável de pessoas fadadas ao pouco ensino, quase iletradas cientificamente. A DC completaria o ensino não oferecido pela escola, dadas as condições socioeconômicas do país. Para o autor, a DC tem duas funções no ensino de ciências: suprir algumas lacunas deixadas pelo ensino tradicional, e fomentar o ensino através do despertar de interesses e vocações.

Em relação a utilização de livros de literatura de DC como recurso didático, Strack *et al* (2009) salientam que a temática da utilização de materiais de divulgação científica no campo educacional das ciências exatas tem crescido no cenário dos periódicos científicos. Almeida e Ricon (1993, p. 11) em estudo sobre o uso de obras literárias em aulas de física, destacam que “diferentes tipos de textos literários podem ser usados [...], não apenas com finalidade estritamente motivadora, mas como meio para gerar nos alunos [...] sentimentos e emoções desejáveis, curiosidade científica, consciência crítica, etc.”

A conciliação entre literatura e ciência “ganham quando postas em interação e ganha a humanidade quando se apercebe das diferentes leituras que as duas abordagens lhe permitem fazer” (GALVÃO, 2006, p. 36). A respeito disso, Damásio (2006, *apud* GALVÃO, 2006, p. 33) salienta que o currículo que integra as artes (em forma de literatura, inclusive) e a Ciência são indispensáveis à formação do cidadão, e que “ciência e a matemática são muito importantes, mas a arte e as humanidades são imprescindíveis à imaginação e ao pensamento intuitivo que estão por trás do que é novo. As capacidades cognitivas não bastam”.

Silva (2005) em seu trabalho sobre o ensino de CTS através de revistas de divulgação científica concorda com o objetivo do presente trabalho, ao salientar que

os diversos materiais produzidos pela divulgação científica, [...] podem ser utilizados pelo professor não só para ensinar conceitos científicos, mas também para discutir aspectos relativos ao processo de produção do conhecimento científico e tecnológico, suas relações com o contexto político-econômico e sociocultural em que as atividades científica e tecnológica estão inseridas e até mesmo os interesses envolvidos na difusão destes conhecimentos. (SILVA, 2005, p.51).

Com isso, defendemos a utilização de materiais de DC para o ensino de Química, com vistas a promover um ensino diversificado e atualizado. Como sugestão, temos preferência pelos livros literários, apesar de haver críticas a respeito do seu uso. Silva (2005) critica o uso de livros de DC porque, segundo o autor, são textos longos demais e isso desmotivaria ou dificultaria a leitura por parte do aluno. De forma semelhante, Flôr (2009) trabalhou com alunos de ensino médio dois tipos de textos: um texto puramente literário (*Cem Anos de Solidão*, de autoria de Gabriel García Marquez) e um livro, considerado como uma obra de literatura de divulgação científica (*Tio Tungstênio: memórias de uma infância química*, de autoria de Oliver Sacks). Como resultado do trabalho aplicado, a autora concluiu que os alunos não acharam esses textos adequados para serem trabalhados nas ciências exatas, e que seria melhor textos mais informativos, com conceitos bem definidos, objetivos e de leitura rápida.

Contudo, diversos autores têm intensificado o apoio para que a leitura seja uma prática comum na escola, não somente dentro da disciplina de língua portuguesa, mas dentro de todas as outras, pois “todo professor, independente da disciplina que ensina, é professor de leitura” (ZANETIC, 2005). A aproximação entre as comunidades de cientistas e escritores possibilita aos cidadãos manterem um diálogo inteligente com o mundo. O hábito da leitura pode propiciar aos alunos a apropriação da cultura científica. Para Vogot (2003) essa expressão “cultura científica” é mais adequada do que alfabetização científica, popularização/vulgarização da Ciência e compreensão pública da Ciência, pois engloba todas essas vertentes e também a questão de que o desenvolvimento científico e tecnológico como um processo cultural, desde a sua produção, disseminação intrapares e extrapares, no ensino e na educação.

Rojo (2008) aponta para a necessidade da escola se adequar à sociedade atual no sentido de uma necessária revisão do letramento praticado, tendo em vista que estamos inseridos na sociedade da informação. Cada vez mais impregnada de textos que exigem mais do que o letramento alfabético, é exigido também um letramento que prepare o cidadão para a velocidade sem precedentes (ou instantaneidade) da circulação de informações tanto impressas como televisivas, visuais e digitais aos quais somos expostos diariamente - um letramento científico, para a correta seleção, interpretação e apropriação do que é novidade no mundo moderno. Por isso, a autora defende que a escola deve propiciar aos alunos o contato com diversos gêneros textuais e de discurso, incluso o gênero discursivo da Divulgação Científica, e assim possa possibilitar que os alunos participem de práticas de letramento que os preparem para a cidadania de forma ética, crítica e democrática.

Com isso, nos perguntamos se é válido o argumento de que os livros de divulgação científica são “demasiadamente longos” ou “cansativos à leitura”, se queremos melhorar a habilidade leitora e interpretativa na educação básica. A respeito disso, Destácio (2000, *apud* PINTO, 2007) salienta que um material de DC se torna cansativo de acordo com a densidade de conceitos científicos presentes no texto, e não necessariamente ao seu tamanho. Acreditamos que textos curtos e artigos de revistas de DC são materiais excelentes para serem trabalhados em sala de aula, mas por quê descartar os livros de DC se eles se configuram como um mar de informações, histórias, contextos, curiosidades, ciência e aprendizado que pode inclusive ser desmembrado para diversas atividades ao longo de todo processo educativo?

E assim, ao procurar inserir textos de divulgação científica nas aulas de Ciências, a escola promove um dos maiores objetivos da própria DC: levar o letramento científico às grandes massas, numa linguagem acessível e cativante, que usa o envolvimento para promover

apropriação não apenas dos produtos finais da Ciência e da Tecnologia, mas também dos aspectos processuais e sociais aos quais elas se veem envolvidas.

Com isso, inferimos que a utilização de textos de DC para o ensino de Química na educação básica pode promover a educação CTS no que se refere ao estudo dos elementos químicos em relação à sua inserção histórica e cultural na sociedade através do desenvolvimento tecnológico.

3.2 Ensino de Química através da Divulgação Científica (Estado da Questão)

O pesquisador, desde o início da observação da problemática a ser estudada, até a busca exaustiva de referências bibliográficas que o apoiem em seu objetivo de estudo se depara com uma dúvida constante em sua mente: alguém já pesquisou isso antes? É comum a procura de trabalhos e estudos semelhantes ao que se tem em mente, seja para diferenciar seu trabalho do que já foi feito anteriormente, seja para apoiar-se na experiência de quem já passou todas as fases difíceis de um projeto de pesquisa do mesmo assunto.

Por esta razão, optamos por fazer um estado da questão com a finalidade de descobrir qual a proporção de estudos relacionados ao Ensino de Química através de materiais de Divulgação Científica no Brasil. Em parte para iluminar nossas ideias em relação à escrita deste estudo, em parte buscando a segurança de fontes de conhecimento que pudessem nos amparar, e em parte buscando saciar a curiosidade a respeito do quanto se tem estudado a aplicação da DC no Ensino de Química, por considerarmos uma alternativa de ensino muito pertinente aos dias atuais.

Segundo Nóbrega-Therrien e Therrien (2004), o estado da questão é um estudo bibliográfico que busca entender como andam as pesquisas referentes ao assunto de interesse do pesquisador no estado atual da ciência. O que diferencia o estudo do tipo estado da arte do estado da questão, é que o primeiro se trata de um estudo que busca conhecer a totalidade de estudo e pesquisas em uma determinada área de conhecimento, [...] “sustentados e movidos pelo desafio de conhecer o já construído e produzido para depois buscar o que ainda não foi feito” (FERREIRA, 2002, p. 259). Já o estado da questão se restringe à busca de estudos próximos ao objeto de pesquisa de interesse do pesquisador, com a finalidade de ajudá-lo a conhecer o que já foi escrito sobre o tema. Esta leitura investigativa e crítica do “já produzido” possibilita ao pesquisador fazer uma delimitação mais efetiva de seu objeto de estudo.

Portanto, com a finalidade de compreender como anda a pesquisa em relação ao uso de materiais divulgação científica para o ensino de química na educação básica, especificamente no ensino médio, iniciamos uma pesquisa online com a intenção de fazer um estado da questão sobre o Ensino de Química utilizando materiais de DC. Para a seleção dos trabalhos, optamos pela plataforma do banco de teses e dissertações da CAPES³. Na busca, utilizamos os descritores *ensino de química* e *divulgação científica*, nos anos de 2010 até 2019, que mostrou um total de 704.702 trabalhos - um número demasiadamente excessivo para esta análise. Para refinar a busca, utilizamos o operador “AND” em maiúsculo, com a intenção de obter resultados que unissem os dois termos. Este operador é inclusivo, e limita a pesquisa a termos que obrigatoriamente se quer ver no resultado da busca. Desta forma, foram encontrados 215 trabalhos, de 2010 a 2019, dentre teses e dissertações.

Durante a busca, mesmo colocando ‘ensino de Química’ especificamente, apareceram muitos trabalhos relacionados ao ensino de biologia, física e saúde, talvez por que praticamente todos os programas de pós graduação se intitulavam como ‘Ensino de Ciências’. Portanto, uma peneira mais fina se fez necessária para selecionar os trabalhos que se encaixam com a temática desenvolvida neste trabalho. Por isso, utilizamos como critério de inclusão a leitura do resumo, com o objetivo de avaliar se o trabalho se tratava do ensino de Química especificamente usando materiais de DC. Como critério de exclusão, encaixamos os trabalhos onde a temática era diferente da abordada neste trabalho, tais como: formação de professores, museografia, música, teatro, análise documental de material de DC sem aplicação no ensino, ensino de biologia, física, matemática e ciências para o ensino fundamental e outros cuja lonjura do tema abordado é explícito e incontestável.

É importante lembrar que a divulgação científica abrange também museus, espaços não formais de ensino, jornais televisivos, manchetes, matérias de jornais, folhetos, cartilhas etc. Nossa busca limitou-se a materiais impressos de DC usados para o objetivo de ensinar qualquer conteúdo de química.

Na busca utilizando os descritores mencionados, percebemos que o portal trazia os trabalhos enumerados, que naquele momento, nos ajudou a fazer sua separação nas categorias elencadas por nós. Assim, os 215 trabalhos foram separados em onze categorias (listadas abaixo das letras *a* até *k*), que foram elencadas por nós após a percepção da natureza dos trabalhos encontrados. Fizemos esta separação através da numeração da posição de cada trabalho na busca. É importante salientar que esta numeração é completamente arbitrária e não deve ser

³ Disponível em: <http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses>. Acesso em: 05 de agosto, 2020.
[Digite aqui]

levada em consideração por qualquer pessoa que busque encontrar algum trabalho específico. Abaixo, mostro as categorias e os trabalhos encontrados (identificados por sua numeração na busca):

- a) Ensino de Química e Divulgação científica: 02, 04, 21, 33, 58, 61, 63, 64, 72, 96, 98, 189.
- b) Ensino de Ciências em geral e Ensino Fundamental: 19, 38, 50, 56, 92, 102, 103(Forense), 111, 135, 136, 150, 208.
- c) Ensino de Física: 06, 08, 10, 17, 24, 78, 85, 100, 106, 110, 112, 116, 119*, 133, 138.
- d) Ensino de Biologia: 09, 34, 39, 44, 53, 57, 87, 99, 142.
- e) Ensino de Matemática: 73, 74, 79.
- f) Museografia, situações e espaços não formais de ensino: 03, 05, 07, 11, 14, 16(feira de ciências), 18, 22, 25(evento), 26, 28, 30, 31*, 32, 40, 43, 46, 49, 51, 52, 54(Seara UFC), 55, 60, 66, 83(Ensino de Química com palestras), 88, 119*, 120*, 140, 143.
- g) Formação de professores: 01, 27, 31*, 37, 48, 76, 84, 95, 115, 120*, 121*, 122, 123, 128, 137, 144, 147, 152, 173, 180.
- h) Divulgação Científica e Teatro: 15, 65, 141, 191.
- i) História da Ciência: 97, 121*, 142*, 199.
- j) Fora do contexto pesquisado: 12, 23(apenas análise de material de DC sem aplicação no ensino), 29(análise do Enem), 35(estado da arte de teses de DC no Brasil), 36(análise da DC produzida pelos cientistas), 41(análise de um programa de popularização da ciência), 42, 45(papiloscopia), 47(percepção dos professores sobre educação ambiental), 59(análise dos editais da CNPq), 62(análise de material de DC em ensino de biologia), 67, 68(análise de práticas de DC em duas escolas), 69(análise de material de DC de neurociência), 75(análise de obras de DC no início do séc. XIX), 80(análise de evento), 81(canção para ensino de astrologia), 82(análise de uma revista, abordagem CTS apenas), 86(análise do discurso de 2 cientistas debatendo sobre experimentação animal), 89(Ensino de Quím. Sem DC), 90(entrevista com agricultores sobre transgênicos), 91(análise da seção 'sexo' da revista Capricho), 93(criação de cartilha falando de biodiversidade), 94(análise da C&T no jornal nacional), 101(análise de programa de extensão), 104(geografia), 105(análise de artigos brasileiros sobre Lavoisier), 107(Estado da Q. de trabalhos em EQ da UFRP), 108(Ens. De quím. Com multimídias), 109(ensino de

astronomia), 113(estado da arte sobre educação em Química), 114, 117(obstáculos epistemológicos), 118(estado da questão sobre T.I. no Ensino de Química), 124(estado da questão sobre resolução de problemas de química como método de ensino), 126(análise linguística da revista Ciência Hoje), 127(ensino de química em libras), 130(ensino de química com vídeos), 131(elaboração de um jornal científico pelos alunos), 134(ensino de química com a plataforma Phet®), 139(TIC's), 145, 146, 148, 149, 151, 153, 154(DC porém sem aplicação no ensino), 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197(ensino de química com DC, mas abrange vários outros recursos pedagógicos), 198, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 210, 211, 212, 213, 214, 215.

k) Não disponíveis on-line: 13, 20, 71, 70, 77, 125, 129, 132, 163, 201, 209.

Os trabalhos marcados com asterisco (*) se encaixam em mais de uma categoria. Nos esforçamos em sintetizar entre parênteses a ideia central de muitos trabalhos, principalmente os que explicitavam claramente seus objetivos, e também aqueles cuja temática era muito distante do interesse desta pesquisa. A partir do trabalho n. 145, no entanto, gradativamente fomos encerrando este processo de síntese, pois a temática foi ficando cada vez mais distante do assunto pesquisado: haviam trabalhos de diversas áreas, como por exemplo engenharia civil, letras, energia nuclear na agricultura, gestão e avaliação da educação pública, química pura, administração e controladoria, tecnologia de processos químicos, química biológica, ciências da saúde, engenharia química, nutrição, e etc.

O gráfico a seguir resume, em termos de porcentagem, os trabalhos de acordo com cada tema encontrado na busca. Pode-se notar que a maioria dos trabalhos se encontra fora do contexto pesquisado, o equivalente a 45%:

Gráfico 1 – Categorização das Teses e Dissertações



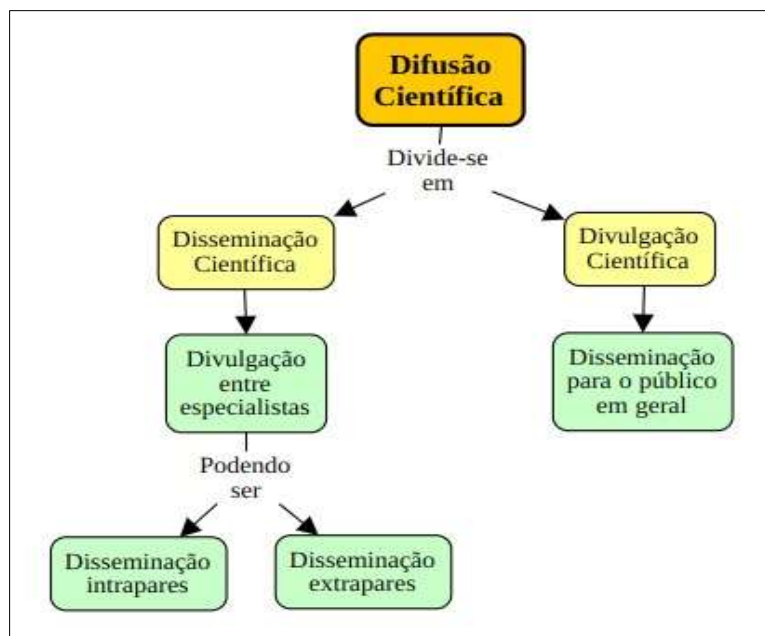
Fonte: a autora.

Os resultados da busca mostraram, ao nosso ver, que sim, a DC tem sido estudada no Brasil para aplicações em ensino. Muitos trabalhos, mesmo que divergentes do objetivo desta dissertação, abordaram a DC de alguma forma. Seja em forma de peças teatrais, idas a parques e museus, feiras científicas, confecção de jornais, panfletos e cartilhas etc. A respeito disso, Bueno (1984, *apud* ZAMBONI, 1997) explica que a difusão científica é um gênero que se desdobra em disseminação científica e divulgação científica. A disseminação consiste na divulgação entre especialistas, que, por sua vez, se desdobra em disseminação intrapares (circulação de informações entre especialistas de uma área ou de áreas conexas) e disseminação extrapares (circulação de informações entre especialistas que se situa fora da área de estudo em questão, mas ainda assim é considerado um público não-leigo). Já a divulgação científica consiste na disseminação de informações científicas para o público em geral, considerado leigo ou não-especialista. A figura 1 demonstra, em forma de mapa conceitual, as definições elencadas por Bueno. Ainda para o autor, são exemplos de divulgação científica: livros didáticos, as aulas de ciências do segundo grau, cursos de extensão para não-especialistas as histórias em quadrinhos, suplementos infantis, folhetos de extensão rural e de campanhas de educação voltadas para determinadas áreas (como saúde e higiene), fascículos de ciência e

[Digite aqui]

tecnologia produzidos por grandes editoras, documentários, programas especiais de rádio e televisão, etc. (BUENO, 1984 *apud* ZAMBONI, 1997).

Figura 1 – Mapa Conceitual da Difusão Científica



Fonte: a autora.

Portanto, a divulgação científica é todo e qualquer esforço de divulgar a ciência, seja por meios escritos, orais, situacionais ou televisivos. À lista de Bueno, ainda incluímos outros materiais e situações, como: livros de literatura adultos e infantis, revistas sobre ciência, saúde e política, arquitetura, museus, parques, planetários, feiras científicas, peças teatrais, oficinas temáticas etc.

Com o objetivo de conhecer a pesquisa em ensino de Química utilizando materiais impressos de DC (preferencialmente textos de revistas ou livros) decidimos analisar mais cuidadosamente os 12 trabalhos encontrados em nossa busca que traziam esta temática identificados na categoria (1), que correspondem a 6% do total de trabalhos encontrados. Para cada trabalho, verificamos qual o material de DC utilizado, qual a metodologia utilizada, se foi feita alguma aplicação de ensino em sala de aula ou apenas a análise de material de DC, e quais os resultados alcançados.

O primeiro trabalho analisado intitula-se “ALFABETIZAÇÃO E DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DE QUÍMICA POR MEIO DA PRODUÇÃO DE HISTÓRIAS EM QUADRINHOS” de Iwata (2015). A autora utilizou as Histórias em Quadrinhos (HQs), mais especificamente HQs no formato japonês denominado “mangás”, como material de DC. Seu principal objetivo foi analisar o uso de HQs para o ensino de química.

[Digite aqui]

Primeiro foram feitas atividades com alunos do ensino superior, que compreenderam em aulas, oficinas e experimentos sobre variados assuntos de Química intercalados com aulas de desenho, caricaturas, narrativas, aquarela e estilos de HQs. Os participantes receberam como propostas de atividade a confecção de HQs, confecção de tirinhas, relatórios, e responderam a um questionário prévio e um final. Uma das tirinhas produzidas tinha como proposta personificar um elemento químico. O trabalho final proposto foi a confecção de uma história completa de HQ sobre qualquer assunto científico que os participantes quisessem, porém o esperado era que o assunto fosse relacionado a alguma das aulas ou oficinas de Química ministradas no projeto. O projeto também foi aplicado da mesma maneira com alunos de ensino médio. Em todo o trabalho, a autora dá maior enfoque as HQs do que a DC.

A autora analisa as percepções dos alunos sobre o projeto, sobre a Química enquanto Ciência, sobre as HQs, e classifica as HQs produzidas em relação a graus de alfabetização científica. O resultado das análises mostra uma mudança de linguagem dos alunos quando questionados como veem a Química e como está sua inserção no dia a dia, mostra também a qualidade das HQs produzidas no que se refere ao conteúdo e a linguagem científica básica utilizada. A autora considera o resultado positivo a respeito da produção de HQs capazes de alfabetizar cientificamente os leitores, que é o seu principal objetivo no projeto. O trabalho é insuficiente em relação a uma maior atenção a DC, pois seus esforços pareceram estar mais concentrados em ensinar a criar HQs, incluindo parte técnica e conteúdo de Química.

O trabalho intitulado “PERCEPÇÕES DE PROFESSORES DE QUÍMICA DO NÍVEL MÉDIO ACERCA DO ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS POR MEIO DA DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DE PESQUISAS DESENVOLVIDAS NESTA DIREÇÃO” de Freitas (2017) tem como objetivo a divulgação e a coleta de percepções a respeito de um website contendo recursos digitais de ensino baseados na aprendizagem por resolução de problemas voltado para professores de Química da Educação Básica. Este website contém uma sistematização das pesquisas desenvolvidas pelos pesquisadores da UFRPE em nível nacional sobre esta temática. A autora pretendeu fazer a divulgação científica para os professores destas pesquisas através do website.

Este trabalho não possui aplicação direta no ensino, e nem foi utilizado nenhum material de divulgação científica já conhecido e consolidado na mídia. A autora pretendeu promover a divulgação científica, e não a utilizá-la como recurso didático. Colheram-se resultados positivos em relação às percepções dos professores a respeito da abordagem de ensino por resolução de problemas. Os participantes também ficaram satisfeitos em conhecer este recurso

didático, oferecido através do website apresentado pela autora. É visível que este trabalho possui grande relevância para a área de formação de professores, e a leitura do resumo não foi suficiente para excluí-lo da nossa análise, tendo em vista sua temática ser divergente da temática de interesse para este estudo.

No trabalho intitulado “TEXTOS LITERÁRIOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA NA ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A LEI PERIÓDICA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS” de Targino (2017), a autora fez uma minuciosa pesquisa de Textos Literários de Divulgação Científica (TLDC) que tratassem do assunto de sua preferência: a Lei Periódica dos Elementos Químicos. A autora encontrou cinco obras literárias as quais leu previamente para se certificar de que se encaixavam com o tema de preferência dela. Sob uma perspectiva sociocultural, a autora utilizou os seguintes critérios para selecionar trechos ideais à temática proposta: estrutura da narrativa; estilo de linguagem; representações visuais; temas da Química; relações da Química com aspectos socioculturais e imagem da Química. Seguindo estes critérios, a análise das obras levou a autora a escolher trechos de três delas: *A Tabela Periódica* de Levi (1994); *Tio Tungstênio: memórias de uma infância química* de Sacks (2011) e *A colher que desaparece: e outras histórias reais de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos* de Kean (2011). Esta última é objeto de estudo do nosso trabalho.

Para alcançar seus objetivos, a autora criou uma sequência didática (SD) contendo 18 aulas cujo tema foi “Elementos Químicos na natureza e na sociedade: o desastre ambiental do Rio Doce”, onde os trechos dos livros foram utilizados como problematizadores do discurso da DC, enfatizando as intencionalidades deste tipo de discurso que, assim como qualquer discurso midiático, vem carregados de acordo com o meio sociocultural em que está inserido. A aplicação da SD ocorreu em turmas da 1ª série do ensino médio em duas escolas públicas localizadas na zona leste de São Paulo. A autora optou por extrair das obras excertos relacionados à mineração, e com isso trabalhar conceitos como propriedades dos metais, estrutura cristalina, propriedades periódicas e aperiódicas dos elementos químicos. Porém a autora destaca que, para a SD, somente os excertos não foram ferramentas suficientes para trabalhar o conteúdo desejado, e por isso também foram utilizadas aulas expositivas, vídeos de reportagens, slides em Power Point e um experimento sobre cristalização. Como contextualização ao tema abordado, a autora se utilizou do desastre ambiental ocorrido no município de Mariana em Minas Gerais, com o rompimento de uma barragem da mineradora SAMARCO MINERAÇÃO S.A. ocorrido em novembro de 2015.

Como resultado, a autora analisou entrevistas feitas aos professores das escolas que aplicaram a SD. A maioria dos professores demonstraram grande satisfação com a aplicação do projeto e observaram uma participação melhor dos alunos em relação às aulas tradicionais. Uma professora destacou que sentiu falta de um *feedback* ser dado aos alunos, para que os mesmos pudessem avaliar seu próprio desempenho. Com relação à contextualização proposta, um professor relatou que não conseguiu inseri-la na SD, porém os demais professores acharam de grande valia para o aprendizado dos alunos. Os entrevistados enfatizaram a importância que os TLDC (textos de literatura de divulgação científica) tiveram na SD para o desenvolvimento da habilidade leitora dos alunos. Consideramos que este trabalho mostrou um esforço de incluir a literatura de divulgação científica dentro da escola, no ensino formal. A SD foi uma ferramenta excelente para aproveitar ao máximo as potencialidades do uso deste material para o ensino de Química.

Em Rodrigues (2015) a autora propõe um projeto cujo objetivo principal é desenvolver a habilidade leitora dos alunos através de textos de DC para o ensino de Química. O trabalho intitula-se “LEITURA E INTERPRETAÇÃO: DESENVOLVENDO AUTONOMIA NO APRENDIZADO DE QUÍMICA”. Os textos utilizados pela autora eram retirados da internet e trabalhados com os alunos de forma virtual, em um site desenvolvido pelo orientador e pela autora e assim promover o ensino através das tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Os textos utilizados pela autora foram de sites e revistas de divulgação científica, como a superinteressante, ciência hoje, e o site da sociedade brasileira de química. Os textos tratavam de reportagens abordando assuntos polêmicos e cotidianos. O projeto foi aplicado com alunos da 3ª série do ensino médio. O conteúdo dos textos estava relacionado basicamente à Química Orgânica, assunto comumente bastante trabalhado nesta série. A autora propôs aos alunos duas atividades: uma consistia em dar títulos a cada parágrafo do texto lido, e a outra eram perguntas baseadas no texto que os alunos tinham que responder. A autora pretendeu a imersão dos alunos no texto, buscando com essa atividade um esforço por parte dos alunos para interpretá-lo da forma mais profunda possível. A autora trabalhou pouco na análise de dados. Nenhum texto ou trecho trabalhado foi transcrito com o objetivo de mostrar ao leitor do que se tratava. Em um primeiro momento, a autora se limitou a analisar as impressões dos estudantes sobre as atividades propostas, e com isso colheu resultados satisfatórios em relação aos textos a respeito do nível de dificuldade, nível de trabalho e nível de interesse. Em um segundo momento, a autora analisou o percurso de oito estudantes que obtiveram as menores notas nas atividades propostas.

A autora analisou os títulos dados pelos alunos aos parágrafos, porém não analisou os 6 textos trabalhados, apenas alguns. Ela analisou também as respostas dadas pelos alunos às perguntas feitas sobre o texto, em relação a coerência da resposta com o conteúdo do texto. A autora conclui que os alunos foram melhorando a prática de interpretação de texto ao longo do processo, o que vai de encontro com o objetivo principal do seu trabalho: melhorar a proficiência leitora.

É possível ver que neste trabalho os textos de DC foram fundamentais para o alcance dos objetivos da autora, além disso foram a base do ensino do conteúdo proposto não necessitando de aulas complementares: Eles foram suficientes para abordar os assuntos pretendidos. Trouxeram também a contextualização tão necessária e por muitas vezes negligenciada nas aulas de Química que tendem a ser mais quantitativas do que qualitativas.

Em Santana (2016) com o trabalho intitulado “O USO DE TEXTO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM UMA UNIDADE DE ENSINO COM UMA ABORDAGEM CTS PARA EDUCAÇÃO QUÍMICA” a autora pretendeu analisar a aplicação de uma unidade de ensino com o objetivo de trabalhar Química Orgânica para alunos da 3ª série do Ensino médio usando um texto de DC. Para isso, a autora aplicou, em um primeiro momento, quais as percepções iniciais dos participantes a respeito de questões relacionadas à Ciência e Tecnologia (CT), tais como: quais as ideias dos alunos sobre Ciência; qual a relação risco *versus* benefício da CT; problemas relacionados a CT e etc. Através deste questionário prévio a autora colheu respostas bastante diversificadas a respeito dessas questões, os dados também mostraram que essa divergência de respostas poderia ser decorrência da falta de interesse e falta de tempo para estudar CT, o que pode vir da deficiência da abordagem dessas questões no ensino formal.

Para entender a produção científica a respeito do uso da DC no ensino formal para o Ensino de Ciências, a autora fez um estado da arte em periódicos nacionais e internacionais de um período bem abrangente, 1978 a 2014. Com um total de 6.319 trabalhos encontrados, 57 eram sobre divulgação científica no ensino formal, e apenas 11 era sobre textos de DC. Este estudo foi de fundamental importância para a compreensão do cenário de estudos acadêmicos a respeito da proposta de ensino utilizando a DC e também para orientar a autora na produção da sua unidade de ensino.

A autora escolheu o tema funções orgânicas oxigenadas para trabalhar em sua unidade de ensino, e selecionou o texto “Há algo no ar: A Química dos perfumes” - Revista Ciência Hoje, julho/ 2011. A unidade de ensino compreendeu em 4 etapas: o levantamento dos conhecimentos prévios, a leitura do texto de DC, uma atividade experimental, e a exibição de

um vídeo. Para colher resultados, a autora aplicou uma série de atividades que buscavam compreender o nível de envolvimento dos alunos com as atividades propostas e a sua compreensão sobre o assunto trabalhado. A autora percebeu que grande parte da compreensão dos alunos girava em torno da leitura do texto, pois os alunos sempre remetiam a partes de texto que tinham lido em toda a unidade de ensino. A autora mostrou como um texto de DC pode fornecer subsídios para desencadear uma série de contextualizações, discussões e aprendizados tanto de química quanto da relação CTS.

Em “ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DESENCADEANDO DEBATES”, Fatareli (2011) propõe uma metodologia de ensino baseada em debates usando dois textos de DC como fonte problematizadora do assunto Radioatividade. Fica claro o esforço do autor de fundamentar teoricamente o ensino através de debates, baseando-se no padrão de argumento racional desenvolvido por Toulmin e no Modelo de Análise de Argumentação Aplicável a Processos de Resolução de Questões Sócio Científicas. Para isso, o autor selecionou dois textos de DC extraídos da Revista Ciência Hoje. Os dois artigos selecionados foram: *A rica polêmica sobre o urânio empobrecido* e *Angra 3: Uma decisão polêmica*.

A proposta de ensino foi realizada em uma turma da 2ª série do Ensino Médio de uma escola particular de São Paulo. É interessante notar que antes do debate ocorrer, foi ministrada uma aula teórica para os alunos sobre radioatividade, fissão nuclear e meia vida, conhecimentos básicos para a compreensão do texto a ser lido. Isso mostra como o texto de divulgação científica (TDC) foi utilizado como um recurso complementar de ensino. Apesar disso, o método de aprendizagem por argumentos ajudou o TDC a ter destaque no processo, já que os alunos precisaram desenvolver argumentos, justificativas, conclusões soluções e propostas de monitoramento a respeito do assunto tratado nos textos, que tinham alto cunho polêmico. O TDC foi o objeto central para a problematização e promoção da contextualização do assunto Radioatividade.

O autor analisou a estrutura dos argumentos dos alunos, as categorias dos argumentos apresentados, por exemplo: argumentos de natureza ética, ambiental, social, econômica e etc., as fontes de evidências apresentadas, capacidade de elaboração de perguntas, respostas e refutação e também um questionário auto avaliativo respondido pelos alunos sobre as habilidades que os mesmos acreditavam ter desenvolvido durante a atividade. Os resultados obtidos mostram que os alunos desenvolveram: habilidades de comunicação oral, habilidades de comunicação escrita, habilidades de resolução de problemas e tomada de decisão,

entendimento de como a Ciência é construída, habilidades de trabalho em grupo e habilidades de leitura e interpretação de textos. Um destaque para esta última habilidade, onde 100% dos alunos responderam favoravelmente ao seu desenvolvimento. Para Martins *et al* (2001) o contato dos estudantes com diversos tipos de texto, incluindo os TDC não importando a fonte, gera apropriação científica, habilidade leitora, domínio de conceitos, familiarização com elementos da terminologia científica e capacidade de argumentação.

Valério (2019) com o trabalho intitulado “O USO DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA APROVADOS NO PNLD 2018” mostrou o parâmetro de utilização de textos de divulgação científica nos livros didáticos (LD) aprovados no PNLD de 2018. Para isto, a autora se utilizou da Análise Textual Discursiva, a mesma metodologia de análise empregada no nosso estudo. O trabalho mostrou que das 6 obras aprovadas no PNLD, incluindo os 3 volumes de cada obra, foram encontrados um total de 217 textos de divulgação científica (TDC). As mais variadas fontes foram encontradas: jornais impressos e eletrônicos, portais da internet, livros, revistas de DC e revistas de conteúdo geral.

Em relação a utilização de livros de literatura de divulgação científica, a autora critica sua pouca utilização, com apenas 3,7% do total dos TDC encontrados. A autora recomenda uma revisão desse cenário, pois a inserção de TDC provenientes de livros incentivaria a leitura ao mesmo tempo que economizaria tempo, já que o aluno no momento da aula não ia precisar ler o livro todo. A autora também analisou os textos no que se refere à função do TDC no contexto em que ele foi inserido. Os textos poderiam ter função de: contextualizar, complementar ou ambos, e ilustrar.

Foi constatado que a maioria dos TDC possuía função de contextualizar, como também se utilizavam da abordagem CTS, o que mostra uma preocupação dos autores em trazer informações atuais e pertinentes ao cotidiano, com vistas a promover nos alunos uma formação crítico-social. Em relação a forma de apresentação dos textos, os mesmos poderiam se apresentar como: citação, trecho, íntegra, adaptado e totalmente adaptado. É interessante notar que 73,4% dos textos se apresentaram como trechos, o que é bastante razoável devido ao limite de espaço disponível no LD. Porém, um percentual alto foi visto nos textos que foram adaptados – 37,9%. Este fato pode ser explicado por que os autores dos livros didáticos têm o receio de que a linguagem utilizada nos TDC seja distante demais da proposta de linguagem para um livro didático. Inclusive, nos textos totalmente adaptados, o que resta do original TDC é apenas a ideia, pois foram completamente reescritos pelo autor do LD, o que pode descaracterizar o

trabalho do divulgador científico – que se esforça para tornar a linguagem científica mais atraente e de mais fácil entendimento.

Os textos de DC estão dispostos nos LD de acordo com a temática desenvolvida no capítulo em que está presente. Em cada volume das 6 coleções analisadas, houve uma predominância de assunto nos TDC. No volume 1, destinado a 1ª série, os TDC eram predominantemente sobre Química Ambiental e Reações Químicas; no volume 2, destinado a 2ª série, Soluções e Solubilidade; e no volume 3, destinado a 3ª série, Funções Orgânicas.

A autora também analisou os textos em relação à presença de traços de cientificidade, didaticidade e laicidade conforme os estudos de Zamboni (2001) e adaptações das considerações de Queiroz e Ferreira (2013), a mesma metodologia de análise do nosso estudo. Os traços de cientificidade (TC) dizem respeito a aspectos do TDC relacionados a remissão ao discurso científico, como por exemplo a busca de credibilidade, alta densidade discursiva e descrição de métodos científicos. Os traços de didaticidade (TD) são procedimentos linguísticos como explicações, aspeamento, recapitulações etc. Já os traços de laicidade (TL) dizem respeito a aproximação do discurso com o cotidiano do leitor.

A autora identificou nos 217 textos de divulgação científica presentes no LD aproximadamente a mesma porcentagem de ocorrência de TC, TD e TL, com leve sobressalência para traços de cientificidade, o que pode ser explicado com base na tentativa dos autores de aproximar o conteúdo didático à práxis científica. As análises mostraram que a inclusão de TDC ao LD proporcionam maior flexibilidade à linguagem utilizada nestes tipos de livro, que geralmente são altamente conteudistas e científicos, deixando-os mais interessantes, contextualizados e próximos à linguagem e cotidiano dos estudantes.

Em “TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E INTERDISCIPLINARIDADE: INVESTIGANDO SUAS POTENCIALIDADES EM SUPERAR CONCEPÇÕES DISTORCIDAS DE CIÊNCIA E DO TRABALHO CIENTÍFICO”, Staconi (2017) realizou um estudo sobre a aplicação de uma sequência didática (SD) sobre Radiação para alunos da 9ª série do Ensino Fundamental. O autor utilizou a interdisciplinaridade em seu projeto, aliando Ciências, História e Língua Portuguesa. Ao longo da SD não apenas um, mas vários TDC foram retirados das revistas Ciência Hoje Crianças e Química Nova na Escola. Os textos eram sobre radiação e o trabalho do cientista, pois o autor também procurava minimizar nos alunos algumas visões distorcidas a respeito da Ciência e do trabalho do cientista.

O autor promoveu debates e discussões ao longo de 16 encontros que compreenderam a SD. É notável o esforço do autor de contextualizar bastante o assunto que queria trabalhar

através dos TDC, porém a análise de dados mostrou uma maior preocupação do autor em colher as mudanças na visão dos estudantes a respeito das percepções adequadas sobre a Ciência; as gravações dos debates e discussões para verificar a melhora em relação à apropriação dos assuntos, tanto químicos quanto sociais e ambientais trabalhados nos TDC. Pouco se vê sobre a análise dos TDC em si.

Luciana Nobre de Abreu Ferreira (2012) realizou um magnífico trabalho intitulado “TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA: CARACTERÍSTICAS E POSSIBILIDADES” com objetivos bem trabalhados: selecionar e analisar TDC da revista Ciência Hoje publicados no período de 2004 a 2008; acompanhar licenciandos em Química na disciplina de estágio supervisionado onde os mesmos desenvolveram e aplicaram um projeto de ensino com TDC; e analisar as impressões dos licenciados em relação à sua experiência com os TDC para seu uso em ambientes formais de ensino.

É interessante notar que, apesar dos TDC utilizados pela autora serem artigos de revista, a autora enaltece também os livros de DC, observando que esse tipo de literatura apresenta características interessantes como narrativas de envolvimento, tentativa de aproximação com o leitor, riqueza de detalhes, e concepções sobre a natureza da Ciência mais evidentes.

Dos 29 TDC sobre Química encontrados pela autora, ela decide analisar 8, não seguindo nenhum critério específico, mas acreditando que esses 8 representam o todo. A autora discute o conteúdo e a forma dos artigos segundo o instrumento de análise de Ribeiro e Kawamura (2005) e também segundo o grau de didaticidade, laicidade e cientificidade de Zamboni (2001). E assim, os oito TDC escolhidos pela autora foram:

Quadro 1: Textos de DC escolhidos por Ferreira (2012).

TDC	Autor	Data de publicação
“A descoberta racional dos fármacos”	E.J. Barreiro	Março/2007
“Energia verde”	J.F. de Carvalho	Novembro/2006
“As ‘Damas de companhia’ das proteínas”	C.H.I. Ramos	Dezembro/2007

Continuação do quadro 1: Textos de DC escolhidos por Ferreira (2012).

“Solução biodegradável: componente de detergentes e cosméticos pode dar origem a substâncias tóxicas”	C.E.A e Silva; S.A.C. de Souza	Novembro/2008
“Nanociência e Nanotecnologia: o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno”	H.E. Toma e K. Araki	Julho/2005
“Angra 3: uma decisão polêmica”	F. Furtado	Novembro/2008
“Eletricidade estática – Onde ficam as cargas?”	F. Galembeck, A. F. Ramos e R. F. Gouveia	Setembro/2004
“A química na padaria – o açúcar nos pães dietéticos”	F.A.P. Cunha	Abril/2008

Fonte: a autora.

Para todos os artigos, a autora diz a temática geral, dá um breve resumo do assunto, e começa a identificar características estruturais e discursivas em cada artigo, como: menções às características da atividade científica; abordagem e contexto; estrutura do texto e recursos visuais e textuais. Na categoria que ela chama de *linguagens*, alguns aspectos foram observados como: densidade discursiva, conhecimentos tácitos, inserções parentéticas, uso de aposto e nomeação, definição por conceituação e definição por justaposição metalinguística. E assim, ao final da análise, a autora conclui se o artigo é predominantemente didático, científico ou laico, discursivamente falando.

Fazia parte também dos objetivos principais da autora um acompanhamento com licenciandos em Química que estavam na disciplina de estágio supervisionado em 3 escolas públicas de ensino médio. A autora propôs aos licenciandos que os mesmos desenvolvessem um projeto de regência cujo material didático usado fosse um TDC. Contudo, a autora se surpreendeu pois os licenciandos tiveram uma visão equivocada do que é um TDC, e selecionaram para suas regências textos científicos. No planejamento de suas regências, os alunos não souberam envolver a aula em torno do TDC, a maioria priorizou atividades experimentais em laboratório. Os licenciandos relataram dificuldades em aplicar estratégias de

[Digite aqui]

ensino baseadas em TDC tanto por ser um “método novo”, quanto por eles próprios não terem experiência em docência. Mesmo após fazer alguns direcionamentos no sentido de reverter essa situação, e apesar dos licenciandos terem modificado as escolhas dos textos, a autora percebeu que o espaço reservado nos planejamentos das aulas aos TDC era muito tímido, provavelmente porque os próprios licenciandos não acreditavam no potencial dos TDC como ferramenta de ensino. Contudo, após a regência, os licenciandos perceberam que os alunos se interessaram pelos textos e que eles poderiam ter explorado melhor os TDC como recurso pedagógico, pois a princípio não haviam percebido seu potencial.

Em “ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS DE TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA DA REVISTA *MINAS FAZ CIÊNCIA*: POSSIBILIDADES PARA O ENSINO DE QUÍMICA”, Batistele (2016) realizou um estudo muito semelhante ao pretendido no nosso estudo. O autor decidiu analisar 10 artigos de DC da revista Minas Faz Ciência publicadas entre 2010 e 2014. Para a escolha dos artigos, o autor utilizou como critérios que os artigos fossem relacionados à Química e relevantes no cotidiano. Para sua análise, o autor utilizou a Análise Textual Discursiva, mesma metodologia utilizada no nosso trabalho, que se utiliza de categorias *a priori*, previamente elencadas pelo autor para compartimentalizar a análise do *corpus* textual escolhido; e de categorias emergentes, que surgem após a imersão e impregnação com o objeto de estudo. Como categorias *a priori*, o autor empregou categorias muito semelhantes às empregadas por Ferreira (2012), que se baseiam nos traços de didaticidade, cientificidade e laicidade de Zamboni (2001) e em características elencadas por Ribeiro e Kawamura (2005). Assim, o autor identificou nos 10 artigos características textuais inerentes ao discurso da DC, como: garantia ao leitor de confiabilidade, mostrando prêmios e reputação das Instituições de pesquisa e pesquisadores; apelo inicial à leitura com títulos curtos e impactantes que despertam a curiosidade do leitor para ler o texto inteiro; cautela e prudência do autor diante dos resultados, mostrando assim que a Ciência não é pronta e acabada, nem uma verdade absoluta; recuperação de conhecimentos tácitos, onde alguns termos são explicados mesmo sendo conhecimento geral e consolidado na comunidade científica; procedimentos explicativos de forma parentética(parêntesis) e apositiva(uso de aposto); interlocução direta com o leitor, onde o autor busca se aproximar do público diminuindo a distância e as diferenças entre o que “sabe e o que não sabe”.

Apesar de o autor não ter aplicado nenhum projeto em sala de aula, ele criou sequencias didáticas com 6 dos 10 textos analisados, que podem ser utilizados por professores que queiram trabalhar as temáticas Água, Energia e Metais. A análise do autor abre os olhos para as intenções

de ensino contidas, subjetivamente, nos TDC. Devido a todas as características mencionadas, os TDC se provam cada vez mais como um excelente recurso didático de apoio ao professor capaz de gerar benefícios como melhora da proficiência leitora, contextualização, interpretação de texto, envolvimento com o assunto, curiosidade, e tudo isso sem perder a cientificidade.

O penúltimo trabalho analisado intitulado “TEXTOS DA REVISTA CIÊNCIA HOJE COMO RECURSO DIDÁTICO: ANÁLISE E POSSIBILIDADES DE USO NO ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA” Castanhede (2012) teve como objetivo a seleção, caracterização e análise de artigos da Revista Ciência Hoje publicadas entre 2004 e 2008, uma revista muito utilizada nas pesquisas em Ensino de Ciências usando TDC. Também elaborou e analisou uma estratégia didática pautada no uso de TDC. A autora selecionou e analisou um total de 73 artigos. Dentro do corpo do trabalho, os artigos foram analisados segundo sua forma e conteúdo, sendo categorizados segundo a área científica abordada – Química, Fronteira e Temas Transversais. Os artigos de Química por sua vez, foram categorizados em Química Geral, Físico-química e Química Orgânica. Após isso, cada texto é analisado minuciosamente segundo o instrumento proposto por Salém e Kawamura e Ribeiro e Kawamura, adaptados pela autora, no que diz respeito à temática, características da atividade científica, linguagem, estrutura e recursos visuais e textuais. Não pudemos deixar de perceber que este instrumento tem sido muito utilizado para a análise de TDC. É interessante notar que a autora coloca, em forma de imagem, cada texto analisado. Isso foi possível devido aos textos serem pequenos, com uma média de 4 parágrafos.

Na proposta de ensino aplicada, os conteúdos trabalhados foram elementos químicos e ligações químicas. A atividade em si parece ter sido pobre em metodologias de ensino, os textos foram apenas lidos individualmente e relidos em grupo, e ao final os alunos elaboraram perguntas sobre os textos. Para analisar a atividade, a autora se limitou a colher as impressões dos estudantes por meio de um questionário. Como resultado, a autora colheu reações positivas dos alunos em relação aos TDC. O interesse maior dos alunos foi em relação aos textos do que a atividade em si.

No último trabalho analisado, intitulado “O ESTUDO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS NUMA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE” Stange (2012) realizou uma proposta de ensino aliando CTS e TDC. A autora realizou leituras de Textos de DC presentes no próprio livro didático dos alunos e realizou uma atividade com a revista Superinteressante onde os alunos pesquisaram sobre elementos químicos, CTS e tabela periódica.

A autora não mostrou os textos, nem os analisou. Seus resultados se basearam na coleta de impressões e falas dos alunos durante o desenvolvimento das atividades. É interessante ver um trabalho como esse, completamente voltado para a visão do aluno que é exposto a um método de ensino baseado em TDC e também em CTS, visto que os dois andam de mãos dadas no processo de divulgar a Ciência, seu progresso, impasses, responsabilidades, benefícios e malefícios, incidentes sobre a sociedade a partir do progresso científico e tecnológico.

Com este estado da questão, concluímos que a pesquisa sobre as potencialidades da DC no ensino de Ciências ainda é tímida e desacreditada. Sem apoio institucional, o uso de TDC na sala de aula continua sendo de iniciativa do professor, e de maneira muito pontual. Os próprios profissionais da educação não se sentem capacitados para unir a leitura, a literatura e a divulgação científica como metodologia de ensino. Nosso objetivo é procurar minimizar este quadro, dando a quem possa interessar os subsídios necessários para o entendimento de como trabalhar com esse tipo de recurso nas aulas de Química através da análise da obra *A colher que desaparece* de Sam Kean (2011) com o objetivo de mostrar como as nuances performativas dessa obra cabem no ensino de Ciências.

4 Metodologia

A palavra “pesquisa” pode receber várias conotações dependendo da situação em que está inserida. Pode variar de uma simples busca de informações em textos, internet e notícias até o uso de sofisticação metodológica em busca de novos conhecimentos, levantamento de questões e paradigmas, métodos de investigação e busca da estrutura do conhecimento real (GATTI, 2003). O processo de pesquisar recebe, fundamentalmente, a curiosidade humana aliada a um fundamento epistemológico, à prática metodológica da atitude científica, ao seguimento de um plano de ação e de um roteiro, à comunicação e à reflexão (MORIN, 1997 *apud* ENS; ANDRÉ, 2007).

A pesquisa permite “fazer ciência” pelo estabelecimento de uma relação mais próxima entre o sujeito que estuda e o objeto estudado. Pelas palavras de Severino (2013, p.63) “é que a ciência é sempre o enlace de uma malha teórica com dados empíricos, é sempre uma articulação do lógico com o real, do teórico com o empírico, do ideal com o real “.

Uma primeira diferenciação que se pode fazer é entre a pesquisa quantitativa e qualitativa. A pesquisa quantitativa deve ser utilizada quando as descrições matemática e estatística são úteis para descrever as causas de um fenômeno e as relações entre variáveis. A

[Digite aqui]

partir disso, uma ou várias hipóteses são levantadas pelo uso da dedução, sendo que, obviamente, esta(s) hipótese(s) deve(m) conter conceitos passíveis de serem medidos para sua verificação; já a pesquisa qualitativa é caracterizada pela diminuição da distância entre a teoria e os dados, entre o contexto e a ação. O pesquisador observa os fatos como parte inserida ao contexto estudado e busca sua profunda compreensão; esta compreensão dos fenômenos vem pela sua descrição e interpretação. A pesquisa qualitativa enfatiza o processo ao longo do tempo e as experiências pessoais do pesquisador são importantes; não há fortes hipóteses no início da pesquisa e por isso ela é mais flexível (TEIXEIRA, 2005).

Ainda segundo Minayo (2000, *apud* ORSOLINI; OLIVEIRA, 2013)

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se preocupa, nas ciências sociais, com um nível de realidade que não pode ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização das variáveis” (p.10)

Para este trabalho, utilizamos a pesquisa qualitativa no delineamento de uma pesquisa bibliográfica. Para Gil (2002) a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já elaborados, como livros e periódicos. Segundo a autor, há pesquisas que podem ser feitas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas, como é o caso da atual pesquisa, cuja principal fonte de análise é o livro “A colher que desaparece”. O autor menciona como uma das fontes possível para pesquisa bibliográfica: livros – de leitura corrente – obras de divulgação. Para o autor, este tipo de obra objetiva proporcionar conhecimentos científicos ou técnicos.

Como metodologia de análise, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD). O principal autor a nível nacional da ATD é Roque Moraes, que escreveu primeiramente sobre este tipo de análise em 2003, com o artigo intitulado *Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva*. Posteriormente, recebeu contribuição Maria do Carmo Galiazzi para a escrita do livro *Análise Textual Discursiva* em 2007 pela editora Unijuí.

Os autores classificam a ATD “uma abordagem de análise de dados que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso.” (MORAES; GALIAZZI, 2006, p. 118). Esta metodologia de análise consiste em um processo que se inicia pela seleção do *corpus* textual a ser analisado. Segundo Moraes (2003) o *corpus* consiste em produções textuais referentes a um determinado fenômeno, que podem tanto ser produzidos especialmente para a pesquisa como podem ser documentos já existentes previamente. Após a delimitação do *corpus*, inicia-se o processo de análise cujo

[Digite aqui]

primeiro passo é a desconstrução dos textos. Tal desconstrução objetiva separar os textos em unidades de análise, ou unidades de significado. A este processo Moraes (2003) denomina *unitarização*, um processo que “implica colocar o foco nos detalhes e nas partes componentes” (MORAES, 2003, p. 195).

O próximo passo é reunir as unidades de análise semelhantes em grupos maiores, chamadas categorias, e “é a partir delas que se produzirão as descrições e interpretações que comporão o exercício de expressar as novas compreensões possibilitadas pela análise” (MORAES, 2003, p. 197). O autor explica que as categorias podem ser produzidas por dois principais métodos. O método dedutivo – que consiste em um movimento do geral para o particular, onde as categorias são deduzidas antes mesmo da análise ser feita a partir das teorias que servem de base para a pesquisa. A essas categorias Moraes chama de categorias *a priori*. Já o método indutivo – consiste no movimento do particular para o geral, onde o autor irá determinar as categorias a partir das informações contidas no *corpus*. A essas categorias Moraes chama de categorias emergentes. O autor lembra, contudo, que uma análise pode se constituir em um processo misto, que contém categorias *a priori* que iniciam a análise e, ao se proceder a impregnação do pesquisador com as unidades de análise, surjam categorias emergentes, derivadas do seu conhecimento tácito a respeito das informações percebidas no *corpus*.

Após este processo, inicia-se a explicitação dos argumentos a respeito das categorias no sentido da compreensão do todo, que produzirá, como o autor chama, um *metatexto* resultante da análise, que se traduz em uma nova compreensão do conjunto de textos tomados como *corpus*, “descrevendo e interpretando sentidos e significados que o analista constrói ou elabora a partir do referido *corpus*” (MORAES, 2003, p. 202). Com isso, a ATD se utiliza da análise qualitativa com a pretensão de aprofundar a compreensão dos fenômenos que investiga a partir de uma análise rigorosa e criteriosa das informações do *corpus*, isto é, não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão.

Com isso, a análise se constitui extensiva e discursiva, e não pontual, causando naturalmente a produção de um *metatexto* resultante das significações e análises encontradas/feitas pelo pesquisador. Desta forma, Moraes salienta que “todo o processo de análise proposto se volta à produção do referido metatexto. A partir da unitarização e categorização do *corpus*, constrói-se a estrutura básica do metatexto, objeto da análise” (MORAES, 2003, p. 202).

Nosso *corpus* de análise consiste no livro *A colher que desaparece* de Sam Kean (2001) em sua totalidade. Por acreditarmos nas potencialidades do uso de TDC no ensino de Química

com enfoque CTS, decidimos elencar algumas categorias *a priori* para a análise da obra. São elas:

- a) Aspectos das relações CTS;
- b) Traços de didaticidade, traços de laicidade e traços de cientificidade, pelas considerações de Zamboni (2001).

Em sua obra, Zamboni (2001) analisa alguns artigos de revistas e elenca alguns traços característicos do discurso da divulgação científica. Para a autora, tal discurso é uma formulação (e não reformulação) de um novo discurso a partir de um discurso fonte: o discurso científico. Em função de uma determinada audiência, o discurso da divulgação científica está primordialmente a serviço da compreensibilidade.

A autora deixa claro que o texto científico não é apenas traduzido, reformulado ou degradado. Ocorre a formulação de um novo texto – o Texto de Divulgação Científica, que surge como um gênero de discurso particular, próprio, autônomo, que “se revela [como] uma ação comunicativa que parte de um “outro” discurso e se dirige para um “outro” destinatário” (ZAMBONI, 2001, p. xix). Supondo um público leitor diferente, o discurso da DC deve se apropriar de recursos linguísticos que facilitem o entendimento, e assim o enunciador/divulgador tem a missão de utilizar estratégias textuais e lexicais a fim de diminuir a distância que se supõe existir entre o cientista e o leitor leigo, que supostamente sabe menos/ainda não sabe.

O discurso da divulgação científica se constitui como um gênero de discurso particular centrado no assunto ciência e tecnologia, através da veiculação de conteúdos próprios da ciência adaptados a um público não cientista. Para isso, o discurso da divulgação científica procura vencer o hermetismo da linguagem científica pelo uso de recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais da língua, abrindo-se ao emprego de analogias, generalizações, aproximações, comparações e simplificações que pretendem se consolidar como uma prática essencialmente comunicativa no sentido de dissolver problemas de incompreensões a respeito do que circula na comunidade científica e assim reestabelecer a ponte que deve interligar dois grupos historicamente apartados: o dos cientistas e o dos leigos. (ZAMBONI, 2001).

E é por isso que no quinto capítulo de seu livro *Cientistas, Jornalistas e a Divulgação Científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica*, Zamboni (2001) explana sobre traços linguísticos presentes em textos de divulgação científica os quais ela denomina Traços de Cientificidade, Traços de Didaticidade e Traços de Laicidade, que

legitimam o discurso da divulgação científica como um trabalho especialmente elaborado para um público não cientista.

Traços que remetem à cientificidade do texto fonte, o texto científico, que a uma primeira instância seria ilegível pelo leitor leigo, conferem ao TDC a confiabilidade que o leitor precisa sentir, sabendo que não está diante do texto científico em si. São exemplos de traços de cientificidade: quando o autor usa uma densidade discursiva mais alta, com fórmulas, procedimentos, descrições de técnicas e termos científicos; quando fala sobre os prêmios que tal pesquisa ganhou, fala da reputação, currículo e cargo do cientista e/ou instituição para embasar sua fala.

Os traços de didaticidade se manifestam como um esforço por parte do divulgador em diminuir a distância suposta entre ele e o seu interlocutor, com recursos linguísticos como parágrafos sintetizadores, recursos explicativos do tipo inserção parentética, aposição, fala direta com o leitor, recapitulações e outros. Já os traços de laicidade consistem em o TDC voltar sua linguagem para uma aproximação do cotidiano do leitor, com tons de alerta, recursos visuais, simplificações, fórmulas de envolvimento e contextualizações.

Desta forma, nossa análise buscou localizar tais traços dentro da obra literária referida, assim como aspectos relacionados às relações CTS. Estas categorias *a priori* nos vieram à mente baseando-nos no referencial teórico estudado a respeito da divulgação científica e do ensino com enfoque CTS.

Atribuímos também uma característica emergente em nossa análise, que pretendeu abranger as características intrinsecamente literárias do livro *A colher que desaparece*. Pelas considerações de Mora (2015), a ciência e a literatura são dois campos perfeitamente conciliáveis e a interseção entre eles se dá por meio da divulgação científica. Para a autora, a literatura como divulgação científica deve causar prazer ao leitor, por que a frieza, a objetividade e a linguagem especializada são ingredientes da Ciência que repelem o público em geral. Com isso, a autora elenca qualidades que estão presentes no que ela chama de “bons textos de divulgação científica”:

- a) Apoio na História e na tradição;
- b) Uso de ironia e humor;
- c) Entrelaçamento de arte e ciência;
- d) Uso de analogias e metáforas;
- e) Recurso ao cotidiano;
- f) Um lugar para metafísica e religião;

- g) Referência a cultura popular;
- h) Reconhecimento dos erros humanos;
- i) Desmistificação da Ciência.

A identificação desses termos foi percebida durante a nossa impregnação na leitura da obra *A colher que desaparece*, que nos possibilitou vislumbrar a diferença entre esse tipo de material e artigos de revistas de DC, por exemplo. Assim, surgiu o anseio por uma categoria que encaixasse os aspectos literários do referido livro, o que nos levou a elencar a categoria emergente:

- a) Características de uma boa obra de literatura como divulgação científica.

Com essas categorias, pretendemos analisar as contribuições da literatura de divulgação científica para o Ensino de Química com enfoque CTS, por acreditarmos que a DC é capaz de promover a contextualização do conteúdo pragmático de Química, assim como promover a associação entre o estudo formal da Ciência e as implicações sociais da Ciência e Tecnologia. Nos baseamos na utilização da divulgação científica como instrumento metodológico para o ensino com enfoque CTS. Acreditamos na importância da inserção desse tipo de literatura na escola, nas aulas de ciências, e até mesmo fora desses ambientes, pois de acordo com Almeida e Silva (1998, p. 1, *apud* SILVA, 2005, p.41)

[...] os textos de divulgação científica são produzidos para fazer parte do nosso universo cultural de leitura, juntamente com romances, contos, poesias, jornais e revistas mesmo quando o sujeito não se encontra inserido no contexto do ensino formal de ciências.

Realizamos a análise da referida obra de forma extensiva, começando pela introdução (devido a sua relevância em termos de traços didáticos presentes) e continuando capítulo por capítulo, buscando no texto as categorias *a priori* e emergente que elencamos. Decidimos fazer a análise desta forma pelo fato de o livro ser uma obra unificada e com um mesmo estilo de linguagem em toda a narrativa.

O quadro 2 apresenta os traços característicos do discurso da divulgação científica que foram encontrados na obra *A colher que desaparece* com sua respectiva classificação, que equivalem a uma das categorias *a priori* elencadas por nós, baseado nas considerações de Zamboni (2001) e de Queiroz e Ferreira (2013), que em seu trabalho se basearam nas considerações de Zamboni e acabaram por ampliar as concepções sobre os traços de cientificidade, didaticidade e laicidade:

Quadro 2 – Traços de Cientificidade, Didaticidade e Laicidade

Cientificidade	- Densidade discursiva - Recuperação de conhecimentos tácitos - Nomeação - Descrição de metodologia científica - Obtenção de patente - Cooperação entre diferentes campos de conhecimento - Limitação das técnicas científicas - Ciência em constante aperfeiçoamento - Busca de credibilidade
Didaticidade	- Tessitura Lexical - Aspeamento - Literarização da narrativa - Procedimento explicativo (por aposição) - Procedimento explicativo (por inserção parentética) - Definição (por justaposição metalinguística) - Interlocução direta com o leitor
Laicidade	- Narrativa de envolvimento - Aproximação do conteúdo ao cotidiano do leitor

Fonte: a autora

O quadro 3 apresenta as características inerentes a uma boa obra de literatura como divulgação científica encontradas em *A colher que desaparece*, baseado nas considerações de Mora (2015), que equivalem à categoria emergente elencada por nós:

Quadro 3 - Características de uma boa obra e Literatura como Divulgação Científica

Características de uma boa obra de literatura como divulgação científica	- Recurso ao cotidiano - Um lugar para a metafísica e religião - Reconhecimento dos erros humanos - Uso de ironia e humor - Uso de analogias e metáforas - Referência a cultura popular
---	--

Fonte: a autora.

A categoria *Aspectos da relação CTS*, está explicitada nos capítulos onde houve sua ocorrência: capítulos 2, 5, 6, 8 9, 10, 11 e 16.

[Digite aqui]

“A colher que desaparece” é uma obra de literatura de divulgação científica que contém uma introdução e 19 capítulos, publicada originalmente em 2010 pela editora Little, Brown and Company, Nova York. A edição traduzida (que é a utilizada neste trabalho) foi publicada no Brasil em 2011 pela editora Zahar. Os 19 capítulos são divididos pelo autor em 5 partes, cujas temáticas os capítulos se assemelham. O autor, Sam Kean, é físico por formação e colaborador da revista Science. Ele oferece nesta obra casos impressionantes sobre os elementos da tabela periódica, mostrando que eles não estão apenas nas aulas de Química, mas também nos pequenos eventos do cotidiano e até nos grandes acontecimentos históricos.

4.1 Relato pessoal

Minha paixão pela divulgação científica começou ainda no ensino fundamental, quando eu achava mais interessante e produtivo estar na biblioteca lendo uma revista Galileu do que estar na sala de aula. No ensino médio, o contato com a revista Superinteressante me dava a sensação de mergulhar em um mundo de conhecimentos que em algumas horas de leitura me deixavam fascinada e impressionada com quantidade e qualidade de conhecimento produzido em mim. Para fazer trabalhos na escola, na época sem acesso à internet, as revistas de divulgação científicas emprestadas pelo professor me ajudavam na confecção dos trabalhos, e, sem eu perceber, fomentaram minha formação enquanto estudante. Na graduação em licenciatura em Química, ouvi falar do livro “Os botões de Napoleão: as 17 moléculas que mudaram a história” de Penny Le Couteur e Jay Burreson. Porém, a quantidade de conteúdo a ser estudado e afazeres da academia me impossibilitaram de lê-lo. Só o fiz depois da graduação, já trabalhando como professora da rede pública estadual do Ceará. Lembro de sentir a sensação de sempre: o fascínio de uma leitura leve e cativante que trazia aspectos que eu nunca tinha visto da minha grande paixão: a Química.

Como a minha segunda grande paixão é o Ensino, tentei inserir este livro em minhas aulas para as turmas de 3º ano. A falta de método, de planejamento e de conhecimento levaram o projeto ao fracasso. Pouquíssimos alunos conseguiram ver o livro como eu via: um mundo de conhecimento.

Algum tempo depois, vi a professora dra. Caroline (minha orientadora neste trabalho) segurando o livro “A colher que desaparece”, marcado com um separador de páginas, dando a impressão de que quando tinha qualquer tempo livre para ler, lia o próximo parágrafo. O título e a capa me chamaram muito a atenção. O *slogan* continha elementos da tabela periódica em

seus “quadrinhos” formando uma frase. O interesse em lê-lo foi imediato. E quando comecei a leitura, aquela velha sensação de entusiasmo foi a maior de todas: cada capítulo exaltava a Química ao pedestal que ela merece estar. Então, durante a escolha de qual pesquisa realizar no mestrado, logo me veio à mente esta obra que tanto me impactou em prazer de leitura, conhecimento, motivação e inspiração.

A seguir, nossa análise.

5 Análises e Discussão

Na introdução - Elementos como remédio – Hg – o autor fala do seu contato com o elemento mercúrio quando tinha febre ainda criança e o termômetro de mercúrio quebrava, sua mãe permitia-lhe observar o mercúrio que não escoava como um líquido normal, mas tinha a tendência a formar pequenas bolinhas que escorregavam no chão até se juntarem e formarem uma bola maior. O autor também descreve como esse elemento foi erroneamente usado na medicina no século XVIII para tratar qualquer tipo de doença. As pessoas ficavam intoxicadas com mercúrio, mas acreditava-se que a cura estava aí – seria veneno contra veneno. Explica também seus motivos para a escrita do livro, bem como a escolha do tema – Tabela periódica – num relato pessoal com riqueza de detalhes que envolve o leitor neste início de narrativa que mais parece uma auto biografia. Com uma linguagem leve, o autor tenta (e consegue) convencer o leitor a respeito da importância e do fascínio dos Elementos Químicos e da Tabela Periódica, colocando-os como os protagonistas da fundamentação do Universo, como se pode verificar no seguinte trecho

[1] [...]a tabela periódica é uma maravilha antropológica, um artefato que reflete todos os aspectos maravilhosos, artísticos e medonhos dos seres humanos e a maneira como interagimos com o mundo físico – a história de nossa espécie narrada com um roteiro compacto e elegante. E ela merece ser estudada em cada um desses níveis, começando pelo mais elementar e evoluindo gradualmente em sua complexidade. Além de nos divertir, as histórias da tabela periódica fornecem uma forma de compreender o que nunca se vê nos livros-textos ou em manuais de laboratório. Nós comemos e respiramos a tabela periódica; pessoas apostam grandes quantias de dinheiro nela; filósofos a usam para sondar o significado da ciência; ela envenena pessoas e provoca guerras. Entre o hidrogênio no alto à esquerda e as impossibilidades produzidas pelo homem à espreita na parte inferior, pode-se encontrar bolhas, bombas, dinheiro, alquimia, política, história, veneno, crime e amor. E até um pouco de ciência. (p.12)

É possível identificar pequenas **narrativas de envolvimento** onde o autor procura envolver o leitor em pequenas histórias, relatadas com detalhes, sobre vivências do autor, que usa bastante de um cunho pessoal para tentar prender o leitor à leitura e aumentar a atratividade do texto, como mostra o trecho a seguir

[2] Na primeira vez em que me vi sozinho com um termômetro debaixo da língua, esse hábito deu origem ao meu fascínio pela tabela periódica. Tive muitas crises de infecção de garganta no decorrer do segundo e do terceiro ano do ensino básico, e em alguns dias era difícil engolir. Eu não achava tão ruim ter de ficar em casa sem ir à escola e me tratar com sorvete de baunilha com cobertura de chocolate. Além disso, ficar doente sempre me dava a oportunidade de quebrar um daqueles antiquados termômetros de mercúrio. [...] o termômetro caía da minha boca e se estilhaçava no chão de madeira, fazendo com que o mercúrio líquido do bulbo se espalhasse como bolinhas de gude. Um minuto depois, [...] usando um palito de dente como se fosse um taco de hóquei, ela varria as esferas flexíveis em direção umas às outras até quase se tocarem. [...] Quando era criança [...] cheguei até a acreditar [...] que aquela substância transcendia as categorias banais de líquido ou sólido, metal ou água, céu ou inferno e que abrigava espíritos do outro mundo. Como descobri depois, o mercúrio age dessa forma por suas características como elemento. (p. 7)

Sendo uma obra literária extensa, é imperativo que o autor utilize essas narrativas para manter o leitor preso à leitura do livro, nutrindo e aguçando a curiosidade, e também fazendo o leitor se identificar com a leitura através da diminuição de distância entre enunciador e leitor. Fica a impressão de que o autor convida o leitor a sentar-se com ele em um banco de praça qualquer, ao pôr do sol, num momento de envolvimento pessoal de contação de histórias - instigando sua imaginação através de tão ricos detalhes sobre as cenas descritas. Como confirma Zamboni (2001), essas pequenas histórias constituem recursos discursivos e literários para manter o leitor interessado em toda a extensão do texto, mesclando momentos de leveza e rarefação com momentos de mais densidade científica.

O autor dedica a introdução a falar apenas do elemento químico mercúrio (Hg), que parece ser sua motivação para escrever o livro. A respeito da toxicidade do mercúrio, o autor diz

[3] se a ingestão do mercúrio já é tóxica, seus vapores são ainda piores. Eles *fritam* os “fios” do sistema nervoso central e fazem buracos no cérebro, assim como acontece nos estágios avançados do mal de Alzheimer. (p. 10, grifo nosso)

A palavra “frios” vem dentro do **aspeamento** no trecho para marcar a estranheza dessa expressão em relação ao discurso científico e à linguagem formal (ZAMBONI, 2001), com conotação metafórica que pretendeu se referir aos nervos. Além disso, destacamos a palavra “fritar” que vem também com conotação metafórica para referir-se aos danos causados pelo

mercúrio ao sistema nervoso central. O quadro 4 apresenta os traços encontrado na introdução do livro *A colher de desaparece*.

Quadro 4 – Traços contidos na introdução

Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade
Narrativa de envolvimento		X	
Aspeamento	X		

Fonte: a autora.

Portanto, a introdução cumpre o papel de introduzir o tema ao leitor e envolvê-lo com a narrativa, ao mesmo tempo que se apresenta com uma linguagem de fácil entendimento, que se afasta um pouco da linguagem científica para se aproximar da linguagem cotidiana através do recurso do aspeamento.

Parte I: **Orientação: coluna por coluna, linha por linha** (Caps. 1,2,3)

No primeiro capítulo – **Geografia como destino** – o autor fala sobre a conformação da tabela periódica, sobre os gases nobres e sobre a ideia de perfeição de Platão. Depois conta a história de Lewis e seu trabalho com reações ácido-base, fala sobre um superácido à base de antimônio que chega a ter pH -31. Fala também sobre o carborano, um superácido com pH -18 que tem o ânion mais estável dentre todos os ácidos. Fala sobre os metais de transição e relaciona o comportamento dos átomos com os elétrons de valência, explicando sobre os orbitais. Fala sobre uma mulher, Mayer, ter lançado a teoria do núcleo em camadas e explicado a estabilidade dos gases nobres.

Este capítulo contém um exemplo da **narrativa de envolvimento** citada anteriormente, onde se intercalam a ciência e o coloquialismo. Mostramos a seguir um trecho que mostra como o autor introduz sutilmente o assunto de ácidos, força ácida e pH através da história de Gilbert Lewis, químico responsável pela elucidação dos ácidos e bases de Lewis (teoria que fala sobre o ácido ser um doador de um par de elétrons e a base ser uma receptora de um par de elétrons):

[4] Sempre em movimento, Lewis cresceu no Nebraska, fez faculdade e pós-graduação em Massachusetts por volta de 1900 e foi estudar na Alemanha [...] O fato mais marcante a respeito de Lewis é que ele talvez tenha sido o melhor cientista a nunca ter ganhado o Prêmio Nobel, e sabia disso. Ninguém jamais recebeu tantas indicações, mas sua ambição desmedida e uma trilha de disputas pelo mundo todo envenenaram suas possibilidades de conseguir o número de votos suficientes. À parte

[Digite aqui]

suas razões pessoais, Lewis nunca ganhou o Prêmio Nobel porque seu trabalho era mais abrangente do que profundo. passou a vida analisando em detalhes a forma como os elétrons do átomo funcionam em diversos contextos, em especial a classe de moléculas conhecida com ácidos e bases. (p. 23)

É interessante observar como o autor primeiro familiariza o leitor com o cientista em questão, para depois falar do que ele descobriu/estudou. Isso se mostra como uma tentativa de diminuir a distância pressuposta entre o saber científico, os cientistas e o leitor, que tem o valor de uma proposição do tipo: “os cientistas são gente como a gente”, e assim fazer com que o leitor se sinta parte integrante da enunciação.

Já envolvidos com a história e a pessoa de Gilbert Lewis, o autor introduz aos leitores seus estudos sobre ácidos e bases, e aproveita para abordar alguns conceitos, como mostra o trecho a seguir:

[5] Reações ácido-base apresentam um exemplo claro e às vezes violento dessas trocas (trocas de elétrons). [...] Até 1890, os cientistas analisavam ácidos e bases sentindo o gosto ou mergulhando os dedos nas substâncias, não exatamente o método mais seguro ou confiável. Em algumas décadas, os cientistas perceberam que os ácidos eram essencialmente doadores de prótons. Muitos ácidos continham hidrogênio, um elemento simples que consiste em um elétron circulando um próton (que é só o que o hidrogênio tem como núcleo). [...] Lewis achou que essa definição de ácido limitava demais os cientistas, pois algumas substâncias atuam como ácidos mesmo sem depender do hidrogênio. Lewis mudou o paradigma. Em vez de dizer que o H^+ se destacava, ressaltou que o Cl^- se esconde com seu elétron. (p.24)

[6] Assim, em vez de ser um doador de prótons, um ácido é um *ladrão* de elétrons. (p. 24, grifo nosso)

Em [6] vemos uma comparação inusitada do autor sobre o ácido de Lewis ser um “ladrão” de elétrons. Este recurso de suspensão da tensão da linguagem formal constitui, para Zamboni, o que ela chama de **tessitura lexical** – que ocorre quando o autor tem uma atitude que se poderia qualificar com a expressão “à vontade”. Irrompem na narrativa metáforas inusitadas, comparações ousadas, coloquialismos e gíria popular, “num sem-cerimônia discursivo que beira a irreverência, nada comum quando o tema ascende à seriedade da ciência e dos cientistas” (ZAMBONI, 2001, p.115). Neste caso, o autor se utiliza de uma metáfora quando diz que o ácido de Lewis é um “ladrão”, devido à afinidade eletrônica que os ácidos têm com pares de elétrons disponíveis em reações ácido-base.

O autor se distancia do formalismo da linguagem e do discurso científico mesmo quando conceitos científicos precisam ser abordados. Ele consegue essa proeza envolvendo conceitos

científicos, curiosidades, comparações e linguagem de simples entendimento, como mostra o trecho a seguir:

[7] A força de um ácido é medida pela escala de pH, com os números mais baixos indicando mais força. [...] Em 2005, um químico da Nova Zelândia inventou um ácido à base de boro, chamado carborano, com um pH de -18 . [...] comparando-se o suco gástrico, de pH 1, com o ácido à base de boro, de pH -18 , este último é 10 quintilhões de vezes mais forte que o primeiro. Isso é mais ou menos igual ao número de átomos que se deve empilhar para alcançar a Lua. [...] Existem ácidos piores ainda, à base de antimônio. [...] A mistura de pentafluoreto de antimônio, SbF_5 , com ácido fluorídrico, HF, produz uma substância com um pH de -31 . Esse superácido é 100 nonilhões de vezes mais potente que o suco gástrico e é capaz de dissolver vidro de uma forma tão implacável quanto a água dissolve papel. Você não poderia colocá-lo numa garrafa, pois ele dissolveria a garrafa, e dissolveria a sua mão. [...] a substância é guardada em contêineres revestidos de teflon. (pgs. 24, 26, 26)

Em [7] o autor se aproxima do que é chamado por Peytard (1984, *apud* ZAMBONI, 2001) de **densidade discursiva**. Este conceito diz que o texto fonte, o científico, não pode ser totalmente reescrito no processo de vulgarização para originar o texto de DC. Muitos conceitos científicos não são passíveis de reformulação. E por isso, entradas de alta densidade discursiva são necessárias e remetem à cientificidade do discurso fonte, dando ao texto vulgarizado a autoridade do saber científico. É importante salientar aqui a possibilidade de ensino de ácidos e bases para além do conceito de Arrhenius (o mais comumente ensinado no Ensino Médio, que diz que o ácido é um doador de prótons H^+ e a base é uma doadora de hidroxila OH^-) através deste trecho da obra, introduzindo a leitura, o envolvimento e deslumbramento para o processo de aprendizagem, além do conceito de força ácida e pH.

No início deste primeiro capítulo temos uma imagem do “esqueleto” da tabela periódica. Apenas caixotes vazios, em preto e branco, para mostrar as linhas e colunas que não formam uma estrutura simétrica, mas como o autor mesmo define, formam um “castelo” onde cada “tijolo” é um elemento Químico. A seguir, o trecho na íntegra

[8] Uma espécie de castelo, com uma muralha principal desigual, como se as mansões reais ainda estivessem em construção na parte superior à esquerda, com grandes torres de defesa nas duas extremidades. Contém dezoito colunas irregulares e sete linhas horizontais, com uma “pista de pouso” de duas colunas extras debaixo de tudo. O castelo é feito de “tijolos”, e a primeira coisa não óbvia a respeito é que os tijolos não são intercambiáveis. (p. 16)

Para Zamboni (2001), o uso de **aspeamento** marca a estranheza de uma expressão que se encontra distante da linguagem comum da Ciência, nesse caso utilizando metáforas em “pista de pouso” e “tijolos”, que sabemos se tratar dos períodos dos Lantanídeos e Actinídeos; e dos

[Digite aqui]

elementos químicos, respectivamente. Se veem metáforas recorrentes intercaladas com algum dizer científico, como em [9] e [10]:

[9] Outra curiosidade arquitetônica é o castelo ser feito de materiais diferentes em áreas diferentes. (p. 17)

[10] Setenta e cinco por cento dos tijolos são metais, o que significa que a maior parte dos elementos tem a forma de sólidos frios e cinzentos. (p.17)

Nesses trechos o autor continua se referindo à Tabela Periódica como um castelo, porém traz informações científicas, ao mencionar que a maioria dos elementos químicos constituem de metais, o que salta aos nossos olhos como uma junção sutil entre linguagem lúdica e saber científico. Ou como em casos do trecho a seguir, se misturam metáforas, dizer científico e um discurso de deslumbramento, cortesia do autor que deseja que o leitor sinta as mesmas emoções vivenciadas por ele quando tomou conhecimento do assunto científico em questão:

[11] Algumas poucas colunas do lado oriental contêm gases. Apenas dois elementos, o mercúrio e o bromo, são líquidos à temperatura ambiente. Entre os metais e os gases, mais ou menos onde fica Kentucky no mapa dos Estados Unidos, encontram-se alguns elementos difíceis de definir, cuja natureza amorfa lhes confere propriedade interessantes, como a capacidade de formar ácidos bilhões de vezes mais fortes que qualquer coisa trancada em qualquer depósito de substâncias químicas. (p.17)

Em [11] é possível ver o **tom do discurso**, pois segundo Maingueneau (1989, *apud* ZAMBONI, 2001) *o que* é dito e o *tom* com que é dito são partes integrantes da formação discursiva. Apesar deste tom ser marginalizado epistemologicamente, ele acusa a voz que existe na enunciação do texto, que de forma sutil e leve vai fazendo o leitor permanecer na leitura que, envolvido por uma linguagem próxima à sua, passa a ver a si mesmo como parte integrante da construção do conhecimento.

No trecho a seguir, fica evidente que o autor parece dar uma pausa no decorrer da narrativa para fazer algumas explicações ao leitor a respeito da estabilidade eletrônica dos gases nobres e sobre a tendência dos átomos de fazerem ligações químicas

[12] Todos os átomos contêm partículas negativas *chamadas elétrons*, que residem em diferentes camadas, ou níveis energéticos, dentro do átomo. Esses níveis se aninham de forma concêntrica uns dentro dos outros, e cada nível precisa de um certo número de elétrons para ser preenchido e *se sentir satisfeito*. No nível mais interno, esse número é dois. Em outros níveis, em geral é oito. Normalmente os elementos têm o mesmo número de elétrons negativos e partículas positivas chamadas prótons, por isso são eletricamente neutros. Os elétrons, no entanto, podem ser trocados livremente entre átomos, e quando perdem ou ganham elétrons os átomos formam partículas carregadas *chamadas íons*. (p. 19, grifos nossos)

[13] elementos das colunas com dois elétrons a mais, como o cálcio, e elementos de colunas que precisam de dois extras, como o oxigênio, em geral se alinham entre si. É a maneira mais fácil de satisfazer a necessidade dos dois. Elementos de colunas não recíprocas também se combinam de acordo com as mesmas leis. Dois íons de sódio (Na^+) se juntam a um íon de oxigênio (O^{2-}) para formar o óxido de sódio, Na_2O . O cloreto de cálcio se combina como CaCl_2 pelas mesmas razões. De maneira geral, é possível dizer, a partir de uma rápida olhada, como os elementos vão se combinar ao observar sua coluna de números e calcular suas cargas. (p. 22)

Em [13] vemos o que Zamboni (2001) chama de **recuperação de conhecimentos tácitos**, que são entradas no texto que tem o objetivo de explicar conceitos científicos que *a priori* não precisariam ser explicados, pois já estão altamente difundidos e comprovados no meio científico. Porém, supondo um leitor que (talvez) ainda não possui tais conhecimentos, o autor suspende o caminhar da narrativa para fazer tais explicações, o que constitui uma intenção de didaticidade, tendo em vista a preocupação do autor em certificar-se que seu leitor irá compreender o que foi dito anteriormente, e o que será dito adiante. Em [12] vemos entradas que Zamboni chama de **nomeação**. São inserções que tem o objetivo de legitimar o discurso da DC, nomeando um segmento após o autor ter dado um tratamento “mundano” a ele. É característico que essas inserções iniciem com fórmulas metalinguísticas do tipo: *chamadas de x*, ou *a teoria chama de y*, ou *os cientistas chamam de z*. Note-se também a metáfora utilizada pelo autor para se referir à estabilidade eletrônica adquirida pelos átomos com o preenchimento de seus orbitais, onde o autor diz que assim os átomos se sentiriam “satisfeitos”. Salientamos a possibilidade de ensino de ligações químicas e propriedades periódicas com os trechos [12] e [13].

Outro trecho também realiza os mesmos procedimentos de recuperação de conhecimentos tácitos e nomeação como uma forma de preparar o leitor para que pudesse compreender o assunto que virá a seguir a respeito da teoria de Goeppert-Mayer dos núcleos mágicos, como demostramos através dos trechos [14] e [15]:

[14] Dentro do núcleo, o número de prótons positivos – o número atômico – determina a identidade do átomo. Em outras palavras, um átomo não pode ganhar ou perder prótons sem se transformar num elemento diferente. Normalmente, os átomos também não perdem nêutrons, mas os átomos de um elemento podem ter quantidades diferentes de nêutrons – formando variações *chamadas isótopos*. Por exemplo, os isótopos chumbo-204 e chumbo-206 têm números atômicos idênticos (82), porém um número diferente de nêutrons (122 e 124). A soma do número atômico com o número de nêutrons é *chamada de peso atômico*. (grifos nossos) (p.31)

[15] [...] por que alguns elementos, como o oxigênio, têm núcleos tão estáveis? [...] Goeppert-Mayer [...] sugeriu que os prótons e os nêutrons do núcleo estão dispostos em camadas, como os elétrons, e que essas camadas nucleares levam à estabilidade. [...] juntou uma série de experimentos não correlacionados e conseguiu demonstrar

que os núcleos têm mesmo camadas e formam o que ela chamou de núcleos mágicos. [que] não reaparecem periodicamente como as propriedades dos elementos. Essa mágica acontece nos números atômicos 2, 8, 20, 28, 50, 82 e assim por diante. (p.32)

Desta forma, este capítulo apresentou mais traços de cientificidade do que de didaticidade ou laicidade. O que é justificável, já que o autor aborda assuntos como ligações químicas, estabilidade energética e afinidade eletrônica. Contudo, configura-se como um bom exemplo desses traços, que para Zamboni caracterizam o texto de divulgação científica como aquele que pretende difundir os conhecimentos científicos para fora de seu contexto original e para isso mobiliza recursos, técnicas e processos linguísticos para viabilizar a veiculação dessas informações ao público em geral. O quadro 5 mostra, em resumo, os traços encontrados:

Quadro 5 – traços encontrados no capítulo 1

Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade
Narrativa de envolvimento		X	
Tessitura Lexical	X		
Densidade discursiva			X
Aspeamento	X		
Recuperação de conhecimentos tácitos			X
Nomeação			X

Fonte: a autora.

No capítulo 2 – **Quase Gêmeos e as ovelhas negras – a genealogia dos elementos** o autor disserta sobre a semelhança química dos elementos pertencentes ao mesmo grupo da tabela periódica. Começa falando sobre uma proteína, cujo nome é a palavra mais longa do idioma inglês com mais de mil caracteres e que é uma proteína baseada no átomo de carbono. Falando sobre o carbono, puxa o assunto para o silício, e assim o autor vai demonstrando as semelhanças químicas entre os elementos pertencentes ao grupo 14 da tabela periódica – C, Si, Ge. Fala sobre uma doença pulmonar causada pelo “pó de vidro”, o dióxido de silício, que também é expelido por vulcões em atividade. Por ser quimicamente semelhante ao carbono, os

pulmões não veem diferença em absorver SiO_2 da mesma forma que fazem com o CO_2 , o que pode ser fatal. Alguns trechos em especial trazem a perspectiva sobre esta narrativa:

[16] [...]uma doença pulmonar incurável chamada *pneumoconiosis* [pneumoconiose]. A p16 se assemelha à pneumonia e é uma das doenças causadas pela inalação de amianto. A inalação de dióxido de silício, o principal componente da areia e do vidro, também pode causar pneumoconiose. (p.39 – 40, grifo do autor)

[17] Trabalhadores de construções, que usam lixas o dia todo, ou de linhas de montagem de materiais de isolamento, que inalam pó de vidro, com frequência são vitimadas pela p16 por conta do silício. (p.40)

A partir dessa temática, podem surgir temas geradores de debates no **enfoque CTS** a respeito da segurança no trabalho, industrialização e saúde. Se tornaria útil uma pesquisa, no contexto da educação, sobre a legislação a respeito do uso de materiais que contém amianto. Cabe também uma abordagem contextualizada desse tema com conceitos científicos como: os principais componentes químicos do amianto, abundância do silício na terra (geometria molecular estável), semelhança química entre elementos do mesmo grupo (carbono e silício) que favorece a absorção da sílica nos pulmões, pois a sílica expelida por vulcões em atividade pode ser especialmente prejudicial à saúde de moradores das imediações. Com essas contextualizações, se produz a concepção de Solomon (1993, p. 19, *apud* CHRISPINO, 2017, p. 85) de que as características do CTS no campo do ensino devem incluir uma compreensão das ameaças ambientais e à qualidade de vida. Além disso, o ensino com enfoque CTS deve ser capaz de corroborar com a formação de um cidadão letrado cientificamente que possa direcionar a sua prática cidadã à resolução de problemas relacionados à tecnologia e à sociedade industrial (SANTOS E MORTIMER, 2001; WAKS, 1992), e por isso a problemática relacionada ao amianto e à inalação do silício abordados no livro podem ser úteis para a aplicação do ensino contextualizado de propriedades periódicas e problemas sociais e ambientais envolvendo este elemento químico.

O autor fala também sobre a questão dos semicondutores eletrônicos primeiramente feitos de germânio, porém os transistores de germânio geravam calor extra e o equipamento não funcionava bem em altas temperaturas. O Silício era mais abundante, barato e eficiente como semicondutor e por isso hoje existe o vale do silício e não do germânio, na Califórnia.

Neste capítulo, há dois exemplos do *tom* que se fala no discurso, onde o autor descreve a invenção do primeiro transistor de germânio em 1947. Inventado por Bardeen e Brattain, os transistores seriam a promessa da substituição das problemáticas válvulas a vácuo em computadores de grande porte, pois eram frágeis e tendiam a superaquecer. Além disso, [Digite aqui]

ocupavam espaços enormes chegando a encher andares de um prédio. Porém, as válvulas eram necessárias para amplificar os sinais eletrônicos, além de direcionarem o fluxo de elétrons em uma direção específica. Por seu trabalho, Bardeen, Brattain e Shockley ganharam um prêmio Nobel. A seguir, os trechos:

[18] Para a sorte de Bardeen, sua parte na história teve um final feliz, ainda que de forma canhestra. Seu trabalho com semicondutores de germânio se provou tão importante que ele, Brattain e, *suspiro*, Shockley ganharam o Prêmio Nobel de física de 1956. (p. 46) (grifo do autor)

[19] E no dia da cerimônia ele [Bardeen] e Brattain ficaram tão emocionados com o encontro com o rei Gustav VI da Suécia que tomaram quinino para acalmar o estômago. O que provavelmente não ajudou quando o rei repreendeu Bardeen por ter deixado os filhos em Harvard (ele teve medo de que eles perdessem uma prova) em vez de irem para a Suécia com ele. Diante dessa censura, Bardeen disse brincando que, *ha, ha*, traria os filhos da próxima vez em que ganhasse um Prêmio Nobel. (grifo nosso) (p. 46)

A palavra “suspiro” está destacada porque anteriormente o autor fala que Shockley, supervisor de Bardeen e Brattain, estava em Paris no período em que eles inventaram o transistor. Ansiando pelos créditos, Shockley voltou apressadamente aos EUA e inseriu-se no contexto dos transistores. Acabou recebendo os créditos pela invenção, e Bardeen e Brattain saíram como assistentes. *Suspiro* e *ha, ha* conferem ao discurso e à narrativa fenômenos característicos da oralidade: ritmo e entonação, que conforme Maingueneau (1989, *apud* ZAMBONI, 2001) conferem uma “voz” ao discurso e constituem-se como uma das dimensões da formação discursiva.

Ainda no capítulo 2, o autor introduz o conceito de semelhanças químicas e físicas de elementos que pertencem a um mesmo grupo da tabela periódica. Para isso, faz a comparação entre os elementos Carbono (C) e Silício (Si) explicando que, por mais que os dois possam fazer 4 ligações covalentes, apenas o carbono é responsável pelas formas de vida na terra, como é possível ver nos seguintes trechos:

[20] o carbono tem mais em comum com o elemento abaixo dele, o silício, do que com seus dois vizinhos horizontais, o boro e o nitrogênio. (p. 39)

[21] E infelizmente para os fãs de ficção científica, o silício simplesmente não consegue fazer os truques maravilhosos que o carbono pode fazer. (p. 39)

Desta forma, o autor continua sua corroboração sobre semelhanças químicas entre os elementos químicos Carbono e silício, que pertencem ao mesmo grupo da tabela periódica. O autor fala também dos elementos Oxigênio (O) e Nitrogênio (N), capazes de fazer duas e três

[Digite aqui]

ligações covalentes, respectivamente. Para isso, utiliza bastante o recurso da **tessitura lexical**, como mostram os trechos:

[22] Como já estão acostumados com dióxido de carbono, nossos pulmões não veem nada de errado em absorver o seu *primo* SiO₂, que pode ser fatal. (p. 40, grifo nosso)

[23] Ademais, por carregar mais elétrons do que o carbono, o silício é mais volumoso, como um carbono com uns *25 quilos a mais*. (p. 42, grifo nosso)

[24] Não é tão difícil encontrar dois elétrons, e o *agressivo* oxigênio pode ditar seus próprios termos e bancar o *valentão* com outros átomos. (p. 37, grifo nosso)

[25] Mas essa mesma aritmética mostra que o pobre carbono, elemento 6, tem quatro elétrons sobrando depois de preenchido seu primeiro orbital, e, portanto, precisa de mais quatro elétrons para completar oito. Isso é mais difícil de fazer, e o resultado é que o carbono não é nada exigente para formar ligações *e se junta com quase qualquer coisa*. (p. 37, grifo nosso)

[26] Essa *promiscuidade* do carbono é a sua virtude. (p. 38, grifo nosso)

[27] O nitrogênio também precisa de ligações múltiplas para se manter *feliz*, ainda que não no mesmo nível do carbono. (p. 38, grifo nosso)

Nestes trechos, a distância da linguagem formal fica bem evidente e para Zamboni (2001, p. 17) esses recursos constituem parte da estratégia comunicacional “de facilitar a compreensão da ‘mensagem’, tornando-a, além disso, atraente e convidativa à leitura.”

Inferimos aqui mais uma vez a possibilidade de **ensino CTS**: silício e germânio sendo semicondutores que são usados na eletrônica, porém apenas o silício se consolidou no mundo da informática e hoje é usado em todos os transistores e microchips fabricados no mundo – sem ele não teríamos computadores, celulares, ou qualquer aparelho eletrônico; é possível também falar sobre o Vale do Silício, na Califórnia (EUA) – maior polo de tecnologia do mundo, que concentra grandes empresas como a Google®, Intel®, Facebook®, empresas de tecnologia farmacêutica e outras.

Falar do Silício e da sua importância no mundo tecnológico é extremamente relevante para aliar o ensino de Química ao **enfoque CTS**, pois como salientam Hofstein, Aikenhead e Riquarts (1988, p. 358 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 113) “o CTS pode ser caracterizado como ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia a dia”. O trecho a seguir exemplifica a narrativa dedicada pelo autor à questão da tecnologia atrelada ao elemento químico silício:

[28] Nós usamos silício em nossos computadores, em microchips, em carros e calculadoras. Semicondutores de silício puseram o homem na Lua e são responsáveis

[Digite aqui]

pela internet. Mas se as coisas tivessem sido diferentes sessenta anos atrás, hoje todos poderíamos estar falando sobre o Vale do Germânio, no norte da Califórnia. (p.43)

Portanto, salientamos que a narrativa do capítulo 2 contém aspectos excepcionais para a abordagem de ensino voltada para a formação de um cidadão que possa compreender como a tecnologia influencia o modo de vida moderno, e aliado a isso o conhecimento científico foi capaz de propiciar avanços e melhorias em aparatos tecnológicos que revolucionaram o processamento de dados, tendo em vista que “atualmente a tecnologia está associada diretamente ao conhecimento científico, de forma que hoje tecnologia e ciência são termos indissociáveis” (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 117). Assim, ciência e tecnologia andam juntas na construção do mundo moderno.

Desta forma, enfatizamos nesse capítulo a presença apenas da **tessitura lexical**, que é um traço de didaticidade bastante utilizado pelo autor ao abordar o assunto de Ligações Químicas. Portanto, é possível uma contextualização do ensino deste conteúdo através do capítulo 2. Além disso, salientamos o grande potencial deste capítulo para o **ensino CTS** através da abordagem histórica da construção dos primeiros transistores, que sabidamente foram um grande avanço tecnológico no ramo de processamento de dados no século passado e hoje se encontram em nossos celulares, notebooks e tantos outros aparelhos. Discutir o impacto profundo desses aparatos tecnológicos no nosso cotidiano, fazendo o resgate histórico que o livro a colher que desaparece faz, proporciona o que López e Cerezo definem para a proposta curricular CTS: “uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos (LÓPEZ; CEREZO, 1996 *apud* SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 113).

O capítulo 3 – **As ilhas Galápagos da tabela periódica** - inteiro é uma boa exemplificação do que Zamboni (2001) chama de **literarização das narrativas** – que ocorre quando o autor desconstrói o formato tradicional do *paper* (artigo científico estruturado geralmente com introdução, metodologia e análise de dados) para dar lugar a narrativas que contam histórias que mais se identificam com o gênero literário do que com gênero científico. O autor vai desencadeando os acontecimentos, dando lugar a um sujeito literário que narra de forma intuitiva e calorosa.

Este capítulo contém uma interessante narrativa sobre o histórico da Tabela Periódica. Aproximadamente 5 páginas são dedicadas a Dimitri Mendeleiev (considerado o pai da tabela

periódica) incluindo os percalços de sua vida (em forma de uma minibiografia), seu trabalho, genialidade, erros e acertos do percurso até chegar no seu modelo de tabela periódica:

[29] A ciência precisa de heróis, tanto quanto qualquer outro meio, e Mendeleiev tornou-se protagonista da história da tabela periódica por uma série de razões. Uma das razões foi sua incrível biografia. Nascido na Sibéria, filho mais novo de catorze irmãos, Mendeleiev tinha treze anos em 1847, quando perdeu o pai. Corajosa para sua época, sua mãe assumiu uma fábrica de vidro local para sustentar a família. [...] Depositando suas esperanças na inteligência do filho, ela o despachou na sela de um cavalo por quase 2 mil quilômetros através das estepes íngremes e cobertas de neve dos montes Urais para chegar a uma universidade de elite em Moscou – que rejeitou Mendeleiev por ele não ser natural da região. Inabalável, mamãe Mendeleiev botou o filho a cavalo de novo e viajou mais 650 quilômetros até a universidade onde seu pai havia estudado, em São Petersburgo. Assim que o viu matriculado, ela morreu. (p. 51)

Perceba-se no trecho [29] a sutileza com que a narrativa escorrega pela história, envolvendo o leitor a cada linha, deixando-o interessado em saber o final dos acontecimentos. Com destreza e até mesmo com um pouco de esperteza, o autor vai introduzindo o assunto científico em questão, mas sem desvencilhar a parte histórica e literária da narrativa:

[30] Mendeleiev se revelou um estudante brilhante. Quando se formou, foi estudar em Paris e em Heidelberg, onde o eminente Bunsen o orientou por um tempo [...] voltou a São Petersburgo como professor nos anos 1860 e lá começou a pensar na natureza dos elementos, trabalho que culminou em sua famosa tabela periódica de 1869. [...] O mais sério rival de Mendeleiev foi Julius Lothar Meyer, um químico alemão com uma barba branca desganhada e cabelos negros emplastrados. [...] publicou sua tabela periódica praticamente na mesma época em que Mendeleiev, e, em 1882, os dois dividiram um prestigioso antecessor do Prêmio Nobel, chamado Davy Medal, pela descoberta simultânea da “lei periódica”. [...] Mendeleiev também revisou sua tabela de forma obsessiva, chegando a escrever os nomes dos elementos em pequenos cartões para jogar uma espécie de paciência química em seu escritório. [...] Enquanto tanto ele como Meyer deixaram espaços em branco onde nenhum elemento se encaixava na tabela, Mendeleiev, ao contrário do medroso Meyer, teve a coragem de prever o lugar onde os novos elementos se encaixariam. *Procurem com mais afinho, químicos e geólogos, ele parecia instigar, pois vocês ainda vão encontrá-los.* (p. 53, grifo do autor)

Como mostra o trecho acima, apesar de Meyer também ter trabalhado na lei periódica e ter, inclusive, previsto que haveriam elementos químicos que ainda não tinham sido descobertos, apenas Mendeleiev conseguir prever características específicas de tais elementos, chegando inclusive a nomeá-los. Salientamos que estes trechos uma oportunidade para ensino de Tabela Periódica para além de memorizações, pois ao conhecer o caminho percorrido pelos cientistas na sua produção, o aluno poderá enxergar a importância da organização dos elementos, que traz informações essenciais sobre eles, fazendo da sua geografia o seu destino – assim como diz o título do capítulo 1 – que faz uma alusão ao fato de o posicionamento de

[Digite aqui]

um elemento químico na Tabela periódica ser determinante para aquele elemento ter características químicas e físicas específicas.

A narrativa continua com a história por trás de um dos elementos que Mendeleiev previu que ainda iria ser descoberto – e que ele chamou de eka-alumínio – foi descoberto por Lecoq de Boisbaudran em 1875, na França, usando o espectroscópio inventado por Robert Bunsen. Esta narrativa conta a história desse elemento, Gálio, que dá origem ao nome da presente obra analisada – A colher que desaparece. O trecho a seguir mostra recortes desta narrativa:

[31] [...]Ele chamou o elemento de gálio, em homenagem à Gália, o nome latino da França. (Adeptos de teorias conspiratórias o acusaram de espertamente ter batizado o elemento com seu nome, já que Lecoq, ou “o galo”, é *gallus* em latim.) Lecoq de Boisbaudran decidiu que queria segurar e sentir seu novo achado nas mãos, por isso resolveu purificar uma amostra do elemento. Demorou alguns anos, mas, em 1878, o francês afinal obteve um belo e puro pedaço de gálio. Apesar de sua forma sólida numa temperatura ambiente moderada, o gálio derrete a 29°C, o que significa que, se você segurá-lo na palma da mão (a temperatura do corpo é de cerca de 36,5°C), o material se derrete numa pequena poça granulosa e espessa quase como mercúrio. [...] Um dos truques mais populares, já que o gálio é facilmente moldável e parece alumínio, é fazer colheres de gálio, servir numa xícara de chá e observar quando o convidado se assusta ao ver o chá Earl Grey “comer” o utensílio. (p. 56)

Perceba-se a **literarização da narrativa** presente no trecho, que intercala informações que, pretensiosamente poderíamos dizer, são cientificamente irrelevantes (como a motivação da escolha do nome do elemento químico em questão) com informações mais científicas, como o ponto de fusão do gálio, características físicas, e as situações em que ele se torna líquido. Por fim, para dar um tom de leveza e curiosidade, o autor menciona a “pegadinha” que se faz com a “colher que desaparece”. É possível ver também o recurso **tessitura lexical**, quando o autor usa de metáfora dizendo que chá “come” a colher feita de Gálio.

Portanto, esse capítulo traz como traços característicos do discurso da DC a **tessitura lexical** e a **literarização da narrativa**, ambos classificados como traços de didaticidade. É um capítulo bastante narrativo e histórico, que apresenta potencial para aplicação no ensino de Química no assunto de Tabela Periódica, pois o autor refaz os passos dos cientistas que primeiro tentaram “colocar ordem” nos elementos, principalmente Dimitri Mendeleev. Consideramos essa abordagem histórica importante para o ensino deste conteúdo, pois é por meio da história que os conceitos e conteúdos podem ser melhor compreendidos através da importância que se dê à evolução e sequência dos fatos, mostrando o conhecimento como algo construído em sua dimensão histórica, política e social.

O Capítulo 4 – **De onde vem os átomos? Todos somos feitos de material das estrelas**

- fala sobre a origem do universo e sobre o projeto B2FH, que estudou o comportamento das estrelas quando o hidrogênio em seu interior acaba (as estrelas fundem H em He no seu interior para gerarem energia a si próprias). Quando isso acontece, o He formado começa a se fundir numa tentativa da estrela de conseguir mais energia. Com isso, começam a se formar elementos químicos de número atômico par, e se alguns prótons e nêutrons se fundirem a eles, então se formam os elementos ímpares – esses elementos são Li, B, Be e C. O Hélio queimado não dura muito tempo e esse tipo de estrela dura alguns milhões de anos. Estrelas pequenas quando morrem se tornam massas de carbono derretido chamadas de anãs brancas. Se a estrela for grande ela vai fundir átomos de carbono para formar mais seis elementos até o Mg. O projeto rastreia esses processos até a formação do Fe. Os trechos a seguir representam um pouco desta narrativa

[32] Em meados dos anos 1950, um punhado de astrônomos perspicazes percebeu que as próprias estrelas são vulcões celestiais. Embora não estivessem sozinhos, Geoffrey Burbidge, Margaret Burbidge, William Fowler e Fred Hoyle fizeram o máximo para explicar a teoria da nucleossíntese estelar num famoso estudo de 1957 conhecido simplesmente, para os peritos, como B2FH. (p.68)

[33] Estrelas que *ruminam* hidrogênio durante éons se transformam de uma forma mais radical do que qualquer alquimista se atreveria a sonhar. (p. 68, grifo nosso)

[34] Desesperadas para manter suas altas temperaturas, as estrelas com falta de hidrogênio começam a queimar e a fundir hélio em seus núcleos. [...] Em pouco tempo, quantidades consideráveis de lítio, boro, berílio e em especial de carbono se acumulam no interior das estrelas. (p. 68)

[35] Em decorrência do B2FH, hoje os astrônomos podem considerar, [que] quando encontram ferro em uma estrela não precisam se preocupar em procurar nada menor – sempre que o ferro é identificado, é seguro supor que o resto da tabela periódica até esse ponto estará representado. (p. 69)

Note-se a metáfora utilizada em [33] para explicar que as estrelas se utilizam da energia proveniente da fusão nuclear dos átomos de hidrogênio para se manterem vivas.

O autor continua a narrativa explicando que antes de uma estrela de grande porte morrer por falta de Hélio, ela implode em sua própria gravidade e após isso explode, gerando o que se chama de supernova.⁴ Neste processo se formam os elementos mais pesados que são espalhados pelo espaço. A partir daí o autor descreve: os planetas do sistema solar em relação aos elementos

⁴ Supernova é um corpo celeste pontual com luz extremamente intensa que dura algumas semanas. São geradas por explosões de estrelas anãs brancas, através da fusão de carbono e hidrogênio em seu interior. CHAVES, Alaor. **Supernova:** a morte catastrófica de grandes estrelas. Caeté: Mg. 2011. Disponível em <http://www.observatorio.ufmg.br/Pas105.htm> Acesso em: fev. 2021.
[Digite aqui]

químicos; a origem do universo; a idade do planeta Terra através da análise de Pb; e a extinção dos dinossauros pela análise de uma fina camada de irídio encontrado em depósitos de calcário, demonstrando algo como uma “nuvem” de irídio que assolou a terra (é importante salientar que o irídio é mais facilmente encontrado no interior da Terra e em corpos celestiais como meteoros), dando a ideia uma possível colisão de um grande corpo estelar com a península de Yucatán no México que teria dizimado os dinossauros.

Com toda essa abordagem a respeito do cosmos e da fundamentação científica baseada na química que explica a composição do universo, o autor nos proporciona uma visão metafísica da existência do ser humano e do porquê do universo é evidenciada pelo autor logo no início do capítulo, através do trecho a seguir:

[36] Havia um bocado de pelejas metafísicas sobre quem (ou Quem) poderia ter criado o cosmos e por quê, mas o consenso era de que o tempo de vida de todos os elementos coincidia com a vida do universo. Eles não são criados nem destruídos: os elementos simplesmente são. (p.67)

Para Mora (2015) pensar sobre o universo infinito e imutável faz parte da busca humana por um pertencimento, motivo e finalidade de sua existência; além de ser essencial nos livros de literatura de DC.

Apesar deste capítulo ser fundamentalmente de cunho literário, com histórias, curiosidades, informações que causam espanto e curiosidade, foi possível ver alguns **procedimentos explicativos**, que para Zamboni (2001), são entradas no texto que objetivam explicar conhecimentos que estão relativamente distantes do público leigo. Trago dois exemplos onde tais procedimentos se deram por meio de **aposição**. A seguir, um trecho que explica de onde as estrelas “conseguem” energia para manterem-se vivas e outro que fala sobre o elemento químico irídio:

[37] Com o tempo, o hidrogênio se encaroçou para formar estrelas, e a extrema pressão gravitacional dentro das estrelas começou a fundir o hidrogênio em hélio, *um processo que alimenta todas as estrelas do céu*. (p. 68, grifo nosso)

[38] Era estranho também que aquele barro contivesse seiscentas vezes o nível normal do elemento irídio. O irídio é um siderófilo, *um elemento que adora ferro*, e como resultado a maior parte do irídio está presa no núcleo de ferro derretido da Terra. A única fonte comum de irídio são os meteoros ricos em ferro, asteroides e cometas. (p. 77, grifo nosso)

Os trechos acima mostraram o uso de aposto (com grifos nossos) para dar cabo ao procedimento explicativo. Um procedimento que também tem função explicitadora é a

[Digite aqui]

definição. É possível verificar a inserção de uma **definição por justaposição metalinguística** nos trechos a seguir:

[39] Os planetas mais impressionantes, os gigantes gasosos, se formaram quando um vento estelar – *um jato de matéria ejetado pelo Sol* – soprou elementos mais leves para mais longe. Entre esses gigantes, o mais gasoso é Júpiter, que por várias razões é uma ilha da fantasia para os elementos, pois lá eles podem viver em formas nunca imaginadas na Terra (p. 70, grifo nosso)

[40] Você deve se lembrar de ter visto na escola aqueles números debaixo de cada elemento da tabela periódica. Eles indicam o peso atômico do elemento – *o número de prótons mais o número de nêutrons*. (p.74, grifo nosso)

Em [39] o trecho destacado mostra a explicação dada pelo autor do que é um vento estelar, e para Zamboni (2001), a definição por justaposição metalinguística consiste em um segmento explicitador que aponta para o objeto ao falar dele. Em [40] o autor dá a explicação do que significa o peso atômico de um elemento. Destaco também a presença da **tessitura lexical**, quando o autor se refere ao planeta Júpiter como uma “ilha de fantasia para os elementos”.

Portanto, foi expressivo nesse capítulo os **procedimentos explicativos** e as **definições** que são traços de didaticidade, tendo em vista que o assunto abordado, astroquímica, necessita de explicações considerando que são dirigidas a um receptor leigo, desconhecedor de termos científicos.

Os capítulos 5 e 6 tratam do envolvimento de alguns elementos químicos com cenários de guerra. No capítulo 5 – **Elementos em tempo de guerra** -, o autor fala sobre gases usados como armas químicas em guerras. Começa falando sobre o Bromo (Br), que na primeira guerra mundial em 1914 foi utilizado pelos franceses em forma de bomba de bromoacetato de etila – um composto altamente irritante ao nariz e aos olhos. Porém as bombas caíram em um precipício e o gás se dispersou antes que os alemães fossem atingidos. O autor comenta também sobre um cientista importante - Fritz Haber. O alemão foi responsável por descrever um processo simples de síntese de amônia (NH_3) a partir de nitrogênio do ar – processo fundamental para a fabricação de fertilizantes. Porém, ele não estava interessado nos fertilizantes, e sim na fabricação de explosivos a base de nitrogênio, e assim os militares alemães o promoveram a capitão na primeira guerra. Paralelamente, Haber continuava trabalhando com gases tóxicos para serem usados na guerra. Depois de o bromo não ter dado certo, Haber partiu para o cloro. E assim o autor continua com a explicação de semelhança química de elementos do mesmo grupo, como fez em capítulos anteriores.

O cloro, se localiza logo acima do bromo na tabela periódica e é ainda mais prejudicial à respiração. Ao inalar Cl_2 , a vítima morre devido a formação de ácido clorídrico (HCl) nos pulmões. Por causa do trabalho de Haber, a substituição do bromo pelo cloro na fabricação de gases tóxicos deu lugar a um capítulo cruel na segunda guerra mundial. Eram os gases: grunkreuz, ou “cruz verde”; o blaukreuz, ou “cruz azul”; e o terrível agente vesicante gelbkreuz, ou “cruz amarela”, também conhecido como gás mostarda, todos os três à base de cloro.

Neste capítulo temos como impressão mais marcante, a presença de traços e laicidade e de assuntos que podem ser abordados com **ênfoque CTS** no ensino de Química. O trecho a seguir demonstra a abordagem de um assunto muito relevante - a elaboração dos fertilizantes a partir do trabalho de Haber:

[41] Por volta de 1900, [Haber] tornou-se um dos mais famosos cientistas do mundo ao descobrir como converter a substância química mais comum – o nitrogênio existente no ar – em um produto industrial. (p. 83)

[42] [o nitrogênio] é tão crucial para as plantas como a vitamina C para os humanos (Quando plantas insetívoras pegam insetos, é do nitrogênio do bicho que elas estão atrás.) (p. 84)

[43] São muitos os passos do processo que Haber inventou para “capturar” nitrogênio, com muitas substâncias químicas aparecendo e desaparecendo. Resumindo, ele aqueceu o nitrogênio a centenas de graus, injetou gás hidrogênio, aumentou a pressão para centenas de vezes mais do que pressão normal do ar, adicionou uma parte importante de ósmio como catalisador e *voilà*: o ar comum se transmutou em amônia, NH_3 , o precursor de todos os fertilizantes. (p. 84)

[44] [...] até hoje devemos a ele [Fritz Haber] a capacidade que temos de alimentar os 6,7 bilhões de habitantes do planeta. (p.84)

Em [41] o autor destaca que Haber se tornou um dos cientistas mais famosos do mundo devido à relevância social do seu trabalho. A inserção parentética de [42] tem a intenção de complementar a informação. Em [43], o trecho se aproxima do que Queiroz e Ferreira (2013) denominam de **descrição de metodologia científica**, que se configura como um traço de cientificidade, principalmente por que descreve um processo metodológico inerente aos processos do campo científico, no caso o procedimento laboratorial da síntese da amônia.

O trecho [44] traz a **aproximação do conteúdo com o cotidiano do leitor** na questão dos fertilizantes. A laicidade se faz presente aí, pois como afirmam Queiroz e Ferreira (2013, p. 950) “traços dessa natureza são evidenciados por meio de recursos discursivos que envolvem a relação da temática científica tratada no TDC com o cotidiano do leitor” e portanto inferimos a possibilidade de ensino com **ênfoque CTS** para este tema no contexto social, tendo em vista que a utilização de fertilizantes é uma temática bastante controversa pois ao passo que

[Digite aqui]

proporciona o melhor aproveitamento das lavouras e conseqüentemente a chegada dos alimentos à mesa das pessoas, também é alvo de críticas pois a abundância desses alimentos tem gerado desperdício. Além disso, a desigualdade da distribuição de alimentos numa escala mundial é motivo de preocupação social, porque enquanto alimentos perdem a validade nas prateleiras dos supermercados das grandes cidades, muitas pessoas em situação de pobreza ainda sofrem com a fome. A respeito disso, Silva (2005) salienta que a escolha de temas geradores para o ensino com enfoque CTS deve se basear em temas de natureza controversa, que possibilitem debates, diferentes análises e interpretações; deve ser relevante no contexto em que os alunos estão inseridos e deve abarcar as três dimensões da sigla CTS, proporcionando a interação entre o aspecto científico (descoberta do procedimento químico da síntese da amônia), o aspecto tecnológico (agronegócio mundial baseado no uso de fertilizantes) e o aspecto social (distribuição desigual de alimentos, fome, desperdício, armas químicas fabricadas na época da 2ª guerra mundial a partir da amônia).

O cunho literário da obra continua, onde o autor relata que depois de alguns anos, Haber, ironicamente, foi morto pelos alemães por ter origens judaicas. Após isso, a Alemanha se concentrou na fabricação de armas de aço enriquecidas com Molibdênio. Os alemães também procuravam por tungstênio pois artefatos fabricados com esse metal eram capazes de perfurar blindagens devido à alta densidade do tungstênio. A partir daí o autor comenta sobre todo o processo de extração e comércio de molibdênio e tungstênio durante a guerra e explica suas propriedades de acordo com sua posição na tabela periódica. Os trechos a seguir representam essas informações:

[45] Paralelamente aos investimentos em guerra com gás, durante a Primeira Guerra os militares alemães começaram a explorar um bolsão diferente da tabela periódica e acabaram decidindo que ameaçar os combatentes inimigos com dois metais, o molibdênio e o tungstênio, *fazia mais sentido do que escaldá-los com cloro ou bromo*. Mais uma vez a guerra se voltava para a química simples e básica da tabela periódica. (p. 88, grifo nosso)

[46] [...] a famosa empresa de armas Krupp encontrou uma receita para reforçar o aço, temperando-o com molibdênio. O molibdênio conseguia suportar o excesso de calor porque derrete a 2.620°C, milhares de graus acima do ferro, *o principal metal componente do aço* [...] ademais, quando a temperatura se altera, os átomos dos sólidos se rearranjam de forma espontânea e, em geral, desastrosa, o que costuma resultar em metais quebradiços que racham e falham. Quando se trata o aço com molibdênio, os átomos de ferro ficam mais unidos, o que evita que se agitem tanto. (p. 89, grifo nosso)

[47] Em 1918, a Alemanha ainda usou canhões de aço molibdênio para bombardear Paris a uma incrível distância de 120 quilômetros. (p. 91)

[48] Quando a Segunda Guerra Mundial eclodiu, o molibdênio já havia sido substituído na produção de aço pelo elemento logo abaixo na tabela periódica, o tungstênio. (p. 91)

[49] A Alemanha nazista ansiava por tungstênio para construir maquinário e mísseis que perfurassem blindagens. (p. 92)

É interessante notar o coloquialismo nas palavras do autor no trecho destacado em [45] que configura como o recurso chamado de **tessitura lexical**, já mencionado anteriormente. Para Zamboni (2001, p. 115) este recurso se configura como “o afrouxamento das restrições [da linguagem formal] e dá vazão a enunciações espontâneas e intuitivas”. Em [46] constata-se o emprego da **aposição** (uso de aposto) no trecho destacado para um **procedimento explicativo**, no caso explicitando que o aço não é um elemento químico, e sim uma mistura onde o principal componente é o ferro. Os trechos [47], [48] e [49] demonstram o cunho narrativo e literário abordado na obra, que tem como principal objetivo manter o leitor interessado e envolvido na leitura. Note-se que em [48] o autor leva a narrativa à menção da propriedade periódica a respeito da semelhança química entre elementos pertencentes ao mesmo grupo da tabela periódica.

Após isso, o autor fala sobre a extração do Nióbio e do Tântalo na África central, elementos químicos necessários à fabricação de smartphones. A demanda por esses elementos aumentou exponencialmente a partir da década de 90, o que ajudou a tensionar a guerra civil no local devido a competitividade pela exploração desses metais. Os trechos a seguir contém uma variedade de recursos linguísticos e lexicais pertinentes:

[50] Infelizmente, com todos os avanços tecnológicos obtidos durante a revolução dos metais, alguns elementos continuam a auxiliar as guerras. (p. 95)

[51] É bem provável que você tenha tântalo ou nióbio no bolso neste momento. (p. 95, grifo nosso)

[52] Assim como seus vizinhos na tabela periódica, esses dois elementos *são metais densos, resistentes ao calor e não corrosivos que seguram bem uma carga elétrica* qualidades que o tornam vitais para telefones celulares compactos. (p. 95, grifo nosso)

[53] Entram em cena o tântalo, o nióbio e a *tecnologia* dos celulares. (p. 96, grifo nosso)

[54] O Congo tem 60% do suprimento mundial dos dois metais, que se misturam no solo na forma de *um mineral chamado coltan, ou columbita-tantalita*. Quando a produção de celulares deslanchou – as vendas subiram de praticamente zero em 1991 para um bilhão em 2001. (p. 96, grifo nosso)

[55] Qualquer um com uma pá e uma boa espinha dorsal podia retirar o material de leitos de riachos (*ele parece uma lama espessa*). (p. 96, grifo nosso)

[56] [...]os mineiros congolese não faziam ideia do uso que se fazia do mineral, sabiam apenas que os brancos pagavam pelo produto e que os lucros poderiam ser usados para apoiar as milícias de sua preferência. (p. 96)

[57] O Congo foi consumido por conflitos entre 1998 e 2001, quando os fabricantes de telefones celulares perceberam que estavam financiando uma anarquia. (p. 97)

[58] Num cálculo geral, mais de 5 milhões de pessoas morreram no Congo desde meados dos anos 1990, o que representa a maior perda de vidas humanas desde a Segunda Guerra Mundial. (p. 97)

Em [51] tem-se um recurso que Zamboni (2001) chama de **interlocução direta com o leitor**, que consiste em uma forma de fazer o leitor sentir-se parte do processo, uma forma de buscar sua participação ativa. Ao falar diretamente com o leitor, o autor busca fazê-lo perceber a importância e a proximidade com a vida cotidiana a respeito do assunto que está sendo abordado.

Em [54] o autor utiliza um recurso denominado por Zamboni de **nomeação** para explicar de qual minério se extraem os metais Nióbio e Tântalo. Para a autora, esse recurso tem a função de legitimar a atividade enunciativa do discurso de DC. Na fala que antecede o termo nomeado, usa-se uma linguagem mais “acessível” para somente depois inserir o termo científico. É por isso que, em geral, essas inserções são acompanhadas de fórmulas metalinguísticas do tipo: *a teoria chama de x..., os cientistas denominam de y..., processo chamado de z...* etc. Em [55] o autor utiliza **uma inserção parentética** como um **procedimento explicativo**, para complementar a informação que ele havia dado sobre o mineral coltan.

Já nos trechos [50], [52], [53], [56], [57] e [58] o autor explora o viés tecnológico e social associado aos elementos Nióbio e Tântalo, que por suas características físicas e químicas são usados até hoje em smartphones. A mineração e exploração desses elementos no Congo ajudou a financiar a guerra civil instaurada neste país, que acabou por vitimar mais de 5 milhões de pessoas. Este tema é bastante relevante para conscientizar os alunos a respeito das consequências sociais e ambientais do avanço da tecnologia relacionada ao uso do smartphone. A respeito disso, Cerezo (1998) diz que adicionar conteúdos CTS ao ensino de ciências faz os temas puramente científicos serem mais interessantes, e Chrispino (2017) diz que a abordagem CTS procura trabalhar a realidade, tendo em vista que os aparatos tecnológicos tem se tornando cada vez mais indispensáveis ao dia-a-dia e às relações sociais.

Portanto, este capítulo apresentou uma variedade de traços de didaticidade, laicidade e cientificidade como mostram o quadro 6. A presença de tais traços revelam o esforço do autor/divulgador em transformar a linguagem hermética e difícil da ciência em compreensível para muitos, através da utilização desses recursos linguísticos característicos de cada traço.

[Digite aqui]

Quadro 6: traços encontrados no capítulo 5

Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade
Descrição de metodologia			X
Aproximação do conteúdo com o cotidiano do leitor		X	
Tessitura Lexical	X		
Procedimento explicativo (aposição)	X		
Procedimento explicativo (inserção parentética)	X		
Interlocução direta com o leitor	X		
Nomeação			X

Fonte: a autora.

Além disso, sugerimos o ensino com **enfoque CTS** para dois temas de grande relevância abordados neste capítulo:

- a) Fertilizantes;
- b) Extração do Nióbio e Tântalo para fabricação de *smartphones* financia guerra civil no Congo.

Estes temas expressam as ideias de Caamaño (1995, p. 4, *apud* SILVA, 2005) quando o autor estabelece 3 objetivos principais do ensino de Ciências numa perspectiva CTS, dentre os quais 2 são relevantes para o Ensino de Química dentro do contexto da utilização do livro *A colher que desaparece*: abordar aplicações científicas que tenham relevância social e propiciar que os alunos consigam conectar a ciência com suas aplicações tecnológicas; e abordar as implicações sociais e éticas do uso da tecnologia.

Rosenthal (1989, *apud* SILVA, 2005) considera importante que os conteúdos presentes no ensino CTS sejam também voltados às questões externas, ou seja as questões sociais da

Ciência. Isso inclui o estudo da história da Ciência e da Tecnologia em relação às influências que determinados fatos históricos tiveram na história da humanidade.

O capítulo 6 – **Completando a tabela com um estrondo** – tem por objetivo falar do avanço da ciência em relação à invenção das bombas atômicas e como elas foram usadas nas guerras. O autor conta como Henry Moseley criou um meio de identificar átomos a partir de sua carga nuclear (n. atômico) bombardeando átomos com feixes de elétrons através de uma relação matemática entre o comprimento de onda dos raios X emitidos e o número de prótons. A partir desse experimento foi possível analisar amostras de minérios contendo terras raras e definir quais metais constavam ali. Vários cientistas começaram a descobrir outros elementos e terminar de preencher a tabela de Mendeleev foi se tornando possível. Em 1949, três cientistas do Tennessee descobriram o último elemento que faltava, o 61. O autor fala também sobre a radioatividade, o problema relacionado aos isótopos (enquanto não se sabia da existência dos nêutrons) e depois fala sobre o trabalho de Rutherford na descoberta dos nêutrons, e como isso explicava a radioatividade (decaimento alfa, beta e gama). Assim os cientistas começaram a pensar em reações nucleares com bombardeamento de nêutrons. Isso criava reações em cadeia. Assim, os cientistas do projeto Manhattan receberam ordens para calcular a quantidade de plutônio e urânio necessária para fazer uma bomba. Este capítulo fala também sobre a bomba de cobalto, que libera radiação gama.

Ao explicar o experimento de Moseley, a partir do qual os elementos químicos passaram a ser organizados na tabela periódica por meio do seu número atômico (número de prótons presentes no núcleo do átomo), o autor utiliza o artifício da **recuperação de conhecimentos tácitos**, que segundo Zamboni (2001, p. 99) são conhecimentos os quais “não cabe mais sujeitar a comprovação ou contestação”, como mostra o trecho a seguir:

[59] *Como sabemos hoje*, quando um feixe de elétrons colide com um átomo, o feixe expulsa elétrons desse átomo, deixando um buraco. Os elétrons são atraídos pelo núcleo do átomo porque elétrons e prótons têm cargas opostas, e por isso arrancar elétrons de um núcleo é uma façanha violenta. E como a natureza abomina o vácuo, outros elétrons correm para preencher o buraco formado, e as colisões desse processo fazem com que raios X de alta energia sejam liberados. (p. 99, grifo nosso)

Para Zamboni, a inserção desses conhecimentos já consolidados no meio científico se configura como uma comprovação de que o enunciador está ciente de que se dirige a leitores não-pares, ou seja, todos os leitores em geral excluídos os especialistas da área.

Neste capítulo, o autor aborda o importante tema da radioatividade – e algumas implicações sociais, científicas e tecnológicas que esse conhecimento trouxe. Destaco a seguir

[Digite aqui]

alguns trechos (com grifos nossos e do próprio autor) que exemplificam a abordagem desse tema:

[60] As pessoas haviam visto *muita coisa*, e um elemento mediano como o promécio não causava mais a empolgação que elementos pesados como o plutônio e o urânio haviam provocado, sem falar de seu famoso *filhote*, a bomba atômica. (p. 102, grifo nosso)

[61] Luis Alvarez [...] estava batendo papo e folheando o *San Francisco Chronicle* quando topou com uma notícia enviada por cabograma sobre experimentos realizados por Otto Hahn na Alemanha, envolvendo a fissão nuclear – a divisão do átomo de urânio. (p. 103, grifo do autor)

[62] O grande tapa na testa coletivo – o momento do “É claro!” – aconteceu em 1932, quando James Chadwick, outro aluno de Rutherford, descobriu o nêutron. (p. 104)

[63] [...] um nêutron podia ser disparado num conjunto de átomos sem ser eletricamente repelido, o que não acontecia com os projéteis com carga. [...] Um átomo com nêutrons demais logo se divide, liberando energia e os nêutrons excedentes no processo. Se os átomos ao redor absorverem esses nêutrons, eles se tornam instáveis e cospem mais nêutrons, uma cascata *conhecida como reação em cadeia*. (p. 105, grifo nosso)

[64] A sondagem de elementos instáveis levou os cientistas ao encontro da fissão nuclear e das reações em cadeia de nêutrons. (p. 105-106)

Em [60] o autor utiliza a **tessitura lexical** se referindo à bomba atômica feita com plutônio e urânio, lançadas em Hiroshima e Nagasaki em 1945 como “filhote” ou produto do conhecimento científico desses dois elementos. A partir daí, se desenrola a história por trás da confecção das primeiras bombas atômicas, que só foi possível a partir da descoberta do nêutron e das reações em cadeia. O autor usa a **nomeação** em [63] depois de explicar como se processa uma reação em cadeia, a principal responsável pela explosão de uma bomba de fissão nuclear.

No entanto, criticamos a postura do autor ao se referir ao projeto Manhattan e ao genocídio ocorrido em Hiroshima e Nagasaki em 1945 com as bombas Little Boy e Fat Man, demonstrando falta de humanidade e empatia para com as vítimas do ocorrido, deixando transparecer apenas o “sucesso” dos EUA. Os trechos a seguir exemplificam esta perspectiva do autor:

[65] [...] *a guerra não teria terminado com duas nuvens em forma de cogumelo* se, em vez de exigir armas maiores e mais velozes *já*, o governo dos Estados Unidos não tivesse reunido vontade política para investir bilhões num campo até então nada prático: a ciência subatômica. (p. 106, grifo nosso)

[66] Mesmo assim os cientistas do Projeto Manhattan tinham ordens para calcular exatamente a quantidade de plutônio e de urânio necessária para criar uma bomba: se fosse pouco, a bomba seria um fracasso; se fosse muito, *a bomba explodiria muito bem*, mas significava o prolongamento da guerra por muitos meses, pois era tremendamente complicado purificar os dois elementos. (p. 107, grifo nosso)

[Digite aqui]

[67] o Projeto Manhattan *não teria chegado a lugar algum* sem essas mulheres escrevendo longas tabelas de dados à mão. (p. 108, grifo nosso)

[68] [...] o número bruto de cálculos realizados durante o Projeto Manhattan deixou os cientistas muito confiantes – uma confiança confirmada pelo *sucesso* do teste de Trinity, no Novo México, em meados de 1945. *A rápida e impecável* detonação de uma bomba de urânio sobre Hiroshima e de outra de plutônio em Nagasaki algumas semanas depois demonstrou também a precisão dessa abordagem científica não convencional e baseada em cálculos. (p. 108, grifo nosso)

[69] Hiroshima e Nagasaki já eram mais ou menos *habitáveis* dias depois das explosões de 1945. (p. 112, grifo nosso)

Salientamos que anteriormente ao trecho [67] o autor não explica em nenhum momento do que se tratava o projeto Manhattan. A falta de empatia por parte do autor fica clara em todos os trechos citados, ao mencionar o “sucesso” do teste Trinity - projeto que objetivou testar o poder destrutivo de uma bomba atômica de plutônio. O teste foi realizado em 16 de julho de 1945 no deserto do estado do Novo México, nos EUA. A potência da explosão foi avaliada em aproximadamente 20 mil toneladas de TNT. O general Thomas F. Farrel comentou sobre um deslocamento de ar que se chocou contra as pessoas e sobre uma trovoadas ensurdecedora e interminável, que os fizeram sentir como pequenos seres blasfemadores que haviam ousado tocar nas forças do Todo Poderoso (MOURÃO, 2005).

Entendemos que em [69] o autor menciona que Hiroshima e Nagasaki já era “habitáveis” alguns dias após as explosões por estar se referindo à radiação gama que, segundo o autor, “não dura muito no ar”. Porém a ambiguidade desta declaração leva o leitor a refletir como a destruição de lares, empresas, famílias inteiras, indústrias, comércio, agricultura, solo, água, animais pode não ser levada em consideração quando o autor usa a palavra “habitável”. Ao nosso ver, o autor também foi infeliz em sua fala quando se ausenta de dizer que o fim da guerra se deu também pela morte de milhares de pessoas inocentes tendo em vista a posição de impotência da nação Japonesa perante a força das bombas atômicas. Justificando nossa crítica, Mourão (2005) esclarece que em 6 de agosto de 1945, a bomba chamada Little Boy foi lançada sobre a cidade japonesa de Hiroshima. A bomba continha 60kg de U_{235} e matou instantaneamente 140 mil civis. Outras 300 mil pessoas foram afetadas a curto, médio e longo prazo devido aos efeitos da radiação. O autor esclarece detalhes sobre o ocorrido:

Nos primeiros milionésimos de segundos, a energia térmica liberada na atmosfera transforma o ar em uma bola de fogo de aproximadamente 1 km de diâmetro. Durante alguns segundos um calor de vários milhões de graus paira sobre Hiroshima[...]. Num raio de 1 km, tudo foi instantaneamente vaporizado e reduzido a cinzas; até 4 km do

epicentro os prédios e os seres humanos sofreram combustão instantânea e espontânea; num raio de 8 km, as pessoas sofreram queimaduras de 3º grau. Após o calor, ocorreu uma onda de choque que provocou um efeito devastador, causado pela enorme pressão devida à expansão dos gases; essa onda de choque progrediu a uma velocidade de 1.000 km por hora, como se fosse um muro de ar sólido. Ela reduziu a pó tudo o que se encontrava num raio de dois quilômetros. (MOURÃO, 2005, p. 698).

Três dias depois, em 9 de agosto de 1945, a bomba com 8kg de Pu_{239} chamada Fat Man foi lançada sobre a cidade japonesa de Nagasaki, matando instantaneamente 70 mil pessoas. Independente das motivações que levaram os EUA a protagonizar este genocídio, romantizar o acontecido nos parece irresponsabilidade social e humana para com as vítimas do atentado. Falta ao autor a visão atual das **concepções CTS** que implicam a responsabilidade social, ambiental e ética sobre os avanços da Tecnologia e da Ciência. Para todo este capítulo, sinalizamos a possibilidade de ensino de radioatividade, partículas subatômicas, instabilidade atômica, decaimento nuclear, meia vida, fissão e fusão nuclear, além dos aspectos sociais e ambientais envolvendo elementos radioativos naturais e sintéticos, assim como acidentes nucleares e energia nuclear.

Diante do tema abordado no capítulo, consideramos que teria sido pertinente que o autor mencionasse o equívoco da nação americana em relação à crença no modelo linear de desenvolvimento, que os levaram a manter a autonomia da Ciência, tendo em vista que seu desenvolvimento e aplicação na tecnologia os estava ajudando a ganhar a segunda guerra mundial, e consequentemente os ajudaria a ganhar a guerra fria. Cerezo (1998) afirma que foi justamente a prática da Ciência autônoma, ou seja, desprovida de reflexões sociais e ambientais a respeito de seu desenvolvimento, durante e logo após a segunda guerra mundial, que se iniciaram as críticas a respeito desta suposta neutralidade da Ciência e Tecnologia. É neste momento, historicamente falando, que surgem os estudos CTS com vistas a promover uma revisão desta política científico-tecnológica de “cheque em branco”. Portanto, a abordagem a respeito do projeto Manhattan e segunda guerra mundial através deste capítulo do livro *A colher que desaparece* é de extrema relevância para se trabalhar os aspectos sociais e ambientais resultantes do desenvolvimento da ciência e da tecnologia da época, incluindo, obviamente, a participação da Química como uma das ciências fundamentais que propiciou a invenção da bomba nuclear.

Desta forma, além dos **aspectos CTS** relacionados a radioatividade, bombas atômicas e 2ª guerra mundial, também foi possível verificar neste capítulo os seguintes traços:

Quadro 7 – Traços encontrados no capítulo 6

Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade
Recuperação de conhecimentos tácitos			X
Tessitura Lexical	X		
Nomeação			X

Fonte: a autora

Este capítulo se mostrou rico em possibilidades de **ensino CTS** de modo a desmistificar a Ciência e a Tecnologia como unicamente provedoras de bem estar social. Os temas aqui abordados podem ser utilizados tanto para o *CTS puro*, que objetiva introduzir aos estudantes os problemas sociais, éticos culturais e ambientais trazidos pelo desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia; quanto para o *CTS como excerto curricular*, onde os conteúdos CTS são utilizados para complementação nas aulas de Ciências com o objetivo de conscientizar os alunos acerca das consequências sociais e ambientais da Ciência e Tecnologia e tornar os temas puramente científicos mais interessantes e estimulantes (CEREZO, 1998).

O capítulo 7 – **Ampliando a tabela, expandindo a Guerra Fria** - conta a história dos Cientistas Glenn Seaborg e Al Ghiorso, que descobriram vários elementos transurânicos: Amerício, Curio, Berquélio, Califórnio, Einstênio, Férmio, Mendelévio, Laurêncio e Nobélio com bombardeamento de Plutônio com partículas alfa. O autor fala muito de política e “detona” a Rússia e Stálin. Mesmo assim, menciona o trabalho do russo Flyorov que descobriu o elemento 104 através da fusão de elementos mais leves e estáveis como o Mg. Isso ocasionou uma disputa entre EUA e Rússia para ver quem descobriria mais elementos transurânicos e quem teria direito de nomeá-los – essa briga se arrastou até os anos de 1990. Esse é o único aspecto referente a guerra fria que o autor menciona.

Portanto, decidimos não descrever os traços didáticos, científicos ou laicos segundo as considerações de Zamboni (2001) pois consideramos que não são expressivos o suficiente para nossa menção aqui, assim como aspectos relevantes do enfoque CTS. Este capítulo tem cunho bastante literário e a narrativa objetiva aproximar o leitor da vida do cientista através do desenrolar dos fatos históricos. Salientamos que não se deve subestimar a importância do cunho literário presente não somente neste capítulo, mas em toda obra. A respeito disso, Mora (2015, p. 88) defende que “o uso dos recursos literários tem uma finalidade que vão além da simples comunicação de ideias: causar, na maioria das pessoas, uma emoção afetiva ou estética”.

[Digite aqui]

Parte III: **Confusão periódica: o surgimento da complexidade** (Caps. 8,9,10,11)

No capítulo 8 – **Da Física à Biologia** - o autor une as disciplinas de Química, Física e Biologia com a interdisciplinaridade necessária para falar da descoberta da estrutura do DNA, em que o grande Químico Linus Pauling se aventurou a propor um modelo (incorreto, obviamente) de tripa hélice. Fala também sobre Emilio Segré e a descoberta do elemento Tecnécio, um átomo esquivo e difícil de ser encontrado. E assim, finalmente, a tabela periódica estava completa. É um capítulo bastante literário, que narra sobre picuinhas e desavenças entre cientistas que disputavam entre si serem o primeiro a fazer uma grande descoberta e publicá-la. Porém, é interessante ver a leveza com a qual o autor trata sobre esses assuntos, e faz isso diversas vezes envolvendo a vida pessoal e curiosidades sobre os cientistas, e com isso ele aproxima a pessoa do cientista com seu interlocutor. Os trechos a seguir exemplificam o exposto acima:

[70] nenhum elemento foi descoberto “pela primeira vez” mais vezes do que o 43 [tecnécio]. É o *monstro do lago Ness* do mundo dos elementos. (p. 135, grifo nosso)

[71] [...] Linus Pauling, o gênio do sul da Califórnia. [...] Em resumo, Pauling descobriu como a mecânica quântica governa as ligações químicas entre os átomos: a força das ligações, a extensão das ligações, o ângulo das ligações, quase tudo. Ele foi o *Leonardo da Vinci da química*. (p. 141, grifo nosso)

[72] um colega disse que Pauling provou que “a química poderia ser *entendida* melhor do que memorizada” (p. 141, grifo do autor)

[73] E como Pauling reagiu à humilhação pública das hélices triplas e do fósforo invertido? E por ter perdido – para o laboratório rival de Bragg, ainda por cima – a maior descoberta científica do século? Com uma dignidade incrível. (p. 146)

[74] Frustrado com seus resfriados crônicos, [Pauling] começou a experimentar em si mesmo tomando megadoses de vitaminas. Por alguma razão, parece que as doses o curaram, e ele contou a outras pessoas, todo animado. No fim, seu imprimátur como ganhador do Prêmio Nobel deu vazão à mania de suplementos alimentares que continua até hoje, inclusive a noção cientificamente duvidosa (sinto muito!) de que a vitamina C pode curar resfriados. (p.147)

Em [70] o autor usa **tessitura lexical**, que é um traço de Didaticidade, se referindo ao elemento Tecnécio ($Z = 43$) como o “monstro do lago Ness” devido à dificuldade de ter sido encontrado, permanecendo em branco na tabela periódica até meados da década de 1930. Em [71] utiliza uma metáfora ao comparar o talento e a genialidade de Linus Pauling a Leonardo da Vinci. Perceba-se o traço de Laicidade de [74] pela **aproximação do assunto ao cotidiano do leitor** – em relação a questão dos suplementos vitamínicos e da vitamina C.

Quando usa um traço de didaticidade, o autor/divulgador não tem a pretensão de “simplificar” o conteúdo científico de modo a torná-lo acessível a um leitor leigo. O foco está na forma como o divulgador domina a língua do destinatário, de como leva em consideração seu grau de escolaridade e o valor socialmente construído que se agregou aos recursos expressivos da língua com os quais o leitor está familiarizado. Além disso, o divulgador tem a imagem de seu interlocutor como sendo um indivíduo completamente leigo no assunto e por isso procura tornar a compreensão bastante acessível, buscando uma linguagem que esteja mais próxima do seu interlocutor do que de si mesmo (ZAMBONI, 2001). Quando o autor usa um traço de Laicidade, tem como objetivo principal a aproximação do conteúdo com o cotidiano do leitor, o que nos leva a pensar sobre a semelhança entre esse tipo de traço e o ensino com **enfoque CTS**, pois como reitera Silva (2005, p. 32) [...] “a perspectiva de ensino CTS valoriza as situações do cotidiano ao abordar problemas reais da comunidade na qual estão inseridos os educandos.” Portanto, o livro *A colher que desaparece* tem se mostrado um bom exemplo de como a literatura de DC é um veículo rico em conhecimento acessível, que busca tornar a Ciência um patrimônio de todo cidadão, e pode tornar o processo de ensino e aprendizagem leve, significativo, contextualizado e cotidianizado.

O Capítulo 9 – **O corredor do envenenamento** – é muito interessante pois trata dos elementos químicos Tálho, Bismuto, Polônio e Radônio, localizados em um mesmo período da tabela periódica, que são os mais tóxicos dentre os elementos, os quais o autor chama de “o corredor do envenenamento”. Além disso, também cita o cádmio, através de uma longa narrativa que trata de um caso de envenenamento coletivo em uma aldeia de produtores de arroz próxima a uma mina de zinco, em Kamioka, Japão, 1912. A demanda por zinco para ser usado em blindagens, aviões e munições fazia com que os mineradores explorassem um minério de zinco que continha cádmio. Após a purificação do zinco, os rejeitos eram descartados em riachos e no solo próximo à mineradora, o que contaminou as lavouras de arroz. Os fazendeiros e a comunidade começaram a ficar doentes. Alguns trechos exemplificam esta narrativa:

[75] Os agricultores se queixavam de dores nas juntas e nos ossos, [...]. Também sofriam de falência dos rins, e os ossos amoleciam e quebravam sob a pressão de tarefas cotidianas. Um dos médicos chegou a quebrar o pulso de uma menina ao verificar seus batimentos. (p. 149)

[76] A misteriosa doença explodiu nos anos 1930 e 1940 com a implantação do poder militarista no Japão. (p. 149)

[77] A demanda por zinco mantinha os minérios e a borra escorrendo pelas montanhas. (p. 149)

[78] [...] poucas áreas sofreram tanto durante a Segunda Guerra Mundial como a região ao redor das minas de Kamioka. (p. 149)

[79] Quando se disseminou de aldeia a aldeia, a doença ficou conhecida como *itai-itai*, ou “doença dói-dói”, numa referência aos gritos de dor de suas vítimas. (p. 150, grifo do autor)

[80] [...] aquele arroz era uma esponja embebida em cádmio. (p. 150)

É especialmente interessante notar que estes trechos mostram um grande desastre ambiental e sanitário que derivou diretamente da aplicação da tecnologia. Desta forma, o recorte desta narrativa é uma ótima exemplificação dos motivos pelos quais, em meados dos anos 1950, acadêmicos em todo o mundo começaram a questionar o desenvolvimento tecnológico que era arbitrário em relação às consequências sociais e ambientais da ciência e da tecnologia, que foram dando início aos estudos CTS.

Em extenso estudo a respeito de teóricos que propuseram o ensino CTS, Chrispino (2017) menciona que uma das modalidades seria o ensino do *CTS puro*, cuja ênfase está no fato social e/ou ambiental e o conteúdo científico é incluído para enriquecer a explicação deste conteúdo CTS. Para o autor, o CTS puro pode ser usado para mostrar como questões sociais /ambientais vinculadas à ciência e tecnologia foram abordadas no passado ou como se chegou a uma certa situação problemática no presente. A questão da poluição causada por mineradoras é uma problemática antiga, que foi mostrada pelo autor através desse terrível caso de envenenamento coletivo por cádmio, porém que se estende até os dias atuais com casos inclusive no Brasil de desastres ambientais como os rompimentos de barragem nas cidades de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais. Portanto esses trechos mostram as consequências sociais e ambientais da Ciência e Tecnologia e cabe aqui uma abordagem de **ensino de CTS puro** cujo objetivo principal seria trazer a problemática de poluição ambiental causada por mineradoras.

A explicação química para o potencial tóxico do cádmio, vem a seguir.

[81] O zinco é um mineral essencial, e, assim como o cádmio se mistura com o zinco do solo, ele também interfere no zinco do corpo humano, substituindo-o. Às vezes também expulsa o enxofre e o cálcio, o que explica por que afetava os ossos das pessoas. (p. 150)

O trecho acima revela um **procedimento explicativo**, com pouca densidade discursiva e científica, com o objetivo de dar uma noção para o leitor de como se processa o envenenamento por cádmio no corpo humano. Reiteramos a possibilidade do uso desta história narrada pelo autor para a promoção do ensino com **ênfase CTS**. A respeito disso, Lopez e [Digite aqui]

Cerezo (1996, *apud* SANTOS; MORTIMER, 2000, p. 113) defendem que no ensino de ciências os “conteúdos científicos e tecnológicos devem ser estudados juntamente com seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos”.

O autor continua narrando a respeito dos elementos químicos como “venenos”, falando sobre o elemento mais mortal da tabela periódica, o Tálcio:

[82] [...] enquanto o potássio sempre reage como K^+ , o tálcio pode se apresentar como Tl^+ ou Tl^{+3} . Como resultado, o tálcio pode imitar muitos elementos e se enfiar em nichos bioquímicos muito diversos. (p. 152)

[83] É por isso que o tálcio, elemento 81, é considerado o mais mortal da tabela. As células animais têm canais de íons especiais para sugar o potássio, e o tálcio entra no corpo via esses canais, em geral por osmose pela pele. Uma vez dentro do corpo, o tálcio deixa de fingir que é potássio e começa a descosturar ligações-chave de aminoácidos dentro das proteínas e a desmanchar suas elaboradas dobras, tornando-as inúteis. (p. 152)

Essa explicação parece ser mais discursiva e literária do que científica, o que não necessariamente invalida sua função pragmática, pois de acordo com Mora (2015) uma obra terá valor educativo de acordo com a intenção do leitor ao lê-la. Uma pessoa pode ler a obra de um autor que fala sobre o cosmos, não com a intenção de conhecer sobre o universo, mas sim de se deleitar nas representações de solidão do ser humano, por exemplo. O mesmo vale para obras de literatura, de onde o leitor pode extrair aprendizados científicos. Ainda para a autora, a divulgação científica tem o caráter prático de recriar a ciência sem, contudo, deformar os conceitos.

O autor narra também o caso de um *serial killer* britânico que envenenou a família e mais 7 pessoas com tálcio, trazendo um pouco da sensação de horror à narrativa:

[84] Nos anos 1960, um notório rapaz britânico chamado Graham Frederick Young, depois de ler relatos sensacionalistas sobre assassinatos em série, começou a fazer experiências com a família borrifando tálcio em suas xícaras e panelas de cozinha. Logo depois foi internado numa instituição mental, mas acabou sendo liberado, sem explicações, e envenenou mais sete pessoas, inclusive uma sucessão de patrões. Só três morreram, pois Young queria prolongar seus sofrimentos com doses não letais. (p. 152)

Ao longo do capítulo, os elementos tóxicos Bismuto, Polônio e Radônio são citados, sempre acompanhados de fatos históricos relacionados a eles:

[85] o bismuto merece um exame mais detalhado. Alguns fatos ligeiros sobre ele: embora seja um metal esbranquiçado e com nuances róseas, o bismuto queima com uma chama azul e emite vapores amarelos. [...] pode formar rochas conhecidas como cristais de bismuto, que se contorcem em elaborados tons do arco-íris. (p. 153)

[86] [...]o polônio, o veneno dos venenos da era nuclear. Assim como o tálcio, faz as pessoas perderem os cabelos, como o mundo descobriu em novembro de 2006 quando Alexander Litvinenko, um ex-agente da KGB, foi envenenado por polônio num sushi em um restaurante de Londres. (p. 156)

[87] [...] o radônio é incolor e inodoro e não reage com nada. Mas como elemento pesado ele substitui o ar, assenta nos pulmões e descarrega partículas radioativas letais que inevitavelmente causam câncer no pulmão – outra maneira com que o corredor do envenenamento pode nos pegar. (p. 156)

Terminamos este capítulo sem apresentar traços de laicidade, didaticidade ou cientificidade. Porém decidimos mostrar estes trechos para representar a característica fortemente literária da obra. E a essa altura, atribuiremos à nossa análise uma categoria emergente, que surgiu aos nossos olhos através da imersão na obra analisada. Pela percepção do cunho fortemente literário da obra, nos sentimos obrigadas a procurar um referencial teórico que tratasse da perspectiva literária em obras de DC, e achamos esse conceito em Mora (2015). Segundo Moraes (2013, p. 198) as categorias emergentes “são construções teóricas que o pesquisador elabora a partir das informações do *corpus*”. Portanto, elencamos a categoria emergente: **características de uma boa obra de literatura de DC** a partir das considerações de Mora (2015) sobre a literatura como divulgação científica. Segundo a autora, os campos literário e científico que aparentemente seriam inconciliáveis, na verdade se conectam pela interseção da Divulgação Científica. Esta categoria emergente. A literatura consiste em uma forma de escrever em que a linguagem comum é violentamente organizada, transformada e intensificada.

Ainda para Mora, a divulgação científica como literatura utiliza ferramentas da linguagem para resgatar o que é humano no conhecimento científico, recriando os conceitos da ciência para proporcionar às pessoas a incorporação da cultura científica. Para Mora, uma boa obra de divulgação científica como literatura deve despertar o prazer de ler no leitor além de conter, dentre outras características, o apoio na História e o uso de ironia e humor – características bastante presentes neste capítulo 9, como também em toda a obra, mesmo que em medidas variadas.

O capítulo 10 – **Pegue dois elementos – me acorde de manhã cedo** – trata dos elementos químicos cobre, vanádio, gadolínio, prata, enxofre e ródio e através deles o autor trata de vários assuntos: metais com propriedades antissépticas, espermicida, antibióticos e descoberta da quiralidade.

Este capítulo mostra muitos assuntos estreitamente relacionados ao cotidiano – que para Mora (1998) constitui-se como um requisito para, nas palavras da autora, ser um bom material

de divulgação científica. O **recurso ao cotidiano** vem pelo levantamento de questões de saúde pública relacionados ao cobre e a prata, elementos que possuem propriedades germicidas. Os trechos a seguir representam a abordagem do autor a respeito desse assunto:

[88] [...] boa parte das famílias dos pioneiros na história dos Estados Unidos investia numa boa moeda de prata, que era escondida em um tambor de leite durante as viagens de carroças[...] – não por segurança, mas para o leite não azedar. [...] O metal estava na moda e, mais importante, evitava infecções. (p. 162)

[89] A prata é cara demais para uso cotidiano, mas dutos e encanamentos de cobre são o padrão no interior dos edifícios atuais, como medidas de segurança pública. (p. 163)

[90] Em julho daquele ano [1976], uma bactéria desconhecida penetrou nos dutos úmidos do sistema de ar condicionado, proliferou-se e se aninhou na corrente de ar fresco. Em poucos dias, centenas de pessoas no hotel [na Filadélfia] contraíram a “gripe” e 34 morreram. (p. 163)

Podemos considerar também que esses trechos remetem a traços de laicidade no que diz respeito a **aproximação do conteúdo ao cotidiano do leitor** segundo Zamboni (2001). É notável como o recurso ao cotidiano traz sentido ao que está sendo abordado e busca aproximar a linguagem e os conceitos científicos às atividades que o leitor conhece. Sempre que a laicidade é abordada pelo recurso ao cotidiano, cabe o **ensino CTS**, para que se dê mais sentido ao que está sendo ensinado, relacionando o conhecimento científico às aplicações científicas e tecnológicas atuais, ao invés de ater o ensino à ciência dos séculos passados.

Após a introdução do fato histórico para contextualização do assunto abordado, o autor costuma utilizar de procedimentos explicativos para esclarecer ao leitor sobre a parte científica, como mostram os trechos a seguir

[91] Se algum fungo, bactéria ou alga se infiltra por alguma coisa feita de cobre, ele absorve átomos de cobre, o que perturba seu metabolismo (as células humanas não são afetadas). Os micróbios sufocam e morrem em poucas horas. (p. 163)

[92] Esse efeito – *o efeito oligodinâmico ou “autoesterilizante”* – torna os metais mais estéreis do que madeira ou plástico e explica por que usamos maçanetas de latão e corrimãos de metal em locais públicos. (p. 163, grifo nosso)

[93] [...] explica também por que a maior parte das moedas que passam de mão em mão nos Estados Unidos contém quase 90% de cobre ou (como as moedas de 1 centavo) são revestidas de cobre. Os tubos de cobre nos dutos de ar-condicionado também eliminam os micróbios prejudiciais que se reproduzem ali. (p. 163)

Em [91] e [92] o autor objetiva explicar ao leitor por que o cobre (ou a prata) possuem efeitos antissépticos. Para Zamboni (2001) os **procedimentos explicativos** são entradas de natureza explicativa no texto, que parecem dar “uma pausa” no desenvolvimento do assunto [Digite aqui]

para se dirigir ao leitor desconhecedor de conhecimentos científicos, exercendo assim uma ação educativa e didática de compartilhamento de saberes. Em [92] o aposto grifado cumpre a função de **nomeação**. O trecho [93] corrobora com a concepção de Chrispino (2017, p. 86) a respeito do ensino com **enfoque CTS**, do qual se espera que se “possa utilizar o conhecimento científico contextualizado a fim de melhor entender o mundo que o cerca”, e que isso “pedirá atenção maior à interdisciplinaridade, à contextualização do conhecimento, à cotidianização do fato tecnocientífico, a problematização do aprendizado”.

Um ponto importante abordado pelo autor é a questão da automedicação e as consequências (ruins) disso. Crenças antigas (não comprovadas cientificamente) de cura pela ingestão de elementos químicos aleatórios é abordada pelo autor através do relato da história de Stan Jones, um homem norte americano que teve coloração da pele modificada (permanentemente) para azul depois da ingestão de altas quantidades de íons de prata (Ag^+). A literarização desta parte do capítulo parece dar uma “pausa” para proporcionar um momento de leveza e humor, ao mesmo tempo que não deixa de falar de Química. A seguir mostramos os principais trechos desse assombroso acontecimento

[94] Devemos repetir que existe uma base científica aparente para o uso da prata, por apresentar os mesmos efeitos esterilizantes que o cobre. A diferença entre a prata e o cobre é que a prata, se ingerida, deixa a pele azulada. Para sempre. (p. 166)

[95] Mas uma coisa é o azul vivo e engraçado que as pessoas imaginam quando ouvem falar disso, outra é o tom acinzentado espectral de zumbis misturados com *smurfs* que as pessoas na verdade adquirem. (p. 166, grifo do autor)

[96] No início dos anos 1900, um homem chegou a ganhar a vida como “o Homem Azul” num espetáculo de aberrações depois de ingerir uma superdose de nitrato de prata para curar sua sífilis. (Não funcionou.) (p. 167)

[97] Por sorte essa condição, *chamada argiria*, não é fatal e nem provoca danos internos. (p. 167, grifo nosso)

[98] Muito atento e preocupado com teorias conspiratórias, em 1995, [Jones] ficou obcecado com o *bug* do milênio, em especial com a potencial falta de antibióticos no apocalipse vindouro. Por isso, decidiu que era melhor aperfeiçoar seu sistema imunológico e começou a destilar uma poção de metal pesado no próprio quintal mergulhando fios de prata ligados a baterias de 9 volts em tubos de água [...] correntes elétricas com essa potência dissolvem íons de prata demais no recipiente. Jones tomou sua bebida com confiança absoluta durante quatro anos e meio, até o fiasco do *bug* do milênio, em janeiro de 2000. (p. 167, grifo do autor)

Perceba-se em [97] o uso do recurso **nomeação**. Stan Jones diz não ter se arrependido e continuaria ingerindo íons de prata, caso fosse necessário:

[99] Jones declarou a uma revista nacional: “Eu fui culpado por ter exagerado na dose [de prata], mas ainda acredito que é o melhor antibiótico do mundo ... Se houvesse um ataque biológico aos Estados Unidos ou se eu contraísse alguma doença, eu

[Digite aqui]

voltaria a tomar imediatamente. Estar vivo é mais importante do que ficar roxo.” (p. 167)

Diante do exposto, concordamos com as considerações de Mora (2015) que diz que “a divulgação científica lança mão de recursos que pertencem mais à literatura que a ciência” e que apesar de muitos cientistas defenderem que a divulgação deveria ser apenas pura informação dita em palavras simples, a autora defende que o ideal para a divulgação científica é tratar um tema científico de forma criativa, com uma forma de expressão pessoal e inovadora por parte do autor.

Após isso, o autor aborda até o final do capítulo um assunto de grande importância tanto no que se refere ao âmbito científico quanto ao humanístico: a quiralidade. Este fenômeno se deve à capacidade do átomo de carbono de fazer 4 ligações covalentes com outros átomos (ou grupo de átomos) em uma estrutura tridimensional de um tetraedro. Quando os 4 ligantes são diferentes entre si, ocorre que duas moléculas especulares são possíveis - são a imagem no espelho uma da outra, o que ocorre com figuras ou objetos assimétricos, inclusive com as mãos - daí o nome “quiralidade” que deriva da palavra grega *kheir* que significa “mão”. Os dois isômeros são capazes de desviar um plano de luz polarizada para a direita ou para a esquerda. O isômero que desvia a luz polarizada para a direita é chamado de dextrogiro, o que desvia para a esquerda de chama levogiro. Uma mistura com quantidades iguais dos isômeros dextrogiro e levogiro não desvia o plano da luz polarizada, devido a uma compensação interna. A essa mistura se dá o nome de mistura racêmica.

O autor introduz esse assunto considerado por muitos de difícil entendimento da forma mais literária, poética e humanística possível: a relação da quiralidade com a vida no planeta terra. Isso porque todos os aminoácidos que formam as proteínas são moléculas levogiras. Além disso, a bioquímica e a farmacêutica contêm um sem número de compostos quirais que agem no organismo de forma distinta, inclusive determinando a morte ou a vida.

Nos trechos a seguir, objetivamos mostrar como o autor trata desse assunto de forma menos científica e mais literária

[100] começa com Louis Pasteur e uma descoberta peculiar que fez sobre uma das propriedades das biomoléculas chamada simetria quiral, que diz respeito à própria essência da matéria viva. (p. 168)

[101] O mais provável é que *você* se considere destro, mas isso não é verdade. *Você é canhoto*. Todos os aminoácidos e todas as proteínas do seu corpo tendem a ser canhotos. Aliás, virtualmente todas as proteínas em todas as formas de vida que já existiram são exclusivamente *canhotas*. (p. 168, grifo nosso)

Em [101] notamos a **interlocução direta com o leitor**, que sabemos se tratar de um traço de didaticidade por parte do autor ao expor uma tentativa de aproximar-se do seu interlocutor. Além disso, vemos a metáfora que o autor utiliza para os compostos levogiros, os quais ele chama de “canhotos”.

Sinalizamos para o fato de o autor se abster de uma explicação com mais densidade discursiva e científica a respeito da quiralidade. Em alguns momentos, fala como se o leitor já soubesse do que se tratam os compostos quirais, em outros momentos traz alguma explicação carregada de metáforas. Deixa a sensação de que tem receio de explicar e o leitor achar “difícil demais para entender”, ou que fique cansado, entediado, ou até mesmo desista da leitura; ou ainda o receio de que a obra fique com “cara” de livro didático. De qualquer forma, um ponto positivo ao nosso ver é a contextualização com a descoberta/invenção do primeiro antibiótico – o prontossil, precursor da sulfonamida. A importância deste feito é sem precedentes para a medicina e para o aumento da expectativa de vida do ser humano, com a diminuição drástica de mortes por infecção bacteriana. É notório que aqui cabem diversas discussões sob o **aspecto CTS** em relação ao desenvolvimento da bioquímica e da indústria farmacêutica que podem ser abordadas no ensino de ciências. A seguir, alguns trechos que exemplificam nossas considerações. A respeito da estrutura dos isômeros, note-se a metáfora que compara as moléculas a punhos esquerdos e direitos:

[102] Em 1849, aos 26 anos, uma vinícola pediu que ele [Louis Pasteur] estudasse o ácido tartárico, um subproduto inofensivo na produção de vinho. [...] se for dissolvido em água e se lançarmos um fecho de luz vertical na solução, o raio de luz gira em torno da vertical em sentido horário. É como girar um *dial*. O ácido tartárico industrial, feito pelo homem, não tem essa propriedade. Um fecho de luz vertical segue a mesma direção vertical. Pasteur queria saber por que isso acontecia. (p. 168, grifo do autor)

[103] [...] quando examinou os cristais com uma lente de aumento é que percebeu uma diferença. Os cristais do ácido tartárico da levedura eram todos torcidos na mesma direção, como minúsculos punhos esquerdos amputados. O ácido tartárico industrial se distorcia para os dois lados, uma mistura de punhos direitos e esquerdos (p. 168-169)

[104] Intrigado, Pasteur começou o trabalho inimaginavelmente tedioso de separar com uma pinça os grãos do tamanho de cristais de sal em uma pilha de punhos esquerdos e uma pilha de punhos direitos. Depois misturou as duas pilhas em água e fez o teste com os feixes de luz. Como imaginava, os cristais da levedura giravam o feixe para a direita, no sentido do relógio, e os cristais especulares giravam o feixe para a esquerda, em sentido anti-horário, e exatamente o mesmo número de graus. (p. 169)

[105] embora ninguém pudesse ter previsto uma relação entre quiralidade e uma luz rotativa, Pasteur tinha Biot para orientá-lo com experimentos de rotação óptica. (p. 169)

Perceba-se em [105] a colaboração entre cientistas, que corrobora com a ideia de que a Ciência não é uma construção pontual, mas sim um conjunto de saberes construídos por diversos cientistas, de diversas épocas, de diversos campos disciplinares, o que claramente constitui um traço de cientificidade – **a cooperação entre diferentes campos de conhecimento**. A respeito do trabalho pioneiro com antibiótico

[106] Domagk havia feito uma grande descoberta – a primeira droga antibacteriana genuína. [a respeito do experimento em ratos com um composto chamado prontasil, anteriormente usado como uma tintura] (p. 172)

[107] O mundo na época de Domagk era moderno em muitos aspectos. As pessoas dispunham de transporte rápido intercontinental via trens e de comunicações internacionais via o telégrafo, mas não tinham a menor esperança de sobreviver nem mesmo às infecções mais comuns. (p. 172)

[108] [...], mas os cientistas do Pasteur perceberam algumas coisas estranhas quando rastrearam seu percurso pelo corpo. Primeiro, não era o prontasil que combatia a bactéria, mas um derivado dele, a sulfonamida, que as células dos mamíferos produziam partindo o prontasil em dois. (p. 174)

[109] Os cientistas do Instituto Pasteur publicaram seus resultados com uma alegria indisfarçável, fornecendo ao mundo uma licença para contornar a patente do prontasil. (p. 174)

Note-se em [109] a busca pela **obtenção de patente**, um campo extremamente importante na práxis científica, e que muitas vezes ocasiona a disputa entre cientistas. Segundo Queiroz e Ferreira (2013) este é um traço que demonstra a cientificidade.

O autor termina o capítulo pela abordagem de mais um episódio determinante da medicina: o caso da droga farmacêutica talidomida. Esta droga, por ter um átomo de carbono quiral, possui dois isômeros, d-talidomida e l-talidomida. Usada com a finalidade de aliviar enjoos matinais em grávidas, não se sabia na época que os isômeros teriam efeitos distintos, e por isso muitas mães deram à luz a bebês deformados. A seguir, alguns trechos (com grifos nossos):

[113] Nos anos 1950, uma companhia farmacêutica alemã começou a vender um remédio para o enjoo matinal em mulheres grávidas, mas a versão benigna e curativa do ingrediente ativo foi misturada com a forma de quiralidade errada porque os cientistas não conseguiram separá-las. (p. 176)

[114] As aberrações de defeitos de nascença que se seguiram – especialmente de crianças nascidas sem pernas ou braços, com as mãos e os pés brotando do corpo como barbatanas de tartaruga – transformou a talidomida na mais infame droga farmacêutica do século XX. (p. 176)

Sinalizamos para a profundidade dada pelo autor ao assunto da quiralidade que vai além de conceitos químicos e se estende a questão da vida humana através dos trechos a seguir

[110] [...] Pasteur disse outra coisa que, mesmo que não tão incisiva, desperta uma sensação de espanto mais profunda, pois se relaciona a algo realmente misterioso: *o que faz a vida viver*. (p. 175, grifo nosso)

[111] Pasteur sugeriu que a quiralidade era a única “demarcação bem definida que atualmente pode ser traçada entre a química da matéria morta e a química da matéria viva”. (p. 175)

[112] Se você algum dia já se perguntou *o que define a vida*, essa é a sua resposta em termos químicos. (p. 175, grifo nosso)

Esta ideia vai de encontro às considerações de Mora (2015) que demonstram a dificuldade de conceituar a essência da literatura. Contudo, a autora salienta que talvez atribuamos valor à uma obra de literatura por meio daquilo que nos interessa, nos move e nos agita como seres humanos, que nos faz olhar no espelho. E, portanto, esses trechos revelam um **lugar para a metafísica** nesta obra, que Mora considera como uma característica de uma boa obra de literatura de DC. O autor alia a química da quiralidade ao que faz a vida viver, e leva o leitor a refletir sobre a existência humana estar “nas mãos” de moléculas essencialmente “canhotas”.

Portanto, este capítulo trouxe traços variados de didaticidade, laicidade e cientificidade, além de trazer aspectos referentes a nossa categoria emergente, como mostra o quadro 8. Temos também a possibilidade de ensino do assunto “Estereoisomeria”, que trata de moléculas quirais e sua respectiva contextualização com a talidomida e a descoberta dos primeiros antibióticos, cuja abordagem se encaixa na perspectiva CTS.

Quadro 8 – categorias encontradas no capítulo 10

	Zamboni			Mora
Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade	- Recurso ao cotidiano - Um lugar para metafísica e religião
Aprox. do conteúdo com o cotidiano do leitor		X		
Procedimento Explicativo	X			
Nomeação			X	

Continuação do quadro 8 – categorias encontradas no capítulo 10

Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade	
Interlocução direta com o leitor	X			
Cooperação entre diferentes campos de conhecimento			X	
Obtenção de patente			X	

Fonte: a autora.

O capítulo 11 – **Como os elementos enganam** – é predominado principalmente por metáforas, um recurso citado tanto por Mora (2015) quanto por Zamboni (2001) como característico de textos de divulgação científica. Neste capítulo o autor contextualiza conhecimentos científicos com fatos curiosos a respeito do mecanismo de alguns elementos químicos no nosso organismo que causam sensações, sabores, doenças, curas e até mesmo a morte, usando um enredo de que alguns elementos químicos podem “enganar” o organismo humano.

O primeiro fato curioso relatado é a respeito da morte trágica de 5 pessoas na Nasa devido ao erro humano em relação aos gases oxigênio (O_2) e nitrogênio (N_2). A primeira tragédia ocorreu em 1967 durante um treinamento, onde 3 astronautas morreram carbonizados. O fogo incendiou o local vigorosamente por que a Nasa costumava encher os compartimentos apenas com O_2 puro, e não com uma mistura segura de 80% de N_2 e 20% de O_2 (como ocorre no ar atmosférico). A proporção entre esses dois gases no ar comum garante o ambiente ideal para a vida na Terra. Uma quantidade maior de oxigênio faria materiais combustíveis queimarem sem controle, e uma quantidade menor faria os seres vivos sufocarem. Aparentemente o autor deixa nas entrelinhas que manter o local apenas com O_2 puro era menos oneroso. Os trechos a seguir revelam essa narrativa:

[115] Até aquele momento, a Nasa não havia perdido nenhuma vida no solo ou no espaço desde 1967, quando três astronautas morreram queimados durante um treinamento para a *Apolo 1*. (p. 181, grifo do autor)

[116] Na época, sempre preocupada com cortes de custos, a Nasa só permitia a circulação de oxigênio puro nas espaçonaves e não o ar comum, que contém 80% de nitrogênio (ou seja, 80% de peso morto). (p. 181)

[Digite aqui]

[117] Quando uma inexplicável faísca disparou durante o treinamento de 1967, o fogo engolfou o módulo e cremou os três astronautas em seu interior. (p. 181)

[118] Infelizmente, como a Nasa reconheceu em relatório técnico de 1966, “no oxigênio puro [as chamas] queimam mais rápido e mais quentes sem a diluição do nitrogênio atmosférico para absorver parte do calor ou provocar alguma interferência”. (p. 181)

[119] [...] o relatório concluía que, embora “gás inerte tenha sido considerado uma forma de suprimir a capacidade de combustão ... aditivos inertes não apenas não são necessários como também são cada vez mais complexos”. (p. 181)

[120] Às vezes, um desastre pode esclarecer algumas questões, e, desde então, a Nasa decidiu que os gases inertes eram necessários, com ou sem complexidades, em todos os lançadores ou simuladores. (p. 181)

Note-se que esses trechos deixam transparecer uma das características elencadas por Mora (2015) para um bom texto de divulgação científica: **o reconhecimento de erros humanos**. Em [118] e [120] o autor menciona um relatório divulgado pela Nasa a respeito da tragédia, que reconhece o erro e procura repará-lo. A outra tragédia ocorrida ainda na Nasa se refere ao gás nitrogênio, que era utilizado puro em alguns compartimentos exatamente para evitar a combustão com qualquer faísca. Paradoxalmente, pessoas também morreram. A seguir os trechos:

[121] Na missão da *Columbia* de 1981, eles encheram qualquer compartimento que pudesse produzir faíscas com nitrogênio inerte (N_2). Motores e sistemas eletrônicos funcionam muito bem com nitrogênio, e, se alguma faísca for disparada, o nitrogênio – que se prende à sua forma molecular com mais força que o oxigênio – vai abafá-la. (p. 181-182, grifo do autor)

[122] Alguém deu o sinal verde cedo demais, os técnicos entraram na câmara desprevenidos e *tomaram como numa coreografia*. (p. 182, grifo nosso)

[123] Não só o nitrogênio impediu que seus neurônios e as células do coração absorvessem oxigênio novo como também furtaram o pouco oxigênio estocado nas células para tempos difíceis, acelerando a morte dos profissionais. (p. 182)

[124] O nitrogênio “*mata com delicadeza*”, passando pelo sistema de segurança do corpo com um *aceno* familiar. (p. 183, grifo nosso)

Perceba-se a **analogia** em [122] quando o autor compara o desfalecimento dos profissionais a um desmaio ensaiado, em [124] usa **ironia** quando diz “mata com delicadeza” e a **metáfora** quando diz que o gás nitrogênio “acena” para o organismo. Estes três recursos linguísticos representam características de uma boa obra de DC segundo Mora (2015). É notável a presença recorrente desses recursos por parte do autor na tentativa de deixar a leitura agradável e principalmente compreensível ao leitor. A respeito disso, Mora (2015) salienta que independente do tema científico, a obra [de literatura de divulgação científica] deve causar [Digite aqui]

prazer no leitor. E assim, o autor busca uma espécie de “8 ou 80” deixando a entender que nem oxigênio puro, nem nitrogênio puro foram razoáveis para utilização.

Mais **metáforas** são utilizadas pelo autor para falar sobre o elemento químico titânio (Ti) e sua utilização na ortopedia. Continuando a narrativa de elementos que “enganam” o organismo, refere-se ao titânio sendo utilizado em implantes e cirurgias ortopédicas pela capacidade de não ser atacado pelo sistema imunológico. A seguir, os principais trechos:

[125] [...] o corpo não precisa de titânio nem mesmo em quantidades vestigiais, esse elemento parecia um candidato improvável para ser aceito pelo sistema imunológico. (p. 184)

[126] [...] por alguma razão o titânio *hipnotiza* as células sanguíneas: o elemento dispara uma resposta imunológica zero e chega até a enganar os osteoblastos do corpo, as células formadoras de osso, que aderem ao titânio como se não houvesse diferença entre o elemento 22 e o osso verdadeiro. (p. 184, grifo nosso)

[127] Normalmente, turbas de células sanguíneas cercam qualquer material estranho e o enredam numa *camisa de força* de colágeno gorduroso e fibroso. (p. 184, grifo nosso)

[128] O titânio consegue se integrar totalmente ao corpo, enganando-o para seu próprio bem. Desde 1952, tem sido o elemento padrão para implantação de dentes, dedos atarraxáveis e juntas substituíveis, como a que *minha mãe* recebeu no quadril no início dos anos 1990. (p. 184, grifo nosso)

Perceba-se em [126] a utilização de **analogia** para explicar como o titânio não gera resposta imunológica no organismo, através da palavra “hipnotizar”. Em [127] há utilização de **metáfora** com o objetivo de explicar como o sistema imunológico reage a um corpo estranho. Em [128] é perceptível a **narrativa de envolvimento**, que para Zamboni (2001) se configuram como a busca de aproximação com a vida do leitor pela impressão deixada de que “não é só você, leitor, que tem um familiar com implantes de titânio, minha mãe também tem”.

Continuando a narração dos elementos que enganam, o autor traz alguns fatos curiosos relacionando alguns elementos ao paladar e curiosidades sobre os mecanismos responsáveis pelos gostos azedo e salgado. Aliado a isso, traz uma importante contextualização ao consumo de sal iodado, que evita uma doença na glândula tireoide chamada bócio. Trazemos alguns trechos para exemplificação. Os primeiros trechos tratam do telúrio e berílio, que possuem características bem peculiares:

[129] *Se você* derramar uma porção mínima de telúrio em si mesmo, vai cheirar a alho durante semanas, e as pessoas vão saber que você esteve na sala horas depois de já ter saído. (p. 186, grifo nosso)

[130] Ainda mais espantoso, o berílio, elemento 4, tem gosto de açúcar. [...] um metal pálido, difícil de derreter e insolúvel, com pequenos átomos que não se parecem em

nada com as moléculas aneladas do açúcar – excita as papilas gustativas da mesma maneira. (p. 186)

[131] Esse *disfarce* poderia ser apenas divertido, só que o berílio, embora doce em pequenas doses, pode se tornar tóxico rapidamente. (p. 186, grifo nosso)

Destaque para a **interlocução direta com o leitor** em [129] e a **metáfora** em [131]. A seguir o autor explica que o gosto azedo está associado à passagem de elétrons com a presença de íons H^+ no alimento. É sabido que pela definição de Arrhenius um ácido libera íons H^+ em solução, contudo, pela teoria de Lewis, um ácido é um receptor de pares de elétrons. Essas teorias se complementam e o autor explica que também é possível sentir gosto azedo apenas passando uma corrente elétrica pela língua. É interessantíssima também a explicação de como sentimos o gosto salgado. A seguir, os trechos:

[132] [...] como demonstrou Gilbert Lewis, os ácidos estão intimamente ligados a elétrons e outras cargas. No nível molecular, então, “azedo” é simplesmente o que sentimos quando nossas papilas gustativas se abrem para a entrada de íons de hidrogênio. (p. 187)

[133] Nossa língua confunde a eletricidade, o fluxo de partículas carregadas, com ácidos azedos. Alessandro Volta [...] demonstrou esse fato por volta de 1800 com um inteligente experimento. Volta pediu a alguns voluntários que formassem uma corrente e que cada um beliscasse a língua do outro. As duas pessoas nas extremidades puseram então os dedos em terminais de bateria. Instantaneamente, ao longo de toda a corrente, as pessoas sentiram gosto de azedo nos dedos das outras. (p. 187)

[134] O sódio dispara o reflexo ao sal na nossa língua com muita intensidade, mas o potássio, *primo* químico do sódio, pega *carona* e também assume o gosto de sal. (p. 188, grifo nosso)

[135] Os dois elementos existem na natureza como íons carregados, e é principalmente essa carga, não o sódio ou o potássio em si, que a língua detecta. (p. 188)

A esses conhecimentos, o autor parece atribuir uma vertente um pouco sensacionalista dos conceitos científicos, parecendo querer levar o leitor ao deslumbramento e com isso, prendê-lo à leitura. Através destas curiosidades, parece também querer levar o leitor a perceber que ele pode entender conceitos científicos, e assim motivá-lo pela ideia de que é capaz de adentrar no mundo dos cientistas. Essa postura revela empatia por parte do autor para com seu interlocutor, que pretende fazê-lo sentir parte integrante do processo de conhecer a Ciência.

Ao final do capítulo, o autor dedica vários parágrafos para explorar a questão do sal de cozinha iodado (ou não) e os problemas políticos, sociais e sanitários relacionados ao sal de cozinha. Na década de 1930, Gandhi iniciou um movimento social na Índia, influenciando vários indianos a não consumirem sal iodado em protesto às taxas impostas sobre o sal pela

Grã-Bretanha. Por isso, inúmeras famílias até pouco tempo atrás consumiam sal comum sem a preocupação de estarem consumindo a quantidade de iodo necessária. E assim, problemas congênitos foram ficando cada vez mais frequentes, assim como o bócio, doença na glândula tireoide causada pela falta de iodo. A seguir, alguns trechos:

[136] [...] o iodo foi flagrado numa enganação ainda maior e mais insidiosa, como um vigarista barato envolvido em um golpe da máfia. (p. 190)

[137] Gandhi reservava um lugar especial no coração para odiar o elemento 53. (p. 190)

[138] Em 1930, Gandhi liderou o povo hindu na famosa Marcha do Sal até Dandi, para protestar contra o opressivo imposto britânico sobre o sal. (p. 190)

[139] O único problema é que o sal comum contém pouco iodo, um ingrediente vital para a saúde. [...] acrescentar iodo à dieta era a medida de saúde mais barata e mais eficiente que um governo poderia tomar para evitar defeitos congênitos e retardo mental. (p. 190-191)

[140] [...] metade do país – meio bilhão de pessoas – não consegue comprar sal iodado com regularidade atualmente. As consequências são sombrias, e vão além dos defeitos congênitos. A falta de iodo provoca bócio, um inchaço feio da glândula tireoide no pescoço. Se a deficiência persistir, a tireoide se contrai. Como a tireoide regula a produção e a liberação de hormônios, inclusive hormônios cerebrais, o corpo não consegue funcionar bem sem ela. As pessoas podem perder faculdades mentais e até apresentar retardo mental. (p. 192)

Destacamos o caráter social, político e sanitário da abordagem deste assunto, com uma importante relevância para o estudo do **aspecto CTS**. É possível também identificar a **referência à cultura popular**, citada por Mora (2015) como uma característica de uma boa obra de literatura de DC. A devoção a Mahatma Gandhi e aos seus ideais ainda leva muitos indianos até os dias atuais a não consumirem sal iodado. O autor também reserva uma reflexão para questões humanísticas ao citar um filósofo, claramente abrangendo a característica **um lugar para a metafísica** de Mora (2015), pela sensibilidade literária de entrelaçar os elementos químicos e o ser humano, no que se refere à sua essência enquanto ser pensante, como demonstram os trechos a seguir:

[141] O filósofo inglês Bertrand Russell, outro proeminente pacifista do século XX, certa vez usou esses fatos medicinais sobre o iodo para elaborar um argumento contra a existência da alma imortal. “A energia usada para pensar parece ter uma origem química ...”, escreveu. (p. 192)

[142] “Por exemplo, a deficiência de iodo transforma um homem inteligente em um idiota. Os fenômenos mentais parecem estar relacionados com a estrutura material.” (p. 192)

[143] [...] a pródiga vida mental dos seres humanos, a fonte de toda sua glória e de boa parte de sua aflição, só decorre da química. (p. 192)

Portanto, este capítulo trouxe boas exemplificações da nossa categoria emergente: características de uma boa obra de literatura de DC de Mora (2015), como mostra o quadro 9:

Quadro 9 – características encontradas no capítulo 11

	Zamboni			Mora
Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade	
Narrativa de envolvimento		X		- Reconhecimento de erros humanos - Uso de analogias e metáforas
Interlocução direta com o leitor	X			- Referência a cultura popular - Uso de ironia - Um lugar para metafísica e religião

Fonte: a autora.

Este capítulo também é sugestivo para abordagem de ensino com **enfoque CTS** no que se refere à desmistificação da imagem da Ciência e Tecnologia como verdades absolutas e inquestionáveis. Através dos acidentes ocorridos na NASA, é possível mostrar a Ciência como uma entidade em constante transformação e melhoramento. Além disso, as questões de saúde pública ocorridas na Índia exemplificam a importância da incorporação da Ciência à cultura das pessoas, pois sociedades que estão alheias aos conhecimentos científicos ficam em desvantagem e em uma posição de exclusão de uma das maiores realizações da humanidade: a sistematização dos conhecimentos científicos (MORA, 2015).

Parte IV: Elementos da personalidade humana

O capítulo 12 – **Elementos políticos** - inicia contando sobre a história de Pierre e Marie Curie e como ela ganhou dois prêmios Nobel, sendo o segundo por descobrir um novo elemento o qual ela chamou de Polônio em referência ao seu país de origem, além de descobrir o Rádio. Curie pretendia atrair atenção política com esse feito, na intenção de atrair os olhares para a independência do seu país de origem, a Polônia. O capítulo segue com várias pequenas biografias e detalhes da vida pessoal dos cientistas, como por exemplo o envolvimento amoroso de Marie Curie com um homem casado. Após isso, o autor conta uma longa história sobre como Niels Bohr descobriu o Háfênio. Nesse capítulo, são contadas muitas histórias sobre descoberta

[Digite aqui]

de novos elementos, principalmente lantanídeos e a problemática política envolvendo o trabalho dos cientistas europeus, que foi bastante afetado pelo regime nazista, com muitos cientistas precisando se refugiar e interromper seus trabalhos. Assim, consideramos que este capítulo não terá nossa atenção para uma análise mais aprofundada devido a ser bastante histórico.

O capítulo 13 – **Elementos como dinheiro** – é mais um capítulo onde o autor levanta a parte histórica da utilização de alguns elementos químicos utilizados como dinheiro, como por exemplo sal, dente de golfinho, tulipas, grãos de cacau e especiarias. Então segue-se uma abordagem histórica sobre o ouro e a corrida por ele, a prata, as ligas de cobre com zinco dando latão; e de cobre com estanho dando bronze. O percurso histórico vai chegando aos dias atuais com a narrativa de como o elemento químico európio é utilizado nas cédulas do euro para evitar falsificações. Ligado a uma molécula de tinta fluorescente, o európio, por conta de saltos quânticos, emite luzes esverdeada, vermelha, amarela e azul marinho quando submetido à luz de um laser, porém permanece opaca na luz comum. Ao final do capítulo, o autor aborda o histórico do metal alumínio, que por um tempo valia mais do que ouro. Até que um químico norte americano chamado Charles Hall conseguiu alumínio puro através de um processo simples de eletrólise, o que o fez fundar em Pittsburgh o que se tornou a Aluminum Company of America, ou Alcoa, um dos empreendimentos comerciais mais bem-sucedidos da história.

Assim, este capítulo também se constitui mais como um capítulo histórico do que qualquer outra coisa, preocupado com a cronologia dos acontecimentos, repleto de histórias curiosas e fatos interessantes. É por isso que, ao nosso ver, caberia mais em uma análise sobre história da Ciência do que na análise que propomos neste trabalho.

No capítulo 14 – **Elementos artísticos** - não são os elementos que são artísticos, na verdade são contadas histórias de artistas que tiveram alguma relação com algum elemento químico. Este capítulo também é muito histórico. É narrada um pouco da vida do escritor alemão Goethe, um escritor cujo poder emotivo é comparado ao de Shakespeare. Considerado o “último homem a saber de tudo”, aparentemente escrevia obras literárias com cunho científico. Não percebemos a relação da história de Goethe com algum elemento químico específico. O autor narra sobre Mark Twain, provavelmente o escritor e romancista mais famoso dos EUA. Ele escreveu a obra “Fausto” onde o personagem vendia a alma ao diabo, que era “feito” de rádio e por isso ao seu redor havia uma áurea esverdeada (pelo rádio radioativo), vestia também uma capa de Polônio. Essa foi a única relação entre a arte de Mark

Twain e a química. Fora isso, apenas longas narrativas sobre sua vida e temperamento excêntrico.

Aproximando-se aos poucos dos dias atuais, o autor conta a história de Kenneth Parker, um americano fabricante de canetas que estava sempre lançando canetas melhores e melhores, aproveitando-se da ideia de obsolescência forçada que induzia as pessoas a comprarem pelo incrível preço de 400 dólares a caneta Parker 51, lançada em 1941, não porque precisavam de uma, mas simplesmente por que era desejada. Esta caneta tinha a ponta de rutênio. Entendemos que a referência que o autor faz ao tema “artístico” se deve à engenharia de design por trás da Parker 51. Não consideramos relevante essa associação feita pelo autor, pois o relato se configura mais como uma curiosidade do que com um feito historicamente relevante no âmbito social e/ou tecnológico.

Por fim, o autor narra a história do poeta Robert Lowell, que sofria de um desequilíbrio mental que o tornava maníaco-depressivo. Internado em um hospital psiquiátrico, concordou em ser medicado com Lítio. O Lítio, (na forma de carbonato de lítio) porém, não é um mineral essencial ao organismo, não precisa estar em nossa dieta, não cura o paciente de um surto, mas evita novos surtos. O autor cita uma fala de Lowell, que uma vez disse: “pensar que tudo o que sofri, que todo o sofrimento que causei tenha se originado da falta de um sal no meu cérebro” (Kean, 2011, p. 241). Porém, há especulações de que com o tratamento com Lítio ele não conseguia mais escrever como antes, como se estivesse calmo demais. E assim, o capítulo termina com uma fala que representa uma sutil aproximação com a metafísica, característica elencada por Mora (2015) para uma boa literatura de DC, a respeito de como um único elemento químico é capaz de influenciar as faculdades mentais do ser humano, mudar seu comportamento, o modo de ver o mundo e o modo de viver:

[144] Por mais que a tabela periódica tenha inspirado Goethe, Twain e outros, o lítio ministrado a Lowell pode ter sido um caso em que a saúde melhorou em detrimento da arte, transformando um gênio enlouquecido em um homem apenas humano. (p. 242)

Portanto, com a história de Lowell, esta obra mostra como a literatura de DC é valorosa em termos de linguagem literária, que apesar de ser difícil de definir, se pode dizer com certeza que é aquela que nos move como seres humanos e faz-nos olhar no espelho. E por isso condiz com a prerrogativa de que uma boa obra de literatura de DC deve reservar um lugar para a metafísica e para as reflexões sobre a essência do ser humano (MORA,2015).

O capítulo 15 – **Um elemento de loucura** – narra a história de William Crookes, que apesar de fazer parte da Royal Society, se envolveu com espiritualismo e mediunidade depois da morte de um dos seus irmãos. Na tentativa de estabelecer contato com ele do “além”, acabou escrevendo um artigo onde ele afirmou ter encontrado vestígios de forças sobrenaturais através de uma ampola de vidro a vácuo com um cata-vento ultrasensível dentro, ampola essa que havia sido inventada por ele. Com isso, o autor fala sobre o que é Ciência Patológica e explica que o espiritualismo ganhou características de ciência patológica através dos minuciosos experimentos de Crookes. O autor fala também sobre a descoberta de um animal que viveu nos oceanos a 1,5 milhões de anos atrás, que chamaram de megalodonte, um imenso tubarão. Descobriram isso através de dentes fossilizados do animal que continham o elemento químico Manganês. Depois o autor termina o capítulo contando a história de Rontgen e como ele descobriu os Raios – X, em 1895. O cientista passou várias semanas em seu laboratório tentando entender que tipos de raios podiam atravessar sólidos, e chegou a pensar que estava louco ao conseguir ver os ossos da própria mão em uma chapa fotográfica.

Não percebemos a relação do título do capítulo com os conteúdos que foram abordados pelo autor, mas aparentemente ele quis se referir a como alguns cientistas pareciam loucos diante de alguns acontecimentos. Não consideramos que o autor deu foco a determinados elementos químicos, mas sim a situações e contextos históricos, o que torna esse capítulo bastante histórico também. Chega a mencionar o megalodonte, e inclusive dar uma atenção especial a ele, o que nos deu a impressão de um viés de ficção científica, abordagem que não cabe em nossa análise. O autor também menciona a fusão a frio e a questão dos supercondutores, relatando um experimento realizado por Pons e Fleischmann em 1989 na universidade de Utah (EUA) com água pesada e eletrodos de paládio. Desta forma, também não percebemos neste capítulo traços significantes relativos às nossas categorias que precisassem ser mencionados por nós, fazendo de toda a parte IV da obra não relevante para nossa análise, pois os capítulos possuem viés muito histórico, cabendo talvez uma possível análise à luz da História e Filosofia da Ciência.

Parte V: **A ciência dos elementos, hoje e amanhã**

O capítulo 16 – **O caminho da Química bem abaixo de zero** - é uma interessante abordagem de como alguns elementos químicos se comportam a temperaturas muito baixas. O autor começa pelo estanho, um metal que a menos de 13°C muda de conformação cristalina e se desintegra em pústulas farelentas a . Após isso, comenta sobre os compostos sintetizados

[Digite aqui]

com gases nobres – uma façanha que parecia impossível a algumas décadas atrás, devido à alta estabilidade e consequente não reatividade dos gases nobres. Nesse ponto, o autor nos passa uma impressão de um maior caráter científico em sua fala, ao descrever os primeiros procedimentos realizados na síntese de compostos contendo gases nobres, abordando um assunto cujo interesse é puramente científico:

[145] Violando décadas de dogmas, o químico baseado no Canadá Neil Bartlett criou, em 1962, o primeiro gás nobre composto a partir do xenônio, um cristal sólido alaranjado. (p. 268)

[146] O criptônio luta bem até -151°C , mas a partir desse ponto o super-reativo flúor consegue se prender a ele. (p. 268)

[147] Para fazer com que gases nobres mais leves e com ligações mais fortes reajam, os químicos tiveram de baixar a temperatura drasticamente, como que para *anestesiá-los*. (p. 268, grifo nosso)

[148] [passaram-se vários anos] até que cientistas finlandeses afinal chegassem ao procedimento correto para o argônio, em 2000. Foi um experimento [...] que exigiu argônio sólido, gás hidrogênio, gás flúor, um composto inicial altamente reativo e iodeto de sódio para dar início à reação, além de rajadas bem cronometradas de luz ultravioleta, tudo isso em frígidos -265°C . Quando as coisas esquentavam um pouco, o composto de argônio desandava. (p. 268)

Em [148] o autor intenciona descrever um processo, que se assemelha a um traço bem característico de cientificidade – **a descrição de metodologia**. Para explicar o processo de síntese de compostos com gases nobres (que provavelmente é muito mais complexo do que o relatado), o autor usa de sua liberdade literária para usar uma metáfora quase que ultrajante em [147] – dizer que é preciso “anestesiá-lo” o gás nobre pra que ele reaja quimicamente subtrai a explicação fundamentalmente científica para esse procedimento. A respeito deste contexto, Destácio (2000, *apud* PINTO, 2007, p. 33) diz que nos artigos de DC a preferência do autor pode se dar pela fluidez do texto em detrimento dos detalhes científicos e que “embora às vezes informações relevantes precisem ficar de fora, é mais importante que a matéria não seja cansativa”. Comparando os diversos artigos de DC já lidos em nossa trajetória acadêmica, percebemos a diferença entre este tipo de material e a referida obra de literatura de DC, onde na última é notório que se preza mais por uma linguagem que cause encanto, deslumbramento, prazer, e diversas outras emoções, do que o conteúdo científico em si.

Apesar disso, este capítulo foi o que mais nos pareceu carregado de cientificidade. Ao explicar o funcionamento dos lasers e masers, o autor introduz assuntos mais “pesados” da física quântica, como a natureza dual da luz e saltos quânticos. A seguir, alguns trechos:

[149] Einstein provou (ele é onipresente nessa arena) que a luz às vezes se comporta como partículas *chamadas de fótons*. (p. 271, grifo nosso)

[150] A detecção da luz como onda ou como fótons depende da observação, uma vez que a luz não é só uma coisa ou outra. (p. 271)

[151] *Lembre-se* de que os elétrons *são como elevadores*: nunca sobem do nível 1 ao 3,5 ou descem do nível 5 ao nível 1,8. Os elétrons só saltam entre níveis de números inteiros. (p. 271-272, grifo nosso)

[152] Quando elétrons excitados voltam ao nível anterior, eles expõem o excedente de energia na forma de luz, na prática, os elétrons de diferentes átomos estão caindo do nível 3 para o 1, ou do 4 para o 2 ao mesmo tempo – e cada queda produz uma cor diferente. [...] Os lasers evitam esse problema de tempo limitando os andares em que o *elevador* para. (p. 272)

Nesses trechos percebemos a utilização de vários recursos para levar o leitor a entender o conteúdo científico. Em [149] a **nomeação** é um traço característico de cientificidade, cuja função é legitimar a atividade da DC, tendo em vista que se trata de uma remissão ao discurso científico. Em [151] o autor fala diretamente com o leitor ao dizer “lembre-se”, como se quisesse ratificar que ele e seu interlocutor estão tendo uma longa e boa conversa e que algo que já foi falado anteriormente precisa ser lembrado para continuar a explicação. Com essa **interlocução direta com o leitor**, o autor busca a sua participação ativa. Ainda em [151] usa uma **analogia** com o segmento “são como” para comparar os níveis quânticos aos andares de um prédio. Apesar de estes últimos serem traços essencialmente didáticos, esse trecho faz parte de uma explicação maior, que culmina no trecho [152] que contém uma considerável **densidade discursiva**, ainda que um pouco amortecida pela carga da linguagem literária.

A explicação do funcionamento do laser vem em seguida com a lembrança de que eles podem ser aplicados em diversas áreas, inclusive na medicina:

[153] Os lasers mais impressionantes e poderosos de hoje – capazes de produzir feixes que, por uma fração de segundo, emitem mais energia que os Estados Unidos inteiros – usam cristais de ítrio reforçados com neodímio. (p. 272)

[154] Dentro do laser, uma luz estroboscópica se enrola no cristal de neodímio-ítrio e pulsa numa velocidade absurda com intensidades incrivelmente altas. Essa infusão de luz excita os elétrons do neodímio e faz com que saltem a alturas muito maiores do que o normal. Para manter a nossa comparação com o elevador, eles podem disparar para o décimo andar. Mas, como *sofrem de vertigem*, eles descem logo para uma altura mais segura, para o segundo andar, por exemplo. (p. 272, grifo nosso)

[155] Quando isso acontece repetidas vezes, o *segundo andar* fica lotado [...]. A essa altura, se alguns elétrons *ociosos* saltarem para o andar térreo, eles perturbam a vizinhança já nervosa e congestionada e os joga pela *sacada*, derrubando outros no processo. *Atenção* para a beleza simples de tudo isso: quando os elétrons de neodímio caem dessa vez, estão todos caindo do segundo para o primeiro ao mesmo tempo, por isso todos produzem luz da mesma cor. Essa coerência é crucial para um laser. (p. 272-273, grifos nossos)

[156] O restante do aparato de laser *limpa* raios de luz e *afia* os feixes rebatendo-os de um lado para outro entre dois espelhos. Mas a essa altura os cristais de neodímio-ítrio já fizeram seu trabalho de produzir uma luz coerente e concentrada, feixes tão poderosos que podem induzir uma fusão termonuclear, e tão concentrados que conseguem esculpir uma córnea sem queimar o resto do olho. (p. 273, grifo nosso).

Os trechos longos dão uma ideia da profundidade científica e da extensão do assunto. É possível ver a mixagem de explicações de conteúdos científicos com metáforas (colocadas em itálico por nós) empregada pelo autor, que conferem ao texto a alternância de momentos de leveza e densidade discursiva. Leveza essa que as vezes é temperada de **humor**, por exemplo quando diz que o elétron tem uma “vertigem” ou que está “ocioso” em [154] e [155].

A química e a física se misturam no trecho [153] com a menção de que o laser mais poderoso do mundo contém os elementos ítrio e neodímio. A **cooperação entre diferentes campos de conhecimento** é um aspecto implícito da atividade científica dentro dos traços de cientificidade, segundo Queiroz e Ferreira (2013). A menção de que o laser em questão pode ser usado em cirurgias oftalmológicas em [156] promove a interseção entre conhecimento científico e aplicação tecnológica para benefício da sociedade, mostrando um aspecto interessante da **perspectiva CTS** que seria os benefícios dos avanços tecnológicos. Com uma abordagem dessa natureza, espera-se que o aluno “possa utilizar o conhecimento científico contextualizado a fim de melhor entender o mundo que o cerca” (CHRISPINO, 2017, p. 86).

A cientificidade predominante do capítulo continua quando o autor fala sobre outro assunto da física quântica: o princípio da incerteza de Heisenberg. E nesse momento temos a genuína **densidade discursiva** mencionada por Zamboni (2001), onde o autor traz a equação matemática do princípio da incerteza e sua “tradução”:

[157] Tudo o que o princípio diz, na íntegra, é o seguinte: $\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$
 Só isso. Agora, se traduzirmos a mecânica quântica para a linguagem comum (sempre arriscado), a equação diz que a incerteza da posição de alguma coisa (Δx) multiplicada pela incerteza de sua velocidade e direção (seu momento, Δp) é sempre maior ou igual ao número “h dividido por quatro vezes pi”. (O “h” é a constante de Planck, que é um número tão pequeno, cerca de 100 setilhões de vezes menor que 1, que o princípio da incerteza só se aplica a coisas muito, muito minúsculas como elétrons e fótons.) (p. 274)

É interessante que o próprio autor admite a dificuldade de reformular alguns conceitos científicos para que caibam na linguagem comum, o que vai de encontro as considerações de Peytard (1984) citadas por Zamboni (2001) de que alguns discursos científicos são inexpugnáveis à vulgarização. Isso porque essa densidade discursiva é caracterizada nos

[Digite aqui]

materiais de DC com operações do discurso matemático que são imutáveis e universais e, por isso, no discurso científico nem tudo é passível de reformulação. O autor termina o capítulo falando a respeito do condensado de Bose-Einstein (BEC), um conteúdo que não faz parte da matriz curricular para o ensino médio no Brasil e, portanto, é um conhecimento novo para a maioria dos leitores. Falar do BEC encerra o capítulo de forma maestral, já que o procedimento que sintetizou o BEC teve que ocorrer abaixo do zero absoluto ($-273,15^{\circ}\text{C}$). O autor também faz projeções de tecnologias futuras, consagrando este capítulo como o mais científico da obra, como é possível ver através do quadro 10:

Quadro 10 – categorias encontradas no capítulo 16

	Zamboni; Queiroz e Ferreira			Mora
Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade	- Uso de analogias e metáforas - Uso de ironia e humor
Descrição de metodologia científica			X	
Cooperação entre diferentes campos de conhecimento			X	
Nomeação			X	
Interlocução direta com o leitor	X			
Densidade Discursiva			X	

Fonte: a autora.

O capítulo 17 – **Esferas de esplendor – a ciência das bolhas** é um capítulo um pouco difícil para o público em geral entender. Seu teor é carregado de física quântica, assunto geralmente não estudado no ensino médio, o que provoca um primeiro contato do leitor com esse conteúdo. E geralmente o primeiro contato é sempre confuso. Inicia falando sobre um físico chamado Donald Glaser que em 1952 construiu um aparato chamado de câmara de bolhas, que foi capaz de descobrir partículas subatômicas até então desconhecidas – káons, múons e píons. Para isso, bombardeou um líquido próximo ao seu ponto de ebulição (primeiro, cerveja, e depois hidrogênio líquido) pois as partículas subatômicas fariam o líquido espumar

e deixariam um rastro de espiral nas bolhas. Assim foi possível identificar essas partículas subatômicas.

O autor fala também do trabalho de Ernest Rutherford com a radioatividade, mas usando “bolhas” pois ele refuta Marie Curie quando ela diz que elementos radioativos soltavam no ar uma espécie de gás que era radioatividade pura. Rutherford provou que na verdade era um novo elemento gasoso radioativo ainda não conhecido, o radônio, que ele coletou em forma de bolhas. Rutherford também provou que as partículas alfas que ele descobrira (ele também descobriu as partículas beta) eram na verdade átomos de hélio que ele coletou e passou uma corrente elétrica por eles em uma ampola a vácuo, a qual brilhou como as lâmpadas de neon. Rutherford também percebeu que era possível datar uma rocha através de bolhas de hélio. Considerando que algumas rochas contêm urânio, após uma série de decaimentos e liberação de partícula alfa (átomos de hélio carregados positivamente), a rocha terá uma quantidade de bolhas de gás hélio que possibilitam a datação daquela rocha e a possibilidade de datar a idade da Terra. Este capítulo é massivo em descrições de experimentos relacionados a bolhas, bem como as sempre presentes biografias dos cientistas e os prêmios Nobel que conseguiram. Nada em particular nos chamou atenção a respeito das categorias elencadas para este trabalho. Isso não significa que não existam os traços buscados por nós, mas chegando ao final da obra percebemos que a menção deles seria repetitiva.

O capítulo 18 – **Instrumentos ridiculamente precisos** - fala sobre institutos responsáveis pela padronização de pesos e medidas. O BIPM na França é a agência de padronização das agências de padronização e guarda um cilindro de 5 cm de comprimento de platina que pesa 1,000000000... quilos. É a padronização para o quilograma. Por isso eles monitoram constantemente a pressão e a temperatura ao redor do objeto, para que não perca nenhum único átomo e seu peso mude para 0,99999... quilos. Alguns trechos demonstram a atitude do autor de querer levar o leitor a entender como funciona a Ciência em relação à padronização de medidas que são tão corriqueiras que dificilmente o cidadão comum se pergunta por que 1 quilo é 1 quilo, ou por que um minuto são 60 segundos, ou de onde vem os segundos. A seguir, alguns trechos exemplificam esta narrativa:

[158] Para cientistas que trabalham em agências de pesos e medidas, a mensuração não é apenas uma prática que torna a ciência possível, é uma ciência em si mesma. (p. 297)

[159] Um dos trabalhos mais peculiares do BIPM é mimar o Protótipo Internacional do Quilograma – o quilograma oficial do mundo. Trata-se de um cilindro de 90% de platina e cinco centímetros de comprimento que, por definição, tem a massa exata de 1,000000... quilo (até quantas casas decimais você quiser). (p. 297-298, grifo nosso)

[160] [...] o BIPM precisa garantir que o objeto nunca seja arranhado, nunca acumule um grão de poeira e nunca perca (é o que a agência espera!) um único átomo. (p. 298-299)

Contudo, o quilograma de platina tem encontrado dificuldades de se manter como o padrão, como mostram os trechos a seguir:

[161] O quilograma é uma das sete “unidades básicas” de medida que permeiam todos os campos da ciência, e já não é mais aceitável que essas unidades se baseiem em um artefato humano [...] (p. 300)

[162] O objetivo, [...] é que um cientista possa enviar a definição de qualquer unidade por e-mail a um colega em outro continente e que esse colega seja capaz de reproduzir alguma coisa com as mesmas dimensões exatas só com base na descrição do e-mail. Mas ninguém pode enviar o Quilograma por e-mail, e até agora ninguém inventou uma definição mais confiável que aquele cilindro [...]. (p. 300)

Os fatos mencionados nos trechos ocorrem porque toda vez que o próprio quilograma precisa ser calibrado ou transportado para outro país para fins de calibração, a dificuldade de não encostar nele se torna um problema, assim como passar na alfândega despercebido. A ciência ainda não encontrou outra forma de padronizar o quilograma sem ser por um artefato humano, e isso revela um traço de cientificidade observado por Queiroz e Ferreira (2013) como **limitação de técnicas científicas**, com o objetivo de mostrar a ciência como uma entidade não hermética que enfrenta dificuldades.

Contudo, o autor expõe que outras medidas padrão vem sendo redefinidas com o objetivo de torná-las mais universais e operacionalizáveis em qualquer parte do mundo. A respeito das unidades metro e do segundo:

[163] Durante boa parte do século XX, um bastão de platina em Paris definiu 1,000000... metro, até os cientistas redefinirem o metro em 1960 [...] como a distância que qualquer luz percorre no vácuo em $1/299.792.458$ de segundo. (p. 301)

[164] Da mesma forma, a definição oficial de um segundo costumava ser de cerca de $1/86.400$ de uma volta ao redor do eixo da Terra [...], mas alguns fatos incômodos tornaram esse padrão inconveniente. O mais importante, a duração de um dia está aumentando aos poucos por conta da variação das marés oceânicas, que seguram e retardam a rotação terrestre. (p. 301)

[165] [...] a agência de padrões dos Estados Unidos desenvolveu relógios atômicos baseados em césio. [...] O césio se mostrou conveniente como mola principal dos relógios atômicos por ter um elétron exposto na camada mais externa, [...] o elétron realiza 9.192.631.770 idas e vindas a cada segundo. (p. 302)

[166] [...] agora o número 9.192.631.770 já está estabelecido. Tornou-se a primeira definição de unidade de base a atingir uma “emailabilidade” universal, tendo inclusive ajudado a libertar o metro de seu bastão de platina depois de 1960. (p. 302)

[167] Os cientistas adotaram o padrão célio como medida de tempo oficial do mundo nos anos 1960[...]. (p. 303)

Nestes trechos é possível verificar que o padrão para o segundo teve que ser modificado. Não podendo mais se basear na rotação da Terra, agora o segundo equivale ao número de saltos quânticos que o elétron mais externo do Césio faz quando é excitado por um maser. Isso demonstra outro traço de cientificidade elencado por Queiroz e Ferreira (2013) como um aspecto implícito da atividade científica, a **ciência em constante aperfeiçoamento**.

Continuando nuances de cientificidade, o autor fala sobre a constante da estrutura fina, e sintetiza sua explicação dando uma ideia geral do que é essa constante:

[168] Em resumo, é a constante que controla o quanto os elétrons estão ligados ao núcleo positivo. Determina também a força nuclear. (p. 303-304)

[169] [...] se a constante de estrutura fina – que vou chamar de alfa, que é como os cientistas a denominam – fosse um pouquinho menor logo depois do Big Bang, a fusão nuclear das estrelas jamais teria atingido a temperatura necessária para fundir carbono. Por outro lado, se alfa tivesse sido um pouquinho maior, todos os átomos de carbono teriam se desintegrado éons atrás, bem antes de chegarem até nós. (p. 304)

[170] Até um bom e inveterado ateu como o físico Richard Feynman disse certa vez “É um dos maiores mistérios do universo: um número mágico que chega até nós sem ter sido compreendido pelo homem. Pode-se dizer que a ‘mão de Deus’ escreveu esse número, mas nós não sabemos como Ele empunhou o Seu lápis.” (p. 304)

Note-se a recorrência de vezes que o autor menciona “os cientistas”, trazendo para sua fala a tentativa de uma **busca de credibilidade**. Para Zamboni (2001, p. 105) “a inserção das falas de especialistas assume o caráter de argumentos de autoridade no discurso vulgarizado [...] pela possibilidade de revelar a ancoragem que lhe confere a autoridade do discurso da ciência”. Além disso, em [170] o autor traz a complexidade da essência da constante da estrutura fina, levando o leitor a refletir sobre a perfeição do universo, cogitar um “plano” por trás de tudo e a existência da figura de um Criador, o que claramente remete à característica elencada por Mora (2015) de que uma boa obra de literatura de DC deve ter **um lugar para a metafísica e para a religião**. Desta forma, percebemos este capítulo como um dos que contém mais cientificidade em toda obra, principalmente por se tratar de um assunto inerente ao cotidiano da práxis científica – as medidas de precisão.

Portanto, os três traços explanados por nós no capítulo 18 são traços de cientificidade, como mostra o quadro 11:

Quadro 11 – categorias encontradas no capítulo 18

	Zamboni; Queiroz e Ferreira			Mora
Traço	Didaticidade	Laicidade	Cientificidade	- Um lugar para metafísica e religião
Limitação das técnicas científicas			X	
Ciência em constante aperfeiçoamento			X	
Busca de credibilidade			X	

Fonte: a autora.

O capítulo final 19 – **Acima e além da tabela periódica** - discute qual seria a possibilidade de criar elementos acima de 118 prótons que sejam estáveis, pela teoria dos elementos mágicos de Maria Goeppert-Mayer, onde números específicos de prótons teriam estabilidade, fazendo assim projeções futuras para a tabela periódica. O autor fala também sobre os elementos menos estáveis que existem, o frâncio e o astato. O astato se encontra na crosta terrestre na minúscula quantidade de apenas 25 gramas. O frâncio se acha na quantidade de 500 a 900 gramas. O autor explica a instabilidade desses elementos com base em decaimentos radioativos, o que explicaria a sua pequena abundância no planeta. Disserta também sobre qual seria o último átomo possível de ser descoberto, de acordo com as possibilidades da mecânica quântica, da relatividade de Einstein e da constante da estrutura fina - o último átomo possível seria o elemento 137. O autor diz que a tabela tal qual se encontra hoje, passou por uma reorganização desde os anos de 1930 até 1970, onde Seaborg teve a ideia de agrupar os lantanídeos e actinídeos abaixo da tabela periódica. O livro termina com a proposta do autor de se realizarem novas pesquisas para uma nova organização da tabela periódica. Este capítulo finaliza bem a ideia da obra como um todo, que passou por toda a tabela periódica através da história, das aplicações tecnológicas, do desenvolvimento da ciência e do entendimento do universo.

Desta forma, procuramos avaliar a potencialidade didática da obra de literatura de DC *A colher que desaparece*, de Sam Kean (2011). Tendo em vista que Zamboni (2001) caracterizou os textos de DC como construções linguísticas que possuem traços característicos,

[Digite aqui]

os quais ela chama de traços de didaticidade, laicidade e cientificidade para confirmação de sua teoria de que a DC se constitui como um gênero de discurso exclusivo, nos baseamos em suas considerações para confirmar se a referida obra apresentava tais traços, se configurando como um material cujo objetivo é inerente à DC: um discurso reformulado direcionado a um público não especializado, cujas fórmulas lexicais e linguísticas se projetam para a maior compreensibilidade possível que se possa alcançar. Utilizamos também as considerações de Queiroz e Ferreira (2013) que interpretaram as reflexões de Zamboni de maneira a ampliar e exemplificar detalhadamente as definições sobre os traços de cientificidade, laicidade e didaticidade.

Ao decidir utilizar a Análise Textual Discursiva como metodologia de análise, conseguimos elencar como categorias *a priori* os traços de cientificidade, laicidade e didaticidade de Zamboni (2001), assim como os aspectos das relações CTS presentes na obra. Essas categorias *a priori* nos orientaram quanto ao que deveríamos procurar na fala do autor e norteou nossa procura possibilitando que pudéssemos relacionar as nuances performativas da escrita do autor com a fundamentação teórica que baseou nosso trabalho. Através da nossa impregnação com o material (*corpus*) analisado, elencamos uma nova categoria que emergia da nossa percepção do forte caráter literário da obra e consequente diluição da carga científica por meio de uma linguagem irreverente, autoral e criativa. Assim, surgiu a categoria emergente que considera as características elencadas por Mora (2015) para uma boa obra de literatura de divulgação científica, que, segundo a autora, busca causar emoção afetiva no leitor e traz componentes inerentes à existência e complexidade humanas.

Desta forma, nossa análise apontou para uma carga maior de traços de didaticidade e laicidade do que para traços de cientificidade. Pensamos que esse resultado provém do fato de que sendo um material extenso, a carga científica fica diluída ou muitas vezes é ocultada, com o objetivo de não tornar a leitura cansativa ou difícil. Esta ideia entra em consonância com o que diz Zamboni (2001) a respeito da imagem que o enunciador atribui a si próprio e ao seu interlocutor. Se o autor pressupõe que seu destinatário é completamente leigo em relação aos temas científicos abordados, tratará utilizar uma linguagem mais próxima do seu interlocutor do que de si próprio. Desta forma, nos pareceu que, nesta obra, o autor passou a linguagem científica por um processo de facilitação extrema, de modo a adequar-se ao fundo perceptivo do seu leitor leigo (ZAMBONI, 2001). De forma semelhante, Destácio explica que no jornalismo científico, com o passar dos anos, as matérias foram ficando menos densas em relação a detalhes científicos, e salienta que isso ocorre por que “às vezes informações

relevantes precisem ficar de fora, é mais importante que a matéria não seja cansativa.” (DESTÁCIO, 2000, *apud* PINTO, 2007, p. 37)

Devido ao baixo caráter de linguagem científica presente na obra e alto caráter literário, alguns traços elencados por Zamboni (2001) não foram identificados por serem inerentes e/ou mais frequentes em artigos de divulgação científica. São eles: questionamento sobre a metodologia empregada na pesquisa; atitude de cautela e prudência diante dos resultados da pesquisa; apelo inicial à leitura; mini resenhas; boxes; impacto científico no lide e segmentação da informação. Entendemos que tais traços não foram encontrados pois Zamboni ateu sua proposição a artigos científicos, portanto seriam mais facilmente encontrados em materiais dessa natureza.

O caráter histórico de muitas narrativas presentes na obra impossibilitou que o traço “busca de credibilidade” se fizesse mais presente, tendo em vista que este traço se caracteriza pela fala de especialistas transcritas ou mencionadas pelo divulgador para embasar/validar o assunto em questão. Sabemos que este traço aparece mais em artigos de DC que trazem pesquisas e inovações tecnológicas pertinentes à época atual em que o artigo foi escrito/publicado. Ao contrário disso, encontramos, na maioria das vezes, narrativas históricas onde o autor parecia estar preocupado com a cronologia dos acontecimentos.

Apesar da narrativa longa as vezes nos desvencilhar do objetivo principal do livro – Tabela Periódica – o autor faz questão de mencioná-la constantemente, trazendo sempre fatos históricos, relevantes e decisivos para a sociedade e sua relação com algum (ou alguns) elementos químicos, o que nos deu a impressão de que o autor pretende a todo momento ratificar a importância da Química em diversos setores da sociedade, como o político, cultural, histórico e econômico. É importante ressaltar também que sempre existe a explicitação de dois ou mais elementos químicos pertencentes ao mesmo grupo da tabela periódica, em que o autor mostra a semelhança de suas aplicações em tecnologia, com o objetivo de mostrar que os grupos da tabela periódica e, portanto, sua organização, não são por acaso.

Em relação ao CTS, os capítulos que contém assuntos que podem ser abordados na perspectiva do ensino CTS (CHRISPINO, 2017) são os capítulos 2, 5, 6, 9, 10, 11 e 16. Os trechos apontados por nós como possibilidades de ensino com enfoque CTS podem ser revistos, modificados e/ou aprofundados pelo professor, com o objetivo de melhor atender as necessidades de sua realidade educacional, tendo em vista que “a abordagem CTS não está restrita aos instrumentos, mas está sob a égide do professor e sua proposta de apresentar o mundo por outra ótica” (CHRISPINO, 2017, p. 82).

Desta forma, a obra *A colher que desaparece* se apresentou como uma obra de cunho bastante literário, que contém características próprias do que Mora (2015) chama de uma boa divulgação científica como literatura, e que contém também traços característicos do discurso da divulgação científica, que para Zamboni (2001) longe de ser [um discurso] degradado, empalecido e esmaecido, é vivo, colorido e envolvente. Essa obra apresenta trechos potenciais para serem usados no ensino de Química com enfoque CTS, principalmente para o ensino de Tabela Periódica, mas não somente isso, vários outros assuntos também podem ser abordados usando trechos ou recortes do tamanho que o professor quiser, de acordo com seu planejamento e realidade educacional.

6 Considerações Finais

No ponto 3.2 deste trabalho realizamos um estado da questão a respeito do cenário de produções acadêmicas referente ao uso de materiais de DC para o ensino de Química. Percebemos que as produções versam para uma variedade de situações e materiais que promovem a divulgação científica, contudo, encontramos apenas um trabalho (dissertação de mestrado) cujo objeto de estudo eram textos retirados de livros de literatura de divulgação científica. Isto revela que poucas tem sido as iniciativas para o estudo específico deste tipo de literatura com aplicações para o ensino, em específico para o ensino de Ciências e/ou Química.

A produção acadêmica nos pareceu estar mais voltada para artigos de divulgação científica, por se constituírem como textos curtos, ilustrados, com manchetes e lides que chamam a atenção, informações rápidas e sucintas. Inclusive, dentre os 12 trabalhos encontrados em nosso estado da questão a respeito do uso de materiais de DC para o ensino de química, 8 versavam sobre artigos midiáticos de revistas ou internet. Apesar de alguns autores criticarem o uso de livros como material didático de DC com o argumento de serem textos demasiadamente longos para a aplicação no ensino de Química, defendemos que é justamente a extensividade dos textos que pode promover a proficiência leitora, o envolvimento dos conteúdos científicos com contextos históricos, cotidianos e humanos. A respeito disso, a BNCC orienta que o Ensino Médio deve promover envolvimento em processos de leitura de modo a garantir que o aluno adquira competências e habilidades essenciais, inclusive citando o uso e análise de materiais de divulgação científica.

Neste sentido, nosso trabalho pretendeu analisar o livro “*A colher que desaparece: e outras histórias de amor, loucura e morte a partir dos elementos químicos*” de Sam Kean (2011).

[Digite aqui]

No geral, esta obra fala como diversos elementos químicos foram determinantes no desenvolvimento da ciência e da tecnologia ao longo do tempo e enfatiza impactos sociais e ambientais importantes em decorrência disso.

Percebemos que o cunho literário predomina toda a obra, o que é caracterizado por Zamboni (2001) como literarização da narrativa, o que não nos surpreende, tendo em vista que este é um livro de divulgação científica, e não um artigo. Para Zamboni, na literarização da narrativa o autor manifesta suas impressões com enunciações, retóricas, calorosas, envolventes, características da figuração literária.

Assim, consideramos a obra *A colher que desaparece* rica em detalhes científicos e literários, promove a contextualização e a cotidianização do conhecimento a respeito dos elementos químicos com o mundo que nos cerca no que diz respeito a grandes impasses, tragédias, inovações e mudanças pelas quais a sociedade passou ao longo dos séculos, tendo a Química como uma das grandes bases dessas transformações no modo de viver e de ver a vida, extraindo do ser humano nuances profundas de maldade, morte, cura, esperança e sentido.

6 Referências

ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. RICON, Alan Esteves. **Divulgação científica e texto literário uma perspectiva cultural em aulas de física.** Cad. Cat. Ens. Fís., Florianópolis, v.10, n.1, p.7-13, abr.1993.

ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. ZANOTELLO, Marcelo. **Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior.** Revista Ensaio: Belo Horizonte. v. 15, n. 3, p. 113 – 130. set-dez. 2013.

AULER, Décio. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade:** pressupostos para o contexto brasileiro. Ciência & Ensino. vol. 1. número especial novembro de 2007.

AULER, Décio. BAZZO, Walter Antônio. **Reflexões para a implementação do Movimento CTS no contexto educacional brasileiro.** Ciência & Educação, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

BATISTELE, Márcio Cesar Braga. **Análise de características de textos de divulgação científica da revista Minas Faz Ciência:** possibilidades para o ensino de química. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.

BOUZON, Júlia D.; BRANDÃO, Juliana B.; SANTOS, Thaís C.; CHRISPINO, Álvaro. **O ensino de Química no ensino CTS Brasileiro:** Uma revisão bibliográfica de publicações em periódicos. Química Nova na Escola, v. 40, n. 3, p. 214-225, ago. 2018.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Ensino Médio. Brasília: MEC. Versão entregue ao CNE em 03 de abril de 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wp->

[Digite aqui]

content/uploads/2018/04/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site.pdf. Acesso em: 04 agosto de 2019.

CHAVES, Alaor. **Supernova: a morte catastrófica de grandes estrelas**. Caeté: Mg. 2011. Disponível em <http://www.observatorio.ufmg.br/Pas105.htm> Acesso em: fev. 2021.

CARBULONI, Caroline Franco, *et al.* **Levantamento bibliográfico em revistas brasileiras de ensino: artigos sobre o conteúdo Tabela Periódica**. ACTIO, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 225-242, jan./jul. 2017.

CASTANHEDE, Severina Coelho da Silva. Textos da revista ciência hoje como recurso didático: análise e possibilidades de uso no ensino médio de química. 2012. Dissertação (Mestrado profissional em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CEREZO, José Antônio Lopez. **Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos**. Revista Iberoamericana de Educación. nº 18, págs. 41-68. 1998.

CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** Tradução de Raul Fiker. 2.ed. São Paulo: Brasiliense, 1997.

CHRISPINO, Alvaro. **Introdução aos Enfoques CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na Educação e no Ensino**. 1 ed. Madrid – Espanha: OEI – Organização dos estados Iberoamericanos, 2017. v. 1. 181p.

CIOLI, Rejane. FACHINI, Flávia, MENEGHETTI, Francis Kanashiro. **Reflexões sobre o determinismo tecnológico nos estudos sociais em ciência, tecnologia e sociedade**. VI Simpósio Nacional de Ciência, Tecnologia e Sociedade. 14 a 16 de outubro de 2015. Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em https://www.rio2015.esocite.org.br/resources/anais/5/1440811047_ARQUIVO_ARTIGOCO_MPLETO-CIOLI_FACHINI_MENEGHETTI.pdf. Acesso em: 14 dez. 2020.

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José André. PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 2. Ed. São Paulo: Cortez, 2007.

ENS, Romilda Teodora; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Significados de pesquisa segundo professores formadores de um curso de Pedagogia**. Série-Estudos - Periódico do Mestrado em Educação da UCDB. Campo Grande, MS, n. 24, p. 77-87, jul./dez. 2007.

FATARELI, Elton Fabrino. **Argumentação no ensino de química: textos de Divulgação científica desencadeando debates**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu. **Textos de divulgação científica para o ensino de química: características e possibilidades**. 2012. 290 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

FLÔR, C. C. **Leitura e formação de leitores em aulas de Química no Ensino Médio**. 235 f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

[Digite aqui]

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

FREITAS, Amanda Pereira de. **Percepções de Professores de Química do Nível Médio acerca do Ensino por Resolução de Problemas por meio da Divulgação Científica de pesquisas desenvolvidas nesta direção**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

GAGLIARD, R. **Cómo utilizar la historia de la ciência em la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias**. vol. 6, n. 3, p.291 – 296, 1988.

GALVÃO, C. **Ciência na literatura e literatura na ciência**. Interacções n. 3, p. 32-51, 2006. Disponível em: <<http://www.eses.pt/interaccoes>>. Acesso em: 31/01/2021.

GATTI, Bernadete A. **Formação do professor pesquisador para o ensino superior: desafios**. Psicologia da Educação, São Paulo, n. 16, p. 73-82, 1ºsem. 2003.

GERMANO, M. G.; KULESZA, W. A. **Popularização da ciência: uma revisão conceitual**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 1, p. 7-25, 2007.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2002.

GROTO, S. R.; MARTINS, A.F.P. **Monteiro Lobato em aulas de ciências: aproximando ciência e literatura na educação científica**. Ciência & Educação, Bauru, v. 21, n. 1, p. 219-238, 2015.

GUIMARÃES, Eduardo. **Linguagem e conhecimento: produção e circulação da ciência**. RUA(online), Campinas, SP, v. 2, n. 15, nov. 2009.

GUERRA, A.; MENEZES, A. M. S. **Literatura na física: uma possível abordagem para o ensino de ciências?** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2009. 1 CD-ROM.

HIRAYAMA, Marcos Paulo. **As concepções de professores de química sobre a utilização de elementos da história e filosofia da ciência no ensino**. 2015. 318 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. 2015. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-24062016-155312/pt-br.php>> Acesso em: agosto, 2018.

IWATA, Adriana Yumi. **Alfabetização e divulgação científica de química por meio da produção de histórias em quadrinhos**. 2015. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

KEAN, Sam. **A colher que desaparece: E outras histórias de loucura, amor e morte a partir dos elementos químicos**. Tradução: Cláudio Carina; revisão técnica: Diego Vaz Bevilacqua. Rio de Janeiro: Zahar, 2011.

MASSARANI, L., MOREIRA, I. e BRITO, F. (Orgs.) **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência - Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ, 2002.

MATTHEWS, Michael R. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual da reaproximação.** Cad. Cat. Ens. Fís. V.12, n.3, dez. 1995. Original: Science & Education, (1), 11-47, 1992.

MORA, Ana Maria Sánchez. **La Divulgación de la Ciencia como literatura.** Coyoacán: UNAM – Dirección General de Divulgación de la Ciencia. 2015. E-book.

MORAES, Roque. **Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva.** Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, Roque. GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces.** Ciência & Educação, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

MUMFORD, L. (1934): **Técnica y civilización.** Madrid: Alianza, 1982.

NIEZER, N. T. **Ensino de soluções químicas por meio da abordagem Ciência Tecnologia-Sociedade (CTS).** 2012. 139 f. Dissertação. (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, 2012.

NÓBREGA-TERRIEN, Silvia Maria; TERRIEN, Jacques. **Trabalhos científicos e o Estado da Questão: reflexões teórico-metodológicas.** Estudos em Avaliação Educacional, v. 15, n. 30, jul.-dez. 2004.

OKI, Maria da Conceição Marinho; MORADILLO, Edílson Fortuna de. **O ensino da história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência.** Ciência & Educação, v.14, n.1, p.67-88, 2008.

OLIVEIRA, Claudemir Gonçalves. **A matriz positivista na educação brasileira: uma análise das portas de entrada no período republicano.** Diálogos acadêmicos, v. 1, n. 1, out./jan. 2010.

OLIVEIRA, Silvaney; GUIMARÃES, Orliney Maciel; LORENZETTI, Leonir. **O enfoque CTS e as concepções de tecnologia de alunos do ensino médio.** Alexandria, v. 9, n. 2, p. 121-147, nov. 2016.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. **Comunicação e linguagem científica: guia para estudantes de química.** Campinas: Editora Átomo, 2007. 113 p.

ORSOLINI, Alba Valéria Penteado; OLIVEIRA, Sheila Fernandes Pimenta. **Estudo de caso como método de investigação qualitativa: uma abordagem bibliográfica.** In: Cultura e desenvolvimento. FADEL, Bárbara. SMITH, Marines Santana Justo (orgs.). Franca: Uni-Facef, 2013.

PALACIOS, E. M. G.; VON LINSINGEN, I.; GALBARTE, J. C. G.; CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L.; PEREIRA, L. T. V.; GORDILLO, M. M.; OSORIO, C.; VALDÉS, C.; BAZZO, W. A. **Introdução aos estudos CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade.** Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), Cadernos de Ibero-América, 2003.

PINHEIRO, Nilcéia Aparecida Maciel. SILVEIRA, Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto. BAZZO, Walter Antônio. **O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque.** Revista Iberoamericana de Educación.

n.º 49/1 – 25 de marzo de 2009. 14p. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).

PINTO, G. A. **Divulgação científica como literatura e o ensino de ciências**. 226 f. Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

QUEIROZ, Salete Linhares. FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu. Traços de cientificidade, didaticidade e laicidade em artigos da revista ‘ciência hoje’ relacionados à química. Ciênc. Educ., Bauru, v. 19, n. 4, p. 947-969, 2013.

REIS, José. **O que é divulgação científica?** Disponível em: <<https://vulgarizationscientifique.wordpress.com/divulgacao-cientifica/o-que-e-divulgacao-cientifica-nas-palavras-do-dr-jose-reis/>> Acesso em: 03 dez. 2019.

_____. Ponto de vista: José Reis (entrevista). In: MASSARANI, L.; MOREIRA, I. C.; BRITO, F. (Orgs.) **Ciência e Público**: caminhos da divulgação científica no Brasil. Rio de Janeiro: Casa da Ciência, UFRJ, 2002.

_____. **A divulgação científica e o ensino**. (1964). In: MASSARANI, L.; DIAS, E. M. de S. (Orgs.) José Reis: reflexões sobre a divulgação científica. Rio de Janeiro: Fiocruz/COC, 2018.

_____. **Depoimento: o caminho de um divulgador**. (1982). In: MASSARANI, L.; DIAS, E. M. de S. (Orgs.) José Reis: reflexões sobre a divulgação científica. Rio de Janeiro: Fiocruz/COC, 2018.

ROCHA, Joselayne Silva; VASCONCELOS, Tatiana Cristina. **Dificuldades de aprendizagem no ensino de química**: algumas reflexões. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ) Florianópolis, SC, Brasil – 25 a 28 de julho de 2016.

RODRIGUES, Ciléia. **Leitura e interpretação**: desenvolvendo autonomia no aprendizado de química. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

ROJO, R. **O letramento escolar e os textos de divulgação científica – apropriação de gêneros do discurso na escola**. Linguagem em (Dis)curso, n. 3, v. 8, p. 581-612, 2008.

RUTHERFORD, F. J.; AHLGREN, A. **Ciência para todos**. Trad. Catarina C. Martins. Lisboa: Editora Gradiva, 1995. p.21.

SANMARTÍN, José. **Tecnología y futuro humano**. Barcelona: Anthropos, 1990.

SANTANA, Débora Cristina Oliveira de. **O uso de texto de divulgação científica em uma unidade de ensino com uma abordagem CTS para educação química**. 2016. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências naturais e matemática), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Norte, 2016.

SANTOS, Wildson Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira**. Pesquisa em educação em ciências. v. 2, n. 2. dezembro, 2002.

SANTOS, Wildson Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. **Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências**. Ciência & Educação, v. 7, n. 1, p. 95-111, 2001.

SCHNETZLER, Roseli P. **A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas**. Química Nova, vol. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 1.ed. São Paulo: Cortez, 2013.

SILVA, Henrique César. **O que é divulgação científica?** Ciência & Ensino, vol. 1, n. 1, dezembro de 2006.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. **O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 3, p. 155-179, 2005.

SILVA, Márcio José. **Ensino de CTS através de revistas de divulgação científica**. 2005. 148f. Dissertação. (Mestrado em educação científica e tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2005.

STACONI, João Paulo. **Textos de divulgação científica e interdisciplinaridade: investigando suas potencialidades em superar concepções distorcidas de ciência e do trabalho científico**. 2017. Dissertação (Mestrado profissional em Química), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

STANGE, Simone Moraes. **O estudo dos elementos químicos numa abordagem ciência, tecnologia e sociedade**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2012.

STRACK, Ricardo. LOGUÉRCIO, Rochele. DEL PINO, José Cláudio. **Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica**. Ciência & Educação, v. 15, n. 2, p. 425-42, 2009.

STRIEDER, R. B.; SILVA, K. M. A.; FERNANDES SOBRINHO, M. e SANTOS, W. L. P. **A educação CTS possui respaldo em documentos oficiais brasileiros?** ACTIO: Docência em Ciências, v. 1, n. 1, p. 87-107, 2016.

TARGINO, Arcenira Rezende Lopes. **Textos literários de divulgação científica na elaboração e aplicação de uma sequência didática sobre a lei periódica dos elementos químicos**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

TEIXEIRA, Elizabeth. **As três metodologias: acadêmica, da ciência e da pesquisa**. 8.ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2005.

VALÉRIO, Jéssica Santos. **O uso de textos de divulgação científica em livros didáticos de química aprovados no PNLD 2018**. 2019. Dissertação (Mestrado em educação em ciências), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

VOGT, C. **A espiral da cultura científica**. ComCiência. n. 45, 2003. Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/cultura/cultura01.shtml> Acesso em: 24 nov. 2020

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

WAKS, Leonard. J. **The responsibility spiral: a curriculum framework for STS education**. Theory into Practice, v.31, n.1, p.13-9, 1992.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Antoni/zabala. Artmed, Porto Alegre, 1998. Reimpresso, 2007.

ZAMBONI, Lilian Márcia Simões. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica**. Campinas, SP: autores associados, 2001.

_____. **Heterogeneidade e subjetividade no discurso da divulgação científica**. 1997. Tese (Doutorado em linguística), Universidade Estadual de Campinas, Instituto de estudos da linguagem, Campinas, 1997.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura (SBPC)**. São Paulo, v. 57, n. 03, p. 21-24, 2005. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000300014 Acesso em: dez. 2020.